UDK 621.31

ENJAAC 50 (1) – (2001) – 1-66

ISSN 0013-7448

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČI – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea,* dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić,* dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka *Jelić,* prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Godište 50 (2001) Zagreb 2001 Br. 1

SADRŽAJ

Toljan I. – Šimunić J. – Lovrić M. – Barić A. – Radić Š.: Model vođenja EES-a u okruženju tržišta električne energije (Stručni članak) 3

Tomašić D.: Restrukturiranje elektroprivrede u SAD-u (Stručni članak) 15

Vanzetta J.: Operational implementation of the TPA agreement II in Germany (Professional paper) 23

Mc Dyer F.: Electricity Industry Restructuring Institutional Arrangements and Issues (Professional paper) 31

Roche P.: Configuring Control centres for cost effectiveness and resilience (Professional paper) 37

Sabolić D.: Mogućnosti komercijalizacije elektroprivrednih telekomunikacija (Pregledni članak) 45

Markovčić B.: Elektroprivredne statistike za područje Republike Hrvatske 55

Vijesti iz elektroprivrede 59

Fotografija na omotu:

TE SISAK

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2001 - 01 - 04

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove.** Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

   Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteliung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

MODEL VOĐENJA EES-a U OKRUŽENJU TRŽIŠTA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mr. sc. Ivica Toljan - prof. dr. Juraj Šimunić - Marko Lovrić - Ante Barić - Šime Radić, Zagreb

UDK 65.011
STRUČNI ČLANAK

Svrha ovog referata je proširiti razmatranje modela vođenja Hrvatskog EES-a pridodavanjem još jedne dimenzije u kojoj će uskoro naći EES, a to je okruženje najprije domaćeg, a kasnije i europskog tržišta električne energije.

Referat je zapravo nastavak niza članaka koji se bave ovom temom samo sada s naglaskom na osnivanje tržišta el. energije, te njegov utjecaj na strukturu vođenja i funkcije koje će se obavljati u upravljačkim centrima.

Ključne riječi: model vođenja, tehnički sustav vođenja, elektroenergetski sektor, elektroenergetski sustav, tržište električne energije, mrežni operator, tržišni operator, sklopovska i programska oprema, Direktiva EU.

1. UVOD

Zadnjih desetak-petnaest godina Europa i svijet nalaze se u procesu velikih promjena u pogledu ustrojstva i djelovanja elektroenergetskog sektora. Te promjene karakteriziraju restrukturiranje i privatizaciju elektroprivrednih subjekata, s jedne strane, te deregulacija i njihovo uključivanje u *novoosnovano tržište električnom energijom,* s druge strane.

Razlozi svih ovih promjena prvenstveno su u težnji za povećanjem učinkovitosti rada EES-a izraženim u smanjenju cijena el. energije, povećanoj sigurnosti i stabilnosti opskrbe te rušenju dugogodišnjih monopola u proizvodnji i opskrbi tržišnim nadmetanjem elektroprivrednih subjekata na otvorenom tržištu. No, do rušenja cijena dolazi uglavnom u zapadnim elektroenergetskim sustavima, dok u tranzicijskim dolazi do povećanja, uglavnom zbog socijalne politike regulacije cijene električne energije koja je bila nazočna u gotovo svim tranzicijskim zemljama. Odnosno, cijene su na zapadu bile nerealno visoke, a u tranzicijskim zemljama nerealno niske. Cilj je i jednih i drugih uvođenje jedinstvenih tržišnih mehanizama koji će sami regulirati cijenu i time uspostaviti procese koje obično zovemo deregulacija. Uspostava otvorenog i dereguliranog tržišta je krajnji cilj i rezultat spomenutih promjena.

U Europi ton i dinamiku ovim promjenama daje Europska unija, koja je svojom Direktivom o liberalizaciji elektroenergetskog tržišta iz 1996. godine, odredila opseg otvaranja i vremenski okvir postupnog formiranja otvorenog tržišta električnom energijom u zemljama Unije.

Sve promjene koje se u području elektroenergetike u zadnje vrijeme dešavaju oko nas, zahvatile su i našu zemlju, odnosno našu elektroprivredu. Kod nas su ove promjene obilježene nešto slabijim intenzitetom i dinamikom, što u biti i nije tako loše, jer iskustva nekih europskih zemalja koje su suviše žurile s promjenama, **pokazuju i dosta negativnih efekata, kako u području privatizacije (Mađarska, Češka),** tako i u otvaranju tržišta i trgovanja el. energijom (Engleska, Škotska).

Budući da je opredjeljenje naše zemlje bezuvjetno uključenje u Europsku uniju što je prije moguće, nameće se zadaća žurne prilagodbe cjelokupne ekonomije, tržišta, zakonodavstva i institucijskog ustrojstva standardima Europske unije. To, naravno, ne znači bezglavo srljanje u sve moguće i nemoguće promjene, što se posebno odnosi na privatizaciju, koja, uostalom, i nije predmet spomenute DIrketive EU, već samo treba požuriti s onim promjenama koje su nuždan uvjet za priključenje Europskoj uniji. U području elektroenergetike, odnosno elektroprivrede, to je, zasada, samo utemeljenje domaćeg tržišta el. energije i njegovo otvaranje europskom, po opsegu i dinamici sukladno odredbama iz Direktive EU.

Razmotrivši ovu činjenicu, na prvi pogled proizlazi da i nismo u tako značajnom zaostatku i da možemo relativno brzo, takorekuć u hodu, izraditi i usvojiti sve potrebne dokumente za pristupanje tržištu EU, odnosno samoj Europskoj uniji. Nažalost, radi se o prividu jer otvaranju domaćeg tržišta, odnosno pristupanja zajedničkom europskom tržištu el. energije, treba **prethoditi formiranje domaćeg tržišta.** Da bi se

domaće tržište utemeljilo i počelo funkcionirati po tržišnim pravilima, potrebno je najprije napraviti i usvojiti zakonodavni okvir kojim će se odrediti ustrojstvo tržišta i međusobni odnosi tržišnih subjekata, pa tek onda krenuti u konkrente aktivnosti osnivanja tržišta i svega onog što iza toga slijedi. Sve su to opsežni i zahtjevni poslovi koji traže brzu akciju i angažman velikog broja stručnjaka i eksperata raznih profila.

Jasno je da sve spomenute promjene u području elektroenergetike imaju velikog utjecaja na upravljanje Hrvatskim elektroenergetskim sustavom, odnosno na model vođenja EES-a. Čim se uvodi tržište el. energijom očito je da mora postojati neko tijelo u kojem će se odvijati trgovanje el. energijom. Radi nepristranosti i bez favoriziranja bilo kojeg subjekta tržišnog nadmetanja to tijelo mora biti neovisno od proizvođača, prijenosnika i potrošača el. energije. Ovi čimbenici nameću formiranje organizacijski odvojenog centra za trgovanje el. energijom od sadašnjeg sektora za vođenje i gospodarenje EES-om u HEP-u.

Početci stvaranja Centra za trgovanje el. energijom ili Tržišnog operatora, odnosno Pool-a, kako je još uobičajeno nazivati ovaj centar, moglo bi biti formiranje posebnog odjela za tu namjenu na razini HEP-a, u početku sastavljenog od nekoliko stručnjaka iz područja energetike, energetske ekonomije i energetskog prava. Ovaj korak trebalo bi odmah provesti kako bi se inicijalno odabrani kadar i buduće pridošlo osoblje mogli na vrijeme organizacijski i stručno pripremiti i osposobiti za poslove trgovanja energijom; u početku u vidu internog Poll-a, a kasnije i potpuno neovisnog Pool-a u uvjetima otvorenog tržišta.

Spajanjem Sektora za vođenje i gospodarenje EES-a i Direkcije za prijenos osnovala bi se Tvrtka za prijenos i upravljanje. Sukladno odredbama iz Direktive Europske unije, time bi se stvorili osnovni preduvjeti za formiranje tzv. Operatora prijenosne mreže ili Mrežnog operatora (engl. Transmission System Operator), tj. organizacije, koja bi u uvjetima otvorenog tržišta bila ovlaštena za održavanje i razvoj prijenosnog sustava, vođenje, povezivanje s drugim sustavima te održavanje kvalitetnog i stabilnog napona i frekvencije.

Operator prijenosne mreže bio bi posve samostalan i nezavisan od djelatnosti proizvodnje i opskrbe potrošača. Njegov rad trebao bi biti nepristran i nediskriminirajući prema bilo kojem subjektu koji se nadmeće za prijenosne kapacitete te potpuno razvidan. Razumljivo je da će, uslijed svih gore spomenutih promjena, i vođenje prijenosne mreže doživjeti značajne izmjene. To će posebice biti izraženo u planiranju korištenja i dodjeli prijenosnih kapaciteta, tokovima u mreži i kvaliteti i stabilnosti napona i frekvencije te tarifnom sustavu i obračunu. Jasno je da ove nove zadaće i opseg rada zahtijevaju studiozno promišljanje o novom pristupu vođenju, odnosno modelu vođenja prijenosne mreže, čemu i ovaj članak pokušava pridonijeti i dati osnovne smjernice i postavke.

2. REFORMA ELEKTROENERGETSKOG SEKTORA I OSNIVANJE TRŽIŠTA ELEKTRIČNE ENERGIJE

2.1. Općenito

Centralizirani način rada kontroliran državnom zakonodavnom regulativom dugogodišnja je značajka rada elektroenergetskog sektora posvuda po svijetu, neovisno o društvenom i državnom uređenju. Zbog jakog državnog interesa i monopola u elektroenergetici, utemeljenje i početak rada tržišta el. energijom kasni u odnosu na tržišta drugih roba, podjednako na internoj i međunarodnoj razini.

Impuls drugačijim pogledima na ustrojstvo i rad elektroenergetskog sektora došao je ranih osamdesetih iz Sjedinjenih američkih država gdje su elektroprivredna poduzeća odavno prerasla granice saveznih država i gdje su **ekonomski razlozi s profitom na prvom mjestu,** te pojačana konkurencija u proizvodnji, prirodno inicirali osnivanje najprije lokalnih, a potom i međuregionalnih tržišta el. energije. Mnogi pozitivni učinci tržišta brzo su se uočili, a najveću korist osjetili su potrošači koji su postali puno zaštićeniji u odnosu na dobavljače s mogućnošću slobode nabave el. energije pod puno povoljnijim uvjetima. Uspostavljena je konkurencija u proizvodnji i opskrbi.

Ton i diktat promjenama i novom kursu u elektroenergetici Europe daju zapadnoeuropske zemlje koje su brzo prepoznale sve pogodnosti i koristi koje donosi tržište el. energije, poglavito otvoreno tržište, te su vrlo brzo krenule novim smjerom i napravile značajne inovacije u organizaciji i radu elektroenergetskog sektora. U promjenama prednjače Velika Britanija, Nordijske zemlje, Španjolska i Njemačka.

I Europska unija je odmah uočila nove trendove, ali i probleme zbog razlike u pristupu promjenama od zemlje do zemlje.

Radi izbjegavanja prevelikih razlika i poteškoća koji su se počeli pojavljivati u konstituiranju državnih i regionalnih tržišta te njihovu povezivanju i udruživanju i poticaja osnivanja tržišta i u ostalim zemljama Unije, EU je 1996. godine dobila tzv. **Direktivu broj 96/92/EC** o liberalizaciji tržišta el. energije unutar EU. Direktiva predstavlja skup osnovnih pravila o ustrojstvu elektroprivrednih subjekata i ponašanja zemalja članica na internom tržištu el. energije Europske unije. Donošenjem i usvajanjem Direktive sve zemlje članice EU, te sve buduće članice, preuzimaju obvezu promjena u području elektroenergetike prema usvojenim zajedničkim standardima i pravilima.

Dogovoreni standardi i pravila nisu suviše strogi. Oni predstavljaju samo najnužniji okvir u kojem se moraju kretati sve zemlje članice, uvažavajući pri tome sve specifičnosti i razlike nastale u organizaciji, vlasničkim odnosima te razvoju tržišta svake pojedine zemlje.

Direktiva je pridonijela snažnom zamahu razvoja tržišta i povećanoj konkurenciji u izgradnji novih iz-

vora te proizvodnji el. energije. Razvoj i primjena novih tehnologija u vođenju elektroenergetskih sustava te izgradnja snažnih telekomunikacija, daljnji su čimbenici koji doprinose širenju i snaženju tržišta.

Uvođenje tržišta el. energije u međudjelovanju s liberalizacijom trgovine i poticanjem konkurencije, donijet će velike koristi zemljama EU. Procjenjuje se da bi konačni učinak mogao biti smanjenje troškova u cjelokupnoj privredi u visini 0,5 do 1% bruto društvenog proizvoda zemalja EU.

Razvitak i širenje tržišta dovest će do spajanja i globalizacije elektroprivrednih tvrtki, razvoja novih rješenja u proizvodnji i prijenosu, vođenju, mjerenju, obračunu i naplati el. energije. Smanjit će se udio državnog vlasništva a jačati privatna inicijativa.

Proces promjena u elektroprivredi započeo je restrukturiranjem elektroprivrednih poduzeća na način da se najprije unutar poduzeća temeljne djelatnosti organizacijski i financijski međusobno razdvoje radi povećanja učinkovitosti i smanjenja troškova (engl. unbudling). Prijenosna i distribucijska mreža, zbog neracionalnosti paralelne izgradnje mreže radi eventualne konkurencije te ekoloških razloga, ne izlažu se tržištu i ostaju prirodni monopoli pod državnim nadzorom. Za razliku od njih, proizvodnja i opskrba otvaraju se tržišnoj konkurenciji, posebice poticanjem izgradnje novih izvora, naročito po modelu nezavisnih proizvođača el. energije, tzv. IPP-ova (eng. Independent Power Producers), a u novije vrijeme i Tržišnim elektranama (engl. Marchant Plant).

Reformu elektroprivrednog sektora obično prati i privatizacija što nije nužno, barem ne u prvoj fazi formiranja tržišta i djelovanja elektroprivrednih poduzeća u tržišnim uvjetima. Zato Direktiva niti ne spominje privatizaciju, već samo organizacijske promjene u smislu prilagođavanja i otvaranja tržištu.

Prema Dirketivi, nakon razdvajanja osnovnih djelatnosti slijedi formiranje Operatora prijenosne mreže i Operatora distribucijske mreže. Uvodi se konkurencija u proizvodnji el. energije posebice u izgradnji novih proizvodnih objekata gdje zemlje članice za izbor investitora mogu odabrati postupak odobrenja (autorizacije) ili natječaja (tenderinga).

Operator prijenosne mreže je organizacijska jedinica unutar elektroprivrednog poduzeća zadužena za rad, upravljanje, održavanje i razvoj prijenosne mreže. Neovisan je od proizvodnje i distribucije, odnosno opskrbe potrošača. I u budućnosti će zadržati prirodni monopol nad prijenosnom mrežom te će zbog toga biti neprofitabilna organizacija u 100%-tnom državnom vlasništvu.

Tržište el. energije može funkcionirati po modelu Jedinog kupca - SBM (engl. Single Buyer Model) ili po modelu otvorenog pristupa - TPA (engl. Third Party Access). Ako se odabere model Jedinog kupca, tada samo jedan kupac kao jedini ovlašteni kupac ugovara kupnju el. energije s nezavisnim proizvođačima i prodaje je dalje potrošačima posredstvom dobavljača i distribucijskih poduzeća. Jedini kupac u vidu jedne odabrane elektroprivredne tvrtke odgovoran je za funkcioniranje ne samo tržišta el. energije, već i za ukupno stanje u elektroenergetskom sektoru. Ovaj model osigurava zaštitu državnih interesa preko monopola Jedinog kupca, a privatnom kapitalu omogućuje ulazak na tržište investiranjem u izgradnju nezavisnih izvora el. energije.

Donese li se, pak, odluka o funkcioniranju tržišta po modelu potpuno otvorenog pristupa, to predstavlja organizaciju tržišta el. energije bez povlaštenih tvrtki, a tržište funkcionira po pravilima određenim zakonom. Na otvorenom tržištu su proizvođači, zajedno s potrošačima te poduzećima za opskrbu i distribucijama, ravnopravni sudionici Pool-a i međusobno trguju bez posrednika.

Radi tržišne otvorenosti i konkurentnosti Direktiva je propisala razinu i dinamiku otvaranja tržišta. Bez obzira izabere li zemlja članica model jedinog kupca ili model otvorenog tržišta, u oba slučaja odredbe Direktive o razini otvaranja moraju se striktno poštivati.

Direktiva određuje da se do 19. 2. 1999. opskrba potrošača s godišnjom potrošnjom iznad 40 GWh mora otvoriti tržištu u 22%-tnom iznosu, do 19. 2. 2000. potrošača s potrošnjom iznad 20 GWh u 28%-tnom iznosu te do 19. 2. 2003. tržištu se moraju otvoriti potrošači s potrošnjom iznad 9 GWh s 33%-tnim udjelom.

Da bi tržište moglo funkcionirati ispravno i učinkovito, bez zakidanja bilo koga eventualnim pokušajima preferiranja nekog subjekta na tržištu ili možebitnim pokušajima stvaranja monopola ili tajnih dogovora, potrebno je oformiti posebno tijelo na razini države koje će imati zadaću nadzora rada tržišta, praćenja djelatnosti svih tržišnih subjekata, procjene zadovoljavanja traženih kriterija za uključivanje novih subjekata u tržište itd. Ovo tijelo zove se Agencija za regulaciju ili Tržišni regulator. Posve je samostalno i neovisno od ostalih tržišnih subjekata i osniva se na državnoj razini.

2.2. Postojeće stanje u Hrvatskom elektroenergetskom sektoru

Hrvatska elektroprivreda nije bila pasivna u pogledu svih ovih promjena u svom okruženju, već je, naprotiv, budno pratila što se događa u području elektroenergetike u svijetu, a poglavito u Europi. Tako je vrlo brzo napravila prve reformske korake kako bi na vrijeme osigurala pretpostavke za stvaranje vlastitog tržišta i kasnijeg uključenja u tržište el. energije Europske unije.

Naime, restrukturiranje HEP-a započelo već 1994. godine donošenjem Izmjena i dopuna Zakona o Elektroprivredi u Saboru republike Hrvatske, kojim je dotadašnje javno poduzeće HEP postalo dioničko društvo, odnosno društvo kapitala.

Osnovne djelatnosti HEP-a organizacijski su bile odvojene već ranije. Programom restrukturiranja iz tog vremena bilo je predviđeno odvajanje sporednih djelatnosti od temeljnih i postupno privatiziranje, zatim osnivanje podružnica u proizvodnji i distribuciji po zemljopisnom, tehnološkom i županijskom principu te, na koncu, uspostava interno računovodstvo i financija radi smanjenja troškova poslovanja u svakoj od osnovnih djelatnosti. To je do sada, manje-više, sve provedeno u djelo.

Nedavnom promjenom Uprave HEP-a stvorili su se uvjeti da se program restrukturiranja dovrši onako kako je i planiran. S tim u svezi trebalo bi hitno pristupiti osnivanju Mrežnog operatora, izraditi svu potrebnu regulativu za njegov rad, postupno uvoditi vlastito tržište i pripremati se za pristupanje tržištu el. energije Europske unije.

Naime, programom restrukturiranja HEP-a iz 1994. godine, pored ostalih programskih koraka, bilo je predviđeno da se u periodu između 1996. i 1998. potpuno odvoje tri osnovne djelatnosti u posebna poduzeća pri čemu bi se djelatnost upravljanja i prijenosa oblikovala kao temeljna i glavna djelatnost u okviru transformiranog HEP-a koji bi se razdvajanjem osnovnih djelatnosti pretvorio u HEP Grupu.

U sljedećem koraku bi se proizvodnja i distribucija razdvojile u više tvrtki kćeri po tehnološko-teritorijalnom i županijskom principu. Tim korakom bi se unutar proizvodnje otvorila mogućnost postupne privatizacije proizvodnih objekata, najprije termoelektrana, a kasnije djelomično i hidroelektrana sa zadržavanjem kontrolnog paketa dionica u vlasništvu države.

U okviru ovog koraka uobličio bi se i Tržišni operator, odnosno centar za trgovanje el. energijom (Pool) koji bi se do stvarnog uvođenja tržišta osposobljavao i pripremao za tržišno poslovanje. Tržišni operator u uvjetima otvorenog tržišta el. energije predstavlja burzu el. energije, odnosno mjesto na kojem se uz posredstvo brokera i poduzeća za trgovanje (dobavljača i opskrbljivača) odvija trgovina između proizvođača i potrošača el. energije.

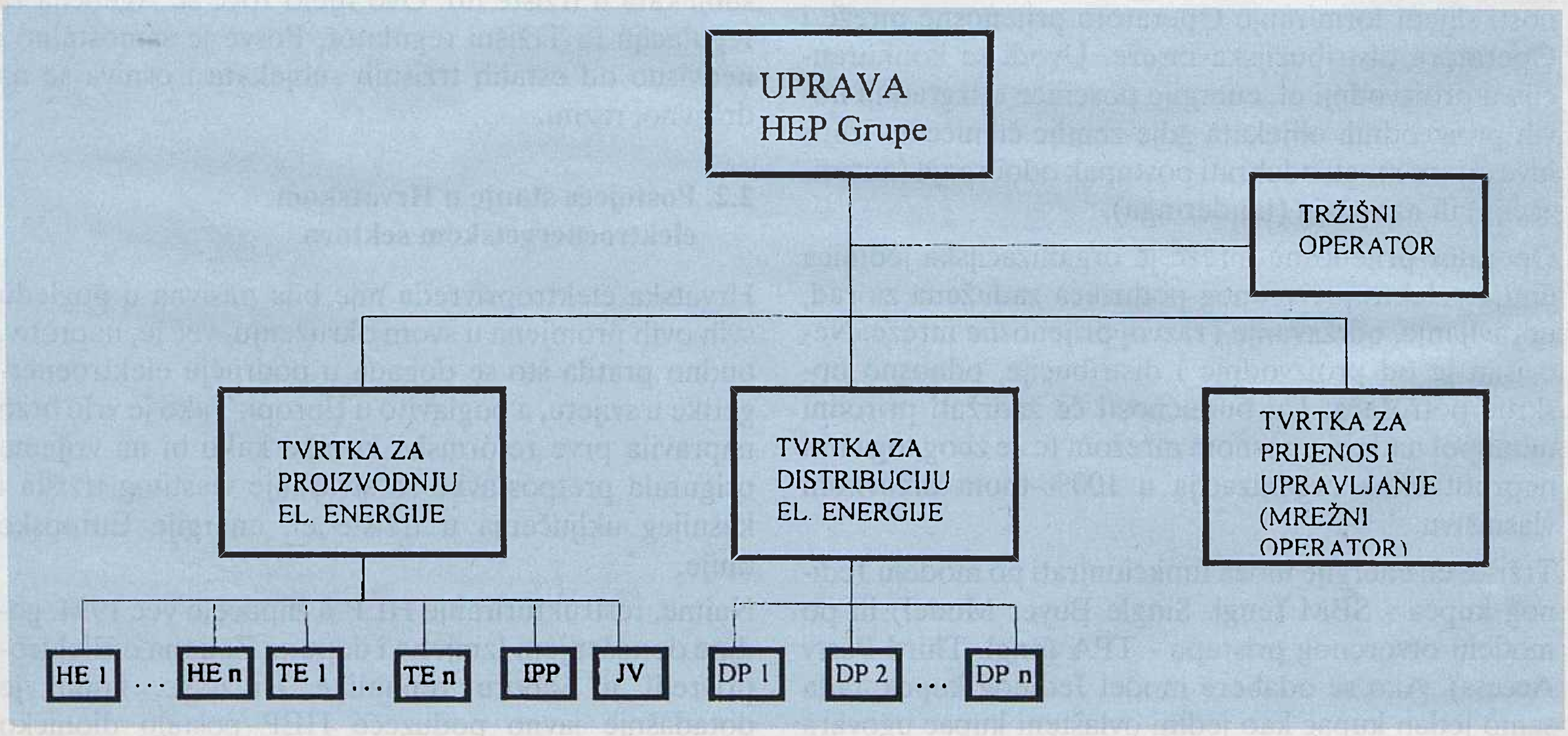
Na slici 1. prikazana je organizacijska shema HEP Grupe nakon restrukturiranja.

Dakle, programom restrukturiranja određeno je da se utemelji posebna organizacijska jedinica prijenosa i upravljanja pod nazivom "Tvrtka za prijenos i upravljanje" koja zapravo predstavlja Operatora prijenosne mreže. Oblikovanjem ovih dvaju operatora; Mrežnog i Tržišnog, te donošenjem zakonodavnog okvira na državnoj razini i u HEP-u, stvorili bi se uvjeti za osnivanje hrvatskog tržišta el. energije i kasnijeg pristupanja tržištu Europske unije.

Izrada Strategije razvoja energetskog sektora Hrvatske i zakonske regulative koja slijedi u tijeku su. Radi se o dva temeljna zakona koja će regulirati funkcioniranje elektroenergetskog sektora i tržišta el. energije, a to su Zakon o energiji i Zakon o tržištu el. energije.

Da bi tržište pravilno i učnkovito funkcioniralo nužno je još postojanje i tzv. regulacijskog tijela ili Regulatora tržišta. Njegova je zadaća stalni nadzor i poticanje održavanja maksimalne efikasnosti pogona te sigurna opskrba potrošača uz najmanju cijenu. Nadalje, on nadzire rad Mrežnog operatora u smislu upozoravanja i sprječavanja preferiranja ili zapostavljanja nekog od sudionika na tržištu, pazi na objektivnost i razvidnost u pristupu i korištenju te određivanju cijene uporabe mreže. On kontrolira i rad proizvodnih tvrtki te na temelju raspoloživih informacija procjenjuje opravdanost cijena proizvedene energije te analizira tehničke i ekonomske značajke novih postrojenja prije ulaska na tržište.

Regulaciju će provoditi državno tijelo pod nazivom Agencija za regulaciju javnih usluga koja je u osnivanju.



Slika 1. Organizacijska shema HEP Grupe nakon restrukturiranja pripremljena za potpuno otvoreno tržište el. energijom

Restrukturiranjem će se, dakle, organizacijski objediniti Sektor za vođenje i gospodarenje EES-om i Direkcija za prijenos u novu organizacijsku cjelinu pod nazivom Tvrtka za prijenos i upravljanje, odnosno osnovati Operator prijenosne mreže ili skraćeno Mrežni operator. Time se, kao što je već rečeno, čini prvi korak ka osnivanju domaćeg tržišta el. energije i uključivanja u tržište el. energije Europske unije.

Da bi se izbjegla prepletanja i prekrivanja poslova i nadležnosti Mrežnog i Tržišnog operatora, potrebno je jasno i nedvosmisleno odrediti crtu razgraničenja i donijeti akte i procedure o međusobnim odnosima, radu i odgovornosti.

Kao što je već rečeno, funkcije Operatora prijenosne mreže uključuju:

- **vođenje i upravljanje EES-om,**
- **uspostavljanje i korištenje veza s drugim elektroenergetskim sustavima,**
- **održavanje kvalitetnog i stabilnog napona i frekvencije,**
- **pogon i održavanje prijenosne mreže, te**
- **razvoj i izgradnju prijenosne mreže.**

Premda funkcije planiranja i trgovanja u načelu obavlja Tržišni operator, vozni red za slijedeći dan i dane završnice tjedna donosi i provodi Mrežni operator preko svojeg sustava vođenja. U popodnevnom i noćnom periodu Mrežni operator može donositi i odluke o kupnji i prodaji el. energije radi očuvanja sigurnog i stabilnog rada EES-a.

U sustavu vođenja EES-a Hrvatske obavljat će se i nadalje, uz određene modifikacije, gotovo sve one funkcije koje se i danas koriste, osim dugoročnog planiranja i trgovanja el. energijom. Zapravo, do uspostavljanja hrvatskog tržišta el. energije i centar za trgovanje može organizacijski ostati unutar Mrežnog operatora.

Pored gore spomenutih funkcija, mrežni operator uspostavljanjem tržišta dobiva niz novih funkcija vezanih za pristup, korištenje te obračun uporabe prijenosne mreže. Da bi se ove nove funkcije uspješno primijenile i provodile, potrebno je izraditi niz dokumenata koji će obuhvatiti pravila o pristupu prijenosnoj mreži, funkcioniranju EES-a, uvjetima koje moraju ispuniti sudionici u radu EES-a itd.

Većinu ovih zadaća obuhvatit će dokument, koji će se donijeti u vidu pravila rada EES-a, pod nazivom Mrežne norme ili Mrežna pravila (engl. Grid Code), čija je izrada u HEP-u nedavno započela. Dokument će se izraditi u vidu osnovne knjige s nizom popratnih priloga. Osnovni dokument Mrežnih pravila sadržavat će:

- opći dio
- pojmovnik
- odredbe o kakvoći
- dio o vođenju i gospodarenju EES-om
- dio o prijenosnoj mreži te
- uvjete za priključak na mrežu.

3. VOĐENJE EES-a U OKRUŽENJU TRŽIŠTA EL. ENERGIJE

3.1. Model vođenja EES-a u okruženju tržišta el. energije

Kao što je već spomenuto, vođenje elektroenergetskog sustava u tradicionalnoj formi, kao što ga poznajemo i još uvijek imamo u Hrvatskoj elektroprivredi, doživjet će u uvjetima tržišnog okruženja velike promjene. U novim okolnostima klasični dispečerski centri s pratećim službama u zajednici s prijenosnom djelatnošću tvorit će organizacijsko-tehnološku jedinicu Operatora prijenosne mreže. Usporedno s tim osnovat će se Tržišni operator, odnosno Pool za trgovanje el. energijom, najprije unutar matičnog elektroprivrednog poduzeća, a potom kao potpuno samostalne jedinice na državnoj razini ili čak u sklopu ministarstva za energetiku dotične zemlje.

Uobičajene dispečerske funkcije s manjim modifikacijama obavljat će se i nadalje u upravljačkim centrima prijenosne mreže pri Mrežnom operatoru, s pridodanim novim funkcijama planiranja, provedbe, nadzora, obračuna, dodjele i korištenja prijenosnih kapaciteta zainteresiranim subjektima na tržištu.

Za uspješno obavljanje ovih novih funkcija bit će potrebno sustav mjerenja i komunikacije podići na znatno višu razinu u pogledu kapaciteta, pouzdanosti i raspoloživosti, te definirati i razviti potpuno novu programsku potporu. Dobra osnova za sustav mjerenja već postoji u HEP-u u vidu nedavno instaliranog mjernog sustava DATAGYR 2000 koji u 95%-tnom opsegu pokriva postojeća obračunska mjerna mjesta. Daljnjim proširenjem i moderniziranjem ovog sustava te uvođenjem i drugih mjernih sustava osigurava se temeljna predpostavka za optimalno korištenje i obračun prijenosnih kapaciteta.

Sve navedene funkcije i zadaci zahtijevaju snažnu i modernu računalsku i programsku opremu u upravljačkim centrima. Također se i postojeći sustavi, odnosno modeli upravljanja, trebaju podvrći detaljnjoj i sveobuhvatnoj stručnoj analizi kako bi se iznašlo optimalno rješenje za nove uvjete rada.

Slično vrijedi i za Tržišnog operatora, odnosno Pool za trgovanje el. energijom. On se gotovo u cijelosti mora opremiti novom računalskom i pogonskom opremom. Programski paketi za ovu namjenu već se mogu naći u ponudi kako renomiranih tako i za ovu svrhu novoosnovanih tvrtki.

3.2. Vođenje EES-a Hrvatske u okruženju tržišta el. energije

Na mnogim mjestima i razinama u HEP-u već se više od 10 godina razgovara i piše o promjeni načina vođenja EES-a. Sva promišljanja i razgovori uvijek su na koncu dovodili do jedinog razumnog i opravdanog

tehničko-tehnološkog i političkog rješenja, a to je troraZinska struktura upravljanja s:

- Nacionalnim dispečerskim centrom na najvišoj razini,
- četiri Područna centra upravljanja locirana u Splitu, Rijeci, Osijeku i Zagrebu, na drugoj tzv. područnoj razini i
- s elektroenergetskim objektima, odnosno upravljačkim mjestima s kojih se upravlja grupa objekata (komanda lanca i komanda sliva), na najnižoj razini.

Ovaj model upravljanja nikad službeno nije usvojen, premda je podržavan i prihvaćan na raznim stručnim skupovima koji su se zadnjih godina održavali u HEP-u. Razlog takvom stanju i odnosu prema ovom pitanju leži uglavnom u činjenici teškog prihvaćanja promjena, posebice sužavanja djelokruga rada i ovlasti ili potpunog ukidanja nekih od postojećih upravljačkih centara.

Smatramo da je sada pravo vrijeme da se taj model konačno usvoji i ozakoni te da se počne graditi novi tehnički sustav vođenja preko kojeg će se realizirati i provoditi usvojeni novi model vođenja EES-a.

Razlog za to nije samo u uvođenju tržišta el. energije i prilagođavanja Europskoj uniji već, prije svega, u slijedećim čimbenicima:

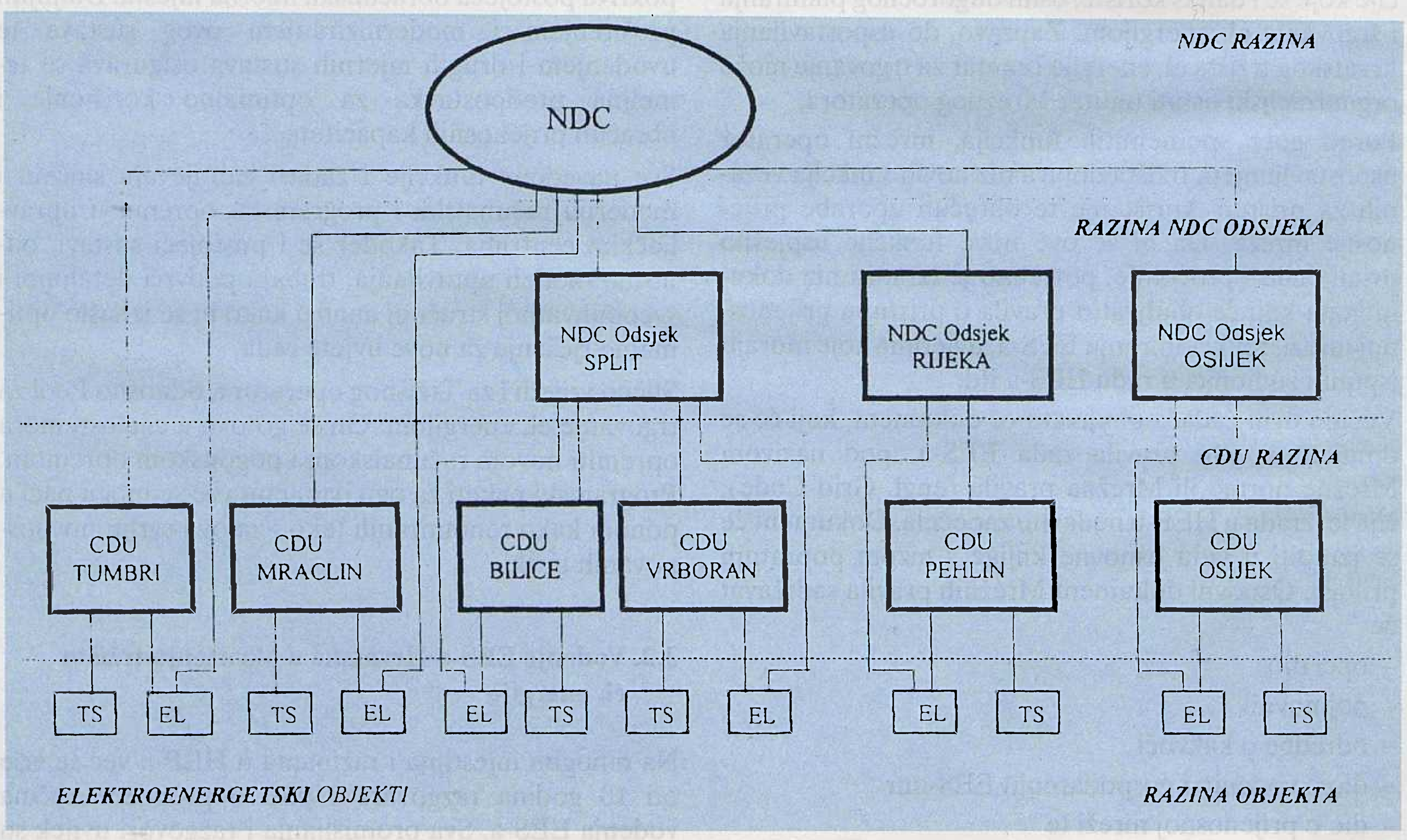
- zastarjelosti opreme postojećeg sustava vođenja,
- nemogućnosti daljnjeg proširivanja,
- opasnosti od kvarova,
- kritičnosti održavanja zbog poteškoća u nabavi rezervnih dijelova te
- nedostatka kadrova koji poznaju sustav.

Područni centri formirat će se tako što će se postojeći odsjeci NDC-a i CDU-ovi u prijenosnim područjima međusobno spojiti u jedan novi tzv. područni upravljački centar. Time se ukida jedna razina vođenja, što za posljedicu ima povećanu učinkovitost izraženu slijedećim učincima:

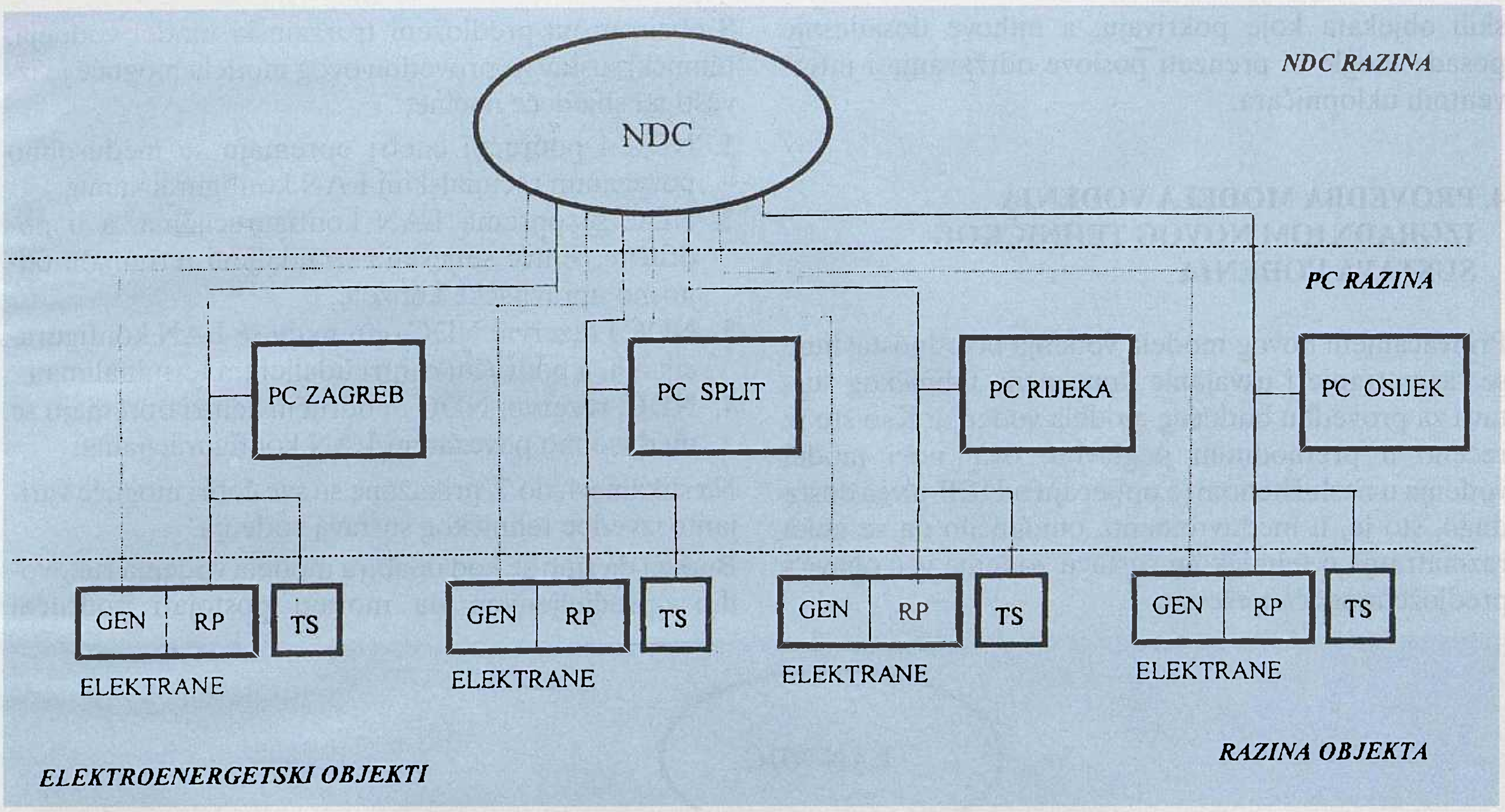
- pojednostavnjuje se i ubrzava postupak upravljanja,
- umanjuje se mogućnost pogrešaka,
- postižu se uštede u pogonu, razvoju i održavanju sustava vođenja.

Moderna tehnološka rješenja omogućuju još racionalnije rješenje modela upravljanja od predloženog sa samo jednim centrom na gornjoj i objektima na donjoj upravljačkoj razini. No, geopolitičko okruženje i sigurnosno stanje u susjedstvu te tehničke specifičnosti hrvatskog EES-a, u ovom trenutku kao optimalno rješenje sugeriraju predloženu troraZinsku strukturu s područnim centrima na drugoj razini. Na slici 2. prikazan je postojeći sustav, a na slici 3. struktura budućeg sustava vođenja. Nacionalni dispečerski centar u Zagrebu nadležan je za rad elektroenergetskog sustava kao cjeline te za koordinaciju rada s elektroenergetskim sustavima susjednih država i udruge UCTE. Njegove funkcije i zadaci su:

- planiranje potrošnje i proizvodnje el. energije,
- uvoz, izvoz, tranzit i svi drugi oblici razmjene el. energije,
- vođenje proizvodnje i prijenosa el. energije,
- opskrba potrošača el. energijom,
- nadležnost i odgovornost za uklopno stanje mreže 400, i 220 kV te 110 kV-ne mreže sistemskog značaja



Slika 2. Postojeći sustav vođenja EES-a Hrvatske



Slika 3. Budući sustav vođenja EES-a Hrvatske

- sekundarna regulacija frekvencije i radne snage razmjene,
- optimiranje naponskog stanja mreže, odnosno regulacija jalovih snaga,
- osiguranje i korištenje rotirajuće rezerve,
- izrada izvješća i arhiviranje podataka,
- obračun el. energije te
- analiza rada EES-a.

Područni centri obavljaju slijedeće funkcije i zadatke:

- samostalno vode (odlučuju i upravljaju) dio prijenosne mreže 110 kV nesistemskog značaja na svom području,
- imaju mogućnost upravljanja elementima mreže 400 i 220 kV te 110 kV sistemskog značaja,
- nadziru eksploatacijske parametre EES-a,
- nadziru i kontroliraju ekipe za održavanje elektroenergetskih objekata na svom području,
- koordiniraju rad interventnih uklopničara,
- nadziru ispravnost rada opreme u elektroenergetskim objektima (energetske, mjerne, zaštitne, upravljačke, komunikacijske i telekomunikacijske) te u slučaju potrebe iniciraju intervencije radi popravaka i održavanja te
- obavljaju i sve ostale poslove iz domene proizvodnje i prijenosa koje im NDC dodijeli.

Na razini objekta, odnosno mjesta upravljanja s više objekata obavljaju se sljedeće funkcije:

- raspodjela komandnog naloga iz nadređenog centra na pripadajuće objekte, odnosno jedinice unutar objekta,
- nadzor stanja elemenata EES-a u objektima,
- utvrđivanje uvjeta za izvršenje upravljačkih naloga,
- izvršavanje komandi po nalogu nadređenog centra,
- samostalno donošenje odluka i izvršavanja upravljačkih akcija u slučaju opasnosti za sigurnost postrojenja i ljudi,
- kronološka registracija događaja te
- zapisi u slučaju kvara.

Sa stajališta vođenja EES-a razina objekta uključuje:

- transformatorska i rasklopna postrojenja 400, 220, i 110 kV,
- rasklopišta uz elektrane,
- mjesta upravljanja grupom objekata (komanda lanca, komanda slijeva) i
- dispečerski centri distribucijskih područja.

Elemente 110 kV-ne mreže sistemskog značaja tvore:

- dalekovodi prema drugim državama,
- dalekovodi preko kojih su elektrane priključene na EES,
- dalekovodi koji povezuju prijenosna područja,
- dalekovodi značajni za opskrbu velikih potrošačkih centara te
- drugi dalekovodi važni za EES koji se proglase sistemskim.

Provedbom novog modela vođenja Odsjeci NDC-a u Splitu, Rijeci i Osijeku postat će zapravo Područni centri, a njihovo iskusno ljudstvo, kadrovska osnovica i predpostavka za brzo i jednostavno preuzimanje i obavljanje funkcija područnih centara. Radi podizanja učinkovitosti i pojednostavnjivanja procesa vođenja i upravljanja potrebno je da NDC i Područni centri budu u istoj organizacijskoj jedinici unutar Mrežnog operatora.

CDU-ovi Bilice, Mraclin i eventualno Tumbri, ako će se novi Područni centar Zagreb graditi u TS Žerjavinec, mogu postati centri održavanja elektroenerget-

skih objekata koje pokrivaju, a njihove dosadašnje posade mogle bi preuzeti poslove održavanja i interventnih uklopničara.

4. PROVEDBA MODELA VOĐENJA IZGRADNJOM NOVOG TEHNIČKOG SUSTAVA VOĐENJA

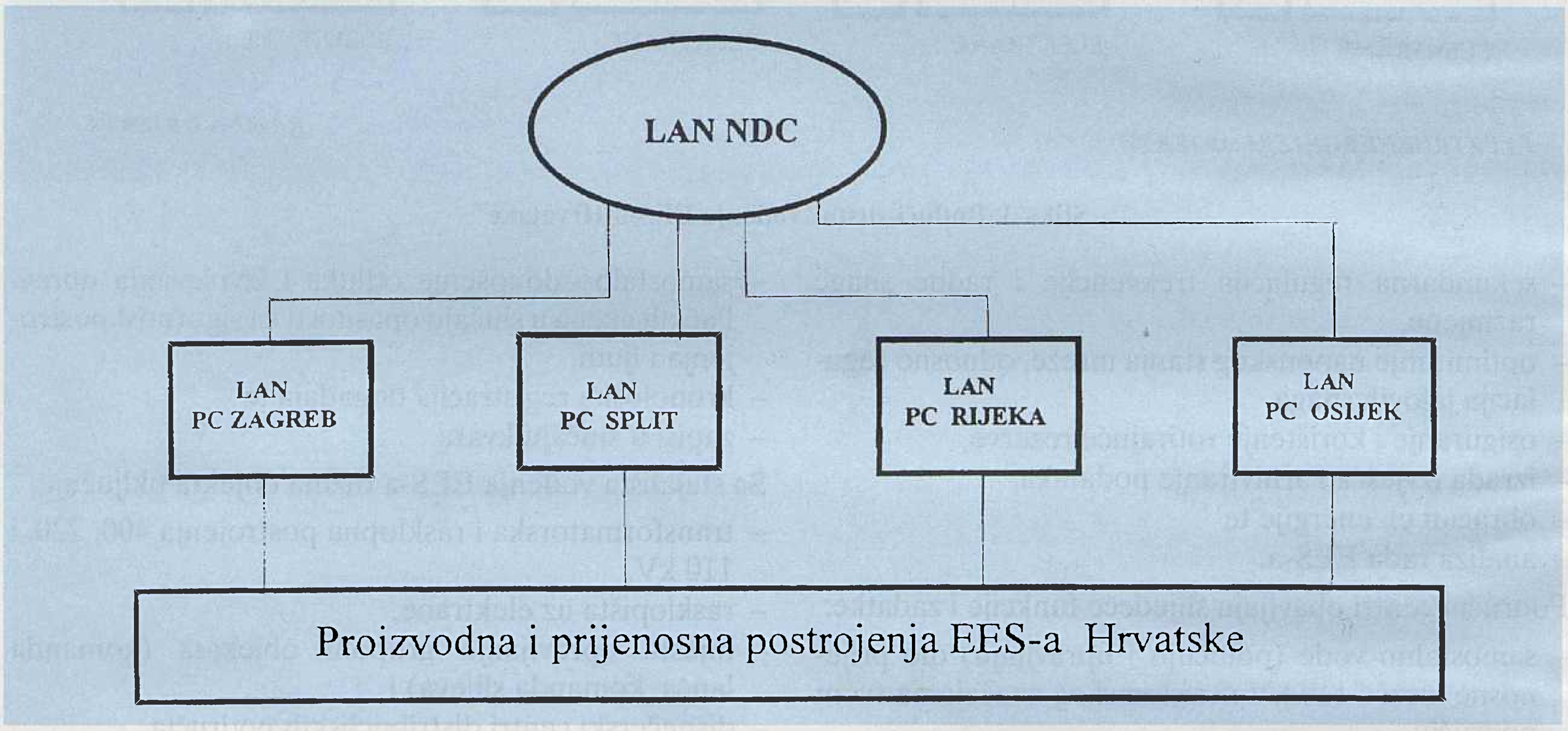
Prihvaćanjem novog modela vođenja pojednostavljuje se razmatranje i usvajanje koncepcije tehničkog sustava za provedbu budućeg modela vođenja. Kao što je rečeno u prethodnom poglavlju, ovaj novi model vođenja u neslužbenom je optjecaju u HEP-u već dosta dugo, što je, u međuvremenu, omogućilo da se neka razmatranja o tehničkom sustavu vođenja već obave i predlože moguća rješenja.

S obzirom na predloženi trorazinski model vođenja, tehnički sustav za provedbu ovog modela moguće je izvesti na slijedeće načine:

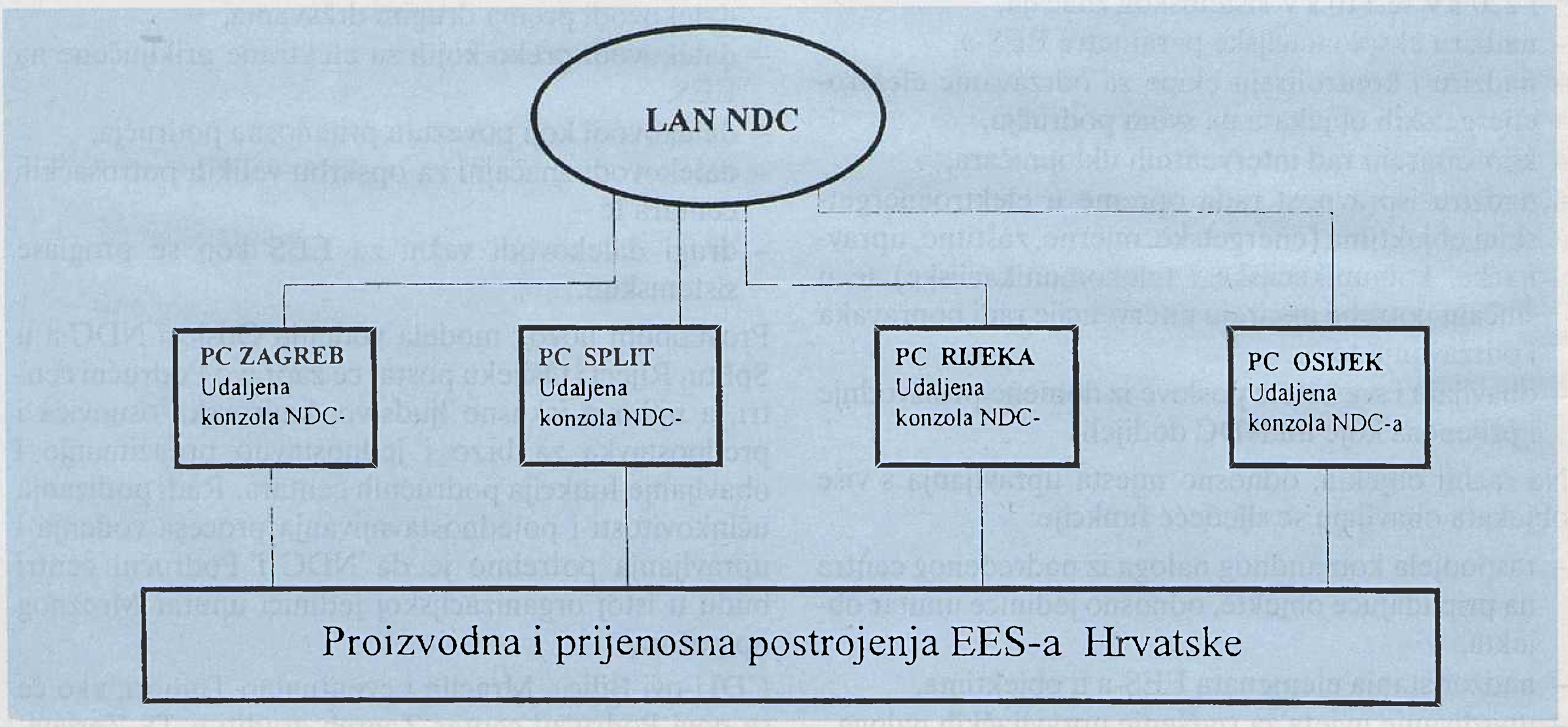
1. NDC i područni cnetri opremaju se međusobno povezanim računalskim LAN konfiguracijama,
2. NDC se oprema LAN konfiguracijama, a u područne centre smještaju se udaljeni terminali, odnosno upravljačke konzole,
3. NDC i rezervni NDC opremaju se LAN konfiguracijama, a područni centri udaljenim terminalima i
4. NDC, rezervni NDC i područni centri opremaju se međusobno povezanim LAN konfiguracijama.

Na slikama 4. do 7. prikazane su sve četiri moguće varijante izvedbe tehničkog sustava vođenja.

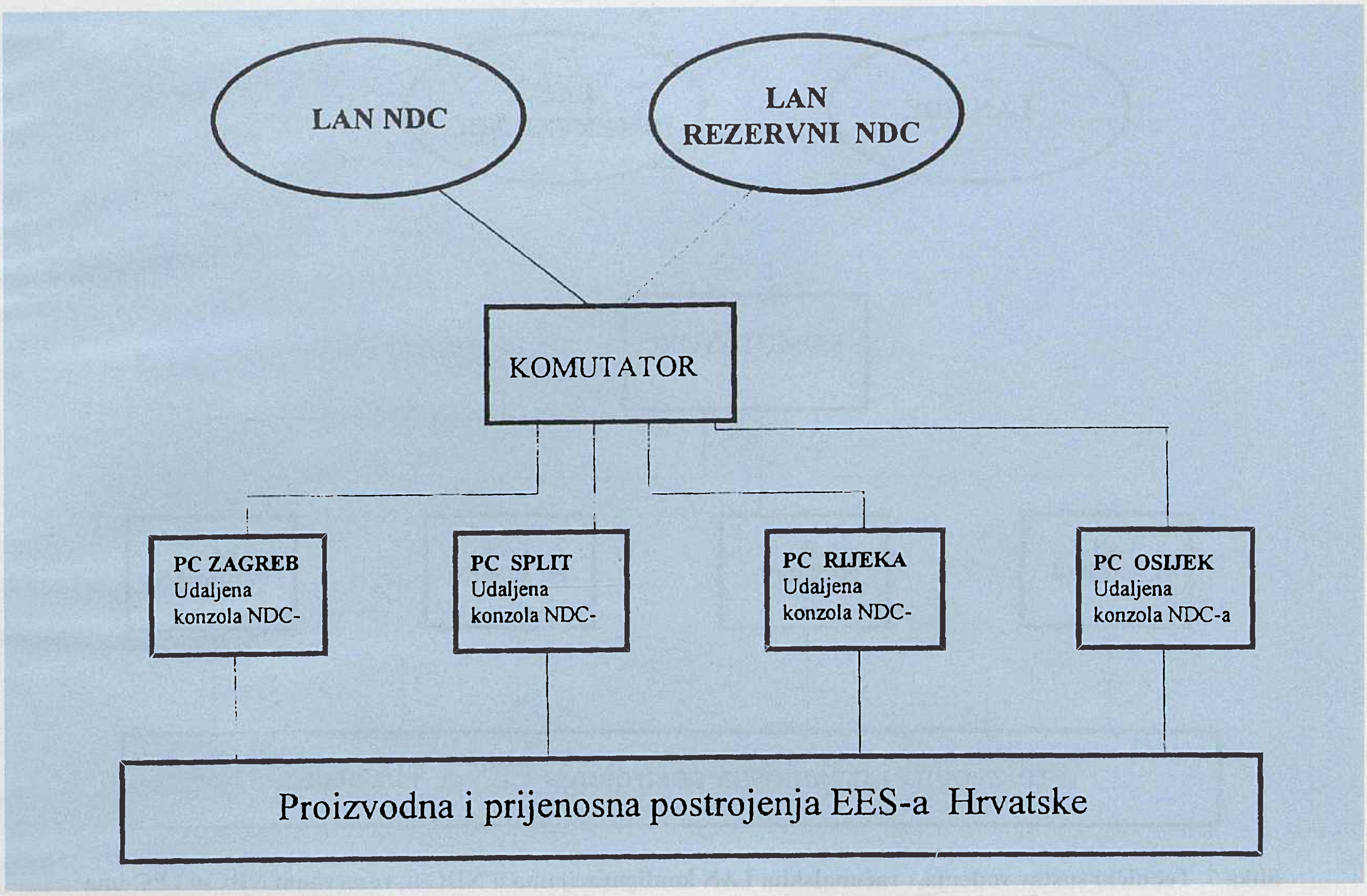
Budući da smo se kod odabira modela vođenja rukovodili opredjeljenjem da moraju postojati područni



Slika 4. Tehnički sustav vođenja s računalskim LAN konfiguracijama u NDC-u i PC-ima



Slika 5. Tehnički sustav vođenja s računalskom LAN konfiguracijom u NDC-u i udaljenim konzolama u i PC-ima



Slika 6. Tehnički sustav vođenja s računalskim LAN konfiguracijama u NDC-u i rezervnom NDC-u te udaljenim konzolama NDC-a u PC-ima

upravljački centri opremljeni tako da u slučaju potrebe mogu zamijeniti NDC, jasno je da se i ovdje prigodom odabira tehničkog sustava vođenja moramo pridržavati istog principa. Stoga druga i treća varijanta nisu od interesa za posebno elaboriranje jer nisu u skladu s predloženim modelom vođenja u kojem područni centri služe i kao rezerva NDC-u.

Od preostalih dviju mogućnosti odmah je uočljivo da je prva varijanata jedini pravi izbor, jer je tehnički i ekonomski nelogično i neopravdano imati dvostruku rezervu NDC-u (rezervni NDC i područni centri), kao što je to slučaj u četvrtkoj varijanti.

Prednost rješenja s područnim centrima opremljenim računalskim LAN konfiguracijama u odnosu na varijantu s udaljenim terminalima u područnim centrima, nije samo u tome što će se preko područnih centara osigurati rezerva nacionalnom centru za slučaj ratnih stradanja ili drugih opasnosti, već i u podizanju stručne razine i profesionalnog zadovoljstva osoblja koje radi u područnim centrima.

Sklopovska oprema u upravljačkim centrima bit će konfigurirana na modularnoj osnovi gdje će se jednom poslužitelji pridjeljivati jedna ili više funkcija. Tako će postojati:

- SCADA poslužitelj,
- poslužitelj baze podataka,
- komunikacijski poslužitelj za prikupljanje podataka iz daljinskih stanica,
- komunikacijski poslužitelj za povezivanje s drugim centrima,
- komunikacijski poslužitelj za vezu s poslovnim sustavom i drugim sustavima na lokaciji,
- poslužitelj za analizu mreže,
- poslužitelj za upravljanje u realnom vremenu,
- poslužitelj za planiranje rada EES-a,
- poslužitelj za ekspertni sustav,
- poslužitelj za trening simulator te
- MMI poslužitelj.

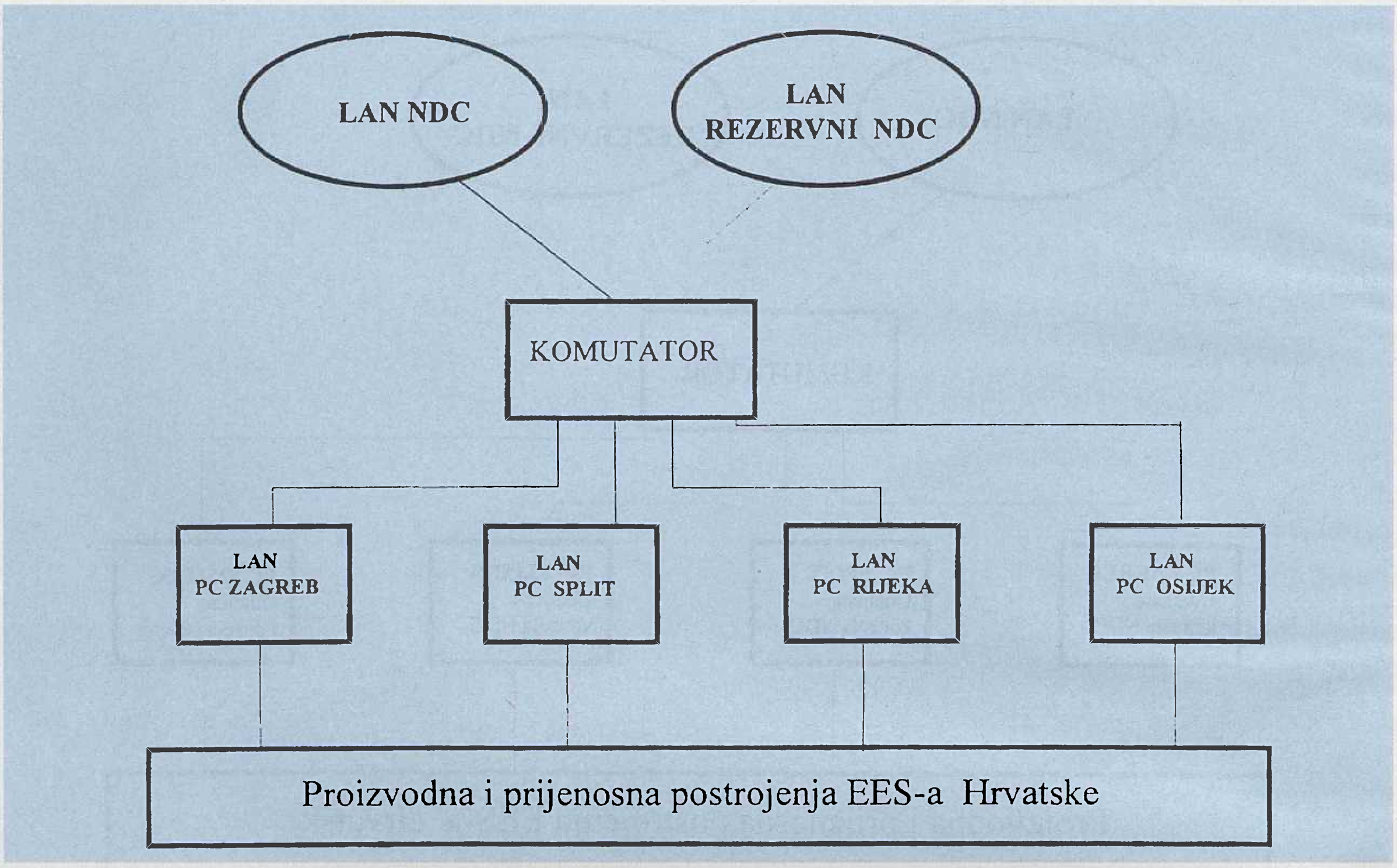
U pogledu obujma i složenosti potrebne opreme, u upravljačke centre ugradit će se sklopovska i programska oprema sukladno njihovom značenju i ulozi u sustavu vođenja.

Cijena izvedbe predloženog tehničkog sustava vođenja s 5 upravljačkih centara i potrebnim telekomunikacijskim vezama procjenjuje se na iznos od cca 18.000.000 USD. Za prilagodbu neprilagođenih objekata i ugradnju daljinskih stanica treba osigurati dodatna sredstva.

Poslužitelji će kao i LAN mreža biti udvojeni radi osiguranja povećane raspoloživosti. Ova konfiguracija predstavlja osnovnu strukturu koja se može proširivati ili sužavati ovisno o potrebama.

Funkcije koje će se obavljati u upravljačkim centrima Mrežnog operatora iste su one koje se uz manje izmjene obavljaju i danas. To su:

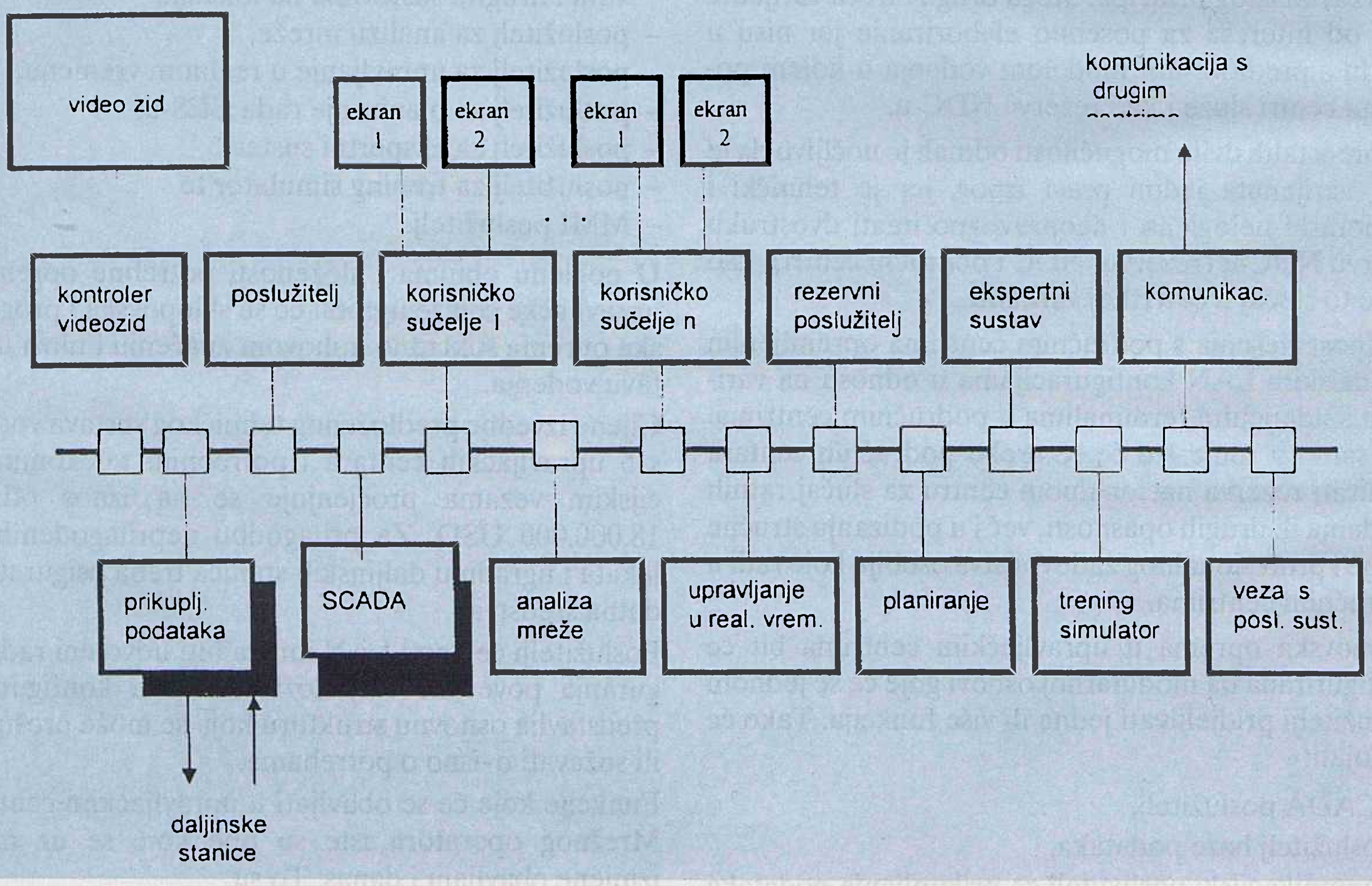
- kratkoročno planiranje rada EES-a,



Slika 7. Tehnički sustav vođenja s računalskim LAN konfiguracijama u NDC-u, rezervnom NDC-u i PC-ima

- SCADA funkcije,
- analiza rada EES-a,
- MMI funkcije
- analiza mreže,
- ekspertni sustav i
- simulator za obuku.

Na slici 8. prikazana je tipična računalska LAN konfiguracija u mrežnom upravljačkom centru.



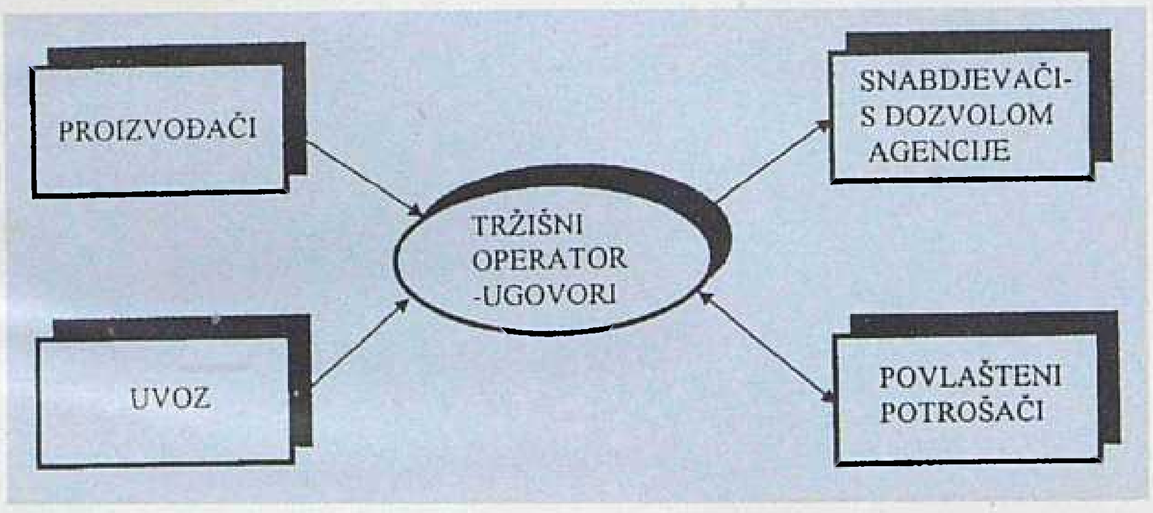
Slika 8. Tipična računalska LAN konfiguracija u Mrežnim upravljačkim centrima

Zbog uvođenja tržišta i trgovanja energijom, posebice u vremenu kad će se potrošači, odnosno trgovci izravno s proizvođačima dogovarati o kupnji el. energije, programi za provođenje gore navedenih funkcija trebat će se djelomice modificirati kako bi uvažili nove okolnosti. To se, prije svega, odnosi na programe planiranja proizvodnje, ekonomski dispečing, nadzor troškova proizvodnje te proračun transakcija razmjene.

Centar za trgovanje el. energijom, odnosno Tržišni operator mora se, kako je već rečeno, opremiti snažnom računalskom opremom te programskom opremom koja će pokriti sve funkcije trgovanja i obračuna el. energije.

Tržišni operator, koji će se uskoro osnovati u HEP-u, u suodnosu s tržišnim subjektima radit će na principu ugovaranja. Posadu Tržišnog operatora sačinjavat će inžinjeri, ekonomisti i pravnici koji će biti specijalno obučeni za ovaj posao. Subjekti tržišnog nadmetanja bit će proizvođači, trgovci el. energije kao opskrbljivači potrošača s dozvolom agencije (licencijom), povlašteni potrošači i uvoznici el. energije.

Na slici 9. prikazana je konfiguracija međuodnosa tržišnih subjekata i Tržišnog operatora.



Slika 9. Tržišni subjekti i njihov odnos s Tržišnim operatorom

5. ZAKLJUČAK

Promjene u elektroenergetskom sektoru pa tako i u Hrvatskoj elektroprivredi su neizbježne i dogodit će se vrlo brzo. Zapravo se nameću kao imperativ i moraju se žurno provesti želimo li se naći u krugu zemalja koje ispunjavaju uvjete za pridruživanje, odnosno stupanje u punopravno članstvo Europske unije.

Stoga se postupak restrukturiranja HEP-a mora hitno nastaviti te pripremiti zakonski okvir za uvođenje i rad tržišta el. energije. Unutar HEP-a mora se požuriti konstituiranje Mrežnog i Tržišnog operatora te osnovne djelatnosti organizacijski i računovodstveno odvojiti u tri posebna poduzeća unutar HEP Grupe.

U području vođenja EES-a potrebno je službeno usvojiti model vođenja i tehnički sustav za provedbu modela vođenja, kako su predloženi u ovom referatu, te hitno pristupiti njihovoj realizaciji, posebice zbog ozbiljnog stanja u kojem se nalazi postojeći sustav. Za potrebe funkcioniranja tržišta el. energije potrebno je ubrzati rad na izradi dokumenta "Pravila rada hrvatskog EES-a".

LITERATURA

[1] GRANIĆ, G. i suradnici: "Reforma hrvatskog energetskog i elektroenergetskog sektora, iskustva drugih, analiza i moguća rješenja", 3. simpozij o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema hrvatskog komiteta CIGRE, Cavtat 1998.

[2] LUČIĆ, G., TOLJAN, I., ŽUNEC, M.: "Uloga i mjesto Hrvatske elektroprivrede kao buduće korporacije u djelomično privatnom vlasništvu", 3. simpozij o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema hrvatskog komiteta CIGRE, Cavtat 1998., Cavtat 1998.

[3] TOLJAN, I., RADIĆ, Š., MANENICA, D.: "Podloge za uvođenje ekonomsko-energetskog dispečinga", 2. Savjetovanje Hrvatskog komiteta CIGRE, Šibenik (Primošten) 1995.

[4] KOLEGA, B., BARIĆ, A.: "Obnova upravljačkih centara sustava daljinskog vođenja EES-a Hrvatske", 3. simpozij CIGRE, Cavtat 1998.

[5] TOLJAN, I., BUJAS, P.: "Redoslijed angažiranja agregata i ekonomski dispečing", 3. simpozij o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema hrvatskog komiteta CIGRE, Cavtat 1998.

[6] BUDIN, L.: "Tehnološka podloga suvremenih procesnih informacijskih sustava", 23. Simpozij MIPRO, 2000.

[7] URBAN, M., MARIČIĆ, T.: "Power Systems Control in an Open Market", 23. Simpozij MIPRO, 2000.

[8] HEINZ, D.: "Extended Requirements for Control Systems in a Free Market", International Colloquium on Selected Problems of Power System Control, Prague 97.

[9] Studija "Razvoj i izgradnja sustava procesne informatike u Hrvatskoj elektroprivredi" FER Zagreb, Elektroprojekt Zagreb, 1995.

[10] BARIĆ, A.: "Zahtjevi i podloge za zamjenu opreme u upravljačkim centrima EES-a Hrvatske", HEP, 1995.

[11] Europska unija: "Directive 96/92/EC Concerning Common rules for the Internal Market in Electricity", Europska unija, 1996.

[12] Elektroprojekt Zagreb: "Idejni projekt zamjene opreme u upravljačkim centrima HEP", Elektroprojekt Zagreb, 1999.

[13] ESB International: "Diagnostic Review of HEP's National Dispatching Centre" ESB International, 2000.

POWER SYSTEM CONTROL MODEL WITHIN ELECTRICITY MARKET

The goal of this paper is to extend the consideration of the Croatian power system control by adding a new dimension to its future role, that is in the first step domestic and after that a European electricity market.

The paper is in fact a continuation of a series of similar papers held at the CIGRE conferences considering this theme, but stressing the electricity market foundation and its role on the structure of control and functions that are to be realised within control centres.

EIN MODELL DES BETREIBENS EINES ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEMS INNERHALB DES MARKTES FÜR ELEKTRISCHE ENERGIE

Der Ziel dieses Referats ist die Betrachtung des Modells des Führens des kroatischen elektroenergetischen Systems auszudehnen mittels Einführung noch eines Umstandes, in dessen Umgebung sich die Elektrizitätsversorgung Kroatiens bald befinden wird. Das ist vorerst der heimische, später der europäische Markt für elektrische Energie.

Der Referat ist eine Folge der Reihe von sich mit diesen Fragen befassenden und auf den vorherigen CIGRÉ-Tagungen vogetragenen Berichten, jetzt nur mit Nachdruck auf die Gründung des Energie-Marktes und auf seinen Einfluss auf die Beschaffenheit des Betreibens und der Rolle die sich jetzt in den Steuerungszentren abwickeln wird.

Naslov pisca:

Mr. sc. Ivica Toljan, dipl. ing.
prof. dr. Juraj Šimunić, dipl. ing.
Marko Lovrić, dipl. ing.
Ante Barić, dipl. ing.
Šime Radić, dipl. ing.
HEP – Direkcija za prijenos
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2000-11-21.

RESTRUKTURIRANJE ELEKTROPRIVREDE U SAD-u

Mr. sc. Davor T o m a š i ć, USA

UDK 65.011
STRUČNI ČLANAK

Početkom devedesetih godina SAD su krenule u restrukturiranje elektroprivrede, nakon što je to već učinjeno u drugim industrijskim djelatnostima (zrakoplovnoj, telekomunikacijskoj, plinskoj). Zakon o energetskoj politici (Energy Policy Act) iz 1992. propisao je da se američka elektroprivreda mora restruktirirati. Federalna regulatorna komisija za energetiku (FERC) dobila je zadatak da omogući taj proces. Nalozi komisije (br. 888 i 889) razlomili su tradicionalni vertikalni model elektroprivreda u poduzeća za proizvodnju, prijenos i distribuciju. Zakonom se nije tražilo korporativno već samo funkcionalno razdruživanje, međutim, u praksi se dogodilo oboje. Poslovanje Prijenosnih poduzeća, budući da su prirodni monopoli, i dalje je regulirano propisima, a radi pružanja jednakih tržišnih uvjeta konkurentskim proizvodnim i distributivnim poduzećima. Da bi se to provelo, bilo je potrebno ostvariti tehnološke pretpostavke koje će omogućiti funkcioniranje novih modela poslovanja. Sustav za objavljivanje i rezervaciju respoloživih prijenosnih kapaciteta (OASIS), te sustav za obavještavanje o transakcijama (TIS) primjeri su takovih infrastrukturnih sustava.
Članak daje kratak pregled problematike restrukturiranja elektroprivrednog sustava u SAD.

Ključne riječi: elektroprivreda, restrukturiranje, deregulacija, OASIS, TIS.

1. UVOD

Trend restrukturiranja elektroprivrednih sustava započeo je 80-ih godina u Velikoj Britaniji i nekim latinoameričkim zemljama, da bi dobio na zamahu u 90-tim godinama, uključenjem SAD i Europe. Motivi za restrukturiranje elektroprivrede razlikuju se od države do države, ovisno o gospodarstvenom položaju i političkim utjecajima. U nekim je zemljama, npr. Velikoj Britaniji, privatizacija bila način da se u elektroprivredu privuku investicijska sredstva iz privatnog sektora, a država rastereti davanja. Latinoameričke su zemlje rasprodajom nacionaliziranih proizvodnih pogona napunile proračune i dovele strane investitore u inače nedjelotvoran i trom gospodarstveni sektor. U Istočnoj se Europi privatizacija uklapa u opći trend odmaka od državne kontrole, k privatizaciji i decentralizaciji.

Ono što je počelo kao metoda punjenja budžeta bankrotiranih latinoameričkih država (privatizacija i vertikalna segmentacija elektroenergetskih monopola), proširilo se i na zapadne ekonomije, ovoga puta predstavljano kao panacea za rastuće cijene i lokalne disparitete cijena električne energije. U SAD su se uključila tijela na federalnoj razini koja daju zakonodavnu podlogu i usmjeravaju tehnološki razvoj. Rezultat je brzo (ali ne prebrzo) i organizirano restrukturiranje najvećeg elektroprivrednog kompleksa na svijetu uz relativno malo otpora i poteškoća koje tako velika strukturna promjena sa sobom nužno nosi.

2. UZROCI RESTRUKTURIRANJA

Iako se u SAD udomaćio termin deregulacija (deregulation), restrukturiranje je naziv koji neki analitičari i dalje preferiraju jer bolje ocrtava suštinu promjena koje su se dogodile i još se događaju u elektroprivredama SAD. Intencija zakonodavaca je bila da se razbiju geografski monopoli, kod kojih su regionalne/gradske elektroprivredne organizacije (u mješovito državno-privatnom vlasništvu) bile jedini isporučitelji električne energije. Neovisni proizvođači energije (Independent Power Producers - IPP) imali su pristup u mrežu pod lošijim uvjetima od vlastitih elektrana pojedinih elektroprivreda, a ujedno kupci nisu imali mogućnost izbora isporučitelja energije. Elektroprivrede su poslovale po tradicionalnim principima: ako vlastita proizvodnja ne bi zadovoljavala potrošnju, kupovale bi energiju na tržištu (od okolnih elektroprivreda), ako bi je pak bilo previše, pokušavale su je prodati. Prijenos dalekovodima za treće osobe naplaćivao se po standardnim tarifama. Sigurnost opskrbe i stabilnost sustava bile su ciljevi i kriteriji poslovanja. Cijena energije (odobrena od lokalne vlasti) bila je takva da se pokriju troškovi i osigura rast. Scenarij je bio isti i u svim drugim državama svijeta, razlike su bile jedino u veličini i organizacijskoj strukturi elektroprivrednih sustava. (Državni u Francuskoj, Italiji, Istočnoj Europi, regionalni u Njemačkoj, Kini, Kanadi, SAD, itd.). Ovakva situacija nije pogodovala neovisnim proizvođačima, koji su, zahvaljujući novim

tehnologijama, mogli proizvoditi energiju po bitno nižim cijenama od tradicionalnih elektroprivreda, ali nisu imali pristup na tržište pod jednakim uvjetima. Donošenjem Zakona o energetskoj politici 1992. godine, te dva ključna naloga Federalne regulatorne komisije za energetiku (FERC) 1996. godine, konačno je otvoreno američko tržište električne energije i ukinuti su organizacijski monopoli.

3. CILJEVI RESTRUKTURIRANJA

Osnovni je cilj deregulacije u SAD-u bilo uvođenje tržišta i konkurencije u domenu elektroprivrede, da bi se u konačnici snizile cijene električne energije. Dvije su komponenete koje to omogućuju. **Prvo** je uvođenje konkurencije u ponudu proizvodnih jedinica, **drugo** je mogućnost izbora isporučitelja energije u maloprodaji (retail). Pod maloprodajom se ovdje razumijeva krajnji korisnik, što može biti veliki industrijski pogon, gradska distribucija ili domaćinstvo.

Vjerovalo se da će uspostava tržišta dovesti do povećanja djelotvornosti i sniženja cijena za krajnje potrošače. Otvori li se pristup svim proizvođačima, oni s nižom cijenom ponude istisnut će one s višom cijenom, ako potrošači mogu birati isporučioca, tržišni mehanizmi će nagraditi uspješne a eliminirati one druge. Neovisni proizvođači bili bi na taj način stimulirani da grade jeftine proizvodne pogone tamo gdje postoji mogućnost ostvarenja profita. Konkurencija će potaknuti tradicionalne elektroprivrede da budu djelotvornije, snize svoje troškove poslovanja i nađu takve poslovne modele koji će im omogućiti da budu tržišno uspješne u uvjetima otvorene konkurencije.

4. PROBLEMI RESTRUKTURIRANJA

Zbog poremećaja na tržištu koji će se nužno dogoditi otvaranjem prema svim proizvođačima, jedno od najvažnijih pitanje jest: tko će snositi tzv. troškove tranzicije (stranded costs). To su troškovi koji nastaju zbog korištenja starih objekata niske djelotvornost ili skupih objekata, umjesto da se koriste nove, jeftinije proizvodne jedinice. Otvaranjem tržišta tradicionalne elektroprivrede koje imaju velik broj takvih proizvodnih pogona naći će se u nepovoljnom položaju u usporedbi s konkurencijom novih suvremenih i djelotvornih proizvođača. Procjenjuje se (ovisno o metodi) da će troškovi tranzicije biti između 45 i 300 milijardi dolara. Ključno je pitanje tko će snositi te troškove. Ako se oni kroz cijenu prenesu na krajnje potrošače, sva teoretska ušteda koja bi se mogla ostvariti korištenjem jeftinijih izvora anulirat će se zbog snošenja troškova tranzicije. Osim toga, uvođenjem jeftinijih jedinica u ponudu profitirat će potrošači u područjima gdje su u pogonu skupi generatori. Tamo gdje su već sada troškovi proizvodnje niski, cijena će skočiti, jer će ti generatori sada moći izaći na tržište tražeći veću cijenu za svoj proizvod. Kao što se vidi, netko će u ovim promjenama dobiti, a netko izgubiti. Tko će to biti, nije tehničko već političko pitanje, i odgovor na njega dat će zakonska regulativa donesena demokratskom procedurom. Budući da su sada pritisnute konkurencijom, tradicionalne organizacije pokušavaju naći načine da smanje troškove. Jedan od načina su okrupnjavanja spajanjem proizvodnih, prijenosnih i distributivnih poduzeća. Na taj način moguće je da jedna vrsta monopola (geografski) prerasta u drugi (funkcionalni).

4.1. Neke opće karakteristike EES-a SAD

SAD su najveći proizvođač električne energije u svijetu: ukupna proizvodnja bila je 1996. godine 3 milijuna GWh, a promet od prodaje je iznosio 260 milijardi dolara. Instalirani proizvodni kapaciteti su 705 GW. Elektroprivredni sektor se sastoji od 3300 elektroprivrednih poduzeća, neovisnih proizvođača, veletrgovaca i ostalih. Osnovne komponente sustava su:

- **Povezana područja (Interconected Areas)**: Sjevernoamerički EES proteže se kroz 5 povezanih područja: Istočno, Zapadno, Quebec, Meksiko i ERCOT (Texas). Unutar povezanog područja sve elektroprivrede priključene su na izmjenični prijenosni sustav iste frekvencije.
- **Područja pouzdanosti (Reliability Areas):** Zadatak im je koordinacija i komunikacija radi osiguranja regionalne pouzdanosti proizvodnje i prijenosa.
- **Energetski pulovi (Power pools):** Energetski pul je dogovor među neovisnim elektroprivredama da se koordiniraju neke djelatnosti radi povećanja ekonomske djelotvornosti sustava. (Centralni dispečing, koordinacija održavanja, planiranje razvoja i t.d.).
- **Kontrolno područje (Control Area):** Geografska područja omeđena telemetrijom. Svako je odgovorno za rad EES unutar svojih granica i za održavanje ugovorene razmjene sa susjednim područjima, te održavanje stalne frekvencije.

Iako je broj elektroprivrednih poduzeća velik, proizvodnja je vrlo koncentrirana: 34 najveća poduzeća proizvode više od polovice ukupne energije. Najveći broj proizvodnih objekata je u "najboljim godinama" – više od pola jedinica snage od 50MW naviše starije su od 30 godina.

EES SAD-a se uglavnom nalazi u tri velika povezana područja: Istočnom, Zapadnom i Teksasu. Istočni i Zapadni podsustav uključuju i južne kanadske pokrajine. (Aljaska i Havaji su, naravno, isključeni iz ove podjele). Budući da je populacija i industrija u SAD-u uglavnom koncentrirana na istoku i zapadnoj obali, uz relativno nenapučena središnja prostranstva, ni električne veze između istoka i zapada nisu posebno dobro izgrađene.

Uz to, postoje tzv. ograničeni koridori između kontrolnih područja (Control Area) za prijenos energije, a koji

imaju ograničene kapacitete, u smislu kako je to definirano od strane NERC-a (u 5% ili više vremena u posljednjih 5 godina došlo je do maksimalnog korištenja kapaciteta dalekovoda). Prijenosne su organizacije dužne identificirati te koridore, te objaviti njihove raspoložive kapacitete na javnim informacijskim čvorovima (OASIS). Svaki zainteresirani sudionik na američkom tržištu električne energije može (i mora da bi energija mogla poteći) rezervirati prijenosne kapacitete na tim čvorovima. Tehnološka ograničenja OASIS čvorova jedan su od ograničavajućih čimbenika restrukturiranja elektroprivredne djelatnosti u SAD-u, te se na tom području stalno donose novi tehnički standardi i protokoli.

5. METODE RESTRUKTURIRANJA

Osnovna je metoda restrukturiranja razbijanje monopolnih sustava na tri dijela: proizvodnja, prijenos i distribucija, te omogućavanje slobodnog pristupa (Open Access) neovisnim prijenosnim putevima. Proizvodna poduzeća (tzv. GenCo - Generation Company) nastupaju samostalno na tržištu, nudeći svoju robu (energiju) najpovoljnijem ponuđaču, konkurirajući pri tom jedne drugima. Agregatni potrošači (distribucije, velike poduzeća) kupuju energiju direktno od proizvođača ili putem posrednika prethodno ugovorivši potrebne prijenosne kapacitete s prijenosnim kompanijama putem OASIS čvorova.

5.1. Poslovno-tehnološke pretpostavke

Da bi se deregulacija mogla provesti potrebno je bilo kreirati tržišne katalizatore - mjesta na kojima će ponuđači i kupci moći dogovarati cijenu i uvjete kupoprodaje. U Kaliforniji je formirana tzv. Power Exchange, ekvivalent on-line burze energije. U istočnom dijelu su izrasle velike kupoprodajne kompanije koje obavljaju posredničku ulogu, a većina proizvodnih poduzeća nastalih diobom velikih elektroprivreda ustanovila je tzv. marketinške odjele kojima je zadatak kupnja i prodaja energije.

Da bi se osigurala pravednost pri korištenju prijenosnih kapaciteta , uvedeni su tzv. OASIS čvorovi (Open Access Same-time Information System Š5.2Ć), na kojima poduzeća publiciraju svoje dinamičke raspoložive prijenosne kapacitete na dalekovodima s ograničenim kapacitetom, a kupci rezerviraju potrebne kapacitete.

Dakle, ugovaranje prijenosa energije odvojeno je od ugovaranja korištenja prijenosnih kapaciteta. Energetska transakcija se ugovara između kupca i proizvođača (ili njihovih posrednika) , a rezervacija prijenosa se vrši na OASIS čvorovima prijenosnih poduzeća (Transmission Providers) koje su u lancu između izvora (Source) i utoka (Sink) energije. Ova dva procesa su neovisni, osim u Teksasu, gdje su kombinirani u jedinstven poslovni proces. Uz rezervaciju kapaciteta sve više se javljaju i tzv. dodatne usluge (ancillary services) koje se vezuju uz prijenosne kapacitete. To su npr. jalova snaga, rotirajuća i hladna rezerva, pokrivanje gubitaka prijenosa i slično.

Osim sustava za rezervaciju prijenosnih kapaciteta, razvijen je i sustav za obavještavanje stranaka (poslovnih subjekata) koje su zahvaćene transakcijama - elektronsko obavještavanje (TIS). Budući da se tržišnim otvaranjem elektroenergetskog sustava bitno povećava broj energetskih transakcija, koje usto postaju sve složenije (sve je više stranaka uključeno u proces), njihovo evidentiranje i praćenje postaje sve veći problem. U slučaju preopterećenja ili ispada dalekovoda, potrebno je stoga reducirati pojedine transakcije. Svi poslovni subjekti u tehnološkom lancu moraju biti informirani o svim, za njih relevantnim transakcijama, da bi mogli pravilno reagirati u slučaju preopterećenja ili ispada dalekovoda.

5.2. OASIS čvorovi i rezervacija prijenosnih kapaciteta

Prijenosna poduzeća dužna su, kako je regulirano zakonom, objaviti raspoložive kapacitete svojih dalekovoda na javnim umreženim (povezanim na Internet) obavještajnim čvorovima (eng. nodes). Ti čvorovi zovu se OASIS čvorovi, a cijeli sustav naziva se OASIS. Svatko tko želi transportirati energiju preko dalekovoda nekog poduzeća, mora rezervirati kapacitete i kupiti prijenosna prava putem njenog OASIS čvora. Ako transakcija prelazi preko teritorija više prijenosnog poduzeća, stranka je dužna rezervirati kapacitete na svim OASIS čvorovima između izvora (generatora) i utoka (potrošača) energije.

Prijenosna prava prodaju se kao razni "proizvodi", s različitim trajanjem, garancijom isporuke, dnevnim rasporedom i posljedično, cijenom. Preprodaja prava je dozvoljena, a prijenosna poduzeća moraju omogućiti prekupcima objavljivanje i njihovih ponuda na svojim OASIS čvorovima.

Treba primijetiti da je ovaj sustav daleko od fizičke zbilje tokova energije u EES-u, jer barata s ugovornim putevima (Contractual Path) energetskih transakcija koji se rijetko podudaraju sa stvarnim tokovima snaga. O tome su vođene dugotrajne rasprave, ali budući da je danas tehnološki nemoguće koristiti tokove snaga pri rezervacijama, došlo se do kompromisnog rješenja uvođenjem središnjeg Proračuna distribucije (IDC), koji rješava pitanja rasterećenja prijenosne mreže (Transmission Load Relief- TLR), u slučajevima preopterećenja i ispada dalekovoda.

Treba napomenuti da prijenosna poduzeća ne moraju objaviti raspoložive kapacitete svih dalekovoda (prijenosnih puteva) već samo onih za koje se smatra (na temelju statistike prošlih opterećenja) da na njima može doći do zagušenja.

5.3. Elektronsko obavještavanje

Sustav obavještavanja o transakcijama (Transacion Information System - TIS), zvan i elektronsko obavješta-

vanje (e-tagging) je mehanizam za generiranje i distribuciju informacija o energetskim transakcijama među fizički (i financijski) zahvaćenim subjektima. Potreba za takvim sustavom postala je evidentna tijekom ranih devedesetih godina. Zbog povećanog opsega trgovanja energijom (kupnje, prodaje i preprodaje) situacija je postala tako zamršena da je pojedinačnim elektroprivredama postalo gotovo nemoguće pratiti sve transakcije koje se događaju unutar njihovih kontrolnih područja, a u slučaju prisilne redukcije (ispad dalekovoda i sl.), budući da dispečeri nisu imali pune informacije o tokovima transakcija, prošli su dani dok se čitave situacije nisu razmrsile. Budući da su posljedice takvih događaja potencijalne sudske tužbe i goleme odštete odnosno troškovi, elektroprivrede su brzo reagirale uvođenjem protokola za obvezno izvještavanje o energetskim transakcijama među svim subjektima. Javna mreža (Internet) koristi se kao medij za distribuciju informacija. Svi subjekti energetskih transakcija (trgovci, prijenosne firme i kontrolna područja) dužni su registrirati svoje URL-ove pri NERC-u, pribaviti odgovarajući softver i komunicirati sa svim ostalim subjektima o svim detaljima tih transakcija (tehničkim, cijene naravno nisu javne!). Protokoli za komunikaciju (koristi se http) i pravila za pakiranje poruka su definirani od strane NERC-a i dostupni najširoj publici. Poduzeća mogu sama implementirati ove sustave na svojim lokacijama, ili se pretplatiti na Internet servis. Trend ide u smjeru korištenja Web-a i većina organizacija u SAD-u obavlja komunikaciju putem posrednika.

5.4. Proračun distribucije

Sve transakcije istočne interkonekcije SAD-a slijevaju se u jedinstvenu bazu podataka, tzv. Proračun distribucije (Interchange Distribution Calculator - IDC) gdje se potom računaju (pojednostavljeni) tokovi snaga za cijeli Istok (mreža od 30000 čvorova). U slučaju preopterećenja, kad koordinatori sigurnosti zatraže redukcije, IDC proračun arbitrira koje će se transakcije reducirati. Odluka se temelji na dva kriterija: prvo, koji je redukcijski prioritet transakcije (curtailment priority), i drugo, koliki je utjecaj transakcije na rasterećenje nastalog preopterećenja mreže. Redukcijski prioritet ovisi o tome koja je vrsta prijenosnog prava kupljena za tu transakciju na OASIS čvoru.

5.5. Neovisni upravljači sustava

Smatra se da je uloga Neovisnih upravljača sustava (ISO) ključna za uspjeh restrukturiranja zbog njihove monopolne pozicije. Dosadašnja praksa poznaje nekoliko modela i tipova Neovisnih upravljača sustava: neki su vlasnici prijenosnih kapaciteta, neki nisu, neki uključuju burzu energije, neki ne. Svima je zajedničko da im je primarna zadaća ocjena (proračun) sigurnosti, dispečing i upravljanje sustavom. To su neprofitne organizacije koje naplaćuju svoje troškove po odobrenim tarifama. Neovisni upravljači sustava postupno bi se trebali transformirati u nove organizacijske entitete, područne prijenosne organizacije.

5.6. Područne prijenosne organizacije

Područna prijenosna organizacija (Regional Transmission Organization - RTO) je nova organizacijska forma koju propisuje Federalni zakon iz 1999. godine. Cilj je ustanovljenje takvih entiteta koji će osigurati tehnološke i ekonomske funkcije nužne za nesmetano funkcioniranje EES-a. Osnovne osobine Područnih prijenosnih organizacija (PPO) trebaju biti:

- Neovisnost
- Osiguranje kratkoročne stabilnosti

Osnovne funkcije koje PPO obavlja su:

- Administriranje i kreiranje tarifa
- Upravljanje zagušenjem (congestion management)
- Paralelni tokovi snaga
- Dodatne usluge (ancillary services)
- Briga o raspoloživosti prijenosnih kapaciteta (Available Transfer Capability - ATC)
- Nadgledanje tržišta (Market Monitoring)
- Planiranje razvoja
- Međuregionalna koordinacija.

Zakon daje rok da se do kraja godine 2001. formiraju Područne prijenosne orgnizacije i preuzmu odgovornost za gore navedene funkcije.

Na slici 1. dan je poslovni i tehnološki model trgovanja električnom energijom u SAD-u:

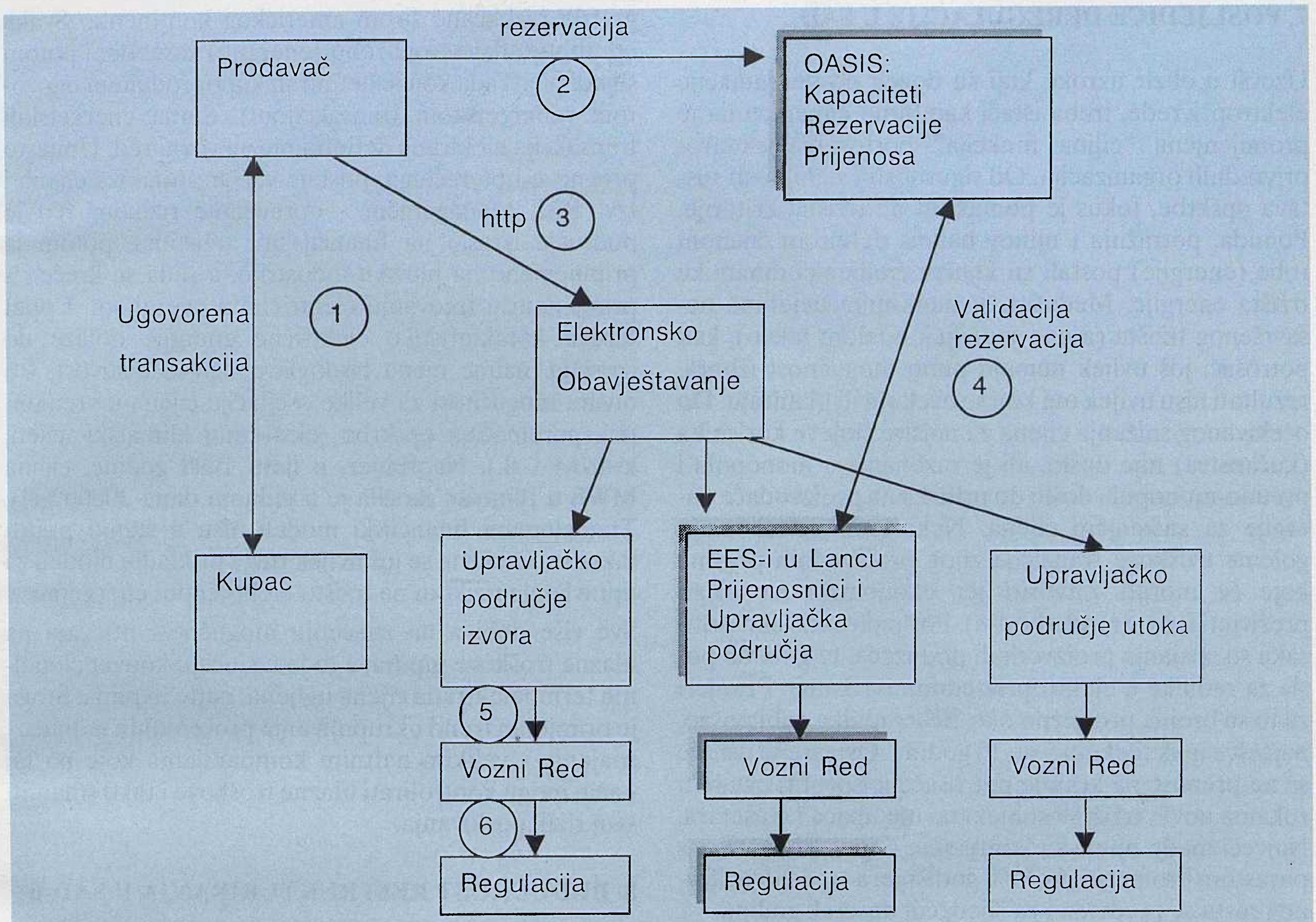
Pojednostavljeni je slijed akcija ovakav:

1. Prodavač ugovara transakciju s kupcem
2. Prodavač osigurava (rezervira) prijenosne kapacitete na OASIS čvorovima
3. Kad je transakcija finalizirana, prodavač šalje obavijest (markicu) putem sustava elektronskog obavještavanja
4. Poduzeća za prijenos i nadgledna područja koja su u ugovornom lancu transakcije vrednuju rezervacije i odobravaju ili odbacuju transakciju. Tek ako svi sudionici odobre transakciju,
5. Transakcija ulazi u vozni red i
6. Energija može poteći.

Svaka transakcija mora imati svoju elektronsku markicu (Tag). Broj markica će se povećati višestruko kada se i kratkoročno tržište (slijedeći sat) automatizira. Trend je k centralizaciji sustava (u istočnom dijelu SAD-a koji je ranije krenuo s automatizacijom procesa).

6. NEKA ISKUSTVA PRVIH GODINA RESTRUKTURIRANJA

Razbijanje vertikalnih monopola (Proizvodnja, Prijenos i Distribucija) dovelo je do inicijalnog usitnjavanja poduzeća. Međutim, vrlo brzo je počeo suprotan pro-



Slika 1. Poslovno-tehnološki model trgovanja energijom u SAD

ces, okrupnjavanja, ali ovoga puta horizontalnog. Proizvodna i prijenosna poduzeća se spajaju, veće kupuju manje i tako se stvaraju novi veliki privredni subjekti, koji lakše opstoje na tržištu. Kupci se također okupljaju i stapaju da bi bili protuteža i imali veću snagu na tržištu (market power).

Utjecaj restrukturiranja na cijene električne energije je dvojak. Pritisak na proizvođače (zbog povećane konkurencije) doveo je do sniženja cijena, a time i smanjenja dobiti Proizvodnih poduzeća. Njihov odgovor na to je spajanje i okrupnjivanje. Federalna vlada ima pune ruke posla oko arbitraže pri brojnim spajanjima, pazeći da se ne kreiraju takve strukture koje bi imale neproporcionalnu snagu na tržištu i time se pretvorile u oligopole. Manja proizvodna i distributivna poduzeća udružuju se kreirajući neprofitne nadorganizacije (Neovisni upravljači sustava - ISO Independent System Operator) Nastoje se sklopiti dugoročni ugovori s garantiranim cijenama.

Veleprodajne cijene su postale mnogo nestabilnije. Za velikih vrućina (vršno opterećenje zbog električnih rashadnih uređaja) u srpnju 1998 godine, cijena MWh je skočila s 18 na 3000 dolara u par dana. Potrošači (kupci energije) se brane od tako velike nestabilnosti sklapanjem dugoročnih ugovora, čime se praktično opet negiraju inicijalni ciljevi deregulacije. Upravljanje potrošnjom (Demand-side management) postaje još jedna važna strategija distributivnih poduzeća. Popusti se nude potrošačima koji su spremni ugraditi intermitentne prekidače na svoje rashadne i grijače uređaje.

Budući da se promijenio poslovni model i procesi poslovanja, promijenila se i uloga sustava upravljanja EES-om (Energy Management Systems - EMS). Nekadašnje optimiranje proizvodnje uz balans potrošnje i razmjene i minimizaciju ukupnih troškova postalo je stvar prošlosti. Proizvođači nastoje prodati svoju robu (energiju) na otvorenom tržištu uz što veću cijenu, kupci zadovoljiti svoju potrošnju sa što nižom cijenom. Novi poslovni modeli rađaju zahtjeve za novim poslovnim aplikacijama (softverom). Tradicionalne EMS-ove zamjenjuju novi, modularni sustavi aplikacija za deregulaciju: aplikacije za komunikaciju s OASIS čvorovima, aplikacije za elektronsko obavještavanje, sučelja prema tradicionalnim rasporednim sustavima (scheduling systems), sustavi i baze podataka dodatnih usluga (ancillary services). Neke od tipičnih novih aplikacija,. koje dolaze iz financijske domene: upravljanje rizikom (Risk Management), razrješni sustavi (Settlement Systems), sustavi za trgovinu energijom (Energy Trading Systems).

Najveći dobitnici restrukturiranja zasigurno su (vele)trgovci energijom (marketers) i nakupci (resellers).

7. POSLJEDICE DEREGULACIJE U SAD

Uzevši u obzir uzroke koji su doveli do deregulacije elektroprivrede, treba istaći kao bitnu činjenicu da je promijenjena "ciljna funkcija" poslovanja elektroprivrednih organizacija. Od sigurnosti i stabilnosti sustava opskrbe, fokus je pomaknut na tržišne kriterije. Ponuda, potražnja i njihov balans definiran cijenom robe (energije) postali su ključni čimbenici dinamike tržišta energije. Međutim, u današnjim uvjetima nesavršenog tržišta (a ono je uvijek dijelom takvo), kad potrošači još uvijek nemaju punu mogućnost izbora, rezultati nisu uvijek oni koji se očekuju ili planiraju. Do očekivanog sniženja cijena za najšire slojeve korisnika (kućanstva) nije došlo, ali je razbijanjem monopola i pseudo-monopola došlo do pritiska na proizvođače energije za sniženjem cijena. Neki proizvođači imaju goleme troškove tranzicije zbog proizvodnih pogona koje će morati zatvoriti jer ekonomski ne mogu preživjeti (tzv. stranded costs). Posljedica tržišnih pritisaka su spajanja proizvodnih poduzeća, te gubitak posla za radnike u elektroprivrednim tvrtkama. Primjeri za to su brojni, prosječno oko 20% radnika gubi posao, najčešće ipak tijekom 5 do 10 godina. Ostvarene uštede se ne prenose na krajnje potrošače jer profiti ostaju u rukama novih tržišnih subjekata: nakupaca i mešetara. Najveći među njima su kompanije poput ENRON-a s porastom prometa i do 50% godišnje, a trend dvocifrenog rasta se predviđa i za sljedećih desetak godina.

Jedna od posljedica procesa restrukturiranja jest i redefiniranje uloga klasičnog sustava upravljanja EES-om (EMS - Enegy Management System), nekadašnje tehnološke kralježnice poslovanja elektroprivrede. Ako ugrubo podijelimo tradicionalni sustav upravljanja ima tri kategorije:

- SCADA i sustav upravljanja u realnom vremenu
- Kratkoročne aplikacije za optimiranje rada sustava
- Funkcije dugoročnog planiranja rada i razvoja EES-a.

Restrukturiranje je utjecalo na sve aspekte upravljanja EES-om. Budući da su se elektrane pretvorile u "tvornice električne energije", koje svoju robu nude na tržištu , koncept tehničkog balansa ponude i potražnje, uz stalnu frekvenciju, zamijenjen je tržišnim balansom ponude i potražnje.

SCADA je možda jedini segment koji se nije bitno promijenio, osim što se javljaju dodatne potrebe za mjerenjima i praćenjem dodatnih usluga (Ancillary Services). Kontrola frekvencije i opterećenja, nekada temeljna funkcija dispečerskog (kontrolnog) centra, prešla je u domenu dodatnih usluga, koje se posebno ugovaraju i posebno plaćaju. Proračun optimalne raspodjele opterećenja generatora (Unit Commitment), s ciljem minimizacije troškova, izgubio je svoj smisao. Od troškovno temeljenih (cost based) prešlo se na cijenovno temeljene (price based) proračune, ali i oni gube smisao kad je vlasnik elektrana - Proizvodno poduzeće (GenCo) u posjedu dvjestotinjak jedinica koje su geografski razbacane širom američkog kontinenta. Svaka od njih prodaje svoju robu (energiju) zasebno, i potom slijedi plan rada koji je definiran kupoprodajnim ugovorom (energetskom transakcijom). Suma energetskih transakcija elektrane definira njezin vozni red. Umjesto prognoze opterećenja, postaje važna prognoza cijena i tzv. Risk Management - upravljanje rizikom. To je područje izraslo na financijskim tržištima, potom je primijenjeno na plinsku industriju, a sada se kreće i s primjenom u trgovanju električnom energijom. I opet fizičke karakteristike električne energije dolaze do izražaja, naime njena tvrdoglava neuskladištivost, što otvara mogućnost za velike oscilacije cijena u vremenima poremećaja opskrbe (ekstremni klimatski uvjeti, kvarovi i sl.). Naprimjer, u ljetu 1998 godine, cijena MWh u Illinoisu skočila je u jednom danu 20000%(!). Tradicionalni financijski modeli nisu u stanju pratiti takve oscilacije te se još uvijek traže prikladni modeli za upravljanje rizikom na tržištu električnom energijom.

Sve više dobiva na značenju mogućnost utjecaja na ulazne troškove inputa, a to je u slučaju konvencionalnih termoelektrana cijena ugljena, nafte ili plina. Stoga je primjetan trend okrupnjivanja proizvodnih jedinica i spajanje s velikim naftnim kompanijama koje na taj način mogu kontrolirati ulazne troškove i tako smanjiti svoj rizik poslovanja.

8. BUDUĆNOST RESTRUKTURIRANJA U SAD-u

Dosadašnja zbivanja pokazuju da je bez uplitanja vladine regulative tržište sklono kreiranju monopola, tako da su vjerojatne zakonodavne akcije koje će to pokušati spriječiti.

Ovoga ljeta (2000.) očekuju se redukcije u opskrbi električnom energijom. "Krivac" za to je prijenosna mreža i desetljeće ekonomskog rasta koje je povećalo potražnju brže no što su mogli rasti proizvodni kapaciteti.

Tijekom slijedećih nekoliko godina doći će do objedinjavanja sustava rezervacija (OASIS) i obavještavanja o transakcijama (TIS). Satno tržište (kupoprodaja energije za slijedeći sat) će zaživjeti već krajem ove godine.

Sljedeća na redu za restrukturiranje je maloprodaja energije. Korisnicima će se omogućiti da kupuju električnu energiju od izabranog isporučitelja, mijenjajući isporučitelja praktički satno. Problemi vezani uz restrukturiranje maloprodaje su golemi, već zbog samog broja transakcija koji je višestruko veći. Informatička tehnologija i njen razvoj prema potrebama i zahtjevima industrije imat će odlučujuću ulogu pri ovim promjenama. A kada restrukturiranje počne donositi uštede na maloprodajnoj razini, tada će i krajnji korisnici konačno početi ubirati plodove ovog pothvata.

9. ZAKLJUČAK

Na sektor elektroprivrede otpada oko 10% kapitalnih investicija u SAD, te svaka strukturna promjena u tom sustavu ima dalekosežne posljedice. S obzirom na sve-

nazočnost električne energije i njen utjecaj na druge industrijske grane, razumljivo je da se restrukturiranje prati s posebnom pozornošću. SAD grabe krupnim koracima u restrukturiranje, gradeći usput tehnološke pretpostavke koje često kasne za zakonskom regulativom koja omogućuje i propisuje organizacijske promjene.

Elektroprivredne organizacije restrukturiraju se pucajući po vertikalama ali spajajući se s drugim jedinkama u horizontalnoj ravnini. Vertikalni monopoli zamjenjuju se horizontalnim.

Kao što je i iz ovog kratkog pregleda vidljivo, restrukturiranje elektroprivrednih poduzeća nije samo formalne, već suštinske naravi. Terminologija, metodologija i modeli s financijskih tržišta polako ali sigurno osvajaju teritorije na kojima su dosada vladale isključivo elektroprivredne organizacije.

Preliminarne analize pokazuju da rezultati restrukturiranja nisu nužno niže cijene već ponekad i niža pouzdanost sustava. Staromodne elektroprivrede klone se dodavanja novih kapaciteta, bojeći se da neće moći povratiti investicije uz tako veliku konkurenciju nezavisnih proizvođača, koji postižu niže cijene koristeći nove, djelotvornije tehnologije. Nezavisni proizvođači, oni koji su bili zagovornici restrukturiranja, čekaju dok ne vide na kojim će tržištima moći ostvarivati najveće profite. Kompliciranі tarifni sustavi i limiti prijenosnih kompanija ne odražavaju uvijek najveće potrebe i adekvatnim porastima cijena. Krajnji rezultat je da se elektrane grade tamo gdje tržište izgleda najprofitabilnije, a ne tamo gdje su potrebe najveće.

Bez obzira na moguće kritike i zamjerke, nepobitna je činjenica da je započeti proces deregulacije elektroenergetske industrije ireverzibilan. Povratka na stari model sigurno neće biti u doglednoj budućnosti. U 1999. godini promet na burzama energije bio je milijardu dolara, a procjenjuje se da će za 5 godina dostići 100 milijardi. Električna energija definitivno je promovirana iz sfere infrastrukturnog dobra u sferu robe na tržištu. A kao roba na tržištu, postaje podložna svim njegovim hirovima, usponima i padovima. Američki potrošači, kao i stanovnici drugih razvijenih zemalja, morat će se polako naviknuti da žive s tom činjenicom.

POWER UTILITIES RESTRUCTURING IN THE USA

After restructuring other industries (airlines, telecommunications, and gas), the deregulation of the US power industry began in the early nineties. 1992 Energy Policy Act mandated that US power utilities must undergo the restructuring. FERC was given the task to facilitate this process. Commission's rules 888 and 889 have broken the traditional vertical utility model into functional division, but in reality both have happened. Transmission companies being natural monopolies are still being regulated to enable equal market conditions for competing with generation and distribution companies. To realise this, technological prerequisites were needed to enable new business models' functioning. Open Access Same-time Information System (OASIS) and Transaction Information System (TIS) are examples of such systems.

This article gives a brief overview of the power industry restructuring in the USA.

DIE UMGESTALTUNG DER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT IN DEN USA

Anfang neunziger Jahre haben die Vereinigten Staaten von Nordamerika mit der Umgestaltung der Stromversorgung angefangen, nachdem dies in anderen Wirtschaftszweigen (Luftfahrt, Fernmeldewesen, Gasversorgung) bereits geschehen ist. Das Energiegesetz (Energie Policy Act) aus dem Jahre 1992 hat den Zwang der Umgestaltung vorgeschrieben. Der Bundesregelungsausschuss für Energetik (FERC) bekam die Aufgabe diesen Process zu ermöglichen. Die Anordnungen des Ausschusses (Nr. 888 und 889) brachen das traditionelle senkrechte Modell der Versorgungsunternehmen auseinander, um funktionelle Einheiten zu gestalten. In der Praxis ist jedoch beides geschehen. Die Geschäftsordnung der Übertragungsgesellschaften, monopolistisch von Natur aus, ist auch weiter, zwecks Anbieten gleicher Bedingungen den sich bewerbenden Erzeugungs- und Verteilungsunternehmen, durch Vorschriften reguliert. Zwecks Durchführung dieser Bedingungen und des Funktionierens neuer Art des Geschäftsablaufes sind notwendige technische Voraussetzungen geschaffen. Beispiele davon sind Bekanntmachungs- und Reservierungsstelle der verfügbaren Möglichkeiten der Übertragung (OASIS) und Informationsstelle über abgeschlossne Geschäfte (TIS).

Der Artikel gibt eine kurze Übersicht der Fragen der Umgestaltung der elektrizitätswirtschaft in den usa.

Naslov pisca:

Mr. sc. Davor Tomašić, dipl. ing.
Siemens PSC, Minneapolis
Minnesota, SAD

Uredništvo primilo rukopis:
2000-11-21.

LITERATURA

[1] Navigating a Course to Electric Competition, Competition Policy Institute Report, Listopad 1997.

[2] Electric Utility Restructuring:Overview of Basic Policy Questions, Congressional Research Service Issue Brief, Siječanj 1999.

[3] Order no. 888 (Final Rule), FERC, Travanj 1996.

[4] Elektricity Market Structures, Ali Vojdani, Farrokh A. Rahimi, EPSOM'98, Zurich, Listopad 1998.

[5] Standards and Communications Protocols for OASIS, v 1.3, FERC, Listopad 1998.

PRILOG

Mali rječnik ključnih pojmova i skraćenica restrukturiranja elektroprivrede u SAD

Ancillary Services
(Dodatne usluge) Regulacija, rezerva i jalova snaga, prodavane kao zasebni proizvodi

CA (Control Area)
Upravljačko područje, omeđeno telemetrijom, na kojem se može vršiti kontrola frekvencije

DisCo (Distribution Company)
Distributivno poduzeće

E-tagging (electronic-tagging)
isto što i TIS

FERC: (Federal Energy Regulatory Comission)
(http://www.ferc.fed.us/)
Federalna regulatorna komisija za energetiku. Federalno (sveameričko) zakonodavno tijelo na području Energetike, dio Ministarstva energetike

GenCo (Generating Company)
Proizvodno poduzeće. Ako energiju prodaje samo (ne preko prosrednika) onda je ujedno i PSE

IDC (Interchange Distribution Calculator)
Proračun tokova snaga na temelju informacija o energetskim transakcijama

ISO (Independent System Operator)
Neovisan upravljač sustava – neprofitna organizacija kojoj je zadaća da osigura sigurnost prijenosnog sustava, te vodi dispečing i regulaciju

NERC: (North-American Reliability Council)
(http://www.nerc.com/)
(Savjet za sjevernoameričku pouzdanost) Tijelo sa zadatkom da kreira tehnološke pretpostavke elektroenergetskog razvoja koja će voditi računa o sigurnosti i stabilnosti sustava te biti u skladu s zakonima i propisima o restrukturiranju

OASIS (Open Access Same-time Information System)
Sustav za publiciranje prijenosnih kapaciteta na Internetu i njihovo rezerviranje od strane trgovaca energijom

PSE (Purchasing/Selling Entity)
Poduzeće koje trguje električnom energijom. Može biti vlasnik proizvodnih kapaciteta ali i ne mora.

Risk Management
Upravljanje rizikom. Skup metoda za smanjivanje rizika pri ugovaranju poslova s inherentnom neizvjesnosti (cijena, ponude, potražnje, itd)

RTO (Regional Transmission Organization)
Područna prijenosna organizacija, organizacijski oblik koji bi trebao zamijeniti ISO

Stranded Costs
Troškovi tranzicije. "Mrtvi kapitali" u postojećim proizvodnim objektima elektroprivreda koji otvaranjem mreže postaju preskupi i nekonkurentni.

Tag
Elektronska markica transakcije. Sadrži podatke o uključenim stranama i energetski satni profil, te podatke o rezervaciji prijenosnih kapaciteta (OASIS)

TIS (Transaction Information System)
Zvan još i e-tagging (electronic tagging) – sustav obavještavanja putem Interneta zainteresiranih strana o energetskim transakcijama

TLR (Transmission Load Relief)
Postupci za rasterećenje preopterećenih dalekovoda. Rukovode se prioritetima rezervacija i proračunom tokova snaga (IDC)

TP (Transmission Provider)
Prijenosno poduzeće. Ne nužno i vlasnik mreže (TransCo)

TransCo (Transmission Company)
Prijenosno poduzeće koje je ujedno i vlasnik prijenosne mreže

OPERATIONAL IMPLEMENTATION OF THE TPA AGREEMENT II IN GERMANY

Joachim V a n z e t t a, Germany

UDK 621.315:65.011
PROFESSIONAL PAPER

The paper describes the tasks of the RWE Energie TSO in the interconnected network and the changes to the system operation due to the liberalized market and the additional operating requirements resulting from the TPA Agreement II in Germany.

Keywords: **Network, Market, TPA Agreement.**

1. SYSTEM MANAGEMENT AND SYSTEM OPERATION IN THE UCTE GRID

According to the Energy Industry Act, transmission grid operators are obliged to supply customers with electrical energy as reliably and cost-effectively as possible in sufficient amounts at any time while ensuring smooth grid operation.

The supply with electrical energy is characterized by some essential physical parameters requiring special efforts and precautions in order to maintain supply security. On the one hand, supplying customers with electricity requires an electrical system, i.e. transmission lines from the power plant to the consumer. On the other hand, electric power cannot be directly stored in large quantities, but has to be generated instantaneously when the customer needs it. Even small deviations from this equilibrium may jeopardize supply security and lead to supply disruption or to the collapse of the system, if the transmission grid operator does not take corrective action.

Operation of today's interconnected system in Germany is the result of historical evolution. More than a hundred years ago, the firs regional service areas developed in German cities and agglomerations. Individual generating units supplied consumers with electric power via power lines. Very often only one power plant unit fed electriciy into such a subsystem. Any failure of such power plant led to the immediate power blackout for all connected consumers. As more and more electricity was needed and improved supply security was demanded, all the electricity utilities operating in Germany gradually interconneced their extra-high-voltage subsystems forming today's "German interconnected system" in the course of decades (fig. 1). Interconnection led to significant improvements. Several power plants operating in parallel could back each other up im the event of power plant failures. The interconnection of the grids also enabled power plants to be used more efficiently. The parallel connection of the subsystems also improved security at several interconnection points in the extra-high-voltage system. Ring-shaped or meshed circuits were formed. In the event of a particular line failing the electricity can be transmitted across the remaining line(s) to the consumer.

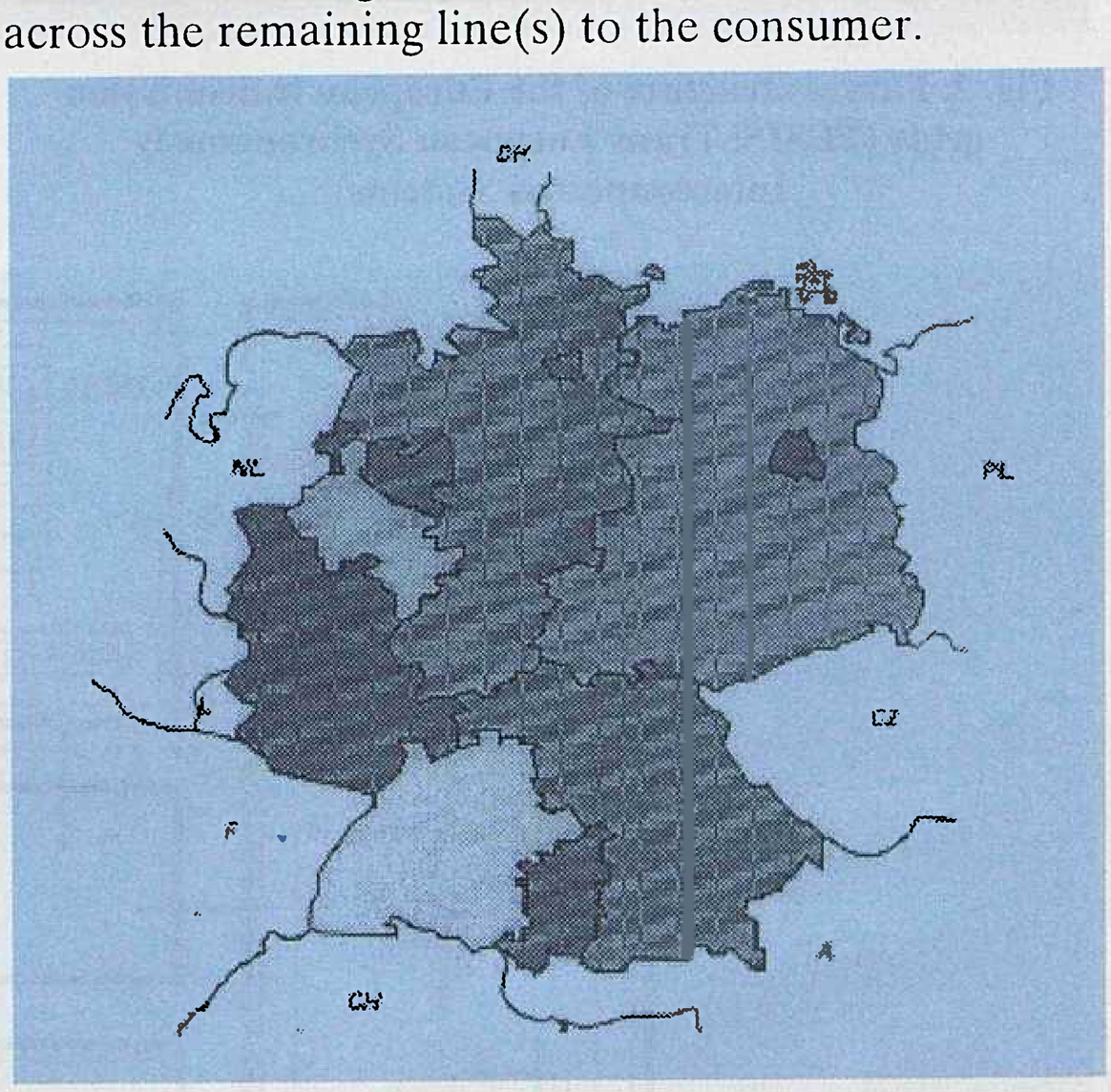


Fig. 1: Area of German Interconnected System

In Germany, there are currently [August 2000] eight transmission grid operators that have interconnected their 380 kV and 220 kV systems via national interconnect lines to form the German interconnected system. The 380 kV system and the 220 kV system are electrically connected with each other through transformers, so-called system interconnectors.

However, the interconnected system does not end at the German border. International tie-lines from Germany to neighboring foreign countries as well as tie-lines between foreign partners link the subsystems to form a synchronous European extra-high-voltage system (fig. 2).

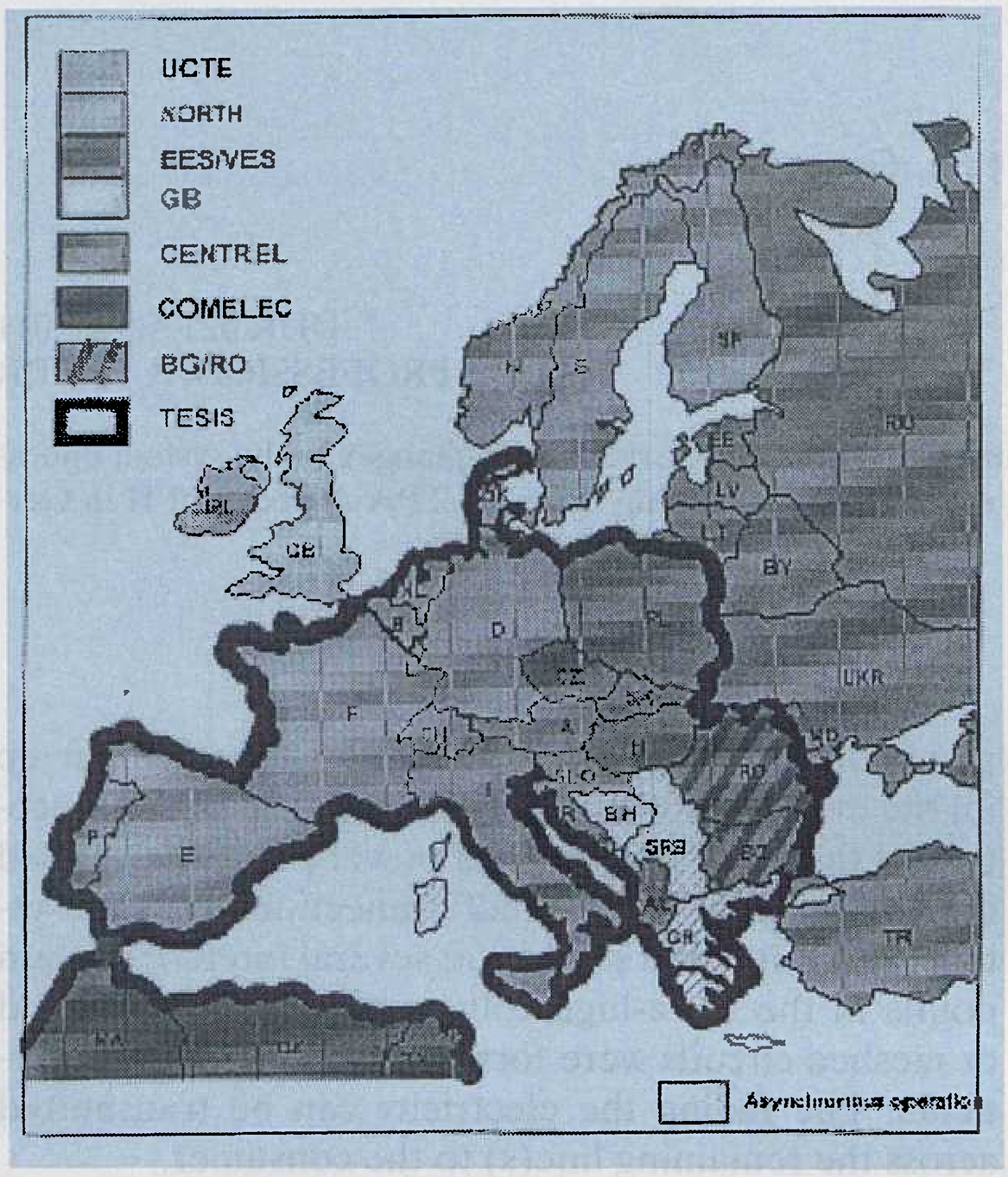


Fig. 2: Future structure of the European transmission grids (TESIS: Trans European Sychronnously Interconnected Systems)

Today's extra-high-voltage system is heavily meshed. Electricity flows in the system based on the laws of physics described by Kirchhoff's or Ohm's Law. The current circuit arrangement in the system, also referred to as topology (lines switched on or off, transformer tap positions etc.), the local power output to subordinate distribution grids, delivery to large industrial customers as well as the current deployment of power plants determine how much electricity flows across individual lines. The transmission grid operator therefore only has limited control over physical load flows by changing the power plant deployment and by rearranging circuits in the system. This is why it is extremely important to monitor the flow of electricity as well as the loads on all the equipment in order to identify overloads and bottlenecks in the network soon enough and to be able to take corrective action. The systems of each energy utility were designed in such a way that demand in any utiliy's own control sphere can be met from its own power plant capacity without any bottlenecks arising in the system.

2. TECHNICAL/OPERATIONAL COOPERATION THE UCTE INTERCONNECTED SYSTEM

A major goal of interconnected operation in the electricity industry consists in exchanging electrical energy between the interconnected partners while maintaining security. If more energy flows across national or international interconnect lines into a control zone than flows out of it, this difference constitutes the import of electrical energy. Conversely, if more energy flows out of the control zone than into it, electrical energy is exported.

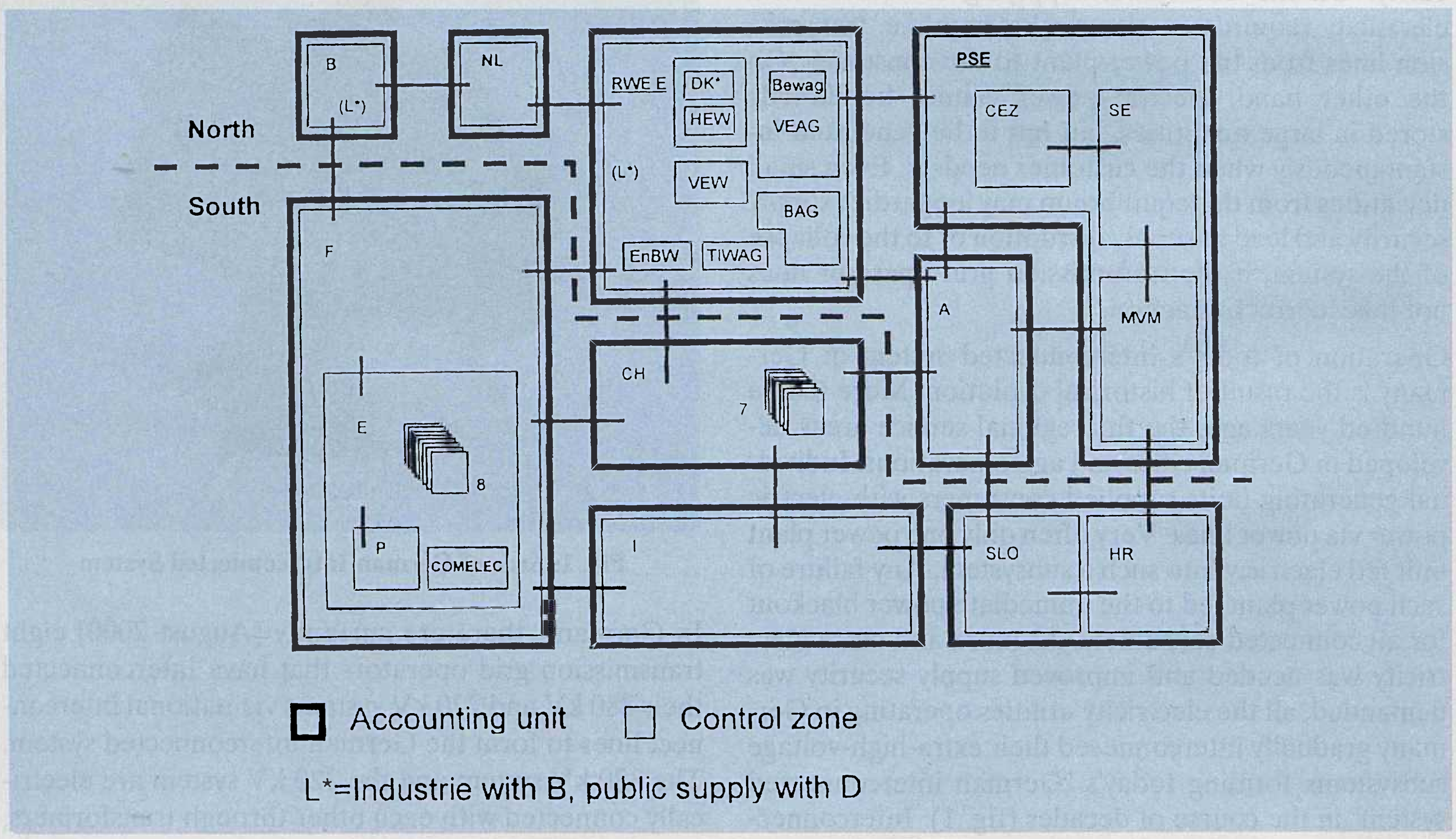


Fig. 3: Control blocs/control zones in the UCTE area

Each control zone is lined up to the program value (fig. 3) by means of load frequency control in order to be able to specifically influence and control export/import even in a highly meshed system. In its interaction with the primary-controlled power plants, load frequency control also maintains the network frequency (typically 50 Hz).

The systems of the eight German interconnected companies with parts of Denmark, Luxembourg and Austria together form the German control bloc. The load frequency controller for the German control unit is located in Brauweiler (RWE Energie, Transmission System Operation). It controls the exchange of electrical energy for all DVG partners vis-à-vis the UCTE system, including the CENTREL system (Poland, Slovakia, Czech Republic, Hungary). Within the German control bloc, each DVG partner controls the import/export with the neighboring systems for his own control zone.

3. CENTRAL SYSTEM MANAGEMENT FUNCTIONS IN INTERCONNECTED OPERATION

The central system management functions in interconnected operation can be broken down as follows in terms of their timing (fig. 4).

- "today for tomorrow" is up to system planning
- "today for today" is up to system use and deployment
- "today for yesterday" is up to system balancing (billing).

3.1. "Today for tomorrow" (system planning)

System management is a permanent target/perfomance comparison. The load frequency control of all interconnected partners consists for each of them of a central controller and assigned control power plants. A measuring system measures the network frequency which is approx. 50 Hz all over the UCTE area. For the German control bloc, all tie-lines to the foreign neighbors are measured, with the data being transmitted via control links to the system management of RWE Energie at Brauweiler where they are added up in the load frequency controller using the correct algebraic signs in terms of export and import. This balance constitutes the **actual value** of the power exchange between Germany and foreign countries. The **target value** results from adding up the desired energy exchanges (transactions, participations, etc.) which all DVG partners or traders, and hence the entire German control unit, have agreed with foreign interconnected partners. These exchange programs are agreed day by day among the interconnected partners hour by hour (today for tomorrow) and are set in the controller. The sum of all exchange programs must equal zero because otherwise the surplus energy produced would increase the frequency or an energy shortage would lead to a drop in frequency below its target value. Finally, the UCTE-wide coordination and validation of the exchange programs is done every day by the system management of ETRANS in Laufenburg and RWE Energie Brauweiler.

3.2. "Today for today" (system use and deployment)

During the day, target value and actual value are compared by the load frequency controller in the current hour (today for today). Any imbalance between generated and consumed power is identified by the controller by the difference between target and actual value and the measured network frequency. If e.g. the net-

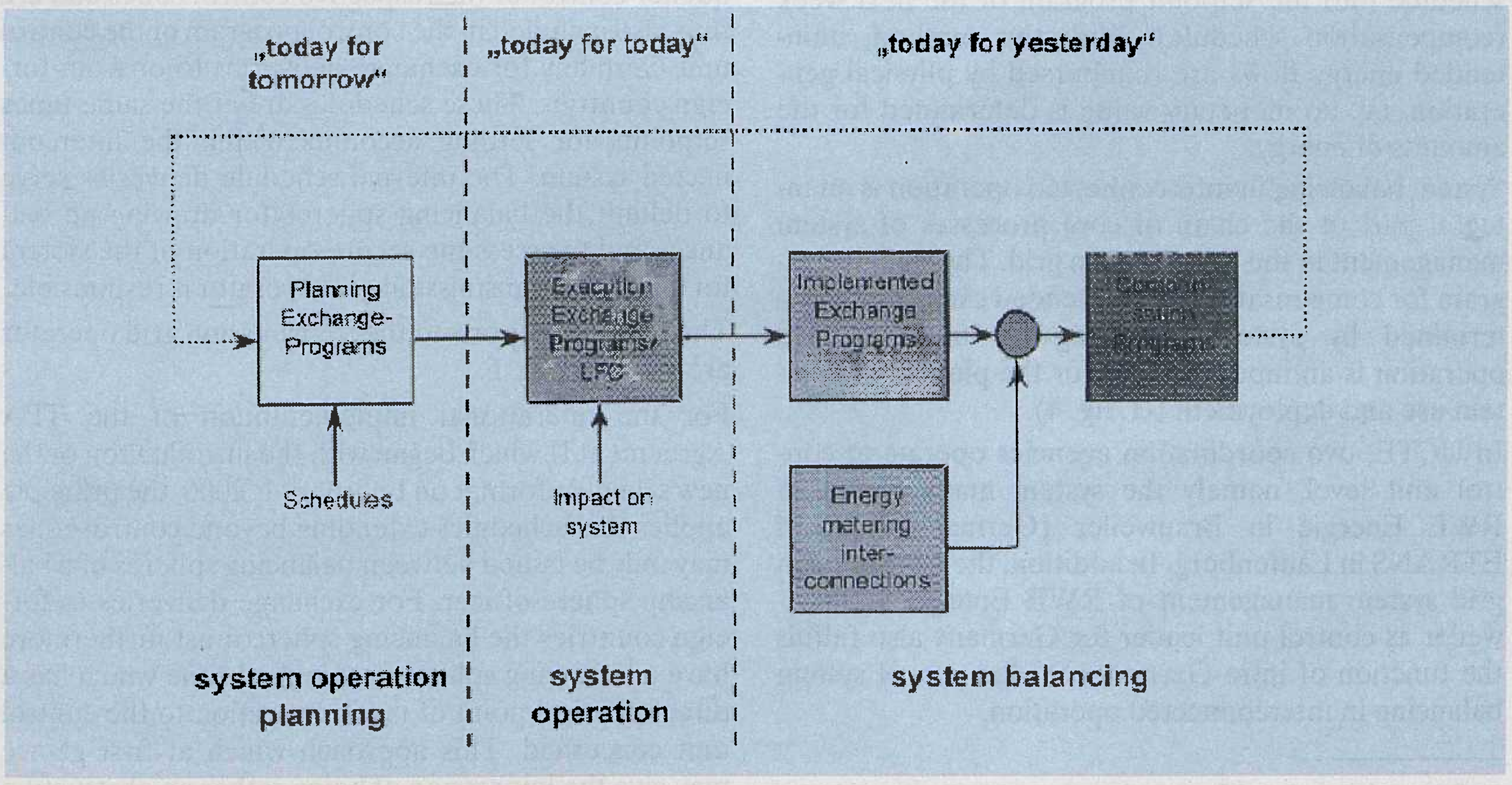


Fig. 4: Time sequence of system management

work frequency is too low and the import of the control zone is too high compared with the agreed program value, a lack of power exsist in this network. In such case, the load frequency controller issues a control command to the control power plants to generate more power in order to restore the balance between generation and consuption in the respective control zone. If, however, more power flows out of control zone A at too low a netwoork frequency, there is a power deficit in another control zone B. The control power plants in zone A now receive no instruction to generate more power, but the power plants in zone B are activated. This ensures that control zone B compensates for the power deficit based on the principle of causation. The load frequency controller thus identifies the power deviation based on the control equation

$$\Delta R = \Delta P + K \cdot \Delta f^{1},$$

identifies the causing control zone and, if appropriate, takes remedial action by adjusting the power by way of the control power plants.

3.3. "Today for yesterday" (system balancing)

In the meshed interconnected system, technically induced differences between target value and actual value, i.e. between agreed supply and physical power flow, are unavoidable especially following disruptions (e.g. power plant failures). The difference of the two values is called "unintended deviations", while the determination of the unintended deviation is referred to as system balancing (today for yesterday). This power deviation is determined subsequently every hour by the interconnected partners. Mean power values, broken down by tariff periods, are calculated from the hourly energy values of any given week and are entered as schedule into the setpoint program of the next week (compensation schedule). With this method, unintended energy flows are reimbursed by physical generation, i.e. no monetary value is determined for the amounts of energy.

System balancing in interconnected operation is an integral part of the chain of core processes of system management in the transmission grid. The weekly program for compensation of unintended exchange as determined by system balancing in interconnected operation is an input variable for the planning of system use and deployment (cf. fig. 4).

In UCTE, two coordination agencies operate at control unit level, namely the system management of RWE Energie in Brauweiler (Germany) and of ETRANS in Laufenburg. In addition, the transmission grid system management of RWE Energie in Brauweiler as control unit leader for Germany also fulfills the function of intra-German coordination of system balancing in interconnected operation.

---

1 ΔR control deviation, ΔP power deviation, Δf frequency deviation, K performance figure

4. ADDITIONAL OPERATIONAL REQUIREMENTS RESULTING FROM THE TPA AGREEMENT II

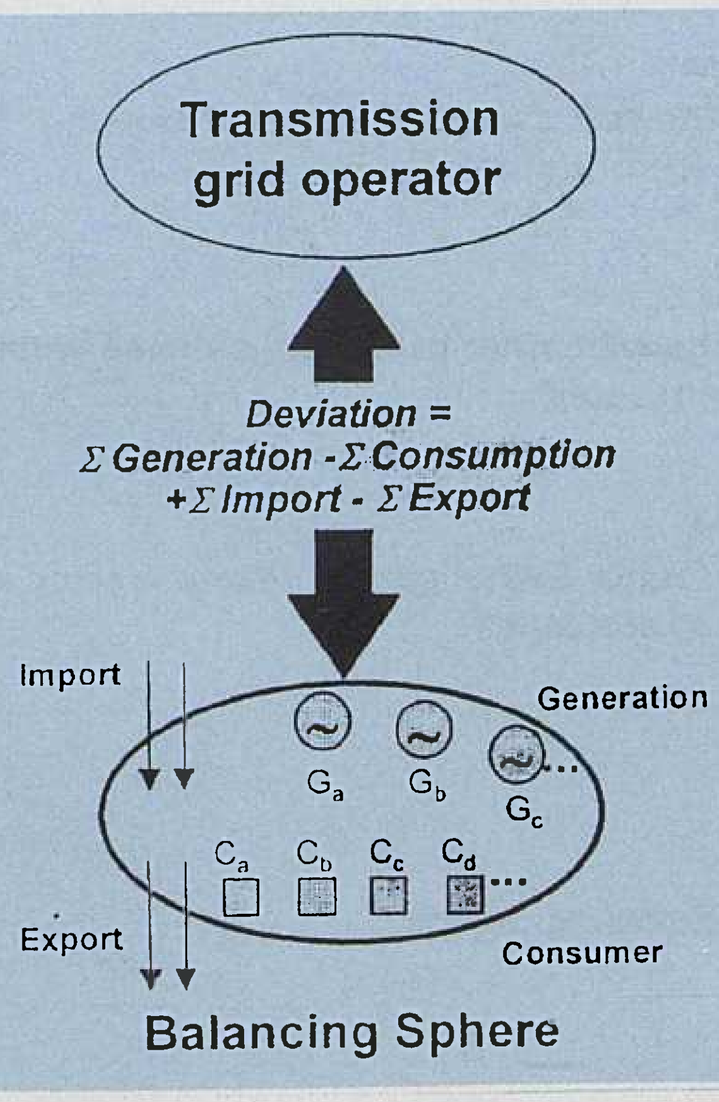
The aforementioned tasks have long since been performed by the transmission grid operators (of DVG) for "their" respective control zone and on top of this by RWE Energie for the control unit Germany.

With the introduction of the new TPA Agreement II in Germany [5] and the publication of the new DVG GridCode [3], which is applicable since June 2000 (http://www.dvg-heidelberg.de), another element, the "balancing sphere" has been established. A balancing sphere is a virtual entity created for the purpose of combining defined feeding and tapping points within a control zone. The "balancing sphere officer" is responsible for balancing. The balancing sphere officer compiles a balanced procurement and delivery portfolio for his balancing sphere. For procurement he can draw also on imported capacity aparat from the capacity of contracted generators, while for deliveries he can use, apart from his own load, also export capacity. Apart from the exclusive supply of all consumers within a given balancing sphere, a customer may also purchase additonal schedule deliveries from other balancing spheres (sub-balancing sphere) apart from his so-called "open supply contract" to meet any procurement fluctuations.

The balancing sphere officer communicates all import and export schedules of his balancing sphere to the transmissional grid operator being responsible for "his" control zone. In this respect, a differentiation has to be made between internal (within the control zone) and external (across control zones) schedules. The external schedules are again input variables for the load frequency control of the respective control zones and are thus also included in the control program of the control unit Germany for exchange deliveries to or from foreign countries. These schedules are at the same times setpoints for settling accounts within the interconnected system. The internal schedule deliveries serve to delimit the balancing spheres for drawing up balances and to assess the secure operation of the system for which the transmission grid operator is responsible.

The schedule reports to the transmission grid operator are shown in fig. 6.

For the operational implementation of the TPA Agreement II which began with the introduciton of the new schedule format on February 1, 2000, the principle applies that schedules extending beyond control zones may only be issued between balancing spheres of a balancing sphere officer. For exchange deliveries to foreign countries the balancing sphere must furthermore have a balancing sphere in a control zone which has a direct physical point of interconnection to the control unit concerned. This approach which at first glance may give the impression of being rather an obstruction has clear benefits in operational implementation, espe-



- Market participants (e.g. traders) form a balancing shere per control zone
- All consumers and power plants of the market participant are balanced out every quarter hour
  - recording measurement
  - Load profile
- Imports and exports from/to other balancing spheres as schedule deliveries
- Bilancing spheres are responsible for creating an equilibrium
- Unavoidable deviations are covered by the transmission grid operator and are settled by him with the balancing sphere

Fig. 5: Cooperation between balancing sphere and transmission grid operator

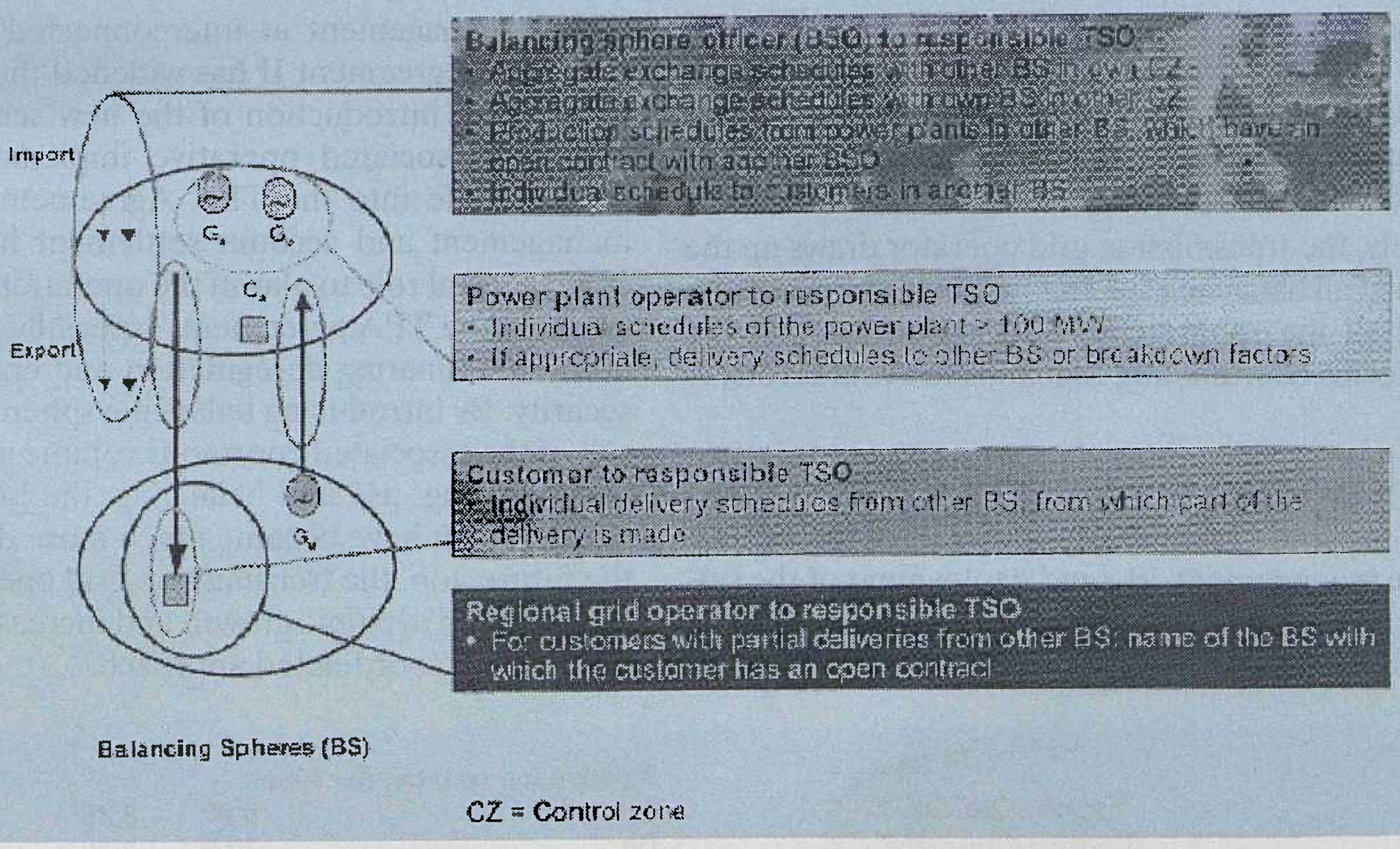


Fig. 6: Schedule report according to TPA Agreement II and DVG grid code 2000 to the transmission grid operator

cially with a view to simplifying the forms used for schedule notification and in respect of avoiding, detecting and eliminating errors.

All partners are extremely satisfied with how the new schedule system works after an extremely short development and preparation time. The current format and detailed descriptions can be downloaded from the Internet homepages of the DVG companies. For RWE Energie, the address is:

http://www.rweenergie.de

The introduciton of the TPA Agreement II has also led to new, extensive tasks for account settlement. Account settlement for system usage and of balancing spheres is now required on top of the aforementioned tasks of account settlement for interconnected system operation.

Balances have now to be drawn up also within the individual control zones of the transmission grid operators as the new TPA agreement has been implemented. For drawing up the balances of the balancing spheres the balance deviation between feeding and tapping is determined per unit of time (1/4 h). The balance deviations are netted out in an account separately for two nationwide standard tariff peridos. By analogy with the volume balancing for interconnected operation, the account balance is determined and evaluated per tariff period after the end of the balancing period (Monday 00.00 hours - Sunday 24.00 hours). Up to a predefined ceiling (typically 5%) it is planned to offset the account balance in kind within the next balancing period. Energy volumes exceeding the ceiling are charged by the

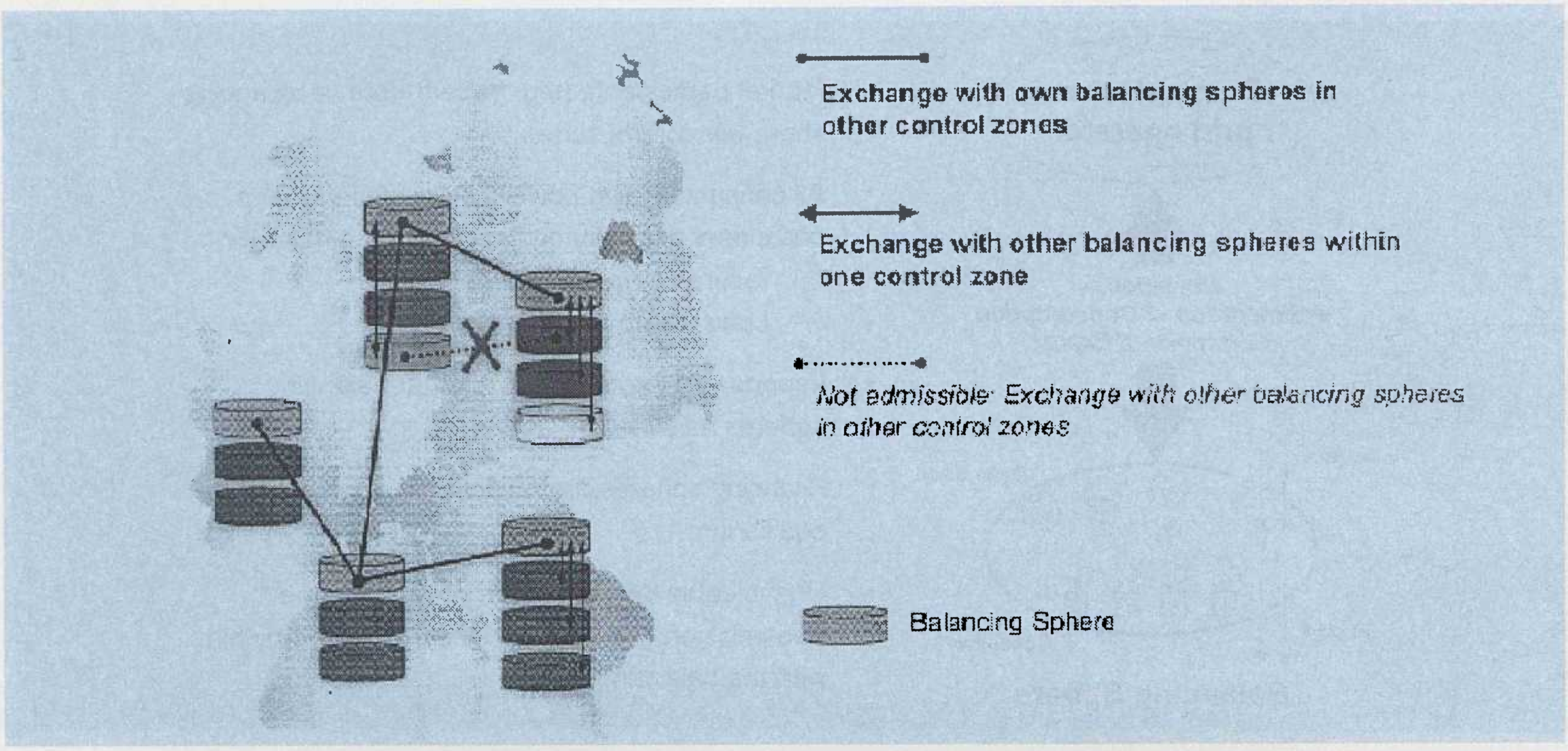


Fig. 7: Principle of schedule notification according to TPA Agreement II

transmission grid operator in the event of deficits or paid for in the event of surpluses. In addition, the transmission grid operator charges for control power if the balance deviation exceeds an agreed tolerance band within a unit of time.

Ultimately, the transmission grid operator draws up the balances of all balancing spheres within his transmission grid and all the subordinate distribution systems. He also performs coordinating funcitons to avoid errors.

5. CONCLUSION

Schedule management, use and deployment of the system and volume balancing have been performed for a long time by the interconnected companies as part of system management at interconnected system level. The TPA Agreement II has widened the tasks significantly. The introduction of the new schedule format and the associated operative implementation have breathed life into the TPA Agreement II. Schedule management and account settlement have undoubtedly a central role to play in the operational implementation of the TPA agreement, especially with a view to non-discriminating deregulation and ensuring system security. By introducing balancing spheres and as a result of the associated enormous volume growth for system planning, use and balancing, the tasks of system management have become much more demanding. In the future, too, the transmission grid operators will respond to the dynamic growth and increasing tasks by a flexible and coordinated approach.

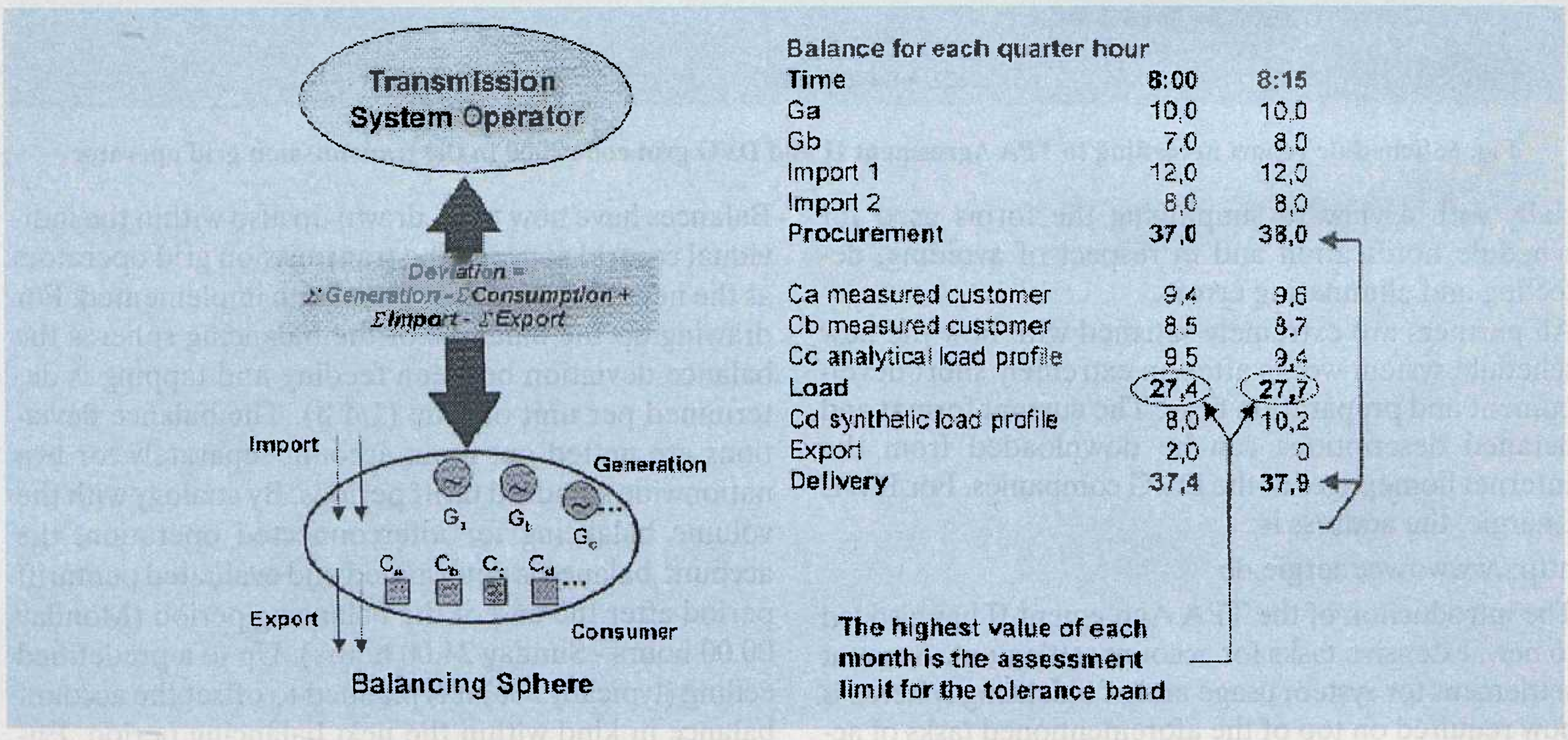


Fig. 8: Drawing up balances for balancing spheres based on TPA Agreement II

REFERENCES

[1] UCPTE: Die Erfassung und der Ausgleich des ungewollten Austausches im Verbundnetz, 1988

[2] UCPTE: Spielregel für die Koordination der Verbundabrechnung und die Organisation der Frequenz-Leistungs-Regelung, 1999

[3] DVG: GridCode 2000 - Netz und Systemregeln der deutschen Übertragungs-netzbetreiber, 2000

[4] DVG: GridCode - Kooperationsregeln für die deutschen Übertragungsnetzbetreiber, 1998

[5] BDI, VIK, VDEW: Verbändevereinbarung über Kriterien zur Bestimmung von Netznutzungsentgelten für elektrische Energie, 1999

PRIMJENA "TPA II" UGOVORA U NJEMAČKOJ

Rad opisuje zadatke RWE Energie TSO u prijenosnoj mreži kao i promjene rada sustava nastale zbog liberalizacije tržišta i dodatnih zahtjeva na rad koji slijede iz "TPA II Ugovora" ("Sporazum o pristupu treće strane") u Njemačkoj.

OPERATIVE DURCHFÜHRUNG DES II DEUTSCHEN ABKOMMENS ÜBER DIE BETEILIGUNG DRITTER PERSONEN

Beschrieben werden die im Verbundnetz vorkommenden Aufgaben der Leitung des Übertragungssystems des Konzernes RWE Energie, im Bezug auf den freien Markt und zusätzliche Ansprüche auf diese Leitung, welche aus dem II deutschen abkommen über die hervorgehen.

Author:

Joachim Vanzetta
RWE Energie AG
Transmission System Operation
Brauweiler, Deutschland

Uredništvo primilo rukopis:
2000-11-21.

HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO
ZAKLADA "HRVOJE POŽAR"

Glavni odbor Zaklade "Hrvoje Požar", na temelju Poslovnika o dodjeli godišnje nagrade "Hrvoje Požar", te Poslovnika o stipendiranju mladih energetičara, objavljuje

N A T J E Č A J

I. Znanstvenim i stručnim djelatnicima dodjeljuje se godišnja nagrada "Hrvoje Požar", u obliku plakete i povelje:

- za stručni i znanstveni doprinos razvitku energetike;
- za inovacije u području energetike;
- za realizirani projekt racionalnog gospodarenja energijom;
- za unapređenje kvalitete okoliša, vezano uz energetske objekte;
- za popularizaciju energetike.

Nagrade se mogu dodijeliti pojedincu, grupi stručnjaka koji su zajedno izvršili nagrađeno djelo, ili organizaciji - nositelju nagrađenog projekta.

Prijedlog za dodjelu godišnje nagrade, s pismenim obrazloženjem i s priloženom dokumentacijom, mogu podnijeti znanstvene i znanstveno-nastavne organizacije, znanstvena i stručna društva, pojedini znanstveni i javni radnici, te ostale ustanove i trgovačka društva.

II. Studentima energetskog usmjerenja, završnih godina studija i diplomantima, dodjeljuje se 5 godišnjih nagrada "Hrvoje Požar", u obliku povelje i u novčanom iznosu:

- za izvrstan uspjeh u studiju, i/ili za posebno zapažen diplomski rad iz područja energetike.

Prijedlog za dodjelu godišnje nagrade najboljim studentima energetskog usmjerenja mogu podnijeti znanstveno-nastavne organizacije, sveučilišni nastavnici, ili sami studenti.

Prijedlozi se podnose pismeno, s obrazloženjem.

III. Studentima energetskog usmjerenja dodjeljuje se 5 stipendija za stručni dio studija.

Prijedlog za dodjelu stipendija mogu podnijeti sveučilišni nastavnici, ili sami studenti.

Kandidati koji se žele natjecati za stipendiju dužni su popuniti upitnik koji mogu dobiti u tajništvu Hrvatskog energetskog društva.

IV. Natječaj je otvoren od 15. ožujka do 15. travnja 2001. godine.

Prijedlozi se podnose tajništvu Hrvatskog energetskog društva, Zagreb, Savska cesta 163, p.p. 141. Prijava mora sadržavati ime/naziv i adresu predloženika s brojem telefona.

Za pojedinu kategoriju nagradu je moguće dobiti samo jednom.

Kandidati, kojima budu dodijeljene stipendije ne mogu istovremeno primati druge stipendije.

Sve obavijesti mogu se dobiti na tel. 01/60 40 609, 63 26 134.

Odluka Glavnog odbora o dodjeli nagrada objavit će se u dnevnim listovima i stručnim publikacijama.

ELECTRICITY INDUSTRY RESTRUCTURING INSTITUTIONAL ARRANGEMENTS AND ISSUES

Fiachra M c D y e r, Ireland

UDK 65.011.1
PROFESSIONAL PAPER

System Operators are often involved to a significant extent in forming input to the restructuring by governments of nationalised electricity industries. The final shape of the industry is, however, often dictated by issues that have little to do with system operation or technology, so it is important that system operators understand the economic and political considerations which lie behind the decisions and have some insight into the issues which arise. The objective of this paper is to outline some of the more important issues, rather than deal in depth with any single issue. It concentrates on issues arising in the Single Buyer model and in the case where some degree of Third Party Access (TPA) is permitted also, rather than on full TPA, because there appears to be limited debate about these first two cases. The paper is based largely on the author's involvement in the development within Ireland of models for migration to a fully competitive market over a number of years.

Key words: **Restructuring, Third Party Access, TPA, Single Buyer.**

BACKGROUND

Towards the end of the 1980's the EU decided that the electricity industry within its member states would be restructured along lines more similar to conventional free market industries. Most member states had some form of vertically integrated utility industry and initially there was considerable opposition to proposals which would terminate these models. In the early 1990's the Energy Commission seemed prepared to accpet models based on pure Single Buyer (i.e. no TPA) principles but later, due to increasing opposition, insisted on some initial measure of direct trading between producers and customers (i.e. TPA to networsk). The current view is that limitations on TPA within the EU will disappear some time in the next decade.

Many countries not currently in the EU, including eastern European countries, are now in the position in which the EU countries were 10 years ago and are looking at EU and other developments as a possible basis for restructuring their own industries. Some of these countries, for good reasons, may wish to proceed in a more gradual way, at least initialy. This requires careful consideration of what an initial industry model might be and what will be the rate and final degree of progression.

PROGRESSIVE STAGES OF MARKET LIBERALISATION

The term "deregulation" has often been applied to opening up of markets. However the experience has often been that an increasing degree of regulation is actually required, because in a previously noncompetitive environment the Government could effecitvely dictate developments. There are various stages to which liberalisation may be progressed. These are:

1. Single Buyer - Competition in Generation only
2. Single Buyer - Competition in Generation and Supply
3. Hybrid Model - Single Buyer *cum* Third Party Access (TPA)
4. Full TPA Model

The paper describes these models briefly and than discusses the issues that arise, from the government, public and customer perspective, concentrating on cases 1-3. The term 'utility' is used to describe one or more large public companies producing and supplying electricity and owning networks.

SINGLE BUYER - COMPETITION IN GENERATION ONLY

In this model the utility would not be the sole electricity producer but would be in cimpetition with independent producers (IPPs). In theory two forms of competition are possible, competition to win a term contract (i.e. a Power Purchase Agreement or PPA) or competition on an hourly basis. In practice only the first of these has been considered. The competition would be organised whenever there was a need for extra generation and in principle both the utility and IPPs would compete.

From the public perspective such an approach has a number of weaknesses:

The utility will usually itself decide or will have a major input into the decision to hold a competition. It will also have a major influence on the type of plant and other constraints. Objections are that:

- The utility will overstate the requirement in order to have an opportunity to build more generation
- The utility will understate the case in order to block competition or to ensure the continuation of old plants in its ownership which should properly be closed down
- The utility will conduct the competition in an unfair manner, either in the bid evaluation or in setting the parameters and backgroung against which the bid is evaluated.

In some cases governments have required an independent planning unit as a guarantee against this bahaviour. In other cases they have suggested the removal of the Single Buyer function, as both planner and bulk electricity purchaser / seller, from the utility.

From the utility perspective competition in generation can, in theory, have a seriously damaging effects on profits, even where it is still the Single Buyer. The overall incomed of a utility derives from production, networks and supply (i.e. retail sales). Of these, supply forms only a few percent of revenue, so generation and transmission / distribution generate most of the income, often to an near equal extent. Generation is usually considered a somewhat higher risk investment, so regulators or governments tend to allow a higher rate of return on generation than on networks, and consequently the greater proportion of the utilities profits would come from generation. A significant reduction in the utilities market share of generation would reduce their profits substantially. For this reason some companies have expressed the view that the difference between operating to a Single Buyer model and full TPA is not so great as is presumed.

From the public perspective, however, in a pure Single Buyer environment the market is unlikely to open up other than at the slowest rate, as new plants will establish only as required by growth and old plants will survive for an excessive period of time. This was a major factor behind the EU decision to allow some degree of TPA.

From a government perspective a Single Buyer with competition in generation only has some advantages:

- The government still retains a good deal of control over the industry and implementation of energy policy easier
- Older generating assets, which are in public ownership, are protected for a longer period of time and not made prematurely redundant.

These may be compelling arguments in cases where a country would find the write-off of public assets damaging to its economy.

The major disadvantage from a government perspective is that there is excessive flexibility in the longterm PPAs held by the utility, thereby preventing the early entry of newer efficient generation technology. In at least one case within the EU the price of electricity remains amongst the highest in the EU because existing plants were privatised and put on 10 - 20 year PPAs.

Issues also arise with respect to the independence of the transmission system operator (TSO). Many believe that it is possible for the utility system operator to give preferential treatment to comapany generation, in a manner not immediately obvious, in areas such as enforcement of enalty conditions in contracts, organisation of generation and transmission maintenance and information regarding expected running requirements. For this reason there is often a requirement to remove the system operator from the utility and to establish an independent TSO.

COMPETETIN IN GENERATION AND IN SUPPLY

In this model it is possible, also, for certain classes of customers or bulk electricity purchasers to purchase electricity on a bulk tariff basis from the utility. In some countries where there are a number of distributors not connected with the national utility, this arrangement is already in place. The model would require that a Bulk Supply Tariff (BST) be generated by the single buyer function, for sale to the utility supply business and to independent suppliers or to certain large customers. The BST would be time-based and would probably contain separate capacity and energy components. All purchasers would pay the same price at any point in time.

Since the margin on the supply segment of utility business is generally very low, usually of the order of some percent, many consider that this model is not of any significance and not worth the effort.

HYBRID MODELS - SINGLE BUYER CUM TPA

In response to pressure exerted by some member states against a pure single buyer model, the Energy Commission introduced a concept of 'modified Single Buyer', where 'certain classes of customers could purchase energy from a single buyer *at the same price as it* (the S. B.) purchased from a producer. In effect it was allowing those customers to purchase directly from producers, paying a transmission charge to the utility either on a tariff or negotiated basis.

The modified Single Buyer is equivalent to two forms of market operating in parallel - a single buyer for customers not entitled to purchase directly and a TPA market for those so entitled. Several difficulties arise in respect of this parallelism:

- The distinction between customers entitled to purchase directly and those not entitled to do so is inevi-

tably arbitrary. It is possible for two directly competing industries, identical in every respect except in size, to pay different tariffs for electricity by virtue of the fact that one is excluded from directly contracting with a lower cost generator. There have been strongly expressed views that this is actually illegal in some member states, despite the provisions of the EU directive.

- The two markets must be allowed to interact with each other, or it will not be possible for an emerging TPA market to survive the initial years while it is developing into a self-sufficient market of survivable capacity. This would be a particular issue where interconnectivity with adjoining states was relatively low. The primary argument is that (TPA) customers dependent on individual (TPA) generators must have some capability to purchase also from an alterantive firm supply, probably the single buyer market segment, while its contracted generator is out of service or more usually where these is some imbalance between contracted and actual delivered electricity. The same applies to excess generation by generators in the TPA segment. Without these provisions the entry risk to the TPA segment will be perceived to be excessive by new independent generaors and the exit risk as excessive by departing customers. However it is difficult (but not impossible) to construct a system where the single buyer, which will be dominant in the earlier years, is not in a position to dictate to its advantage the price at which it trades with others.

For these reasons and others there appears to be a general consensus that such hybrid models are only regarded as a means of transition to a fully liberalised model.

Responsibility for security (adequacy) of supply. This can be a very difficult issue to resolve. Traditionally the utility has had sole responsibility for security of supply. However, when certain customers are allowed to choose a supplier other than the utility, to what extent does that utility continue to make provision for their security of supply? If it is required to make full provision on behalf of all customers, it will carry additional capacity on behalf of customers not contracted to it, and therefore the utility customers are perceived as subsidising the TPA customers. To reduce the burden on the utility it might be required to make provision only for those customers which it expects to keep. However this is an uncertainty and the utility would have to make an estimate based on an optimistic outcome (e.g. it keeps most customers), so it is still likely to have over-capacity to some extent. It seems that in practice there is no totally satisfactory solution to the problem of obligation to supply in a hybrid situation where the markets interact.

Stranded Assets. A dual model will lead to some degree of 'stranded assets', as before the introduction of TPA it will have purchased plants or entered into agreements on the basis that it would have continued to remain a Single Buyer. Had it been aware that a TPA market would evolve, it might have decided not to contract or construct certain plants and to deal with supply by some other means. It is now common, and it is allowed by the EU Direcitve, for stranded assets to be identiffied and a cost recovery mechanism agreed to allow their recovery over, say, 5 years from all customers in the market.

THE SINGLE BUYER FUNCTION AND THE TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR

Some of the issues associated with these funcitons have already been mentioned. Others are discussed now.

Pure Single Buyer Environment

In a pure single buyer environment there will, as has been noted, a problem in the public perspecive about the independence of the single buyer function. The EU Directive requires that decisions regarding the tendering and selection of new production be separated from the parent utility. The issue of independence in planning has also been raised. There is the further issue that the single buyer function is precluded from contributing any financial benedit to the utility. It must be allowed to behave with independence, which means that the utility board of directors takes responsibility for its actions but is powerless to influence them. The utility is likely to conclude that the single buyer funciton is a liability and should be external to the company.

If this solution is adopted the functions removed would probably include planning for future production requirements, conducting the tendering procedure and purchasing selling bulk electrictiy from and to the utility. Given that the Single Buyer model is almost certainly predicated on contracts with producers in the form of term Power Purchase Agreements, the question of the suitability of this party to be a counter-party to such contracts arises. On its own it does not have a retail customer base nor does it have any assets. Therefore either it would require back-to-back supply contracts with the utility for a duration equivalent to the term of the PPAs which it holds or it would require a state backed quarantee.

Back-to-back constracts are theoretically realisable but the utility may be relucant to enter into such contracts. From its perspective it is still contracted to purchase electrity from a body (i.e. the extemal single buyer) which makes all its decisions independently, and therefore the risk exposure is little different than were the single buyer internal to the utility. State guarantees are most unlikely to be forthcoming.

In a Pure Single Buyer environment there might also be concern that the system operator, within the utility, might not operate on a fully objective basis but might

somehow favour plants in utiliy ownership. The structure of Power Purchase Agreements and strict oversight by a regulator might make this acceptable. In such a situation there would appear to be no strong arguments in favour of either removing from the utility the system operator or ownership of the transmission network. In one specific case, where it had been proposed that the Single Buyer would be removed from the utility, it was also proposed that the system operator would act as the Single Buyer's agent. This prposal did no go ahead.

Single Buyer cum TPA

In this situation it is evident that the System Operator has to operate on behalf of both the utility market and the TPA market. From the public perspetive the potential conflict of interest for a utility system operator is probably too great, and there is a compelling case for the removal from the utility of the System Operator. Conversely, the case for removing the Single Buyer function (now not a full Single Buyer) is much weakened and it could probably remain within the utility, perhaps even being subsumed into the utility Supply business.

There is a serious issue as to whether transmission network ownership should also be separated from the utility, either in a separate company or in the ownership of the (external) Transmission System Operator. The argument in favour of its removal is that the utility still retains substantial control over the network and can possible manipulate it to its own advantage, for example by the manner in which it schedules maintenance of lines adjacent to its own generating stations compared with IPP stations. If it is to remain within the utility, then in order to ensure that all users are treated equally, substantial oversight of its management is required by the external TSO and by the regulator. There is also the issue of planning and implementation of network extensions - it is conceivable that extensions deemed necessary by the TSO may not be carried out or delayed by the utility, where they are for the benefit of a competitor of the utility. The utility might resort to claims of excessive environmental opposition or other measures in support of its position. The burden on the regulator might prove to be quite high.

There is a further issue as to whether the network should be in the ownership of the TSO. Arguments against this are that the owner of an asset, in this case a monopoly asset, will have an incentive to increase this asset in order to increase its income and that planning will not be carried out objectively. In some cases the network had been put in ownership separate from the TSO (e.g. Victoria, Austraila). An argument against such separate ownership is that the co-ordination of construction and maintenance between different entities is difficult.

Finally, there is the question of which party will be responsible for conductiong the settlement of the trading between the independent parties and the utility. There is an argument that this responsibility should be assigned to the TSO as it is neutral. However arguments in support of a fully independent settlement system, not associated with the TSO, have been advanced. In the case of the England / Wales Pool, the TSO (i.e. the British National Grid Company) executes the pooling calculation on behalf of a separate Pool company. Some objections have been made to this arrangement but not sufficiently strong to have it altered.

CONCLUSION

There are many issues attaching to models where there is either a pure Single Buyer or a Single Buyer *cum* TPA. Of these the most important consideration is whether a state embarking on the dual model intends retaining that model for a long period or views it as a transition, only, to a full TPA model. There would appear to be strong reasoning in favour of adopting a pure single buyer model only if it will exist for a significant period, say 10 - 15 years or at least some period comparable to the duration of Power Purchase Agreements with independent generators. It would appear that if there is to be a dual model, it should be considered as existing only for a transition period, related to the time over which stranded assets will have financial recovery, say up to 5 years.

INSTITUCIONALNO OKRUŽJE I PITANJA RESTRUKTURIRANJA ELEKTROPRIVREDE

Vlade nacionaliziranih elektroprivreda često u značajnom opsegu uključuju operatere sustava u proces restrukturiranja. Međutim, konačni oblik elektroprivrede često je određen smjernicama koje nemaju puno zajedničko s radom i tehnologijom sustava, stoga je važno da operateri sustava razumiju gospodarska i politička razmatranja, koja leže iza odluka i steku uvid u neka od nastalih pitanja. Svrha je ovog rada istaknuti neka značajnija pitanja a ne pojedinačna detaljno obraditi. Rad je usredotočen na pitanja koja se pojavljuju u modelu "jedinog kupca" u slučaju kada je donekle dozvoljen i "pristup treće strane" (tzv. TPA), a ne jedino na potpuni TPA, jer se pokazalo da je rasprava ograničena na prva dva pitanja. Rad se velikim dijelom temelji na osobnom višegodišnjem bavljenju razvojem modela u Irskoj, koji trebaju dovesti do potpuno konkurentnog tržišta.

WESENTLICHE EIGENSCHAFTEN DER UMGESTALTUNG DER STROMVERSORGUNGSTÄTIGKEIT UND DEREN FOLGEN

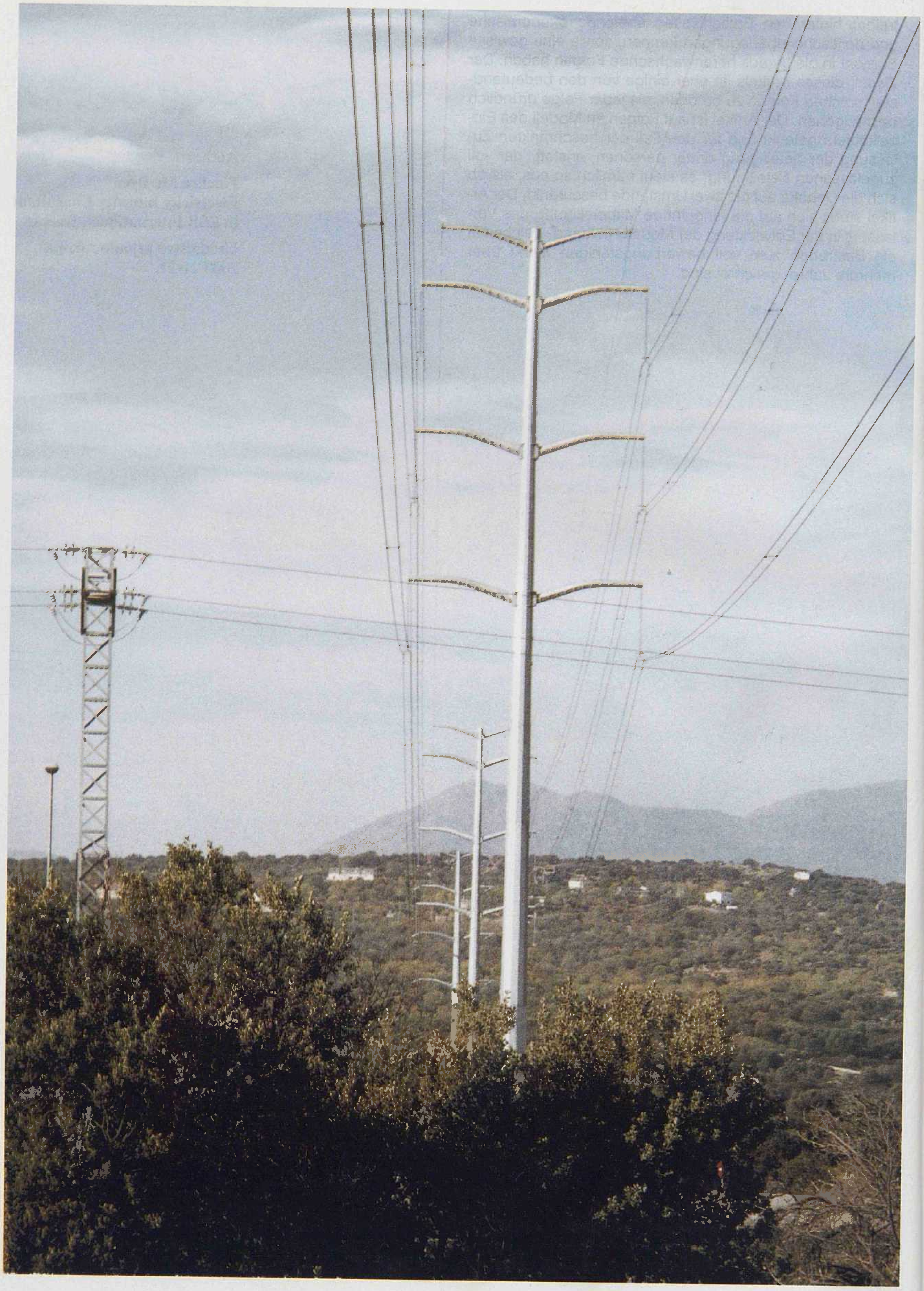
Die Beteiligung der Betreiber im System an der Zusammenfassung der den Regierungen zuzustellenden Angaben bezüglich der Umgestaltung der Landesunternehmen der Stromversorgung ist oft sehr bedeutsam. Die endliche Form dieser Tätigkeit ist oft durch Umstände diktiert, die wenig gemeinsames mit der Verwaltung des Systems und seiner Technologie haben; deshalb ist wichtig daß die Be-

treiber hinter den Entschlüssen stehende ökonomische und politische Überlegungen kennen, sowie eine gewisse Einsicht in die daraus heranwachsende Folgen haben. Der Zweck dieses Artikels ist eher einige von den bedeutendsten solchen Folgen zu betonen, als jeder Folge gründlich nachzugehen. Der Artikel ist auf Folgen im Modell des Einzelkäufers gelenkt und für den Fall der beschränkten Zulassung der beteiligung dritter personen, anstatt der voll zugelassenen Beteiligung; es sieht nämlich so aus, als ob sich die Debatte auf die zwei Umstände beschränkt. Der Artikel stützt sich auf die langjährige Mitbeteiligung des Verfassers in der Entwicklung der Modelle in Irland, welche auf ein Bestreben zum voll bewerbungsfähigen Markt über mehrere Jahre gerichtet sind.

Author:

Fiachra Mc Dyer
Electricity Industry Consultant to ESB International, Ireland

Uredništvo primilo rukopis:
2000-11-21.



CONFIGURING CONTROL CENTRES FOR COST EFFECTIVENESS AND RESILIENCE

Peter R o c h e, Ireland

UDK 65.011.44
PROFESSIONAL PAPER

The paper briefly examines the various technological factors which enable a utility to introduce significant reconfigurations of its Power System Control scheme. The human and organisation factors which influence the maintenance of the status quo are also examined.

The trends which have led to a restructuring of power system control in a number of utilities are examined. In most cases economic forces lie behind the changes which can be identified. Issues which arise as a consequence of restructuring are discussed.

A number of examples of possible configurations relevant to the power utility in Croatia are discussed; budgetary prices for typical configurations are presented. One configuration is presented which ensures a very high level of reliability in the event that the National Dispatch Centre is unavailable for operation.

Key words: Control centre, SCADA, EMS, resilience, restructuring.

1. INTRODUCTION

Many countries in the Eastern Europe are engaged in a process of upgrading and enhancing their power systems. The age and condition of much of the transmission and generation plant dictates that significant investment is required to refurbish the existing systems. The systems and equipment used to centrally monitor and control the power system have become obsolete at a faster rate than the high voltage equipment. In particular there is a pressing need to completely upgrade many utility's SCADA and Energy Management Systems.

The demands from all sections of utilities for telecommunications facilities has been growing at a very high rate, largely driven by new business methods which are based on significant Information Technology projects. The extent of information needed by the System Control function has also grown at a remarkable rate.

Those utilities that, for a variety of reasons, are considering refurbishing or upgrading their Power System Control Centres (PSCC) are offered a much wider choice of computer system configurations than was available in the past. This paper examines the 'enabling factors' and the 'inhibiting factors' that influence the choice of PSCC configurations.

2. POWER SYSTEM CONTROL DEVELOPMENTS

The roles, functions and arrangements adopted to provide Power System Control have evolved dramatically over the last decade. These changes have been caused by a wide variety of factors, prominent among them are the following:

1. Opening up of a competitive electricity market in Europe,
2. A recognition that commercially available software and systems can enable a PSCC to considerably improve its performance,
3. An acknowledgement that the PSCC structures conceived some decades ago may not be relevant to today's organisational requirements.

The next sections discuss the factors which enable changes in the configurations of PSCCs to take place and those factors which tend to oppose such changes.

3. ENABLING FACTORS

The factors which make a significant reconfiguration of PSCCs possible are very largely based on the extraordinary growth in the capabilities and improvements in the price performance ratios now available in hardware and software. The main factors are summarised below.

3.1. Processing Power of Modern Hardware

The continuing growth in the processing power and improvement in the price performance ratios of computers has acquired the status of a natural law - Moore's Law - which states that processing power of computers doubles every 18 months. For a small fraction of the

price of a mini-computer of the 1970s, one can now buy a Pentium processor, with a clock speed of 400 MH and a processing power equivalent to many powerful mini-computers.

The availability of very kennly priced hardware has effectively made almost unlimited processing power available to the PSCC.

Thus the most complex algorithms and processor intensive applications can be executed at a rate which meets all of the performance and response requirements of very large utilities - and at a modest price for the necessary hardware.

3.2. Large Capacity Databases

The older generation 16 bit hardware had a fundamental limitation in the size of files and databases that could be realistically handled in real-time. This led to a frequently encountered upper limit on the number of data-points which could be dealt with. The introduction of 32 bit hardware - and more recently 64 bit hardware - has increased the manageable size of databases enormously. Effectively there is no upper limit on the number of data-points that a SCADA system can now handle.

Coupled with the larger capacity data-base is the ability of fast processors to search, retrieve and manipulate data from such large files. This ability is in turn built on the very large capacity disk storage devices with their short data access times.

All these factors have made it possible for modern SCADA systems to deal with models of very large power networks in a highly responsive manner - in a way that earlier computer systems could never emulate.

3.3. Powerful and Standardised Applications Software

The algorithms needed to support State Estimation, fast decoupled load-flows etc. were largely well developed many years ago. However the processing power necessary to execute such programs in an acceptably short period of time were not available when older generations of SCADA systems were being developed. The low price of high performance processors means that it is now economical to run computationally intensive applications, in a manner which was unthinkable a decade ago. Thus a PSCC can now install and operate virtually any application that it chooses. The cost benefit ratio has made the expenditure on advanced applications - such as Contingency Analysis, constrained Economic Dispatch or Operator Load flow - easier to justify.

Another important fact is that the price of all applications software is falling! This good news stems from 2 asppects - firstly there is a larger customer base over which the development costs can be spread; secondly an improvement in the quality of software and a greater degree of standardisation has mental that customisation costs have reduced. The PSCC has benefited from these changes in that manufacturers now offter complex software packages at prices below that which applied some years ago. Again the PSCC can now afford and more easily justify the installation of software which may not have been affordable some years ago.

3.4. Powerful Remote Consoles

A Remote Console is a full functionality console which is located remotely from the main dispatch room. It enables a utility to geographical disperse its dispatchers. Provided a high capacity telecommunications link is provided between the Remote Console and the main PSCC hardware complex, the remote dispatcher has exactly the same facilities as a dispatcher located next to the computer system. Marginally slower responses may be obtained on the VDUs.

The benefit of employing Remote Consoles is that it enables dispatchers to be located in the same region as the network they are controlling. It gives the utility the opportunity to position a dispatcher, or scheduler of operations and maintenance activities, close to the personnel and systems for which he is responsible. Thus a Remote Console can be seen as a menas of giving back authority and responsibility to local staff, while simultaneously concentrating most hardware and software in a selected location.

3.5. Bandwidth and Capacity of Telecommunications Networks

A generation ago many links supporting SCADA applications relied on Power Line Carrier equipment, or on analogue voice channels on pilot cables. The effective available bandwidth was probable under 2,400 bauds. At the same time much effort was devoted to sharing channels or to designing a communications network with low capacity on all links.

The rapid installation of high capacity digital radio links and the increasing deployment of fibre optic facilities are 2 examples of how a modern utility is now moving, into a situation where a basic building block for any application is a 64 k bit/s link. Compare this data rate with a tyical RTU data communications speed of 1200 baud. The ready availability of such high speed links, and of very high capacity backbone networks, makes the design and implementation of links from a PSCC to remote substations or to other control centres easy to achieve.

4. INHIBITING FACTORS

The previous section has described the factors which enable change in the structure and scope of PSCCs to take place. There are a number of factors which have a

diammetrically opposite effect and these inhibit change from taking place. These are described in this section.

4.1. Reluctance to Accept Change

Some people welcome variety and change - most do not. Most organisations have an in-built resistance to change and it is one of management's main challenges to create the climate to allow change to take place and to motivate employees to 'take ownership' of the change. It would be wrong to assume that opposition to change is rooted in less experienced or less senior personnel. Managers themselves may have a fear of the future and a lack of confidence in their ability to make their mark in new organisations. But it is the responsibility of management to promote the future and to motivate staff to participate in the development of their organisation. Middle management may need to be led and motivated by senior management! In their turn middle management must motivate their staff to accept change and to take ownership of the future of the organisation.

4.2. Perceived Necessity for Local Knowledge and Involvement

In essence the development of large modern PSCCs involves the centralistation of activities. This is often seen as the removal of local knowledge and the disenfranchisement of local expertise. But as local networks grow more complex and spread across larger geographical regions is it really true to imagine that local knowledge is vital?

There is a distinction to be made between centralising where processing of information takes place, on one hand, and where resonsibility for decisions and actions is designated on the other hand. Centralisation of processing power can bring significant economic benefits and these should not be overlooked. There may be benefits obtainable from delegating responsibilites for local networks to local staff, this advantage can be exploited by using the capacity of modern telecommunications networks to transport information to Remote Consoles. But the question that must be asked and answered honestly is 'when all significant information upon which decisions can be made is available to an operator - because standard designs and data acquistion policies are in place - what does it matter where the operator is located?

4.3. Personal Comfort Zones

Society and industry was a more comfortable place to live and work in in the past. Work-loads and levels of responsibilities were lower. In general industry requires a greater commitment from its employees nowadays. Staff are now more frequently stretched - in terms of experitise reqired and work-loads - and are expected to be more committed to their jobs. Why should utility employees be exempt from such pressures - unless they and their employer jointly agree that lower standards and expectations are acceptable?

In terms of PSCC operations older work regimes placed the responsibility for the operations of perhaps 25 - 35 substations on each dispatcher. Now the norm is closer to 50 - 75 substations per dispatcher. This change moves employees out of a comfort zone into a regime where greater commitment is expected. In return for this commitment, industry generally rewards its employees with higher salaries and a participation in an industry and society which benefits from higher standards of living.

4.4. Lack of a Vision of the Future

Few power systems are operated in isolation. Few utilities can ignore trends in work practices or unit costs that are developing in neighbouring utilities. The global economy is clearly visible within the electrical system of western Europe. Failure to acknowledge this inescapable fact is to fail to have simple vision of the future and to ignore forces that are shaping the economic environmental in which PSCCs operate.

The large scale interconnection of the power networks of western Europe, and the introduction of competitive markets, means that lowest price units will displace high price units. There will be a diminishing space for cost producers - they will be displace by low cost producers. If transmission networks charge a high transit price, or if they have severe transmission line constraints, alternative bypass paths will be found. If a transmission network is poorly managed its revenues will be less than their potential, or quality of supply to customers will be poor. Economic 'hidey holes' are always short-lived and the more efficient operator will prevail.

Absence of a clear vision of the future can lead to attempting to deny what next year's developments will bring along.

5. MARKET TRENDS

A brief analysis of the electrical market and work practices reveals a number interesting tredns. The most noticeable are summarised below.

5.1. Economic Forces

An examination of the price of electrical energy in Europe shows that it has fallen over the last number of years, especially in those regions where competition has been introduced. This is an inexorable trend and one that will be felt in all countries in the EU. Croatia cannot escape the effect of this trend. Every participant in the electricity market will be under pressure to improve business performance.

5.2. Power of Electricity Regulators

Implementation of the EU Directive 92/96 requires the establishment of the Office of a Regulator, whose mission includes protection of public interest in the operation of the electricity market. The Regulator is unlikely to permit any entity with an effective monopoly - e.g. the PSCC - to operate inefficiently and to recoup undue costs from other entities in the market place. Thus it can confidently be expected that the Regulator will ensure that the System Operator must achieve a unitised operating cost comparable to, at least, the industry average. Failure to reduce costs and to perform efficiently will most likely lead to caps on charges that can be levied on charges for Use of System or System Operations.

5.3. Reduction in Number of Control Centres

A clear trend has emerged in many countries for a consolidation in the number of Control Centres. Consolidation in the number of Control Centres has been made possible by the technological factors mentioned in an earlier section, coupled with economic forces pressing down on costs. For example at the outset of the deregulation of the market in the UK, there were 5 control centres, now there is effectively a single centre. Similar events have taken place in Italy and in the USA. If Ctoatia is to follow the same trend, a reduction in the number of regional control centres can be expected to occur.

5.4. Improved Productivity of Dispatchers

In older Control Centres, individual dispatchers were responsible for monitoring and controlling a relatively small number of stations. This was partly attributable to limitations in the capacity of equipment to monitor larger numbers of stations, and also due to a lack of standardisation in the manner in which equimpment in a station was monitored. Both of these limitations have been, or are in the course of being, removed so that an individual dispatcher can now monitor and control a significantly larger number of stations.

Another factor which has improved the efficiency of PSCCs has been the introduction of partly manned Branch Control Centres (or Remote Consoles). Such Branch Control Centres may be manned during busy periods, such as the prime day shift or during periods of disturbances. Outside such times the Branch Control Centres can be closed and monitoring and control performed from the main dispatch centre. This capability has been enabled by modern computer hardware and software and by the introduction of high capacity telecommunications links.

5.5. More Focused Organisations

All organisations are more or less continuously under review for improved effectiveness and economy. The electricity industry is no exception, with frequent reorganisations and restructurings. Such changes inevitably lead to an examination of what exactly are the business objectives of the organisation. This examination frequently leads to decisions to reduce staff numbers, to concentrate on newly articulated core activities, etc. Such re-engineering of businesses puts increasing pressure on established departments and usually leads to searches for savings, reductions in staff numbers, improved work practices, etc. The outcome is always the same - the old tasks must be carried out by a smaller number of personne!

6. ISSUES TO BE ADDRESSED

Arising from some of the changes and trends discussed above, a number of important issues can be identified. The more significant issues are discussed below.

6.1. Management of Change Process

When a business is undergoing a re-engineering process, all parts of the organisation are likely to be subject to review and to some degree of change. Top management and middle management will be expected in their turn to assist in the change process. Clearly some managers will themselves be the 'victims' of the change and they may loose responsibility or be re-assigned to other work. It is important that each organisational unit participates fully in the business analysis process. Difficult and searching questions have to be asked and then answered honestly. The PSCC organisation cannot expect to stand immune from such examinations and subsequent changes.

It is a responsibility of top management to ensure that all units in the business are participants in the change process, including the PSCC.

6.2. Number of Dispatchers Necessary to Manage System

The idea of increasing the number of stations that each dispatcher monitors and controls was introduced earlier. There is no easy answer to the question as to how many substations or data-points that a dispatcher can manage. The number depends on the utility's own philosophy of operations, its own switching and safety procedures; its own maintenance policies, etc. A careful analysis of the possible operating arrangements needs to be undertaken and conclusions drawn from this analysis. Of course an awareness of what has emerged as best international practice in other utilities will assist in arriving at appropriate answers.

The answers to the issue will assist arriving at conclusions as to how many dispatchers are actually needed and how they might be optimally grouped.

6.3. Resilience against Failure

Earlier discussions indicated that a distinguishable trend is evident to reduce the number of Control Cen-

tres. Such a reduction usually means that the failure of a Control Centre impacts on a larger number of stations and on a larger number of customers. The demand for a higher quality of supply is ever present and this means that careful thought has to be given as to how to guard against the loss of a Control Centre. If processing power has been concentrated at a higher level, means must be provided for the management of system operations to be undertaken from another Control Centre. The challenge is to reconcile the potential to reduce the number of Control Centres with the introduction of a means to safeguard against the failure of a now more powerful and influential Control Centre.

7. EXAMPLES

In this section some examples are provided of options that could be adopted in Croatia for dealing with the issues discussed above.

7.1. Reduction in Number of Control Centres

In figure 1, a schematic diagram is provided of the configuration of Control Centres that currently exists in Croatia. Figure 2 shows one possible configuration which exploits the capability of modern hardware and software and telecommunications links to concentrate all system control equipment and personnel in a single location. A restructuring of the nature outlines in the figure would have a significant impact on the operating practices, staff locations, dispatcher productivity levels, etc. The change management challenges implicit in such a restructuring require considerable attention.

7.2. Guaranteeing Resilience In PSCC

In figure 3 slight variation on the configuration shown in figure 2 is presented, which includes an Emergency Control Centre. The Emergency Control Centre may be a replica of the National Dispatch Centre, or it may have somewhat limited functionality to achieve savings. The Emergency Control Centre is linked to all RTUs, any switching that is required can be carried out by software within the Telecommunications Network Management System, or by special software installed in both the NDC and the Emergency Control Centre. In this example Remote Consoles are also included as an indication of how a degree of local autonomy call be achieved.

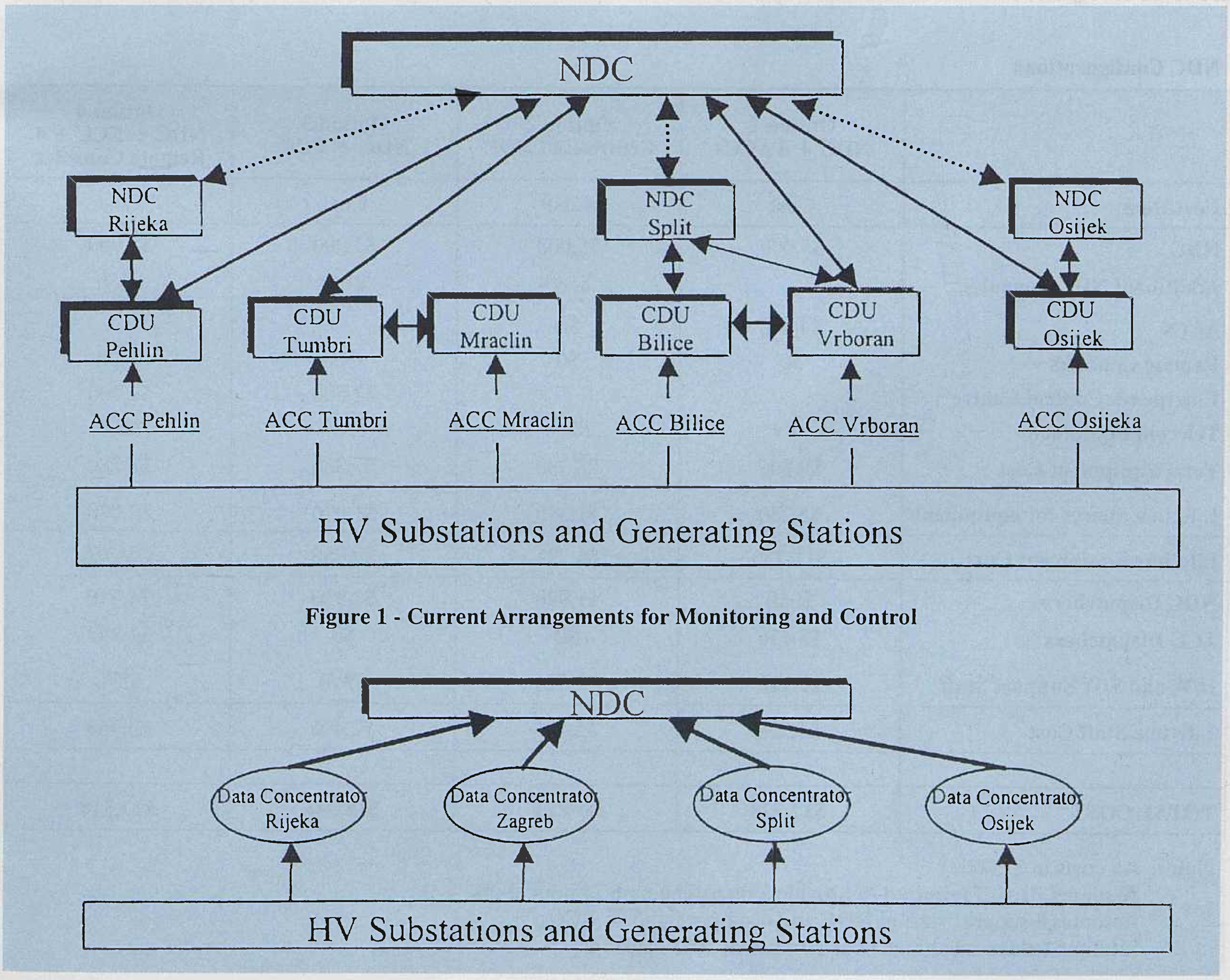


Figure 1 - Current Arrangements for Monitoring and Control

Figure 2 - Centralised National Dispatch Centre

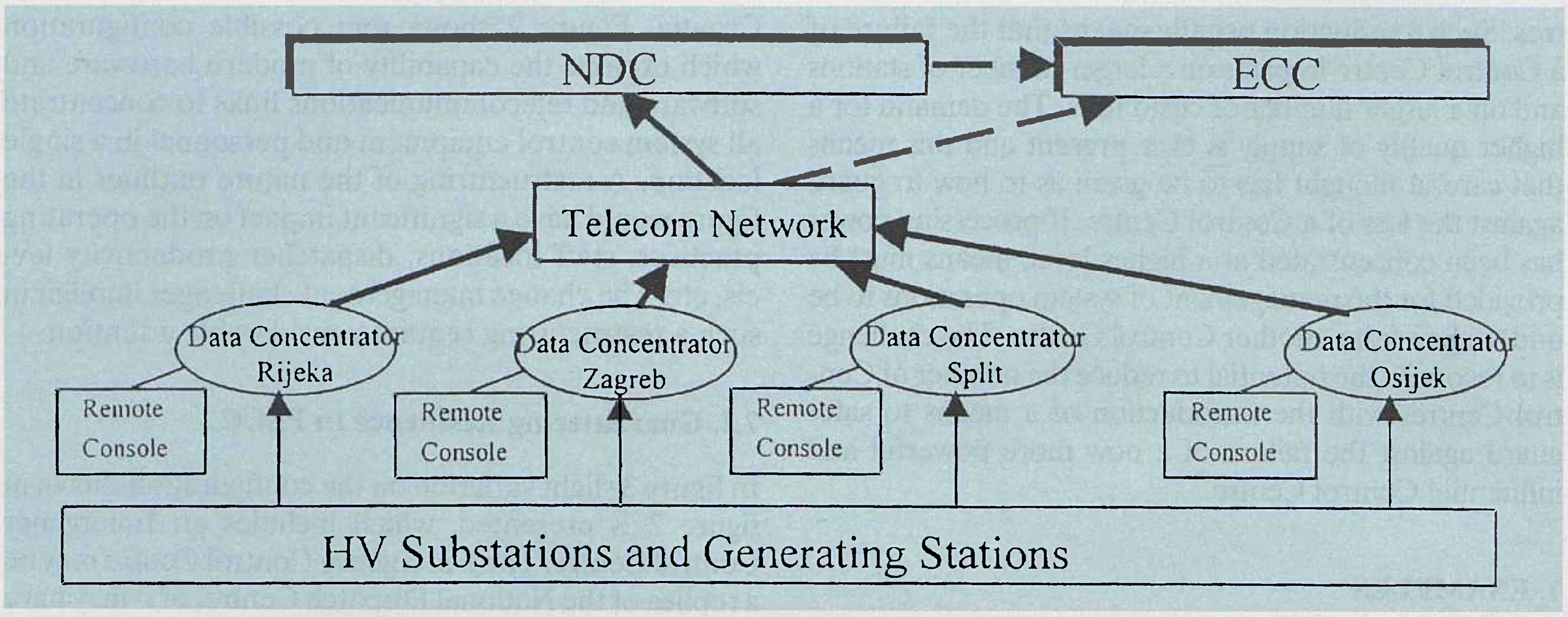


Figure 3 - NDC with Emergency Control Centre and Remote Consoles

7.3. Savings Achievable by Reconfiguring Control Centres

In figure 4 a summary table is provided for the estimated costs for the configurations shown in figures 1, 2 and 3. A large potential saving is achievable and if such savings are to be foregone, clear reasons must be provided.

8. CONCLUSIONS

The earlier sections have discussed the evolutionary changes in technology which make it possible to re-structure PSCCs; a later section has outlined the forces external to many utilities which make changes in older practices and organisations imperative. Some exam-

NDC Configurations

	Option 1 NDC + 4 ACCs	Option 2 Centralised NDC	Option 3 NDC + ECC	Option 4 NDC + ECC + 4 Remote Consoles
Cost Item	Cost	Cost	Cost	Cost
NDC	$5,000	$5,000	$5,000	$5,000
Additional NDC Consoles		$180	$180	$180
ACCs	$4,000	$0		
Remote Consoles	$0	$0	$0	$400
Emergency Control Centre			$2,500	$2,500
Telecom Equipment		$200	$200	$200
Total Equipment Cost	$9,000	$5,380	$7,880	$8,280
Lifetime Spares for equipment	$2,250	$1,345	$1,970	$2,070
Lifetime Equipment Cost	$11,250	$6,725	$9,850	$10,350
NDC Dispatchers	$960	$1,920	$1,920	$1,440
ACC Dispatchers	$3,456	$0	$0	$1,152
H/W and S/W Support Staff	$2,112	$576	$576	$576
Lifetime Staff Cost	$6,528	$2,496	$2,496	$3,168
TOTAL COST	**$17,778**	**$9,221**	**$12,346**	**$13,518**

Notes: All costs in $1,000
Assumes 10 staff required to provide 2 dispatchers on 24 hour shifts
Assumes 8 support staff in NDC and 4 support staff in ACCs
Lifetime values calculated over 10 years at 10% discount

Figure 4 - Cost Estimates of NDC Options

ples of a restructured hierarchical control system, with budgetary cost estimates, typify the life-time costs that are associated with different Control Centre arrangements.

In the short-term some utilities may be able to continue with approaches that evolved some time ago. But external economic forces will inevitably find weaknesses in poorly conceived organisational structures and in time oblige changes to be implemented.

It is the long-term interests of every utility that its senior management identifies strategic trends, formulates a coherent plan to deal with the vision of the future, motivates middle management and staff to accept the new corporate vision and to strucutre and equip the organisation for the benefit of the stake-holders in the utility.

OBLIKOVANJE TROŠKOVNO UČINKOVITIH I OPERATIVNO PRILAGODLJIVIH UPRAVLJAČKIH CENTARA

Rad ukratko razmatra različite tehnološke čimbenike, koji omogućavaju poduzeću da uvede značajne izmjene u shemi upravljanja sustavom. Također se razmatraju ljudski i organizacijski čimbenici, koji podržavaju postojeće stanje.

Analizirani su trendovi koji su doveli do restrukturiranja upravljanja sustavom u određenom broju poduzeća. U pozadini identificiranih promjena najčešće se nalaze gospodarski razlozi. Komentiraju se pitanja koja proizlaze iz restrukturiranja.

Analizirano je više primjera mogućih konfiguracija za Hrvatsku elektroprivredu, uz prikaz cijena tipičnih konfiguracija. Predočena je konfiguracija koja osigurava visok stupanj pouzdanosti u slučaju da Nacionalni dispečerski centar nije u funkciji.

WIRKSAMKEIT UND ANPASSUNGSFÄHIGKEIT ALS ZWECK DES GESTALTENS VON STEUERUNGSDIENSTSTELLEN

Diverse für die Umgestaltung der Stromversorgungssteuerung maßgebliche technische Einflussgrössen werden im Artikel in kurzer Fassung überprüft . menschliche und organisatorische die Beibehaltung vom Status quo beeinflussende Faktoren sind ebenfalls der überprüfung unterzogen.

Führende Tendenzen in der gestaltung von steuerungsdienststellen wurden an mehreren Anwendungsbeispielen untersucht. In den meisten Fällen konnte man hinter solchen Änderungen komerzielle Beeinflussungen entdecken. man setzt sich mit den daraus emporsteigenden Folgen auseinander.

Mehrere Beispiele möglicher sich an die Energieversorgung in Kroatien beziehender Gestaltungsvarianten sind in betracht gezogen und vorausgerechnete Preise für typische Varianten vorgezeigt. Dargestellt ist eine auch für das eventuelle Ausfallen des Hauptlastverteilers hohe Zuverlässigkeit gewährende Gestaltungsvariante.

Author:

Peter Roche, B. Sc.
Manager Control and Communications Group,
ESB International
Ireland

Uredništvo primilo rukopis:
2000-11-21.



MOGUĆNOSTI KOMERCIJALIZACIJE ELEKTROPRIVREDNIH TELEKOMUNIKACIJA

Mr. sc. Dubravko S a b o l i ć, Zagreb

UDK 65.011.1:330.111.4
PREGLEDNI ČLANAK

U svjetlu odvijanja procesa deregulacije energetskog sektora, odnosno liberalizacije i deregulacije telekomunikacija, analiziraju se neka pitanja izlaska elektroprivrednih telekomunikacija na slobodno tržište. Govori se i o HEP-ovim mogućnostima pojave na TK tržištu i to samo na temelju stranih iskustava i informacija prikupljenih od strane Radne grupe 08 Studijskog komiteta 35 CIGRE.

Ključne riječi: deregulacija, elektroprivreda, telekomunikacije, tržište.

Uvod

Paralelan tijek ukidanja tradicionalnih velikih državnih monopola - energetike i telekomunikacija - otvara mogućnost pojave telekomunikacijskih entiteta, do sada vezanih strogo unutar elektroprivrednih poduzeća, na tržište javnih TK usluga. Istu mogućnost, zbog liberalizacije telekomunikacijskog sektora, imaju i stalni potencijalni pružatelji usluga poput željeznice, vodovoda, cesta, zatim internet operatera, itd. Kada je riječ o ulasku dosadašnjih velikih državnih tvrtki i infrastrukturnih sustava u posao telekomunikacija, situacija je u različitim zemljama različita. Stjecajem okolnosti povijesnog razvoja i trenutne situacije javnog sektora u Hrvatskoj, HEP ima nedvojbeno najbolju startnu poziciju za izlazak na otvoreno TK tržište Hrvatske. Nekoliko je tome tehničkih i ekonomskih razloga, o kojima ćemo nešto više reći u nastavku.

Prodor novih operatora na tržište telekomunikacija u Hrvatskoj neće biti nimalo lagan. Trenutno u zemlji postoje dva jaka javna operatera. Hrvatske telekomunikacije, čiji je strateški partner jedan od najvećih i najmoćnijih svjetskih TK operatera Deutsche Telekom, nude praktički sve vrste usluga danas prisutnih na našem tržištu i imaju sada državni monopol na područjima nepokretnih javnih komunikacija, javnih govornih usluga u nepokretnoj mreži i međunarodnih telekomunikacijskih usluga, koji će prema trenutno važećem Zakonu o telekomunikacijama (srpanj 2000.) potrajati do 31.prosinca 2002. Međutim, prema neslužbenoj verziji prijedloga novog Zakona viđenoj na internetu u lipnju 2000, HT gubi monopol, osim na međunarodnom telekomunikacijskom prometu, gdje će isključivo pravo potrajati do 31.12. 2001.

VIPnet je javni operater mobilne telekomunikacijske usluge u GSM mreži, koji je u većinskom vlasništvu austrijske tvrtke Mobilcom. Unatoč tome što je Mobilcom znatno manja tvrtka od DT-a i unatoč činjenici da VIPnet posluje tek kratko vrijeme, on predstavlja vrlo snažnu, dinamičnu i agresivnu konkurenciju na malom hrvatskom tržištu.

HEP trenutno izgrađuje svoju magistralnu transmisijsku mrežu temeljenu na SDH tehnologiji, kapaciteta STM-1,a koja bi mogla biti njegov glavni adut pri izlazku na tržište. Svi racionalni argumenti govore tome u prilog. Jak i neoboriv argument je taj da je kapacitet mreže i na najvišoj standardnoj razini STM-1 (155 Mb/s) znatno veći od potreba svih HEP-ovih djelatnosti, te da se instaliranjem STM-1 sustava automatski otvara mogućnost jeftine nadogradnje na 4 puta veći kapacitet (STM-4, 622 MB/s). Nesretna okolnost kod magistralnog optičkog sustava HEP-a je ta da je on suviše kapacitiran za HEP, a premalo kapacitiran za tržište.

U najkraćem, šteta bi bilo izgraditi suvremen i skup komunikacijski sustav, a zatim ga iskoristiti samo s nekoliko postotaka kapaciteta. Višak kapaciteta treba u svakom slučaju ponuditi na tržištu, jer on može svojim vanjskim prihodom, pribrojenim unutarnjem prihodu služenja samom HEP-u, ubrzati povrat uloženih sredstava i oploditi investiciju.

Osnovna vrijednost mreže leži dakle u položenim optičkim kabelima kojima kao nosač služi zaštitno uže dalekovoda. Stjecajem povijesnih okolnosti, sustav veza HEP-a razvio se u najvećoj mjeri u okrilju prijenosa. VF uređaji, koji koriste dalekovode kao prijenosni medij, činili su prvu generaciju komunikacijskih veza između elektroprivrednih objekata. U današnje vrijeme, magistralne mreže (engl. back-bone networks) optičkih veza privatnih elektroprivrednih sustava ponovno se u najvećoj mjeri oslanjaju na dalekovodnu infrastrukturu visokog napona, pri čemu

su elektronički uređaji smješteni mahom u transformatorskim stanicama prijenosa. U tom smislu, činjenica je da se danas onaj dio telekomunikacijskog sustava HEP-a koji je nov i suvremen, i kao takav, uz nužna poboljšanja, upotrebljiv na tržištu, nalazi u prijenosu, što je i inače čest slučaj u stranim zemljama. Međutim, valja imati na umu da su potrebe potencijalnih klijenata veće, te da će biti potrebno prodrijeti u pristupnu razinu mreže, koja neće biti ništa manje važna od magistralne. Stoga su postojeći infrastrukturni kapaciteti i prava prolaska (engl. "right-of-way") koji se nalaze u distribuciji veliki zalog za uspješnost eventualnog tržišnog nastupa.

U pogledu razvoja telekomunikacijskih usluga, što teoretski ne mora bezuvjetno značiti i paralelan sumjerljiv razvoj vlastite telekomunikacijske mreže, elektroprivreda ima jedan veliki i općenito rijedak i dragocjen adut, naime bazu podataka s adresama praktički svih domaćinstava u državi. Takav elektronički popis sigurno ne posjeduje nitko od potencijalnih konkurenata u domeni telekomunikacijskih usluga u ovoj zemlji, a u najvećem je interesu HEP-a sačuvati tu prednost.

Samo je po sebi jasno da se izlazak na telekomunikacijsko tržište mora dogoditi na organiziran i dobro planiran način, a to niti je lak, niti jeftin zahvat. Sva međunarodna iskustva govore da se telekomunikacijska djelatnost unutar elektroprivrede mora organizirati tako da management novog TK operatera bude potpuno slobodan u vođenju poslovne politike tog poduzeća. U inozemnoj praksi to vodi u pravilu k osnivanju poslovnog subjekta, koji zbog niza tehničkih razloga (npr. korištenje prijenosne infrastrukture) ostaje u većinskom vlasništvu elektroprivrede, ali svojom poslovnom politikom biva u mnogo manjoj mjeri vezan na primarnu djelatnost same elektroprivrede. Naime, telekomunikacijsko tržište, nakon liberalizacije, postaje poprištem žestoke konkurencije na kojemu je najvažnije vrlo brzo prepoznati potrebe kupaca i spremno reagirati odgovarajućim investicijama. Taj fenomen je već prisutan na hrvatskom tržištu mobilnih TK usluga. Na telekomunikacijskom tržištu se pobjeđuje ili propada u toku nekoliko mjeseci. Elektroprivredna djelatnost je znatno tromija. Zbog toga je potrebno - naravno, u slučaju namjera za komercijalizacijom TK djelatnosti elektroprivrede - okrupniti i osamostaliti telekomunikacije zbog posve različitih uvjeta njihova djelovanja u odnosu na sadašnju poziciju sekundarnog sustava u elektroprivredi.

1. OPĆI OBLICI ULASKA ELEKTROPRIVREDE NA TELEKOMUNIKACIJSKO TRŽIŠTE

1.1. Temeljni interesi i javna dobrobit

S pozicije vlasnika elektroprivredne kompanije mogu se identificirati dva temeljna razloga zbog kojih on ima interes investiranja u izlazak na telekomunikacijsko tržište:

- povećanje vrijednosti poduzeća
- pojava novih izvora prihoda.

Diverzifikacija poslovanja u smjeru visokoobrtne i visokoprofatibilne djelatnosti, stavljanjem u punu funkciju do tada pasivnih dijelova poduzeća, te time stvaranjem novih izvora dohotka u poslu s visokim stupnjem naplativosti, sigurno povećava vrijednost kompanije. U tom procesu mnoge strane profitiraju:

- dioničari elektroprivrednog poduzeća imat će veću mogućnost kontrole usluga, odnosno poslovanja kao i uvođenja novih vrsta usluga (npr. elektronička naplata, nove usluge prijenosa govora, podataka i slika itd.), koje služe zadržavanju korisnika u konkurentskom okružju tržišta energije
- kupci energije imat će veće mogućnosti kontrole svojih troškova
- državni regulatori telekomunikacija uvođenjem konkurencije povećat će priljev u državni proračun i tako unaprijediti svoj rad u svim oblicima
- prelaskom iz pozicije sekundarne djelatnosti u položaj dinamičnog i aktivnog dohodovnog centra djelatnici iz telekomunikacijske djelatnosti steći će mogućnosti svog hijerarhijskog napredovanja i bolje prosječne zarade
- javnost ima interes u novom zapošljavanju, te nastanku novih usluga i stalnom padu njihovih cijena zbog konkurencije.

Sve privatne i javne dobrobiti proistječu iz tehnološkog skoka, iz prelaska sekundarnog posla u situaciju dobre zarade, kao i jačanja tržišnog nadmetanja. Istodoban proces deregulacije energetskog sektora pogoduje ovim težnjama, jer se potrebne organizacijske promjene mogu začeti i obaviti u sklopu restrukturiranja elektroprivrede.

Temeljna djelatnost elektroprivrede, u bilo kojoj varijanti modela privatizacije, imat će slijedeće koristi:

- Tehnološki iskorak u telekomunikacijskoj mreži omogućit će ostvarenje svakog predvidivog koncepta vođenja, upravljanja, zaštite, mjerenja i obračuna, tarifnog sustava, poslovne informatike, poslovnog komuniciranja u širem smislu, itd. U sklopu toga otvorit će se mogućnosti podrške energetskom informacijskom sustavu, koji će biti vrlo važan u uvjetima dereguliranog energetskog tržišta.
- Elektroprivreda kao vlasnik svojega telekomunikacijskog poduzeća moći će davati niz drugih usluga i tako povećati svoj dohodak.

1.2. Ulazak na tržište

Postoji dosta načina ulaska na telekomunikacijsko tržište koji stoje na raspolaganju elektroprivrednim telekomunikacijama. Pobrojit ćemo tipične ulazne puteve koji su bili korišteni u zapadnim zemljama.

Pravo prolaza (engl. "Right-of-way") je uobičajeno pravo "starih" elektroprivreda da svojom infrastruktu-

rom (npr. dalekovodima) prođu preko terena u privatnom ili javnom vlasništvu bez ikakve rente, odnosno uz jednokratno obeštećenje vlasniku zbog smanjenja funkcionalnosti terena ili posjeda u širem smislu. U anglosaksnonskoj pravnoj praksi u vezi s time javljaju se dva tipa reguliranja instalacije TK vodova na energetske dalekovode i u energetske kabelske trase:

- Righ-of-way se i dalje prešutno primjenjuje i za postavljanje komunikacijskih spojnih puteva (npr. OPGW-a).
- Radi se distinkcija između postavljanja instalacija isključivo u službi energetskog sustava kao javnog dobra i instalacija telekomunikacija namijenjenih ostvarivanju profita na tržištu, bez istodobne nužnosti služenja energetskom sustavu. U potonjem slučaju investitori su dužni pregovarati s vlasnicima terena o njihovom interesu, jer de facto dopuštenje prava prolaza omogućuje investitoru bitne infrastrukturne uštede.

U zakonodavstvima gdje je "Right-of-way" reguliran i dalje na stari način, ili uopće nije decidirano reguliran, elektroprivreda može ući na telekomunikacijsko tržište bez ijednog uloženog dolara, jednostavno prodavši i/ili iznajmivši pravo prolaza zainteresiranom operateru. Rizik najmoprimca je u tome da se propisi mogu u tom smislu naglo promijeniti, ali je dobitak u ekstremno kratkom roku instaliranja npr. optičkog prijenosnog sustava u odnosu na konkurenciju. HEP je, primjerice, trenutno upravo u situaciji da može iznajmiti ili prodati pravo prolaza.

Najam optičkog vlakna bez ili sa elektroničkom opremom (engl. "Dark Fibre" i "Lit Fibre") predstavlja drugi relativno lak način za ulazak na tržište telekomunikacija. Dark Fibre razumijeva iznajmljivanje optičkog spojnog puta bez ikakve druge opreme, dok se u Lit Fibre aranžmanu kupcu daje usluga najma čitave niti, ali s linijskom i multipleksnom opremom ugovorenog stupnja. Cijena tih usluga regulirana je praktički jedino zakonom ponude i potražnje.

Za davanje usluga prava prolaza i najma vlakna bez opreme elektroprivreda ne treba nikakvo dodatno znanje u odnosu na ono koje već ima. Danas je HEP već u stanju ponuditi obje ove usluge.

Lit Fibre postaje vrlo atraktivna opcija u kombinaciji s WDM tehnologijom (Wavelength Division Multiplexing), jer se jedno vlakno može korištenjem WDM linijske opreme iznajmiti većem broju korisnika.

Najam kapaciteta (engl. "Band rate leasing") omogućuje korisnicima odabir njima potrebnih kanalskih kapaciteta, od najmanjih do najvećih kvanata, naime od 64 kb/s do STM-n veze, odnosno adekvatnih PDH sučelja. Ovo je vrlo isplativ način iznajmljivanja, ali zahtijeva razgranatu područnu i pristupnu transmisijsku mrežu.

Usluge mobilnih mreža su vrlo isplative za operatera, ali traže ishođenje koncensije na javnom natječaju ili licitaciji, vrlo velike kratkoročne investicije i vrhunsku ekipiranost managementa, tehničkih eksperata i radnika. Primjerice, za ulazak u tržište javnih mobilnih komunikacija u Hrvatskoj (vjerojatno će se na neko vrijeme raspisati natječaj za treću, UMTS mrežu, na 1800 MHz) već se sada slobodno može procijeniti da će biti potrebno uložiti stotine milijuna DEM, i zaposliti nekoliko stotina ljudi s visokim postotokom diplomiranih inženjera. Ostala moguća područja djelovanja su privatni mobilni sustavi za posebne službe (npr. TETRA), kao i najam rezervnih kapaciteta elektroprivrednih mobilnih sustava drugim javnim mobilnim operaterima, pri čemu se ipak otvaraju pitanja legalizacije takvih aranažmana, s obzirom da su privatni sustavi pošteđeni ishođenja i plaćanja koncesija, dok bi se ovdje dijelovi njihovih kapaciteta rabili za ostvarivanje zarade na tržištu. Stoga ovim uslugama valja pristupiti rezervirano.

Najam prostora i stupova predstavlja niskoprofitni način sudjelovanja na tržištu, osim možda kada je riječ o sudjelovanju u većem poslu na način pružanja infrastrukturnih kapaciteta građevinskog tipa operateru telekomunikacija. Na taj se način npr. može ući u posjed određenog postotka dionica operatera.

Ostala područja djelatnosti mogu se zbog potpunosti samo nabrajati:

- konzultantske i projektantske usluge
- usluge tehničkih servisa i održavanja
- ·sudjelovanje u zabavnim uslugama (interaktivni video i dr.)
- usluge interneta
- davanje usluga kabelske televizije i zabave zabačenim područjima i pojedinim korisnicima, u smislu dodatne usluge kupcima električne energije
- u suradnji s kabelskim televizijama, davanje posebnih usluga poput voice-data dvosmjernih veza, slikovnih veza u realnom vremenu i sl.
- ulaganja u područje usluga zabave.

1.3. Takmaci u glavnim dijelovima tržišta

U području usluga prava prolaza i optičke niti sa ili bez elektroničke opreme prirodni konkurenti su ostali izvorni posjednici prava prolaza, a to su: željeznice, vodovodi, naftovodi, plinovodi, ceste i sl.

Segment mobilnih komunikacija karakterizira prisustvo tradicionalnih javnih operatera, kao i novih davatelja usluga. Zbog potrebe enormnih ulaganja u vrlo kratkim rokovima ovi konkurenti su uvijek financijski izuzetno moćni, a i na nerazvijenim tržištima poput našeg postigli su već zavidnu razinu tržišne borbe i marketinške agresivnosti u borbi za kupce.

Glavni konkurenti u polju iznajmljivanja kapaciteta u optičkim i mikrovalnim digitalnim mrežama su već prisutni telekomunikacijski operateri, koji su posebno neugodni, ako već imaju riješen transmisijski sustav na zadovoljavajući način. U nas je situacija upravo takva,

što se tiče HT-a. Naprotiv, VIPnet nema nikakvu prijenosnu infrastrukturu, pa troškovi transmisije čine znatan dio njegovih materijalnih troškova proizvodnje. Tu se vidi određena tržišna prilika za HEP.

U skupini poslova vezanih za usluge zabave glavnu konkurenciju čine operateri kabelskih televizija i drugih zabavnih usluga, kao i klasične radijske i televizijske kuće.

1.4. Aduti elektroprivrednih telekomunikacija

Glavni adut najčešće spominjan je velika pouzdanost elektroprivrednih veza, koja proistječe iz oštrih zahtjeva pogona nametnutih u prošlosti. Uglavnom se poštuju zahtjevi CIGRE, tako da nije rijetkost da se veze projektiraju s raspoloživošću od 99,99% ili boljom. U stvarnosti je potrebno doista i postići tu razinu sigurnosti. Zato je nužno imati kvalitetno projektiranje, izgradnju i održavanje sustava. Nijedna karika u tom lancu ne smije biti zanemarena.

Elektroprivredne telekomunikacije trebaju se odmah odreći ambicije primata na TK tržištu. Njihovo prirodno mjesto je oko druge ili treće pozicije na nacionalnom tržištu. U toj situaciji ove se mogu više posvetiti posebnim potrebama pojedinih korisnika, kao što su npr. garantirana tajnost, mogućnost kontrole troškova, davanje posebno pouzdanih i štićenih veza, zatim raznih malih pogodnosti zbog marketinškog efekta, itd. Važno je pridobiti velike korisnike nuđenjem atraktivnih tarifnih načela i širokim spektrom usluga. Treba imati na umu da telekomunikacije u sve većoj mjeri postaju zapravo servis podatkovnih usluga svih vrsta.

1.5. Organizacijski oblici

U pogledu opće oraganizacijske pozicije telekom operatera proisteklih iz elektroprivrede, mogu se identificirati, barem što se tiče prakse u stranim zemljama, slijedeće situacije:

- Kada je riječ o iznajmljivanju prava prolaza, vlakna bez elektronike, ili pak građevinskih prostora, stupova i sl. telekomunikacijske službe mogu ostati unutar elektroprivrede bez osobitih organizacijskih promjena, pa se prema tome kao pružatelj usluga javlja elektroprivreda, uz uvjete propisane zakonom.
- Kod davanja usluga komercijalne mobilne mreže, najma kapaciteta ili zabavnih usluga, u svjetlu činjenice da elektroprivrede praktički nemaju iskustva na tim područjima, česta opcija je zajednički nastup s iskusnim partnerom, obično već postojećim operaterom. Nadalje, moguće je kupiti paket dionica već postojećeg operatera. U krajnjem slučaju, elektroprivreda može osnovati posebno poduzeće, nastalo od dotadašnjih telekomunikacijskih službi i odjela unutar sebe i sama krenuti u posao pri čemu je od najveće važnosti zaposliti kvalitetne ljude, a posebno management s iskustvom u toj vrsti posla.

2. FAZE IZLASKA NA TRŽIŠTE

2.1. Prezentacija razloga za izlazak

Prva stvar koju općenito treba učiniti, bez obzira o kojoj tvrtki je konkretno riječ, je istražiti stvarne poslovne razloge zbog kojih je dobro da se telekomunikacijska djelatnost najprije okrupni i organizacijski osamostali unutar elektroprivrede, a zatim eventualno izađe na telekomunikacijsko tržište. Rezultati toga istraživanja moraju se na odgovarajući način prikazati managementu elektroprivrede. Posebice se valja posvetiti trima aspektima:

- potencijalnim novim izvorima prihoda
- dobrobitima za osnovnu djelatnost elektroprivrede zbog tehnološkog unapređenja telekomunikacija
- uštedama u osnovnoj djelatnosti koje su posljedica planiranih poslovnih poteza.

Vrlo je moguće primjerice da procijenjeni novi prihodi budu znatno manji od prihoda osnovne djelatnosti. Zbog toga impresivnije djeluju fakti o opcijama koje suvremeni TK sustav otvara osnovnoj djelatnosti, odnosno o uštedama koje će elektroprivredna kompanija osjetiti primjenom novog sustava. Tu je u prvom redu riječ o omogućavanju primjene naprednih informacijskih sustava za optimizaciju upravljanja energetskim sustavom.

2.2. Istraživanje tržišta

U osnovi, istraživanje tržišta je potrebno da bi se uvjerljivo opravdala namjera izlaska telekomunikacija iz dubine elektroprivredne organizacije na slobodno tržište u ulozi samostalnog subjekta. Uobičajeno je oformiti tim sastavljen od rukovodstva i predstavnika uključenih službi i odjela. Međutim, dobrodošla je i suradnja sa stručnjacima za istraživanje tržišta, regulativu i financije. S obzirom da istraživanje tržišta treba dati glavne podatke o tome hoće li proizvodi naći kupce, kolika je potreba za proizvodom dane vrste, koliki je očekivani rast potražnje, kakva je distribucija potražnje među više istovrsnih ili sličnih proizvoda, može li uopće tržište na određenom stupnju razvoja apsorbirati novu ponudu itd. Kvalitetno sagledavanje osobina tržišta može uvelike racionalizirati investicije u tehnički sustav u smislu optimizacije redoslijeda i dinamike ulaganja u pojedine mreže. Općenito se mogu nabrojiti neke stavke koje se ne smiju zaobići, s napomenom da je istraživanje tržišta složen i kontinuiran posao:

- odrediti u koje segmente tržišta se želi ući i točno zašto, ima li potrebe za tim uslugama i koliko je jaka konkurencija
- opis tržišta: tko su potencijalni kupci, koliko ih ima, hoće li tržište rasti, koliki je ciljni tržišni udio, koje su ulazne i izlazne barijere itd.
- kako je organizirana uspješna konkurencija i kakva je efikasnost njihove radne snage

- što je sve potrebno od opreme, kako će se organizirati posao, koji su rokovi za pojavu usluga na tržištu i koji su mehanizmi kontrole troškova
- koliki su troškovi i kako će se namaknuti sredstva
- koje su snage i slabosti, prilike i prijetnje
- kakva je zakonska uređenost područja u koje se ulazi.

2.3. Nastup prema regulacijskom tijelu

Tijelo koje regulira područje telekomunikacija u Hrvatskoj je Hrvatski zavod za telekomunikacije, nezavisni regulator proizašao iz Ministarstva pomorstva, prometa i veza. U stranim zemljama koje su već liberalizirale tržište TK usluga također u pravilu postoje agencije odvojene od vladinih ministarstava. Činjenica je da one imaju izuzetno velike ovlasti u reguliranju telekomunikacija, ali je isto tako u svijetu uobičajeno da se s tim ustanovama ulazi u pregovore oko pojedinih pitanja regulacije tržišta. Štoviše, može se govoriti o utjecaju jakih Nacionalnih operatera i proizvođača opreme na konačan oblik propisa. Normalno je da "stari" TK operateri imaju značajan utjecaj na regulatore, tako da se potencijalni novi davatelji usluga trebaju zanimati za procese regulacije, kako bi mogli eventualno zastupati svoje interese. U nas je običaj da se propisi donose najčešće bez da zainteresirani dobiju mogućnost utjecaja na konačne odluke. Čini se ipak da u domeni telekomunikacijske regulative dolazi do pomaka u dobrom smjeru. U svakom slučaju je važno razvijati dobre odnose, suradnju i povjerenje s regulacijskom ustanovom.

Ono u čemu su, kada je riječ o komercijalizaciji telekomunikacija, zainteresirane elektroprivredne kuće i regulacijska tijela iz područja elektroenergetike u najmanju ruku je slijedeće:

- da se komercijalne aktivnosti na telekomunikacijskom tržištu ne subvencioniraju iz prihoda ostvarenih u monopolnim aktivnostima reguliranog dijela energetskog tržišta, što automatski nameće organizacijsko i financijsko osamostaljenje telekomunikacijskog dijela elektroprivrede
- da će se do sada izgrađena infrastruktura i telekomunikacijski kapaciteti, koji su pri traženju propisanih licenci bili opravdani potrebama energetskog sustava, moći koristiti na tržištu za davanje usluga
- da je agencija koja regulira telekomunikacije u zemlji ujedno i jedina ovlaštena da donosi, tumači i primjenjuje pravila tržišne utakmice u telekomunikacijama.

2.4. Saveznici i protivnici

Kod razmišljanja o uključivanju u tržišnu utakmicu valja razmisliti i o potencijalnim protivnicima i saveznicima. Normalno je da će se postojeći operateri u pravilu protiviti ulasku konkurencije. Pri tome oni mogu koristiti niz metoda oslabljivanja novih operatera, od prigušivanja tržišta do svoga utjecaja na regulatore. Sami regulatori mogu proizvoditi inerciju u prilagodbi propisa promjenama koje na stvarnom tržištu nastaju pojavom novih subjekata.

Suprotno tome, uvijek će se veći broj organizacija zainteresirati za ulazak novih poduzeća. Mogući saveznici su u prvom redu oni koji se prirodno mogu pojaviti kao partneri u poslu vidjevši interes u okrupnjavanju kao sredstvu ojačanja tržišne pozicije. To su, primjerice, nove kompanije koje žele prodavati TK usluge, ali nemaju nikakav identitet. Njima svakako odgovara udružiti se s tvrtkom u vlasništvu elektroprivrede kao etablirane nacionalne ustanove pozitivnog imagea. Zatim, to su i ostali posjednici prava prolaza (željeznica, naftovod, vodovod i ceste itd...) koji ujedinjavanjem svojeg prava prolaza s elektroprivrednim mogu u takvoj simbiozi izgraditi velike mreže na nacionalnoj razini u kratkom vremenu i s bitno manjim troškovima od konkurencije.

2.5. Plan djelovanja i financiranja

Sumirajući do sada rečeno, i prihvativši činjenicu da operacionalizacija ovakvih planova stoji vrlo mnogo novca možemo zaključiti da bi logične faze u planu djelovanja i financiranja pothvata bile otprilike ove:

- oformiti mali tim ljudi unutar elektroprivrednog poduzeća sa zadatkom da načine grubu studiju izvedivosti projekta, uz punu podršku managementa i dostup pokazateljima poslovanja telekomunikacijskih entiteta poduzeća
- tim treba analizirati aspekte projekta prema ranije opisanim smjernicama
- potrebno je uključiti i znanje izvan elektroprivrede
- rezultate studije treba uvjerljivo i iskreno prezentirati managementu
- u slučaju pozitivnih rezultata treba naručiti pravu studiju izvodivosti od međunarodno renomirane tvrtke
- temeljem te studije može se tražiti kredit u visini koja će omogućiti brzu izgradnju mreže i pojavu na tržištu
- paralelno s tim moraju se povesti pregovori oko licenci s regulacijskim tijelima.

Uza sve ovo nikada ne treba smetnuti s uma važnost tehničkih i tehnoekonomskih analiza, te planiranja i projektiranja tehničkih sustava, u čemu vodeću i veliku ulogu treba odigrati kvalitetan tehnički kadar. Već u ranoj fazi potrebno je planirati kadrovske popune, kako ključnih ljudi, tako i tehničkog osoblja.

3. STANJE TK TRŽIŠTA U HRVATSKOJ

3.1. Regulativa i sloboda natjecanja

U Hrvatskoj je područje telekomunikacija uređeno Zakonom o telekomunikacijama i njegovim podzakonskim aktima. Regulacijska agencija zove se Hrvatski zavod za telekomunikacije. On je utemeljen 1. siječnja 2000.

O stanju regulative nećemo ovoga trenutka mnogo govoriti iz dva razloga. Prvo, u momentu pisanja ovoga teksta na snazi je zakon usvojen 1999. (NN 76/99), a istodobno se očekuje pojava novog zakona, čiji nacrt se može naći javno publiciran na internetu, ali ga nije uputno koristiti kao referencu upravo zbog činjenice da je riječ o radnoj verziji. Drugo, već i iz važećeg zakona vidi se u najvećoj mjeri kako će biti regulirano tržište telekomunikacija u Hrvatskoj. Usporedbom postojećeg propisa i novih nacrta uočava se težnja ka usklađivanju sa standardima Europske unije. Zato dajemo samo nekoliko natuknica.

Pitanje koncesija uređeno je na kvalitetan način. Privatni (netržišni) sustavi ne trebaju nikakve koncesije. Tržišne usluge u nepokretnoj mreži su:

- prijenos zvuka, podataka, dokumenata, slika i drugoga, telekomunikacijskim kapacitetima u nepokretnoj mreži, bez prijenosa govora u realnom vremenu
- davanje u najam telekomunikacijskih vodova
- priključivanje pretplatničke terminalne opreme na mrežu u vezi gore kategoriziranim uslugama, kabelska distribucija, te druge usluge utvrđene konkretnim ugovorom o koncesiji.

Za sve ove usluge koncesija se izdaje na zahtjev, ako potencijalni koncesionar ispuni opće i posebne uvjete. Broj koncesija nije ograničen. Time je osigurana poštena i jednaka startna pozicija za sve koji su uložili i izgradili nepokretni komunikacijski sustav i zadovoljili tehničke i druge zakonom propisane uvjete. Tržišne usluge s uporabom radiofrekvencijskog spektra su:

- prijenos govora, zvuka, podataka, dokumenata, slika i drugoga telekomunikacijskim kapacitetima u pokretnoj mreži i putem satelita u pokretnoj i nepokretnoj satelitskoj službi
- priključenje pretplatničke terminalne opreme na telekomunikacijsku mrežu u vezi s gore nabrojenim uslugama i druge usluge u vezi s njima.

Za obavljanje ovih usluga koncesija se stječe javnim natječajem kojega raspisuje Zavod. Zbog toga se načelno ne isplati ulagati u takve mreže prije nego se koncesija doista i dobije. Primjerice, ako bi HEP htio komercijalizirati svoju mobilnu mrežu za posebne korisnike (TETRA), morao bi dobiti koncesiju putem javnog natječaja, što nikad nije sigurno. S druge strane, procijeni li HEP graditi tu mrežu samo za svoje pogonske potrebe, onda se on uvijek može na kasnijem natječaju prijaviti za stjecanje javne koncesije. Pri tom bilo bi prikladno pokušati utjecati na regulatora da on doista taj natječaj i raspiše, po mogućnosti u povoljnom trenutku. Očigledno je da pitanja komercijalizacije nepokretne i pokretne mreže u principu nisu rješiva u isti mah.

Ono što je nejasno u definiciji tržišnih usluga koje zahtijevaju uporabu radiofrekvecijskog spektra je pitanje iznajmljivanja TK kapaciteta mikrovalnih veza. Naime, tehnički je moguće da, barem neko vrijeme, HEP u sklopu iznajmljivanja kapaciteta iskoristi mjestimice, osim optičkih veza, i svoje mikrovalne veze. Isto tako je moguće da one tu i tamo posluže kao osiguranje (back-up) optičkim vezama. Evidentno je da se radi o javnoj usluzi s korištenjem radiofrekvencijskog spektra, ali konkretno pitanje javnog davanja usluga mikrovalnih veza nije dotaknuto ni u sadašnjem zakonu, niti u nacrtu novoga.

Čini se da u novom nacrtu postoji jedna vrlo korisna pozitivna tendencija da se natječajne koncesije ne mogu dodijeliti temeljem pozivnog natječaja, već samo javnog.

Novi nacrt precizira još i jednu vrstu jednostavnih TK usluga (priključenje terminalne opreme korisnika na TK mrežu drugoga operatera, postavljanje i održavanje TK objekata i instalacija i sl.) koje se mogu obavljati slijedom argumentirane pismene prijave.

Pitanje prijelaznog razdoblja monopola HT-a već smo dotakli. Novost koja se očekuje je da se monopol te tvrtke svede samo na područje međunarodnih telekomunikacija i to do kraja 2001. godine.

Temeljna zadaća regulacijskih agencija i zakonskih propisa u zemljama koje provode liberalizaciju telekomunikacijskog tržišta je osiguranje poštenih uvjeta tržišnog nadmetanja, kontrola korištenja javnih dobara (npr. radiofrekvencijski spektar), te osiguranje prijelaznih rješenja za tranziciju iz monopoliziranog tržišta u slobodno.

3.2. Segmenti tržišta zanimljivi za HEP

Kod sagledavanja potencijalnih tržišta za HEP-ove telekomunikacijske usluge bitno je krenuti od nekoliko početnih premisa:

- HEP bez obzira na tržište treba suvremenu TK inftastrukturu
- HEP izgrađuje transmisijsku i mobilnu (TETRA) mrežu, i ima razrađene planove za izgradnju komutacijske mreže
- u bliskoj budućnosti, uslijed enormnog porasta opće razine informatizacije, koja povlači povećane potrebe za podatkovnim komuniciranjem, te uslijed prodora informatike u apsolutno sve pore života, vrlo je vjerojatno da će se svaki raspoloživi komunikacijski kapacitet moći iznajmiti na tržištu.

Stoga nema nikakve sumnje da investicije u izgradnji suvremene HEP-ove telekomunikacijske mreže u najmanju ruku podižu vrijednost poduzeća. Iz svega slijedi da su segmenti tržišta prema kojima će u slučaju odluke o komercijalizaciji svojih telekomunikacija HEP prirodno težiti:

- iznajmljivanje prijenosnih kapaciteta (baud - rate) - izloženo velikoj konkurenciji
- davanje PAMR (Private Access, Mobile Radio) usluge u sustavu TETRA - za sada nema konkurencije, ali bi je moglo biti proširivanjem javnih GSM mreža na modificiranu verziju GSM-R ili GSM 2+

- iznajmljivanje prava prolaza, te optičkih vlakana sa ili bez elektroničke opreme - donekle nas ograničava mali broj vlakana u OPGW-ima; bilo bi dobro u slučaju povoljnog razvoja situacije prijeći na tehnologije omatanja vodiča ili zavješenja samonosivih optičkih kabela po dalekovodima
- usluge ATM mreže - tek treba planirati i izgraditi
- usluge međunarodnog javnog prometa - po prestanku monopola HT-a
- natjecanje za koncesiju treće mobilne mreže (UMTS) - potrebna vrlo velika ulaganja i intenzivno zapošljavanje.

Ne treba zaboraviti podršku primarnoj djelatnosti elektroprivrednih entiteta koji egzistiraju unutar HEP-a u obliku potpune telekomunikacijske usluge.

4. SAGLEDIVE MOGUĆNOSTI DANAŠNJIH TELEKOMUNIKACIJSKIH SUSTAVA U HRVATSKOJ ELEKTROPRIVREDI

Nemoguće je dati procjenu vrijedosti, odnosno profitabilnosti, nekog tehničkog sustava koji još nije izgrađen, a kamoli da bi bio komercijalno korišten. Ipak, u ovome poglavlju pokušat ćemo dati indikatore koji nedvosmisleno, premda na kvalitativan način, upućuju na velik tržišni potencijal HEP-ovih TK kapaciteta, i to samo onih koji su se do danas počeli izgrađivati.

4.1. Neki indikatori vrijednosti

Sljedeći primjeri trebaju ilustrirati vrijednost i potencijal telekomunikacijskog sustava HEP-a. Oni su bazirani na trenutno važećem tarifnom sustavu i cjeniku HT-a. U daljnjem tekstu koristimo oznake za njihove tarifne kategorije: T1, T2 i T3.

Radi lakšeg praćenja dajemo kratko objašnjenje tih tarifa:

Za svaki zakupljeni kanal plaća se jednokratna cijena priključka, koja ovisi samo o brzini kanala.

Kod naplate korištenja iznajmljenih kanala razlikuju se tri spomenute kategorije: T1 je tarifa za mjesnu vezu, T2 za međumjesnu unutar jedne županije, a T3 za međužupanijsku. Cijena mjesečnog korištenja raste s brzinom iznajmljenog kanala. U daljnjem tekstu navedene cijene ne sadrže PDV.

U sljedećoj tablici dajemo današnje jedinične cijene tipičnih proizvoda (iznajmljenih kapaciteta) izražene u kunama po mjesecu najma, bez uračunatih početnih cijena priključka:

Tablica 1. Jedinične cijene kanala različitih brzina po mjesecu uporabe, bez uračunatog PDV-a

Kanal → Tarifa ↓	64 kb/s	2 Mb/s	8 Mb/s	34 Mb/s	155 Mb/s	622 Mb/s
T1 (Kn/mj.)	720	3600	10800	18700	26000	78000
T2 (Kn/mj.)	2620	13100	39300	106260	173595	520785
T3 (Kn/mj.)	3900	19180	58500	134600	238195	714585

Već ova tablica sama po sebi ukazuje na golemu tržišnu vrijedost SDH mreže. Zbog trenutnog kapaciteta od 155 Mb/s HEP bi danas mogao ponuditi kanal najveće širine od 34 Mb/s, a taj - jedan jedini na međužupanijskoj vezi - donosi mjesečno preko 134000 kn + PDV. Proširenjem sustava na veće kapacitete (STM-4 i STM-16) dobila bi se još mnogostruko vrjednija mreža. Jednostavno je šteta ovakve vrijednosti izgraditi, pa ih zatim držati pasivnima i neiskorištenima i ne pokušati zaraditi barem nešto njihovim iznajmljivanjem.

Zanimljivo je analizirati postojeći plan potreba komunikacijskih veza poslovne informatike u HEP-u do 2010. godine, iz kojega se mogu iščitati iskazane potrebe u terminima brzina kanala i tarifnih kategorija. Temeljem toga došlo se do slijedećih pokazatelja:

Tablica 2. Trošak najma svih planiranih kapaciteta poslovne i informatika HEP-a kada bi se svi oni plaćali HT-u kroz 10 godina. Cijene su bez PDV-a

Vrsta kanala	Početni jednokratni trošak svih takvih kanala	Mjesečni trošak (kn/mj.)	Ukupno kroz 10 godina najma (kn)
64 kb/s	225000	187200	22,464 mil.
2 Mb/s	315000	393900	47,268 mil.
8 Mb/s	90000	225600	27,072 mil.
Ukupno	630000	806700	97,434 mil.

Treba reći da spomenuti plan veza za potrebe poslovne informatika uopće nije pretjerano velik. Dapače, vrijeme bi moglo pokazati upravo suprotno. Jedan dio predviđenih veza već je uspostavljen, pri čemu treba istaći da su one u značajnom postotku realizirane postojećim vezama HEP-a. Brojevi navedeni u tablici govore kolika bi bila cijena najma svih planiranih kapaciteta po sadašnjim cijenama. Vrijednost samo spojnih kapaciteta potrebnih ovoj HEP-ovoj službi kreće se oko 10 mil. kn kroz 10 godina rada.

Prema našim preliminarnim iskustvima kod planiraja prometa u novoj optičkoj mreži, sve ostale interne telekomunikacijske potrebe HEP-a kreću se u rangu potreba poslovne informatike, premda će tehnološkim napretkom primarne djelatnosti i one početi znatnije rasti. Ovome dodajemo da popuna prometom SDH mreže tek ponegdje, na jako opterećenim dionicama doseže otprilike 20% raspoloživog kapaciteta.

Nadalje, troškovi javnih telekomunikacijskih usluga koje se plaćaju javnim operaterima, danas još skoro u cijelosti HT-u, prema dostupnim se informacijama mogu smjestiti u red veličine 150 do 200 milijuna kn u 10 godina. Izgradnjom kvalitetne mreže HEP-a i omogućavanjem praktički neograničenog komuniciranja unutar čitavog poduzeća taj bi se izdatak mogao i morao s vremenom značajno smanjiti.

Prema tome, ukupna 10-godišnja vrijednost samo telekomunikacijskih troškova HEP-a i internog profita zbog korištenja vlatitih resursa može se ugrubo smjes-

titi u red veličine do 500 milijuna kuna, bez neke velike margine za očekivani porast telekomunikacijskog prometa. Uspije li se k tome još nešto i zaraditi na tržištu, nema nikakve sumje da HEP treba investirati u telekomunikacije i u njihov izlazak na tržište.

4.2. Ciljane skupine potrošača

Tržišna niša na koju se HEP može orijentirati sa sustavima koje već ima ili ih izgrađuje, dakle bez ulaska u nove nepoznate segmente tržišta, obuhvaća najmanje ove domene:

- najam "Right-of-Way", "Dark Fibre" i "Lit Fibre" resursa na distancama svih duljina u Hrvatskoj
- najam prijenosnog kapaciteta (baud rate)
- davanje PAMR usluge (TETRA)
- najam stupova, prostorija, građevinske infrastrukture s profesionalnim uvjetima za smještaj opreme.

Ova tržišna niša može se u hodu proširiti na različite usluge tipa interneta, zabave, itd. Ulaz u to područje čini se gotovo nužnim, ali on nije moguć prije rješavanja "problema posljednje milje", tj. prije kompletiranja područne i pristupne mreže. Gore definirana tržišna niša predstavlja dobro usmjerenje. Što se tiče najma kapaciteta i optičkih niti konkurenciju na tržištu predstavlja HT, premda mu te djelatnosti nisu u fokusu interesa. Kod ostalih nabrojenih usluga trenutno nema prave konkurencije.

Ciljane skupine potrošača na koje HEP može aspirirati aktiviranjem postojećih ili uskoro postojećih resursa (SDH, TETRA, komutacija) su:

- postojeći i budući korisnici, usluge prijenosa kapaciteta
- postojeći i budući operateri javnih telekomunikacijskih usluga
- budući korisnici sustava TETRA.

Vrlo ozbiljno treba razmisliti i o prodoru u područje javnih mobilnih usluga, jer je ono opće prihvaćeno kao tehnologija budućnosti i jer u nas tržište, zbog recesije koja vlada već deset godina, nije niti izbliza zasićeno. Tako se broj mobilnih aparata na 1000 stanovnika kod nas kreće u redu veličine oko 150-200 komada, dok npr. u Finskoj on iznosi oko 700 komada. Zapravo, kako stvari stoje, u razvijenim zemljama mahom je već preskočena prva točka zasićenja od 250 komada na 1000 stanovnika (u svakoj obitelji jedan aparat). Za očekivati je da će važna prijelomna točka biti kada gotovo svatko bude imao vlastiti aparat (1000 kom na 1000 stanovnika) čemu se Skandinavija već značajno približila. Hrvatska je vrlo daleko od toga, pa je sigurno da, uz pretpostavku stabilizacije političke i ekonomske situacije u regiji i uz približavanje europskim integracijama, zapravo kod nas postoji velika rezerva tržišnog potencijala u području sve naprednijih i raznovrsnijih mobilnih usluga.

Vrativši se u područje usluga koje se mogu podržati SDH i TETRA sustavima, možemo stratificirati grubu podjelu ciljanih skupina potrošača i posebno orjentirati na one koji trebaju uslugu visoke raspoloživosti, dostatne propusne moći, i često posve sigurnog prijenosa (garancija tajnosti):

- vojska, policija
- državne službe i službe lokalne uprave
- željeznica, ceste, vodopriveda i sl.
- banke, osiguravajuća društva
- siguran i zaštićen prijenos podataka iz domene platnog prometa
- prijenos digitalnog i analognog TV signala za državne, privatne i kabelske televizije
- teritorijalno disperzirane kompanije - prilika za davanje potpore TK usluge velikim korisnicima
- javni operateri TK usluga, posebno operateri mobilnih mreža koji žele smanjiti troškove transmisije
- međunarodne veze i tranzit podataka - Hrvatska ima vrlo dobar geografski položaj, a HEP ima velike mogućnosti prijenosa na dugim relacijama
- internet operateri i sl.
- operateri koji trebaju pravo prolaza ili optičko vlakno
- usluge TETRA sustava pored već nabrojenih potrošača posebno trebaju: različite hitne službe (hitna pomoć, vatrogasci, obalne straže, gorske službe), autoprijevoznici, zaštitarske službe, ZAP kao prijenosnik svog gotovog novca u zemlji (osiguranje specijalnih vozila) građevinske tvrtke itd.
- mnogi drugi manji korisnici i pojedinačni korisnici.

5. O STRANIM ISKUSTVIMA

Izlazak telekomunikacijskih poduzeća stvorenih u okrilju elektroprivrede tijekom procesa njihova restrukturiranja i privatizacije dogodo se u posljednih desetak godina u mnogim zemljama, poput Finske, Danske, Češke, Velike Britanije, SAD-a itd. Podaci o tome koji dopiru do nas često su šturi i nepotpuni, ali se među njiima može razabrati jedna konstantna zajednička mjera, a to je činjenica da se ni u kom slučaju nije dogodilo nešto loše. Doduše, postoje velike razlike u veličini posla koji se razvio u pojedinim zemljama, ali je opći dojam povoljan. Vjerujemo da će kolokvij STK 35 CIGRE-a o ovim temama, koji je planiran za 2001. godinu u Zagrebu, donijeti mnogo konkretnijih saznanja. Na ovome mjestu obradit ćemo u najkraćim crtama dva dosta različita primjera. Jedan od primjera je tvrtka "Telivo" iz Finske koja je bila malo poduzeće koje je uspješno pokrivalo relativno mali segment telekomunikacijskog tržišta u svojoj zemlji. S druge strane "Energis" iz Velike Britanije razvio se u moćnu telekomunikacijsku kompaniju koja sudjeluje u akvizicijama velikih operatera na svjetskom tržištu.

5.1. Finska - Telivo

Telivo ltd. je bilo poduzeće nastalo u proljeće 1992. a bilo je u posjedu najveće finske elektroprivredne kuće, IVO-grupe. Već 1989. IVO je dobio licencu za davanje

ograničenih mobilnih usluga privatne mreže. Odvajanje Teliva od IVO-a uslijedilo je silom propisa. Odmah po osnivanju Telivo je zatražio i dobio licencu za prijenos nacionalnih long-distance poziva s ograničenjem udjela u prihodu od 5% čitavog prihoda te djelatnosti u zemlji. Uslijedila je licenca za međunarodni promet (siječanj 1993.), opet s 5%-tnim ograničenjem i zabranom povezivanja osim prema Rusiji, Vel. Britaniji, Baltiku i Skandinaviji. Zbog liberalizacije TK tržišta sva su ograničenja ukinuta do kraja 1995.

Vlasništvo je transformirano sa IVO-grupe na Telivo na taj način da Telivo samo iznajmljuje TK platformu (optičke kabele) od IVO-a. Zauzvrat Telivo osigurava IVO-u sve njegove telekomunikacijske potrebe. Ovo je poučan primjer rješavanja pitanja vlasništva nad infrastrukturom koja je nužno vezana za prijenosnu mrežu i objekte.

Fokus interesa Telivo-a je bio promet kontinuiranih govornih veza na međumjesnoj i međunarodnoj razini. Lokalni pozivi nude se u ograničenoj mjeri IVO-u i kao dopunska usluga, njegovim kupcima energije. Telivo je pratio vrlo velik porast tržišta inteligentnih usluga (besplatni telefon -0800, pozivi posebe cijene -0600 i -0700, virtualne privatne mreže, itd.). Međunarodne veze n x 2Mb/s ostvarene su s Rusijom, Vel. Britanijom, SAD-om, te baltičkim i skandinavskim državama. Preostali međunarodni promet kupuje se od tih operatera.

Tehničku bazu čine:

- jedna digitalna telefonska centrala u Helsinkiju
- mreža OPGW-a (ukupno oko 2000 km) koja povezuje Telivo s 12 lokalnih finskih operatera i stranim operaterima.

Omotani i samonosivi optički kabeli korišteni su samo sporadično.

Glavni razlog zbog kojeg se IVO odlučio na izlazak na telekomunikacijsko tržište bio je stvaranja novog izvora prihoda. Dopunski razlozi bili su: povećanje potreba za komunikacijama zbog podizanja tehnološke razine pogona, veliki troškovi prema javnom operateru, razvoj SCADA-e i poslovne informatike, te rizična investicija u optičku vezu OPGW-om do St. Peterburga u Rusiji, koja je zahtijevala brz povratak uloženog novca.

Koraci kojima se ušlo na tržište bili su ugrubo ovi:

- početkom osamdesetih godina odustajanje od digitalizacije VF sustava i investicije u digitalne mikrovalne linkove, a kasnije u optičke veze (PDH, pre-SDH, SDH)
- u suradnji s drugim manjim operaterima, čak i s konkurentima, izgradnja transmisijskog sustava s dinamikom od 1500 km novih veza u prve dvije godine
- povezivanje s dobavljačima opreme zbog osiguranja logistike kod izgradnje od odluke do pojave na tržištu prošlo je samo pola godine, i u tom vremenu trebala se dovršiti gotovo čitava transportna mreža.

Financijski pokazatelji Telivo-a 1995. godine bili su ovakvi;

- nacionalni međumjesni pozivi - tržišni udio oko 5%
- internacionalni pozivi - tržišni udio oko 10%
- brzo rastuće tržište usluga inteligentne mreže
- obrt sredstava 1994. Oko 5 mil. USD
- budžet za 1995. oko 25 mil. USD
- broj zaposlenih na kraju 1995. 20 ljudi; prognoza za dvije godine unaprijed: 10 novih ljudi.

Riječ je, dakle bila o maloj i uspješnoj kompaniji koja nosi relativno značajan postotak pojedinih tržišnih segmenata, ali je njezin prihod vrlo mali u usporedbi s primarnom djelatnošću iz koje je ponikla. Međutim, valja uzeti u obzir i da ovu dosta dobru tržišnu poziciju je držala kompanija sa svega par desetaka ljudi.

Telivo danas više ne postoji. Nakon nekoliko promjena vlasničkih odnosa kupljen je od međunacionalne telekomunikacijske kompanije koja pokriva cijelu Skandinaviju.

5.2. Velika Britanija - Energis

Priča o izlasku kompanije Energis na tržište telekomunikacija u Velikoj Britaniji više ili manje sliči na priče iz drugih zemalja. Nama je primjer Energisa važan jer, za razliku od Telivo-a, prikazuje da se elektroprivredne telekomunikacije mogu razviti i u pravcu stvaranja velike kompanije s više stotina zaposlenih i prihodima koji su usporedivi s godišnjim priljevom novca čitave Hrvatske elektroprivrede.

Energis danas nudi vrlo široku lepezu usluga:

- telefonija
- VPN (virtualne privatne mreže)
- privatne veze i mreže
- podatkovne usluge: Frame Relay i ATM
- kartične usluge (prepaid itd.)
- usluge inteligentne mreže

Među velikim korisnicima Energisovih usluga nalaze se i takve poznate tvrtke kao BBC, Oracle, Reuters, Hertz, British Gas, Unisys i druge.

Poduzeće Energis kontrolira National Grid Group, a vrijednost njegovih dionica kreće se oko 12 milijardi funti. Početkom 1997. u Energisu je bilo zaposleno 700 ljudi, a tvrtka je pružala usluge na teritoriju čitave Velike Britanije. Tada je još 100%-tni vlasnik bio National Grid. Porast godišnjih prihoda u prve tri financijske godine bio je rapidan:

- 1994./95. 4,6 mil. Funti
- 1995./96. 43 mil. Funti
- 1996./97 97,1 mil. Funti

1998. National Grid prodao je prvih 25% dionica Energisa i zaradio 1, 2 milijarde Funti, što zači da je u tom ternutku vrijednost kompanije bila 4,8 milijardi Funti, da bi danas bila oko 2,5 puta veća.

U vlasništvu National Grida nalazi se 36,5% dionica Energisa, preko kojih Grid kontrolira, među ostalim, drugog najvećeg brazilskog telekomunikacijskog operatera.

6. ZAKLJUČAK

Na kraju, sumirajući strana iskustva, viđeno kroz prizmu pojedinačnih slučajeva, ili pak CIGRE-ovog sintetičkog prikaza, te stavivši na vagu naše mogućnosti i specifičnosti današnjeg nepovoljnog gospodarskog stanja u državi, teško je predvidjeti do koje mjere može ići poslovni uspjeh tvrtke koja bi ponikla iz HEP-ovih telekomunikacija i pojavila se na slobodnom tržištu. Svejedno, neki zaključci mogu se dati bez imalo dvojbe:

- HEP treba ulagati u telekomunikacije i treba obaviti pripremne radnje kako bi procijenio isplativost izlaska na telekomunikacijsko tržište.
- Riječ je o poslovnoj odluci u kojoj treba u prvom redu sudjelovati struka, (ekonomija, tehnika).
- Iskustva stranih kompanija pokazuju da se stvari mogu odvijati u najrazličitijim pravcima. Evidentno je, međutim, da se u pravilu nailazi na pozitivne primjere, što znači da telekomunikacije elektroprivrede imaju vrlo dobru početnu poziciju i brojne komparativne prednosti u odnosu na konkurenciju drugih novih pretendenata na udio u tržišnom natjecanju u području telekomunikacija.

LITERATURA

[1] CIGRE, WG08 of SC35: "Bussiness Oportunities for Power Utilities in the Telecommunications Market", April 1997.

[2] "Zakon o telekomunikacijama", NN 76/99

[3] "Utilities & Perspectives", Standard & Poor s, Special Technology Issue, vol. 7, No.1, January 3, 2000.

[4] Z. CVETKOVIĆ: "Poboljšanje karakteristika elektroenergetskog sistema", Energija 2/2000, Zagreb, 2000.

[5] Privatna komunikacija, Jurica Prižmić i Hrvoje Korasić, HEP d.d. Zagreb

[6] D. SABOLIĆ, G. PANDŽIĆ, V. KAJIĆ, B. ŠIPEK: "Neka pitanja iz hrvatske regulative telekomunikacija sagledana iz perspektive HEP-a u svjetlu liberalizacije tržišta", HK CIGRE, Četvrti simpozij o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema, Cavtat 2000.

BUSINESS OPPORTUNITIES FOR ELECTRIC POWER UTILITY TELECOMMUNICATIONS

The article analyses some questions arising from electric power utility's telecommunications becoming a part of a free market, starting with the perspective of energy sector deregulation process, i.e. liberalisation and deregulation of telecommunications. Based on some foreign experiences as well as the CIGRE Study Committee 35 under working group 8 information, possibilities of HEP emergence at the telecommunication market are being discussed.

VERMARKTUNGSMÖGLICHKEITEN DES ZUR STROMVERSORGUNG GEHÖRENDEN FERNMELDEWESENS

Im Rahmen der Abwicklung mit mehr Freiheit gestalteter Steuerung im Energiebereich bzw. der Aufhebung der Beschränkungen im dazugehörenden Fernmeldewesen, setzt man sich mit einigen Fragen des Zutritts des Fernmeldewesens im Energiebereich zum freien Markt. Man spricht über Möglichkeiten des Auftauchens Kroatischer Stromversorgung am Fernmeldemarkt und zwar nur auf Grund seitens der CIGRÉ-Arbeitsgruppe 08 des Studienausschusses 35 gesammelten Erfahrungen und Erkenntnissen der Anderen.

Naslov pisca:

Mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d. d.
Direkcija za prijenos
Prijenosno područje Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2000-11-15.

ELEKTROPRIVREDNE STATISTIKE ZA PODRUČJE REPUBLIKE HRVATSKE

Boris M a r k o v č i ć, Zagreb

Elektroprivredna statistika prikaz je stanja jedne od vrlo važnih privrednih grana, za koju se s pravom može reći da predstavlja krvotok u privrednom korpusu neke zemlje. Da bi ona postigla svoj puni privredni zadatak, potrebna joj je vrlo jaka i skupa tehnička oprema. Stoga elektroprivredna statistika obuhvaća tehnički dio, to jest popis i opis elektroprivrednih postrojenja za proizvodnju, prijenos i razdiobu električne energije, i privredni ukupni promet i uspjeh poslovanja.

U tijeku široke elektrifikacije, već početkom ovog stoljeća, počele su pojedine zemlje izdavati statistike o svojim elektranama. U tome su vidjele korist za svoju elektroindustriju i trgovinu, kao i bazu za unaprjeđenje proizvodnje u industriji i obrtu. Objavljivani su tehnički podaci samo o javnim elektranama, a ponešto i o proizvodnji i distribuciji električne energije. Komercijalni podaci obično nisu bili za javnost.

Industrije su uvijek nerado davale i tehničke podatke o svojim elektropostrojenjima, jer su i to, u neku ruku, smatrale poslovnom tajnom.

Na prostoru današnje Republike Hrvatske možemo privredna kretanja, a time i elektrifikaciju, promatrati u tri karakteristična vremenska razdoblja: u Austro-Ugarskoj do 1918. godine, u Kraljevini SHS, odnosno Jugoslaviji i ratnom razdoblju do 1945. godine, a od 1945. u planskom socijalističkom gospodarstvu. Iza 1945. elektroprivreda je bila jedinstvena, izdavana su iscrpna godišnja izvješća, pa u tom pogledu nije bilo nekih statističkih problema. Mnogo je teže s podacima do godine 1945., naročito s onim iz doba Austro-Ugarske. Nije moguće uopće do godine 1945. govoriti o elektroprivredi kao nekoj značajnoj privrednoj grani, već samo o elektrifikaciji, tj. o elektropostrojenjima, prvenstveno o elektranama.

Treba spomenuti da npr. u Kraljevini Jugoslaviji nikad nije donesen zakon o elektrifikaciji, a proizvodnja električne energije počela se evidentirati tek sredinom tridesetih godina, kad je propisan posebni porez na električnu energiju.

Kako je već rečeno, podaci o elektrifikaciji do godine 1918. vrlo su šturi, pa su mnoga saznanja o njima dobivena iz kasnijih statistika. Iz statistike koja je izdana sredinom tridesetih godina uzeti su podaci o datumu osnutka pojedinih elektrana, pa je prema tome zaključeno o njenom postojanju još u doba dvojne monarhije. No, pokazalo se da se tim putem može doći i do oprečnih zaključaka. Dobar primjer za to je podatak iz spomenute statistike iz tridesetih godina, gdje je navedeno da je tekstilna tvornica u Dugoj Resi već godine 1884. bila elektrificirana. Naknadno se pokazalo da nema baš nikakvih tragova o elektrifikaciji do godine 1893., kad su, prema nađenoj dokumentaciji, ugrađena 4 dinama za rasvjetu. Najmjerodavnije bi svakako bile statistike iz onog doba. Iz starih brojeva austrijskog stručnog časopisa EuM (Elektrotechnik und Maschinenban) moglo se saznati da postoje statistike javnih elektrana početkom ovog stoljeća. One obuhvaćaju i naša područja.

Treba uzeti u obzir da je tada Hrvatska bila teritorijalno podijeljena na ugarski i austrijski dio dvojne monarhije. Dok je sjeverna Hrvatska bila u sklopu Kraljevine Ugarske, Dalmacija i Istra (pod imenom Küstenland) bile su austrijske krunske zemlje.

Austrija i Ugarska bile su samostalne države pod žezlom Habsburgovaca, pa su i statistke vođene posve odvojeno.

U tim su edicijama vrijedni podaci o elektrifikaciji Hrvatske, no poteškoća je bila u tome što se niti jedna od njih ne nalazi u našim knjižnicama. Nastojanja da se ipak nekako dođe do njih nisu bila uzaludna, premda su nešto dulje trajala. Posredstvom zagrebačke Sveučilišne knjižnice uspjelo je iz bečke Nacionalne statistike iz godine 1911. "Statistik der elektrizitätswerke in Österreich". Statistika obuhvaća 15 tzv. austrijskih krunskih zemalja, među njima Dalmaciju i Istru (Küstenland). Kao posebna tablica dodani su podaci o javnim elektranama u Bosni i Hercegovini.

Podaci su dani za oko 740 javnih i mješovitih elektrana, ali bez industrijskih. Npr. u Dalamaciji je navedena HE Jaruga I, koja je napajala javnu rasvjetnu mrežu Šibenika, ali nije spomenuta HE Jaruga II, koja je smatrana industrijskom. Elektrane su u statistici svrstane abecednim redom, bez obzira na pojedinu krunsku zemlju.

Podaci su dani tabelarno u 20 rubrika, od kojih su za većinu elektrana uneseni samo tehnički podaci. Za javne elektrane u našim gradovima, koji su navedeni u ovoj austrijskoj statistici, sastavljena je tabl. 1. Uz naš

Tablica 1. Javne elektrane na području Republike Hrvatske prema austrijskoj statistici iz god. 1911.

Naziv	Stanovnik	Pog. stroj	Generat.	Aku. bat.	Potrošači		
	broj	KS	kW	Ah	Žar.+ luč. komada	Mot. KS	Opaska
Dubrovnik Ragusa	13200	2 p.s. 300 d.a. 120	410	60	8200 + 48	63	Tramvaj
Šibenik Sebenike	12000	v.t. 2 x 320	400		5000 + 23	600	
Zadar Zara	13000	4 p.s. 560	326		15000 + 92	75	
Opatija Abbazia	4500	4 p.s. 1350	950	345			
Mali Lošinj Lusin piccolo	7000	2 p.s. 210	160		300 + 10		
Pula Pola	60000	6 m.u.	665	105	5200	175	Tramvaj

p. s. parni stroj
v. t. vodna turbina
m. u. motor na upojni plin
d. a. dizelski agregat

naziv grada dan je i naziv pod kojim je uvrštena u statistiku. Zatim je naveden broj statistika dotičnog grada i ostali tehnički podaci. Obrađene su javne elektrane u Opatiji, Malom Lošinju, Puli u Istri te Dubrovniku, Šibeniku i Zadru u Dalmaciji.

Druga je statistika, iz tog doba, koja se bavi između ostalog i javnim elektranama na našem području, statistika mađarskog dijela bivše carevine.

Prema napisu u austrijskom stručnom časopisu EuM, ona je izašla u Budimpešti, na mađarskom i njemačkom jeziku, godine 1911., pod imenom "Statistik der Elektrizitätswerke in Ungarn, Kroatien und Slavonien". Unatoč traženju zagrebačke Sveučilišne knjižnice u Budimpešti se ova edicija nije mogla pronaći. U daljnjem traganju moralo se poći tehničkim elektroprivrednim vezama iz mađarske elektroprivrede. Na našu molbu promptno nam je poslana fotokopija cijele elektroprivredne statistike iz 1911. godine. Ona obuhvaća 196 javnih elektrana u Mađarskoj i 12 u Hrvatskoj i Slavoniji. Ovdje treba odmah primijetiti da su u popis mađarskih gradova, tj. gradova na mađarskom teritoriju uvršteni Rijeka (Fiume) i Čakovec (Csákornya), a hrvatsko-slavonski popis sadrži Mitrovicu i Zemun, sada u SR Jugoslaviji.

Slična pregledna tablica, kao za podatke iz austrijske statistike, sastavljena je i za javne elektrane naših gradova, prema mađarskoj statistici (tabl. 2). Osim Rijeke i Čakovca iz mađarskog dijela statistike, dani su u hrvatsko – slavonskom dijelu podaci za Bakar, Čepin, Daruvar, Karlovac, Našice, Pakrac, Petrinja, Sisak, Varaždin, Vukovar i Zagreb.

Završavajući prikaz javnih elektrana iz doba prije prvog svjetskog rata moram izraziti zahvalnost gospođi mr. D. Živković iz Sveučilišne knjižnice, koja se svojski trudila da nabavi prikazani materijal iz Beča i Budimpešte.

Zahvaljujući i mr. Z. Tonkoviću iz Instituta za elektroprivredu koji se spremno odazvao mojoj molbi da svojim tehničkim međunarodnim vezama nabavi iz Budimpešte fotokopiju mađarske statistike iz godine 1911. Dobrotom inženjera gospodina Gabora Tarija, iz mađarske elektroprivrede (MVM), dobivena je fotokopija čitave statistike vrlo brzo.

Nakon završetka prvog svjetskog rata i stvaranja nove države Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca nastupilo je doba izvjesnog prosperiteta. Izgrađeno je dosta novih elektropostrojenja, ali bez ikakvog plana. Treba istaknuti, da unatoč mnogim nastojanjima i prijedlozima Kraljevine SHS, poslije Jugoslavije, nikada nije donesen zakon o elektrifikaciji. Nije bilo nikakvih službenih statistika iz kojih bi se moglo prosuditi koliki je stupanj elektrificiranosti. Prvu takvu statistiku, u novoj državi; izdao je godine 1925. Klub strojarskih i elektrotehničkih inženjera UJIA, sekcija Zagreb.

Edicija je izdana kao brošura pod imenom "Popis električnih centara Jugoslavije", od autora inženjera J. Ledvinke i K. Majcena. U predgovoru navode da brošura ima zadatak da ispuni prazninu naše tehničke literature, pogotovo sada, kad se i kod nas osjeća potreba rješenja opskrbe električnom energijom.

Popis se proteže na cijelu državu i obuhvaća sve vrste elektrana, snage 15 KJ i više. Ukupno je navedeno 270

Tablica 2. Javne elektrane na području Republike Hrvatske prema mađarskoj statistici iz god. 1911.

Naziv	Stanovnik	Pog. stroj	Generat.	Aku. bat.	Potrošači		
	broj	KS	kW	Ah	Žar.+ luč. komada	Mot. KS	Opaska
MAĐARSKA							
Rijeka Fiume	50000	2 p.t. 3000	2000	216	18586 + 190	2700	
Čakovec Csáktornya	5000	2 p.s. 240	160	-	3100 + 4	-	
HRVATSKA I SLAVONIJA							
Bakar	3000	p.s. 25 v.t. 16	6.6	-	300	-	
Čepin	4000	p.s. 200	28	135	300 + 2	4	
Daruvar	3500	2 p.s. 90	61,6	290	2400 + 8	52	
Karlovac	16000	2 v.t. 2000	1560	-	8030 + 12	293	
Našice	5000	2 p.s. 100	72	216	1770	6	
Pakrac	2000	2 p.s. 100	76	90-270	3405 + 9	33	
Petrinja	6000	2 d.m. 160	120	432-580	200 + 10	-	
Sisak	7000	2 p.s. 200	148	270-363	6150 + 37	56	
Varaždin	1000	2 p.s. 150 2 d.m. 320	340	-	7018 + 31	18	
Vukovar	12000	2 p.s. 750	550	-	5303 + 24	109	
Zagreb	80000	3 p.s. 3000	2050 600	390	26120 + 353	748	Tramvaj

p. t. parna turbina
p. s. parni stroj
d. m. dizelski stroj
v. t. vodna turbina

elektrana, svrstanih abecedbim redom u tablice, a relevantni podaci upisani su u 17 rubrika. Autori navode da su svjesni da zbog poteškoća u prikupljanju podataka i kratkoći vremena ima dosta neevidentiranih elektrana.

Godine 1931. izdaje, za svoje potrebe, tvrtka Jugoslavensko Siemens AG, na njemačkom popis javnih elektrana Jugoslavije pod imenom "Verzeichnis der Elektrizitätswerke für allgemeine Stromrersorgung in Jugoslavien" sa stanjem 1930.–1931. godine Obuhvaćeno je 309 elektrana i elektrificiranih mjesta. Za podatke je predviđeno 7 rubrika. Brošura nema popratnog uvoda ili teksta.

Godine 1933. izlazi u Zagrebu "Statistika električnih centrala Kraljevine Jugoslavije" sa stanjem u srpnju 1932. Autor edicije je inženjer Feliks Reid, a izdaje Savez električnih centrala Savske banovine i Klub strojarskih i elektrotehničkih inženjera USIA – sekcija Zagreb.

Statistika izlazi u obliku tvrdo uvezane knjige velikog formata. U predgovoru se navodi da se željelo izraditi statistiku sadašnjeg stanja u opskrbi električnom energijom i time dobiti sigurnu podlogu s kojom se može

slobodno prokrčiti put u plansku elektrifikaciju zemlje. Statistika je sastavljena na temelju upitnih araka, ali se naišlo na velike poteškoće u prikupljanju podataka. Često nisu industrijske i privatne elektrane htjele dati tražene podatke, pa su se silom prilika morali prikupiti privatnim putem. Ona sadrži javne, mješovite, privatne i industrijske elektrane snage preko 15 kW ili kVA.

Elektrane i priključena mjesta svrstani su alfabetskim redom u tablice, a za upis podataka predviđena je 21. rubrika. Ukupno je uvršteno 618 elektrana, instalirane snage od 497 MW, za područje cijele tadašnje države. U zemlji je samo 7 elektrana bilo veće instalirane snage od 10 MW, ali su one predstavljale 47% ukupne instalirane snage u zemlji. Naprotiv, male elektrane od 15 kW do 50 kW iznosile su 33% ukupnog broja elektrana, ali samo 1,4% instalirane snage.

Treba istaknuti, da je ova edicija s razmjerno detaljnim podacima temelj saznanja o elektoprivrednim postrojenjima između dva svjetska rata. Zbog navedenih godina stavljanja neke elektrane u pogon, moglo se zaključiti o njenom postojanju u pojedinim vremenskim razdobljima, ali kako je već rečeno, pogreške se nisu mogle izbjeći.

Godine 1938. izdaje Klub elektromašinskih inženjera – UJIA, sekcija Beograd "Karte električni centrala i dalekovoda Kraljevine Jugoslavije". Uz geografsku kartu u koju su nacrtana elektrificirana mjesta i dalekovodi, sastavljena je i tablica elektrificiranih mjesta s elektranama većim od 10 kW instalirane snage. Obuhvaćeno je 781 mjesto, ali za mnoga su unesena samo imena bez podataka.

Tijekom godine 1940./41. razaslani su upitni arci Državnog statističkog zavoda, gdje se traži mnogo vrlo detaljnih podataka. Rat je, međutim, poremetio tijek ove ankete, ali je ipak nešto od toga korišteno. Statistički zavod NDH nastavio je sakupljati anketne listove za cijeli teritorij ondašnje države, koji je obuhvaćao Srijem i Bosnu i Hercegovinu. Unatoč neprilikama, uspjelo je sakupiti podatke za otprilike 250 elektrana, sviju vrsta i veličina. Još je u tijeku rata u Ekonomskom institutu u Zagrebu sređen sakupljeni materijal, premda vrlo manjkav. Za sve evidentirane elektrane bili su prilično kompletni tehnički podaci, no podaci o proizvodnji i prodaji električne energije još su gdjegdje dani, ali komercijalni podaci nikako.

Raspoloživi podaci su sređeni u odgovarajuće tablice i prepisani pisaćim strojem u nekoliko kopija i godine 1945., nakon uspostave nove vlasti, materijal je predan tadašnjem Ministartvu industrije SRH, no ova statistika nije nikad objavljena.

Kao što je već više puta istaknuto, mnoge su uprave elektrana, u anketama za sastavljanja statistike, vrlo teško ili nikako davale tražene podatke. Nešto je lakše bilo s tehničkim opisom postrojenja, ali podaci o količini proizvedene električne energije vrlo su rijetko objavljeni. Teško, odnosno, bolje reći nikako, nije bilo moguće rekonstruirati, za pojedina vremenska razdoblja, ukupnu proizvodnju električne energije u zemlji. U tom se pogledu situacija bitno promijenila od kolovoza 1932. godine. Tada je država potpisala trošarinu na električnu energiju. Kolikogod je ta mjera i ostale daće na žarulje i elektromaterijal kočila elektrifikaciju, počela se voditi državna evidencija o proizvodnji i potrošnji električne energije. Ona je doduše vođena po tadašnjim banovinama, ali je ipak bila moguća rekonstrukcija za Hrvatsku. To je učinjeno, nakon rata u Generalnoj direkciji elektroprivrede Hrvatske.

Kao što je već uvodno rečeno, iza 1945. godine sva su elektroprivredna postrojenja podržavljena, i čitava je elektroprivreda bila jedinstvena, pa bilo kakva evidencija nije predstavljala poteškoću.

TE SISAK – O 30-GODIŠNJEM RADU

Termoelektrana Sisak nalazi se na desnoj obali Save, četiri kilometra nizvodno od Siska, u neposrednoj blizini rafinerije, na području zvanom Čret (slika 1). Dosada su izgrađena dva bloka od predviđenih tri. Naime, predviđala se izgradnja 3 bloka ukupne snage 500 do 600 MW. Prvi blok je stavljen u pogon 1970. godine, dok je drugi u pogonu od 1976. godine.



Slika 1 – TE Sisak – situacija

Kao gorivom TE Sisak se može koristiti teškim loživim uljem (mazutom), prirodnim plinom, niskooktanskim benzinom i sirovom naftom. Kotlovi u prvom bloku mogu se ložiti mazutom ili prirodnim plinom do punog učina, dok se benzin može koristiti u kombinaciji s mazutom i plinom do 50 %. U drugom bloku upotrebljava se kao osnovno gorivo mazut i prirodni plin, te njihova kombinacija, a u nuždi se može primijeniti i sirova nafta.

Glavni pogonski objekti za oba bloka su strojarnica, otplinjački i komandni dio te kotlovnica (slika 2). Visina dimnjaka prvog bloka je 140 m, a drugog 200 m. Na drugi dimnjak moguće je po kapacitetu priključiti i treći blok.

Osnovni podaci o postrojenju prikazani su u tablici 1. Parni kotao je tipa "Ramzin", diskorpusni s prirodnom cirkulacijom. Parna turbina je jednosovinska, trocilindrična, kondenzacijska s međupregrijavanjem i izravno je spojena s generatorom. Maksimalna trajna snaga iznosi 210 MW, a brzina vrtnje 3000 okretaja na minutu. Turbogenerator je nominalne snage 247 MVA, napona 15,75 kV i faktora učina 0,85. Generator je opremljen s dva motorgeneratora za uzbudu i automatskom regulacijom s dva uporedna elektromagnetska regulatora kod prvog turbogeneratora, odnosno s tiristorskom uzbudom i višeparametarskim automatskim regulatorom kod drugog turbogeneratora. Hlađenje kod oba generatora izvedeno je na bazi vodika. Blok-transformatori imaju snagu 250 MVA i prijenosni omjer 15,75/121 kV za prvi, a 15,75/231 kV za drugi blok.



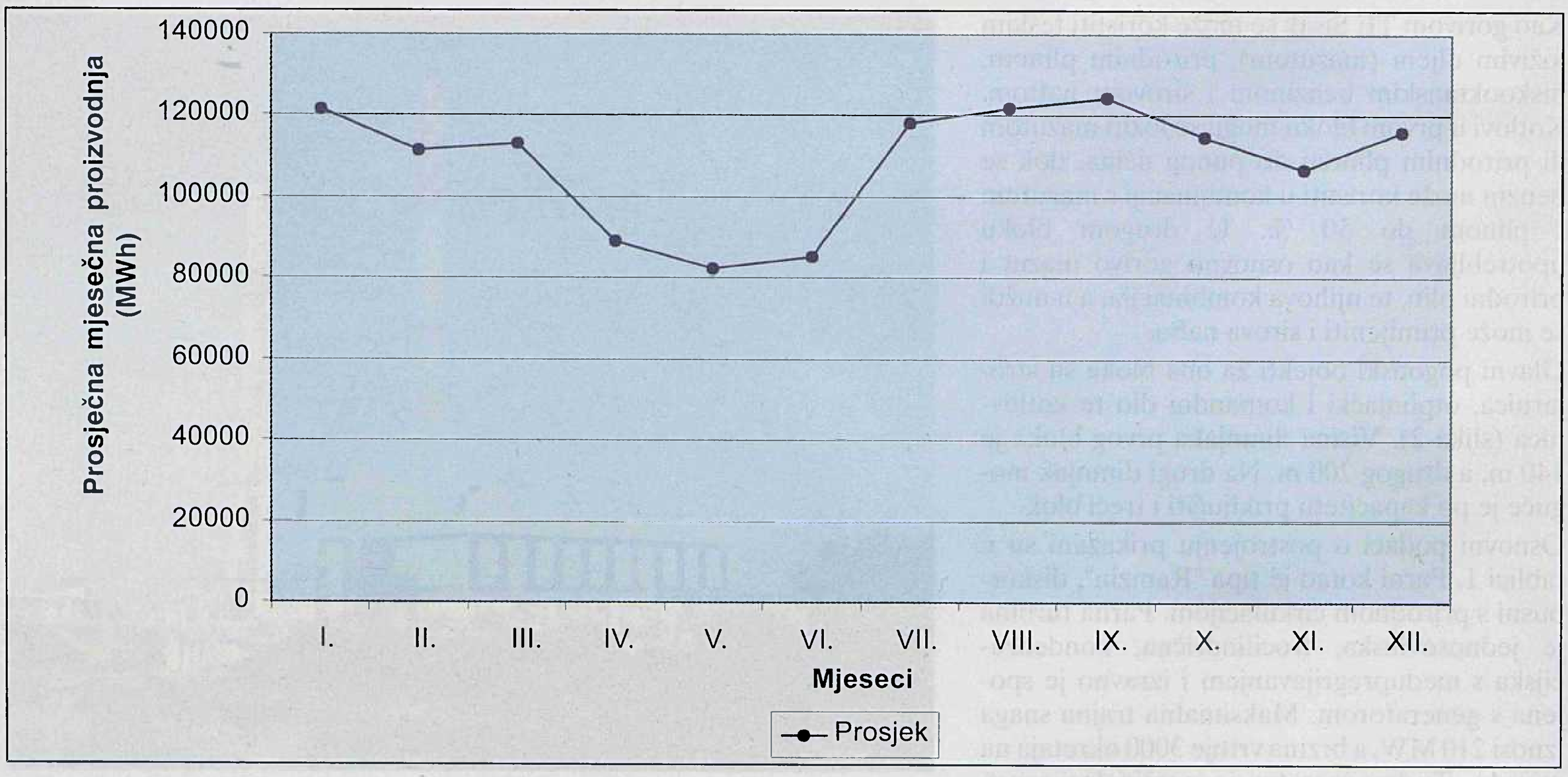
Slika 2 – TE Sisak

Tablica 1 - TE Sisak - Osnovni podaci

Snaga elektrane		Blok I 210,0	Blok II 210,0	MW
Kotao				
	- tip kotla	"Ramzin" diskorpusni s prinudnom cirkulacijom		
	- učin kotla	660	660	t/h
	- učin djelovanja	0,92	0,92	%
	- temperatura napojne vode na ulazu u kotao	242	242	°C
Turbina				
	- snaga	210	210	MW
	- parametri svježe pare • tlak • temperatura	 12,75 535	 12,75 535	 MPa °C
	- parametri međupregrijane pare • tlak • temperatura	 2,42 535	 2,42 535	 MPa °C
	- garantirani specifični potrošak	12,45		MJ/kWh
Generator				
	- snaga - faktor snage - napon - brzina vrtnje agregata	247 0,85 15,75 3000	247 0,85 15,75 3000	MVA cos kV min^{-1}
Blok transformator				
	- snaga - prijenosni omjer	250 15,75/121	250 15,75/121	MVA kV
Mrežni transformator				
	- snaga - prijenosni omjer	200 230/121		MVA kV

Statistički podaci o prosječnoj mjesečnoj proizvodnji TE Sisak tijekom 30 godina rada prikazani su u tablici 2 te dijagramom na slici 3. Najniža prosječna mjesečna proizvodnja ostvarena je u svibnju u iznosu od 82156 MWh, a najviša u rujnu u iznosu od 124416 MWh.

Prema statističkim podacima, korištenje kapaciteta termoelektrane Sisak tijekom dosadašnjeg rada, od 1970. do listopada 1999. godine, po godinama prikazano je u tablici 3 te dijagramima na slikama 4, 5, 6 i 7. Prikazana je proizvodnja električne energije na generatoru i na pragu elektrane, te sati rada, trajanja kvara i sati remonta i njege.



Slika 3 – TE Sisak – Prosječna mjesečna proizvodnja od 1970. do 2000.

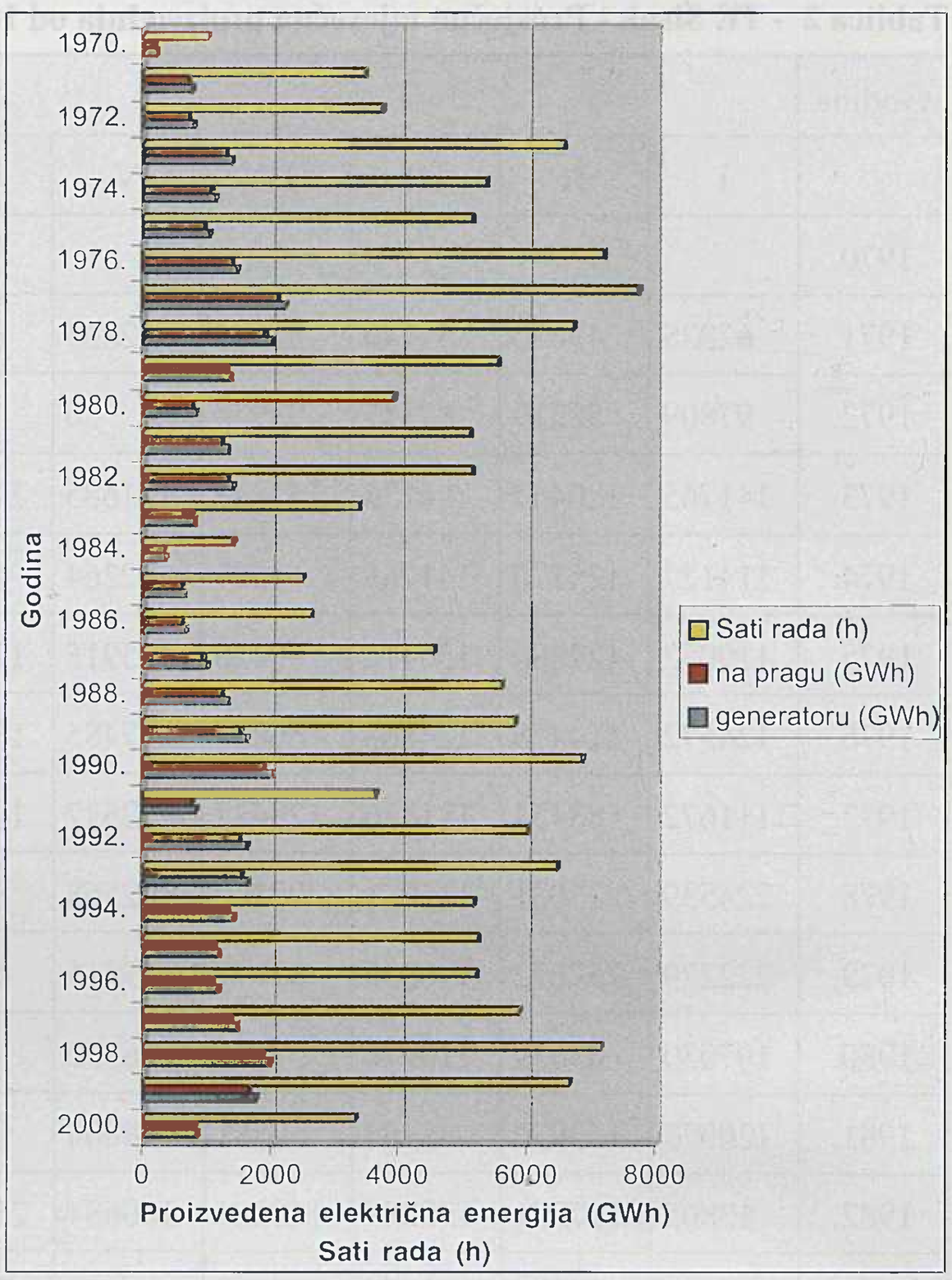
Tablica 2 - TE Sisak - Prosječna mjesečna proizvodnja od 1970. do 2000.

Godina	Mjeseci											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1970.										34508	77287	202325
1971.	62825	49620	51440	51905	2835	61336	57125	50406	59519	96160	113494	108458
1972.	97809	58619	57311	93970	0	0	10358	118159	74711	92347	103940	73005
1973.	141765	120467	6136	127847	121685	113790	123685	131465	130785	127018	131438	360186
1974.	114127	125170	141765	1569	72264	64885	123580	129775	130510	68313	61045	90427
1975.	119052	127480	136415	96428	105915	124132	116713	113328	22180	0	0	57322
1976.	124572	114475	124863	66885	77485	130755	109772	192183	210485	185884	64234	66274
1977.	111672	88454	181836	128427	157527	147833	218491	272440	194133	246542	234900	231222
1978.	224539	218031	143081	99360	102568	82822	112930	186940	223505	172438	198875	247208
1979.	222279	252672	190338	53177	59215	69448	61784	147769	195520	120890	109381	62500
1980.	107030	63639	110976	57131	16330	0	279744	92013	100322	85957	70227	75772
1981.	120073	123930	88463	60581	48804	98389	205430	95040	106040	91652	159397	102539
1982.	13805	107701	190289	160884	160684	257968	150061	179793	158878	84290	81976	21247
1983.	14641	14385	3950	0	0	21916	187739	96840	62642	81374	145029	172930
1984.	120271	71296	51622	12983	0	0	0	0	0	0	0	94965
1985.	184953	17435	279744	0	0	0	42729	127264	90037	151861	14899	18777
1986.	279744	252672	279744	270712	279744	30210	2815	80350	123536	149170	126744	140292
1987.	116766	58362	59720	46875	55675	130820	81565	49302	116388	108541	112696	64428
1988.	71776	59005	71808	270720	66630	82418	160367	133414	142961	162832	200946	112049
1989.	196736	204604	82258	92189	63368	60749	113391	215858	195050	199571	90005	103714
1990.	157759	178211	253193	171720	142034	153599	222142	148886	120650	196690	137108	125874
1991.	93434	118166	80290	87413	58228	65368	112984	96346	70256	19611	0	24756
1992.	84724	91009	85005	89354	136094	53128	176620	241758	246821	177872	115383	122514
1993.	86802	110108	74208	81744	53546	61121	105064	89429	64433	17595	0	22197
1994.	127289	101210	92435	81084	87573	116298	119782	131639	181479	146852	98132	117660
1995.	100166	80733	90320	84686	174043	125000	82675	13165	78637	102082	141401	100074
1996.	89889	89445	86395	77619	82516	123681	107639	91794	155696	76914	80662	89222
1997.	98947	99024	72646	108347	131790	108578	115195	116161	171755	216306	119587	96631
1998.	116065	162737	133226	46235	117924	147637	194600	193818	178034	116909	226486	275333
1999.	245045	183517	170781	147086	90202	120319	140982	123456	127509	114847	187852	94956
2000.	107046	57316	99980	73954	84049	94716	99170	82451	116765			
Prosjek	121485	111406	113009	88898	82156	85073	117865	121960	124416	114834	106771	115829

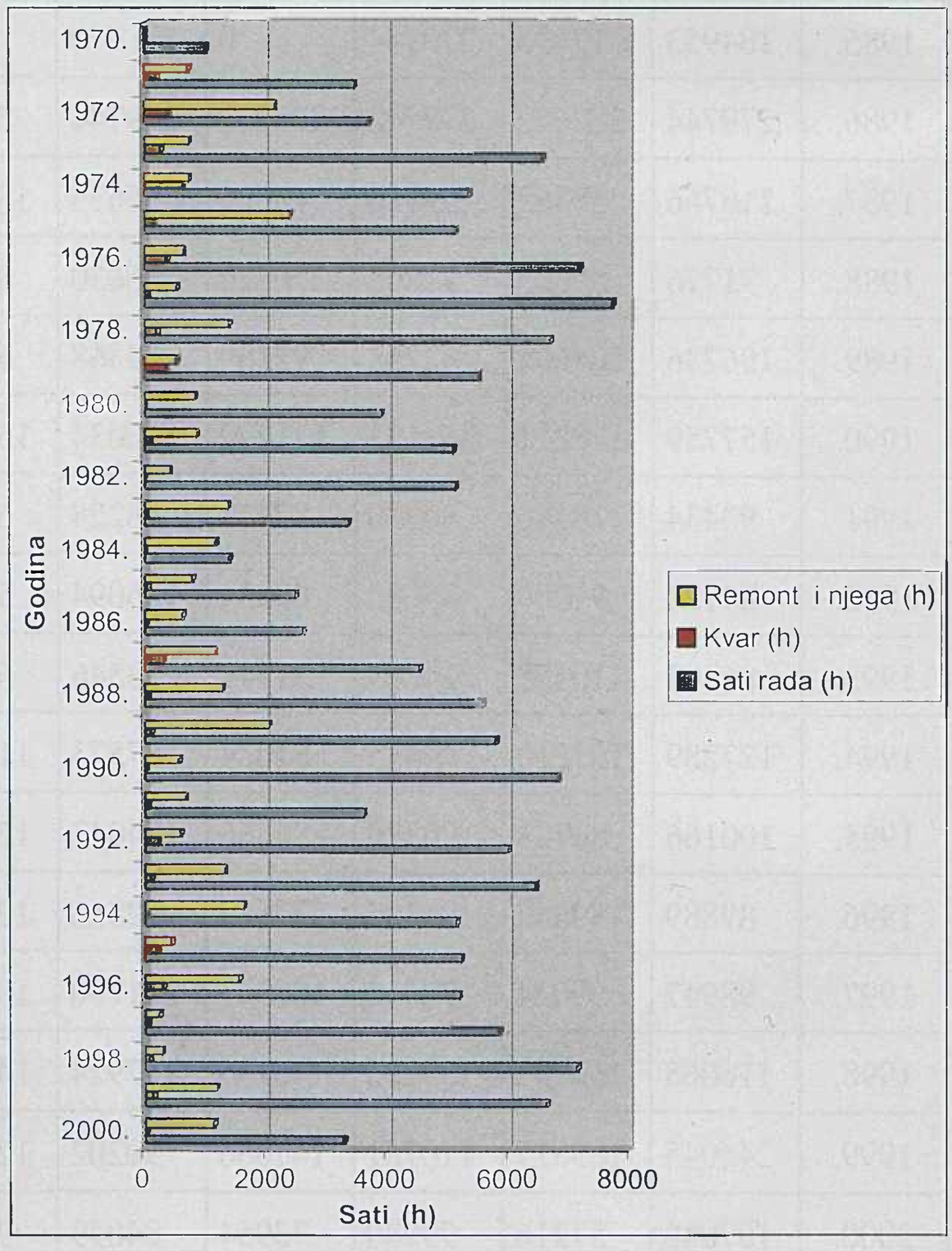
Tablica 3 - TE Sisak - Korištenje kapaciteta od 1970. do 2000.

Godina	Proizvodnja električne energije na:		Sati rada	Kvar	Remont i njega
	generatoru (MWh)	na pragu (MWh)	(h)	(h)	(h)
2000.	815447	778886	3295	20	1145
1999.	1746552	1634185	6636	153	1189
1998.	1959004	1828467	7138	89	288
1997.	1454967	1357942	5867	59	251
1996.	1151472	1083213	5198	305	1559
1995.	1172982	1095197	5231	211	436
1994.	1401433	1316306	5159	44	1640
1993.	1637503	1532509	6455	119	1331
1992.	1620282	1517798	6003	230	607
1991.	826852	766247	3628	62	688
1990.	2007866	1884098	6843	34	575
1989.	1622413	1524272	5802	125	2053
1988.	1324598	1239726	5584	78	1284
1987.	1001136	936833	4541	322	1169
1986.	653119	618017	2627	22	626
1985.	647954	606487	2495	55	791
1984.	351137	328233	1399	5	1178
1983.	801446	751708	3370	46	1382
1982.	1405991	1326720	5135	6	425
1981.	1330338	1224887	5103	104	873
1980.	819790	767266	3911	15	838
1979.	1354788	1276236	5532	354	532
1978.	2012297	1901223	6700	219	1407
1977.	2213477	2099426	7715	73	537
1976.	1467867	1391207	7173	377	649
1975.	1025260	961741	5134	157	2406
1974.	1128005	1056796	5348	640	736
1973.	1377810	1293808	6561	275	737
1972.	780229	712523	3716	412	2159
1971.	765123	696341	3462	215	730
1970.	202272	187094	1011	0	0
Ukupno	38079410	35695392	153772	4826	30221

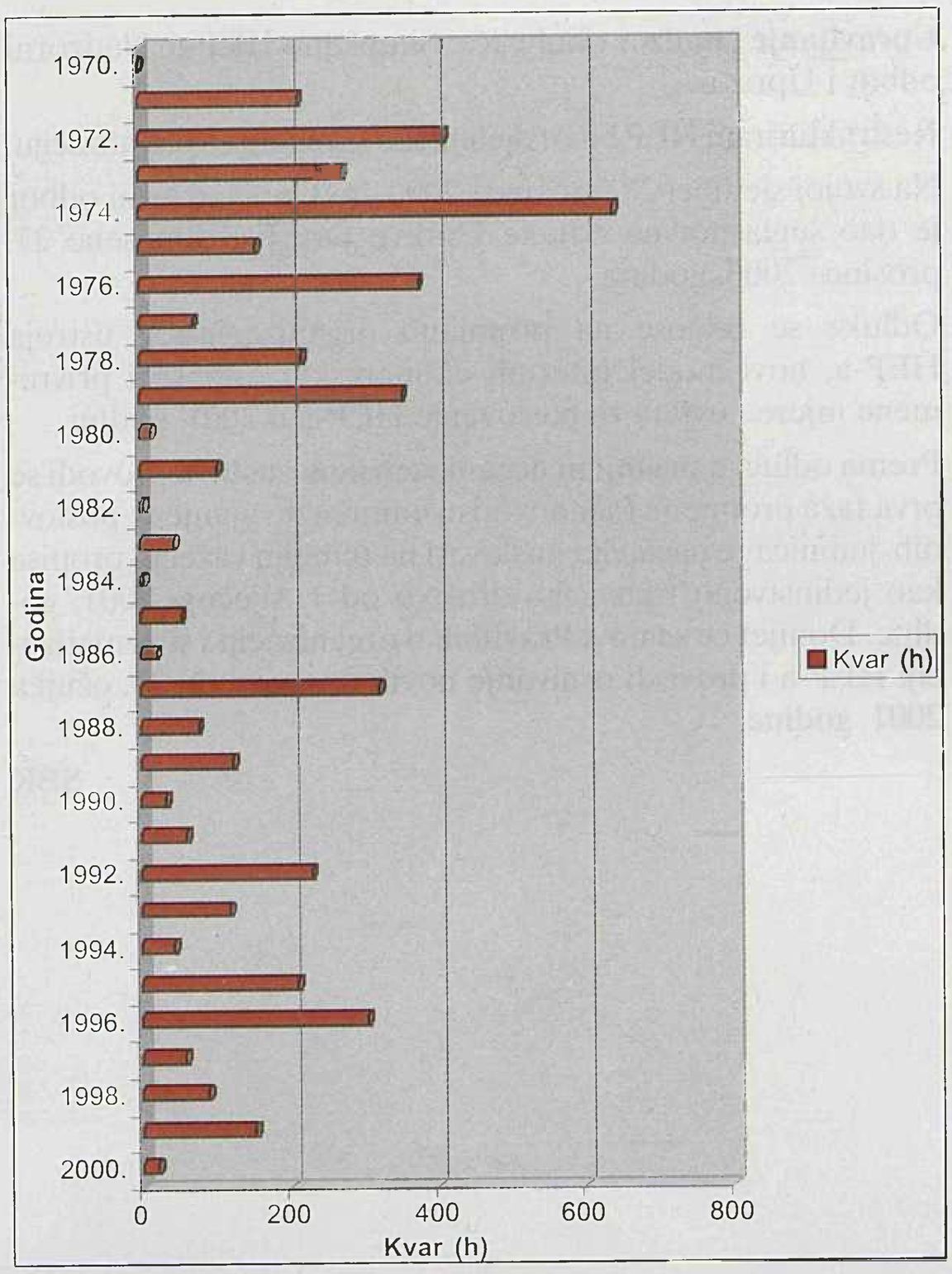
Kao što je vidljivo na dijagramu na slici 4, najveća proizvodnja ostvarena je u 1977. godini u iznosu od 2213 GWh na generatoru, odnosno 2099 GWh na pragu elektrane za 7715 sati rada. Proizvodnja do 1000 GWh ostvarena je tijekom 13 godina, dok je između 1000 i 2000 GWh proizvodnja ostvarena tijekom 17 godina. Prosječna godišnja proizvodnja iznosi 1269GWh.



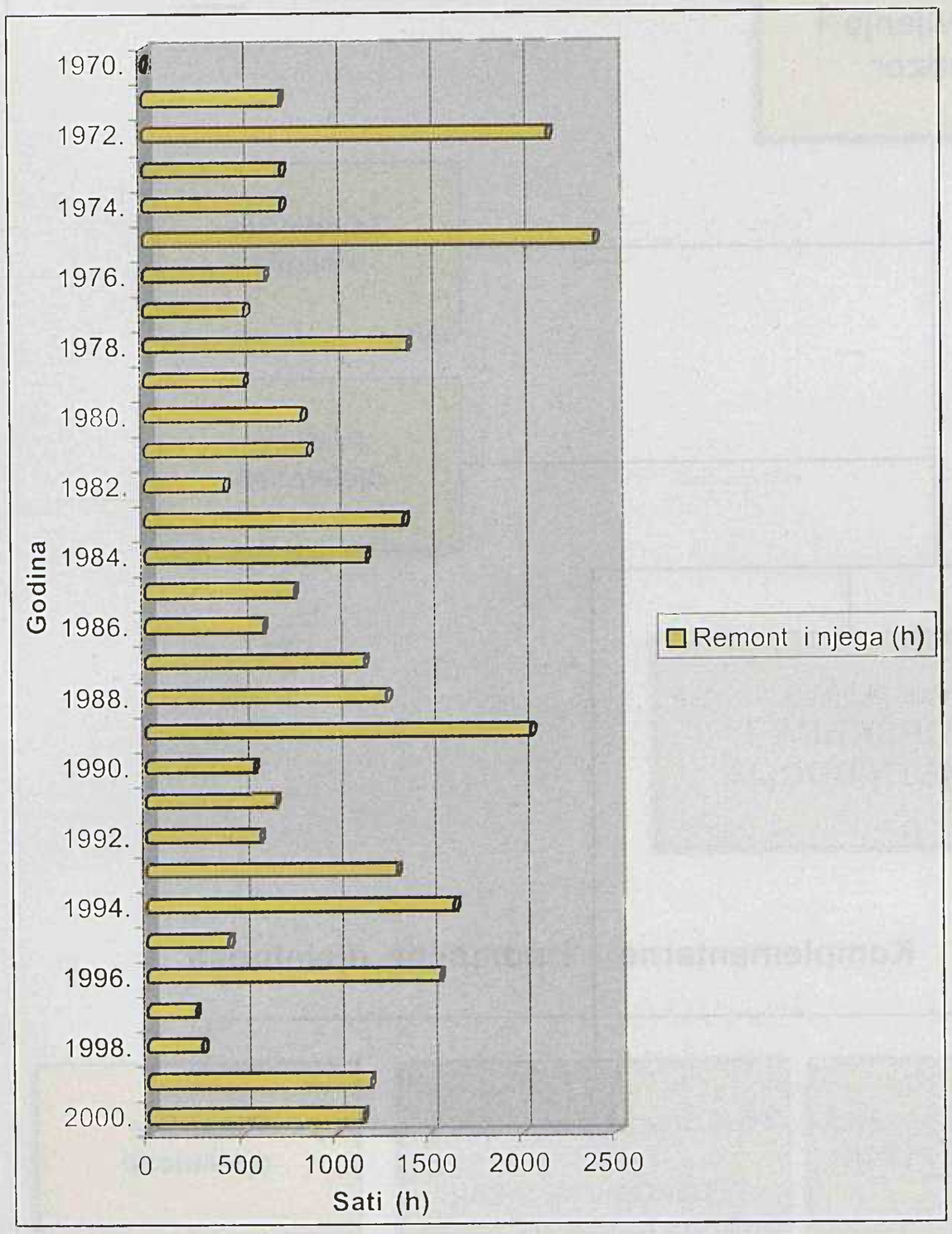
Slika 4 – TE Sisak – Proizvodnja električne energije od 1970. do 2000.



Slika 5 – TE Sisak – Vremensko korištenje kapaciteta od 1970. do 2000.



Slika 6 – TE Sisak – Dužina trajanja kvara (h) od 1970. do 2000.



Slika 7 – TE Sisak – Utrošeno vrijeme (h) na remont i njegu od 1970. do 2000.

Ukupno proizvedena električna energija tijekom 30-godišnjeg rada iznosi 38079 GWh na generatoru, odnosno 35695 GWh na pragu elektrane. Tijekom 30-godišnjeg rada TE Sisak bila je u pogonu 153772 sati.

Zbog kvara je bila izvan pogona ukupno 4826 sati. Turbine, ruske proizvodnje, pokazale su veliku izdržljivost i proizvodni učinak. Kvarovi se najvećim dijelom odnose na kotlove. Od ostalih kvarova, tu su kvar na statoru generatora, vakuum uređajima, niskotlačnim zagrijačima, sustavu za dovod goriva, tiristorskoj uzbudi, pregrijačima i sl.

Na remont i njegu utrošeno je 30221 sati.

U pripremi je izgradnja trećeg bloka. To je kombi-blok snage oko 400 MW zamišljen kao elektrana s plinskom turbinom, parnim kotlom i parnom turbinom. Kao gorivo koristila bi prirodni plin, a samo kao zamjensko gorivo ekstra loživo ulje s niskim sadržajem sumpora.

SBK

REFORMA ENERGETSKOG SEKTORA - RESTRUKTURIRANJE HEP-a

Iako je tijekom prethodnog desetljeća postojalo opredjeljenje da se sustav opskrbe potrošača električnom energijom i način poslovanja Hrvatske elektroprivrede prilagodi tržišnim uvjetima, okolnosti su pogodovale da se to odgodi. Danas postoje jaki vlastiti razlozi za promjenu. Hrvatski elektroenergetski sustav tehnološki je zaostao te se mogu očekivati ozbiljnije i veće ekonomske i tehnološke poteškoće u poslovanju. Osim toga, Međunarodni monetarni fond i Svjetska banka financijsku pomoć i svoje odnose s Hrvatskom uvjetuju i restrukturiranjem Hrvatske elektropirvrede. Također, Hrvatska kao kandidat za pridruživanje Europskoj uniji mora prihvatiti temeljna načela iz Direktive EC 96/92 kojom su utvrđeni konkurencija i ravnopravno korištenje sustava.

No, proces transformacije započinje bez zakonskog utemeljenja. Naime, nisu još uvijek donešeni zakoni koji bi regulirali područje tržišta električne energije. HEP mora sudjelovati u osmišljavanju načina funkcioniranja budućeg hrvatskog energetskog tržišta električne energije i svoju ulogu na tom tržištu.

Krajem listopada 2000. godine nadzorni odbor Hrvatske elektroprivrede prihvatio je Program restrukturiranja sustava Hrvatske elektroprivrede.

Restrukturiranje poslovnog sustava HEP-a teba se provesti na načelima tržišta i uloge HEP-a. To su:

- Uspostavljanje i otvaranje tržišta na razini proizvodnje električne energije (Directive EC 96792)
- Uspostavljanje i otvaranje tržišta na razini potrošnje električne energije
- HEP će zadržati ključnu ulogu na hrvatskom tržištu električne energije.

HEP će se transformirati iz centraliziranog sustava poslovanja u decentralizirani korporacijski sustav. Obilježja novog restrukturiranog poslovnog sustava trebaju biti:

- Daljnje obavljanje svih temeljnih elektroprivrednih djelatnosti
- Postupno proširivanje poslovanja na komplementarne djelatnosti (telekomunikacije i dr.)
- Decentralizirani sustav upravljanja
- Organiziranje temeljnih i komplementarnih djelatnosti kao razdvojenih poslovnih jedinica – tvrtki
- Djelovanje poslovnih funkcija u uvjetima konkurencije ili u reguliranim uvjetima poslovanja
- Uspostavljanje novog modela internih ekonomskih odnosa

– Uspostavljanje sustava rukovođenja i razmjene informacija koji će omogućiti ravnopravnu tržišnu utakmicu.

Na slici 1 prikazana je shema nove poslovne strukture HEP-a.

Temeljne elektroprivredne djelatnosti organizirat će se u tri razdvojene jedinice – tvrtke:
– Proizvodnja
– Upravljanje i prijenos
– Opskrba i distribucija.

Komplementarne i pomoćne djelatnosti obuhvatiti će poslovne jedinice – tvrtke:
– Centralizirani toplinski sustav
– Distribucija plina
– HEP – Telekomunikacije
– Pomoćne djelatnosti

Poslovne jedinice na razini sustava podijeljene su na:
– Upravljanje i nadzor
– Zajedničke funkcije
– Prateće djelatnosti.

Upravljanje i nadzor obuhvaća: Skupštinu HEP-a, Nadzorni odbor i Upravu.

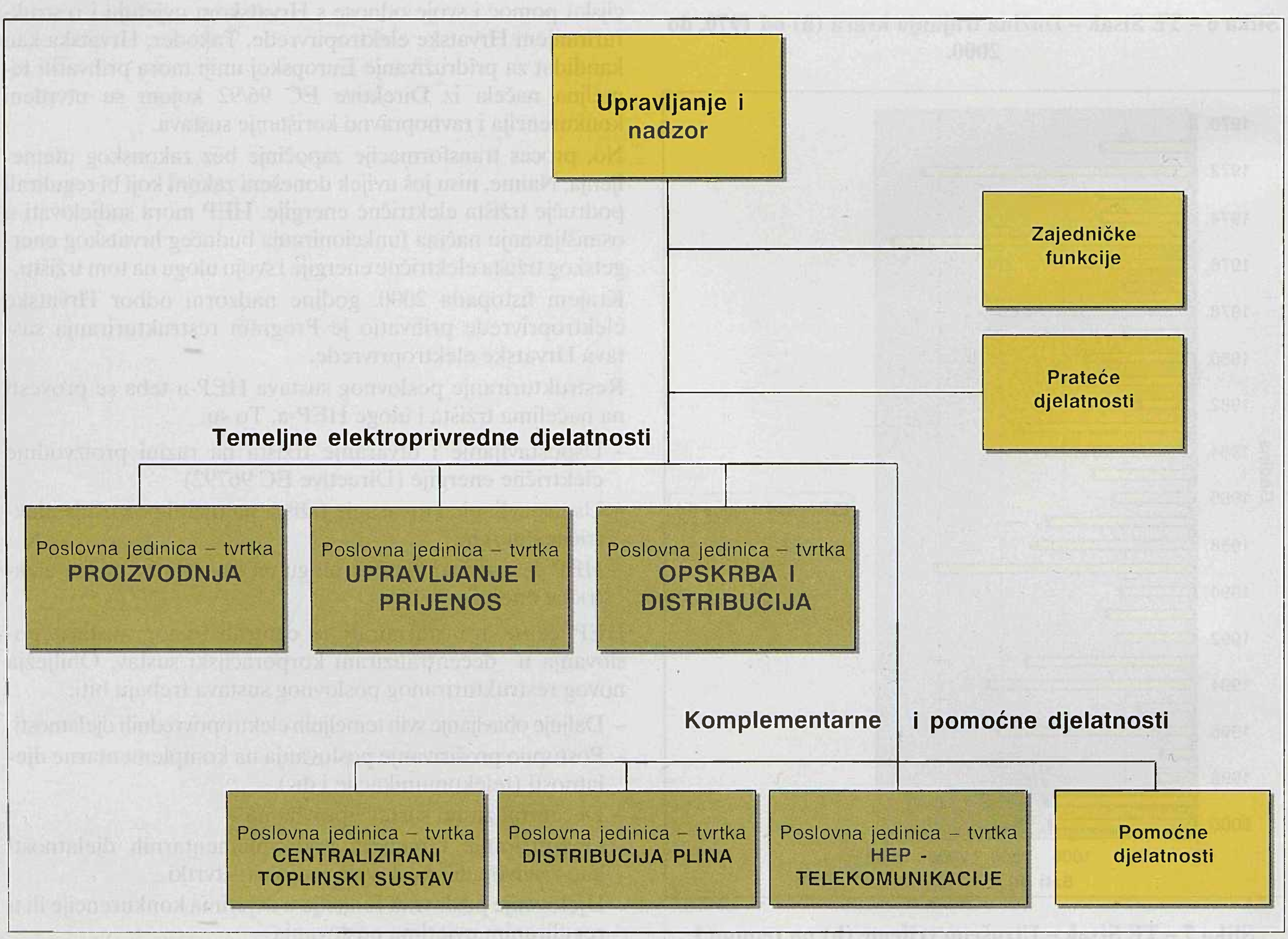
Restrukturirani HEP bit će djelimično spreman za privatizaciju.

Na svojoj sjednici 28. prosinca 2000. godine Nadzorni odbor je dao suglasnot na odluke Uprave Društva donesene 27. prosinca 2000. godine.

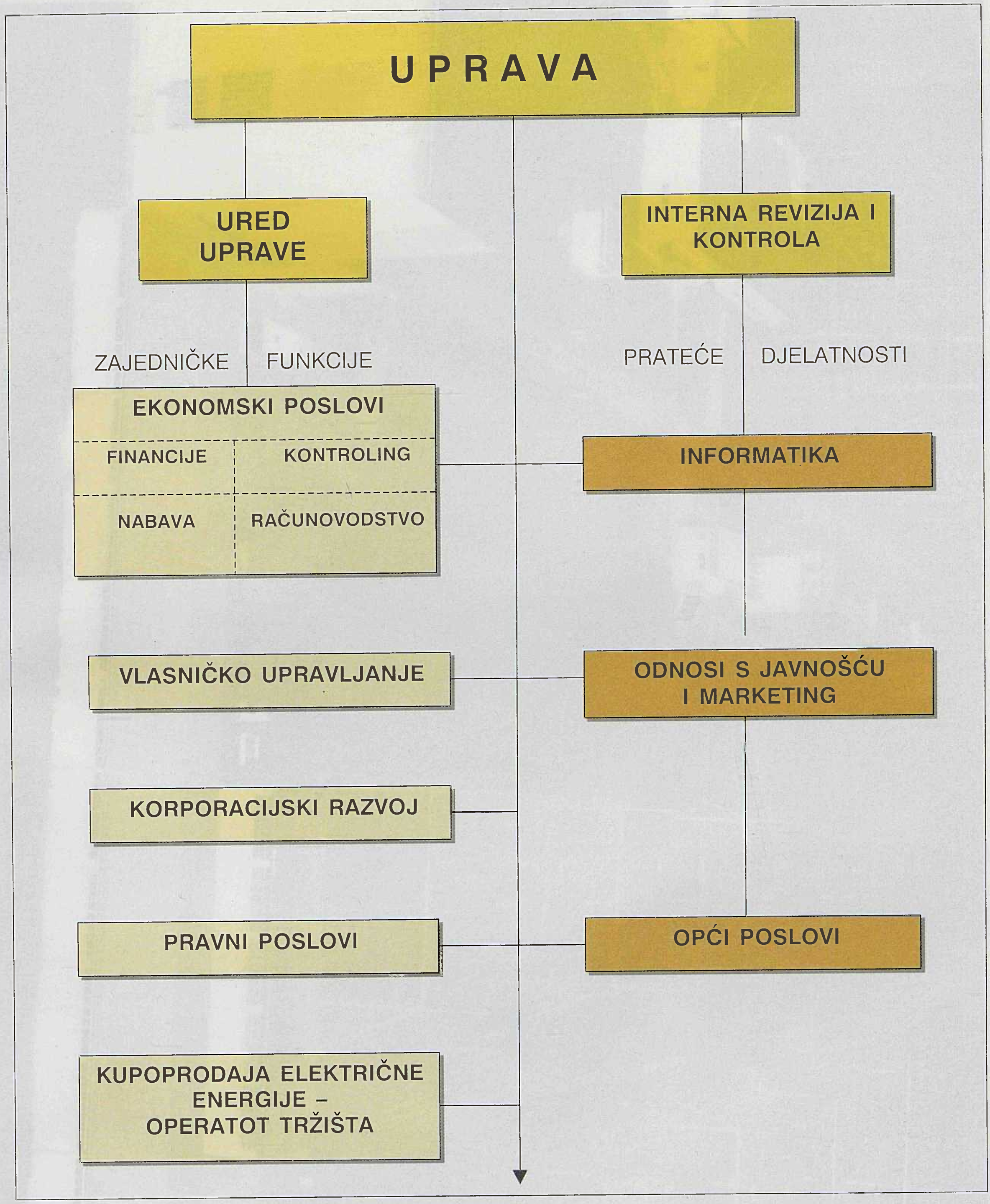
Odluke se odnose na promjenu organizacijskog ustroja HEP-a, novi model internih ekonomskih odnosa i privremene mjere i uvjeta za poslovanje HEP-a u 2001. godini.

Prema odluci o **promjeni organizacijskog sustava** provodi se prva faza promjene računovodstvenim razdvajanjem poslovnih jedinica te nastavlja poslovati na temelju važećih propisa kao jedinstveno trgovačko društvo od 1. siječnja 2001. godine. Donijet će se novi Pravilnik o organizaciji i sistematizaciji HEP-a i provesti osnivanje novih društava do 31. ožujka 2001. godine.

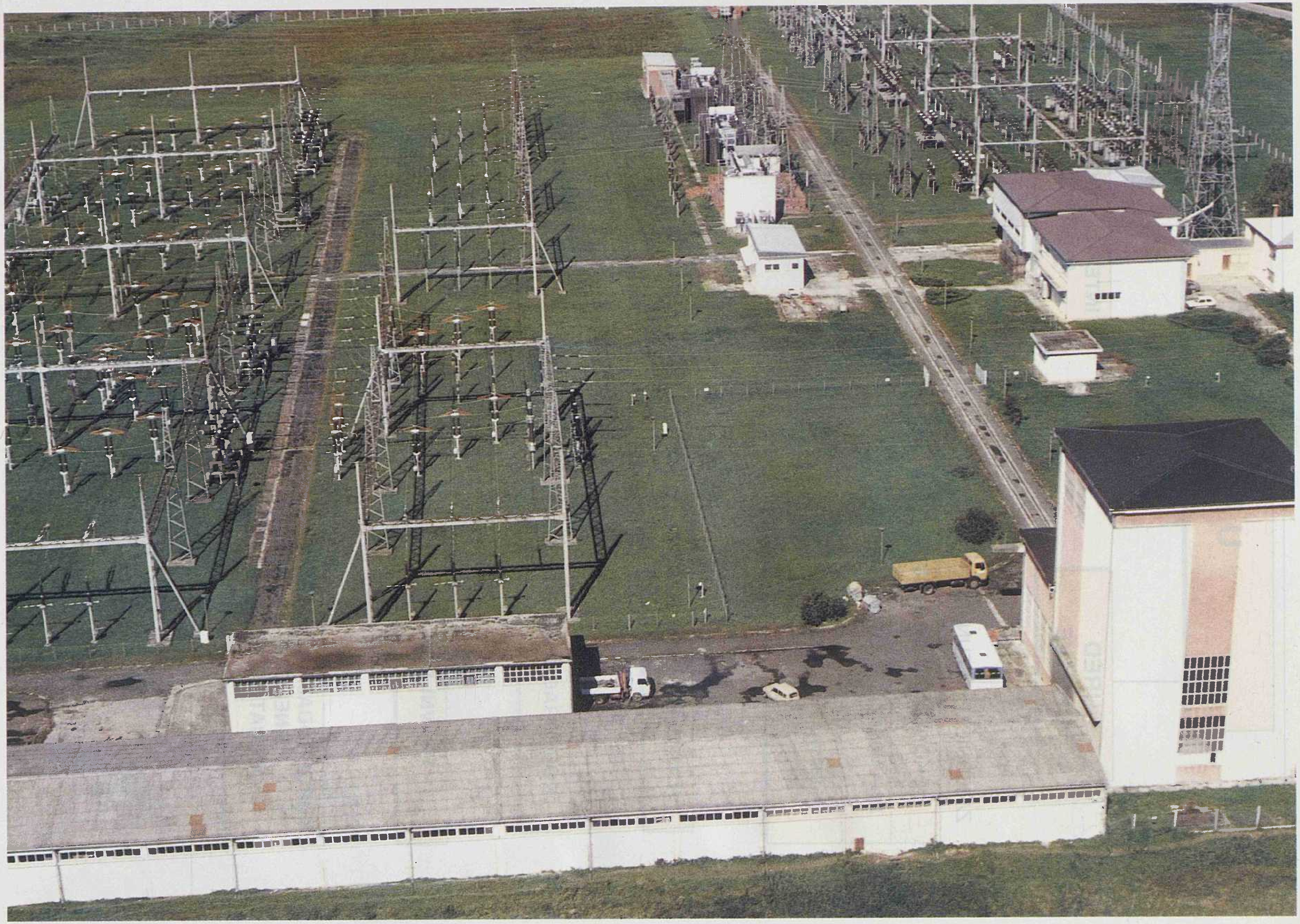
SBK



Slika 1 – HEP - shema nove poslovne strukture



Slika 2 - HEP - shema organizacije zajedničkih funkcija i pratećih djelatnosti



Energija

Godište 50 (2001) Br. 1

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1347

UDK 65.011.1:330.111.4
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/1, 45-54

MOGUĆNOST KOMERCIJALIZACIJE ELEKTROPRIVREDNIH TELEKOMUNIKACIJA

Mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

U svijetu odvijanja procesa deregulacije energetskog sektora, odnosno liberalizacije i deregulacije telekomunikacija, analiziraju se neka pitanja izlaska elektroprivrednih telekomunikacija na slobodno tržište. Govori se i o HEP-ovim mogućnostima pojave na TK tržištu i to samo na temelju stranih iskustava i informacija prikupljenih od strane Radne grupe 08 Studijskog komiteta 35 CIGRÉ.

(Lit. 6, sl. – - original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/45-54/2001.

Energija 1348

UDK 65.011.44
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 50/2001/1, 37-43

CONFIGURING CONTROL CENTRES FOR COST EFFECTIVENESS AND RESILIENCE

Peter Roche, B. Sc.

ESB International, Ireland

The paper briefly examines the various technological factors which enable a utility to introduce significant reconfigurations of its Power System Control scheme. The human and organisational factors which influence the maintenance of the status quo are also examined.
The trends which have led to a restructuring of power system control a number of utilities are examined. In most cases economic forces lie behind the changes which can be identified. Issues which arise as a consequence of restructuring are discussed.
A number of examples of possible configurations relevant to the power utility in Croatia are discussed; budgetary prices for typical configurations are presented. One configuration is presented which ensures a very high level of reliability in the event that the National Dispatch Centre is unavailable for operation.

(No. of References: , - Fig.: 3 - original in English)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/37-43/2001.

Energija 1349

UDK 621.315:65.011
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 50/2001/1, 23-29

OPERATIONAL IMPLEMENTATION OF THE TPA AGREEMENT II IN GERMANY

Joachim Vanzetta, B. Sc.

RWE ENERGIE AG, Brauweiler, Germany

The paper describes the tasks of the RWE Energie TSO in the interconnected network and the changes to the system opreation due to the liberalized market and the additional operating requirements resulting from the TPA Agreement II in Germany.

(No. of References: 5, Fig.: 8 - original in English)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/23-29/2001.

Energija 1349 UDK 621.315:65.011

1. Operational implementation of the TPA agreement II in Germany
I. *Vanzetta J.*
II. RWE ENERGIE AG Brauweiler, Germany

Netvork
Market
TPA Agreement

Energija 1348 UDK 65.011.44

1. Configuring control centres for cost effectiveness and resilience
I. *Roche P.*
II. ESB International, Ireland

Control centre
SCADA
EMS
Resilience
Restructuring

Energija 1347 UDK 65.011.1:330.111.4

1. Mogućnost komercijalizacije elektroprivrednih telekomunikacija
I. *Sabolić D.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

deregulacija
elektroprivreda
telekomunikacije
tržište

Energija

Godište 50 (2001) Br. 1

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1350

UDK 65.011.1
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 50/2001/1, 31-35

ELECTRICITY INDUSTRY RESTRUCTURING INSTITUTIONAL ARRANGEMENTS AND ISSUES

Fiachra McDyer, B. Sc.
ESB International, Ireland

System Operators are often involved to a significant extent in forming input to the restructuring by hovernments of nationalised electricity industries. The final shape of the industry is, however, often dictated by issues that have little to do with system operation or technology, so it is important that system operators understand the economic and political considerations which lie behind the decisions and have some insight into the issues whcih arise. The objective of this paper is to outline some of the more important issues, rather than deal in depth with any single issue. It concentrates on issues arising in the Single Buyer model and in the case where some degree of Third Party Access (TPA) is permitted also, rather than on full TPA, because there appears to be limited debate about these first two cases. The paper is based largely on the author's involvement in the development within Ireland of models for migration to a fully competitive market over a number of years.

(No. of References: –, Fig.: – - original in English)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/31-35/2001.

Energija 1351

UDK 65.011
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/1, 15-22

RESTRUKTURIRANJE ELEKTROPRIVREDE U SAD-u

Mr. sc. Davor Tomašić, dipl. ing.
Siemens PSC, Minneapolis, Minnesota, SAD

Početkom devedesetih godina SAD su krenule u restrukturiranje elektroprivrede, nakon što je to već učinjeno u drugim industrijskim djelatnostima (zrakoplovnoj, telekomunikacijskoj, plinskoj). Zakon o energetskoj politici (Energy Policy Act) iz 1992. propisao je da se američka elektroprivreda mora restrukturirati. Federalna regulatorna komisija za energetiku (FERC) dobila je zadatak da omogući taj proces. Nalozi komisije (br. 888 i 889) razlomili su tradicionalni vertikalni model elektroprivreda u funkcionlano razdruživanje, međutim, u praksi se dogodilo obje. Poslovanje prijenosnih poduzeća, budući da su prirodni monopoli, i dalje je regulirano propisima, a radi pružanja jednakih tržišnih uvjeta konkurentskim proizvodnim i distributivnim poduzećima. Da bi se to provelo, bilo je potrebno ostvariti tehnološke pretpostavke koje će omogućiti funkcioniranje novih modela poslovanja. Sustav za objavljivanje i rezervaciju raspoloživih prijenosnih kapaciteta (OASIS), te sustav za obavještavanje o transakcijama (TIS) primjeri su takvih infrastrukturnih sustava. Članak daje kratak pregled problematike restrukturiranja elektroprivrednog sustava u SAD.

(Lit. 5, sl. 1 - original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/15-22/2001.

Energija 1352

UDK 65.011
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/1, 3-14

MODEL VOĐENJA EES-a U OKRUŽENJU TRŽIŠTA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mr. sc. Ivica Toljan, dipl. ing. - prof. dr. Juraj Šimunić, dipl. ing. - Marko Lovrić, dipl. ing. - Ante Barić, dipl. ing. - Šime Radić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda, Direkcija za prijenos, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Svrha ovog referata je proširiti razmatranje modela vođenja Hrvatskog EES-a pridodavanjem još jedne dimenzije u kojoj će se uskoro naći EES, a to je okruženje najprije domaćeg, a kasnije i europskog tržišta električne energije.
Referat je zapravo, nastavak niza referata koji se bave ovom temom s prethodnih konferencija CIGRÉ, samo sada s naglaskom na osnivanje tržišta električne energije, te njegov utjecaj na strukturu vođenja i funkcije koje će se sada obavljati u upravljačkim centrima.

(Lit. 13, sl. 9 - original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/3-14/2001.

Energija 1352 UDK 65.011

1. Model vođenja EES-a u okružcnju tržišta električnc cnergijc
I. *Toljan I., Šimunić J., Lovrić M., Barić A., Radić Š.*
II. Hrvatska elektroprivrcda, Direkcija za prijenos, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

model vođenja
tehnički sustav vođenja
elektroenergetski sektor
elektroenergetski sustav
tržište električne energije
mrežni operator
tržišni operator
sklopovska i programska oprema
Direktiva EU

Energija 1351 UDK 65.011

1. Restrukturiranjc elektroprivrcdc u SAD-u
I: *Tomašić D.*
II. Siemens PSC, Minncapolis, Minnesota, SAD

elektroprivreda
restrukturiranje
deregulacija
OASIS
TIS

Energija 1350 UDK 65.011.1

1. Elcctricity Industry Restructuring Institutional Arrangements and Issues
I. *McDyer F.*
II. ESB Intcrnational, Ireland

Restructuring
Third Party Access (TPA)
Single Buyer

Energija

Volumc 50 (2001) Nº 1

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1347

UDK 65.011.1:330.111.4
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/1, 45-54

BUSINESS OPPORTUNITIES FOR ELECTRIC POWER UTILITY TELECOMMUNICATIONS

Dubravko Sabolić, M. Sc.

Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

The article analyses some questions arising from electric power utility's telecommunications becoming a part of a free market, starting with the perspective of energy sector deregulation process, i.e. liberalisation and deregulation of telecommunications. Based on some foreign experiences as well as the CIGRE Study Committee 35 under working group 8 information, possibilities of HEP emergence at the telecommunication market are being discussed.

(No. of References: 6, Fig.: – - original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/45-54/2001.

ENERGIJA 1348

UDK 65.011.4
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/1, 37-43

OBLIKOVANJE TROŠKOVNO UČINKOVITIH I OPERATIVNO PRILAGODLJIVIH UPRAVLJAČKIH CENTARA

Peter Roche, dipl. ing.

ESB International, Irska

Rad ukratko razmatra različite tehnološke čimbenike, koji omogućavaju poduzeću da uvede značajne izmjene u shemi upravljanja sustavom. Također se razmatraju ljudski i organizacijski čimbenici, koji podržavaju postojeće stanje.
Analizirani su trendovi koji su doveli do restrukturiranja upravljanja sustavom u određenom broju poduzeća. U pozadini identificiranih promjena najčešće se nalaze gospodarski razlozi. Komentiraju se pitanja koja proizlaze iz restrukturiranja.
Analizirano je više primjera mogućih konfiguracija za Hrvatsku elektroprivredu, uz prikaz cijena tipičnih konfiguracija. Predočena je konfiguracija koja osigurava visok stupanj pouzdanosti u slučaju da Nacionalni dispečerski centar nije u funkciji.

(Lit: – , sl.: 3 - original na engleskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/37-43/2001.

ENERGIJA 1349

UDK 621.315:65.011
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/1, 23-29

PRIMJENA "TPA II" UGOVORA U NJEMAČKOJ

Joachim Vanzetta, B. Sc.

RWE ENERGIE AG, Brauweiler, Njemačka

Rad opisuje zadatke RWE Energie TSO u prijenosnoj mreži kao i promjene rada sustava nastale zbog liberalizacije tržišta i dodatnih zahtjeva na rad koji slijede iz "TPA II Ugovora" ("Sporazum o pristupu treće stranc") u Njemačkoj.

(Lit: 5, sl.: 8 - original na engleskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/23-29/2001.

ENERGIJA UDK 621.315:65.011

1. Primjena "TPA II Ugovora" u Njemačkoj
I. *Vanzetta J.*
II. RWE ENERGIE AG, Brauweiler, Njemačka

mreža
tržište
TPA ugovor

ENERGIJA 1348 UDK 65.011.44

1. Oblikovanje troškovno učinkovitih i operativno prilagodljivih upravljačkih centara
I. *Roche P.*
II. ESB International, Irska

centar upravljanja
SCADA
EMS
prilagodljivost
restrukturiranje

ENERGIJA 1347 UDK 65.011.1:330.111.4

1. Business Opportunities for Electric Power Utility Telecommunications
I. *Sabolić D.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Deregulation
Electric Power Utility
Telecommunications
Market

Energija

Volume 50 (2001) № 1

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1350

UDK 65.011.1
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/1, 31-35

INSTITUCIONALNO OKRUŽJE I PITANJA RESTRUKTURIRANJA ELEKTROPRIVREDE

Fiachra McDyer, dipl. ing.
ESB International, Irska

Vlade nacionaliziranih elektroprivreda često u značajnom opsegu uključuju operatere sustava u proces restrukturiranja. Međutim, konačni oblik elektroprivrede često je određen smjernicama koje nemaju puno zajedničko s radom i tehnologijom sustava, stoga je važno da operateri sustava razumiju gospodarska i politička razmatranja, koja leže iza odluka i steku uvid u neka od nastalih pitanja. Svrha je ovog rada istaknuti neka značajnija pitanja a ne pojedinačna detaljno obraditi. Rad je usredotočen na pitanja koja se pojavljuju u modelu "jedinog kupca" u slučaju kada je donekle dozvoljen i "pristup treće strane" (tzv. TPA), a ne jedino na potpuni TPA, jer se pokazalo da je rasprava ograničena na prva dva pitanja. Rad se velikim dijelom temelji na osobnom višegodišnjem bavljenju razvojem modela u Irskoj, koji trebaju dovesti do potpuno konkurentnog tržišta.

(Lit: –, sl.: – - original na engleskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/31-35/2001.

ENERGIJA 1351

UDK 65.011
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 50/2001/1, 15-22

POWER UTILITIES RESTRUCTURING IN THE USA

Davor Tomašić, B. Sc.
Siemens PSC, Minneapolis, Minnesota, USA

After restructuring other industries (airlines, telecommunications, and gas), the deregulation of the US power industry began in the early nineties. 1992 Energy Policy Act mandated that US power utilities must undergo the restructuring. FERC was given the task to facilitate this process. Commission's rules 888 and 889 have broken the traditional vertical utility model into functional division, but in reality both have happened. Transmission companies being natural monopolies are still being regulated to enable equal market conditions for competing with generation and distribution companies. To realise this, technological prerequisites were needed to enable new business models' functioning. Open Access Same-time Information System (OASIS) and Transaction Information System (TIS) are examples of such systems. This article gives a brief overview of the power industry restructuring in the USA.

(No. of References: 5, Fig.: 1 - original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/15-22/2001.

ENERGIJA 1352

UDK 65.011
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 50/2001/1, 3-14

POWER SYSTEM CONTROL MODEL WITHIN ELECTRICITY MARKET

Ivica Toljan, M. Sc. - Prof. Juraj Šimunić, D. Sc. – Marko Lovrić, B. Sc. – Ante Barić, B. Sc. – Šime Radić, B. Sc.
Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

The goal of this paper is to extend the consideration of the Croatian power system control by adding a new dimension to its future role, that is in the first step domestic and after that a European electricity market.
The paper is in fact a continuation of a series of similar papers held at the CIGRE conferences considering this theme, but stressing the electricity market foundation and its role on the structure of control and functions that are to be realised within control centres.

(No. of References: 13, Fig.: 9 - original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/1/3-14/2001.

ENERGIJA 1352 UDK 65.011

1. Power System Control Model within Electricity Market
I. *Toljan I., Šimunić J., Lovrić M., Barić A., Radić Š.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Control System Model
Power System Control
Power Industry
Power System
Electricity Market
Transmission System Operator
Market Operator
Hardware and Software
EU Directive

ENERGIJA 1351 UDK 65.011

1. Power Utilities Restructuring in the USA
I. *Tomašić D.*
II. Siemens PSC, Minneapolis, Minnesota, USA

Power Industry
Restructuring
Deregulation
OASIS
TIS

ENERGIJA 1350 UDK 65.011.1

1. Institucionalno okružje i pitanja restrukturiranja elektroprivrede
I. *McDyer F.*
II. ESB International, Irska

restrukturiranje
pristup treće strane (engl. TPA)
jedini kupac

UDK 621.31 ENJAAC 50 (2) – (2001) – 67- 122 ISSN 0013-7448

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

Godište 50 (2001) Zagreb 2001 Br. 2

IZDAVAČI – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea,* dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić,* dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. inž.

Urednik - Editor: Zdenka *Jelić,* prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

SADRŽAJ

Grgić B.: Uz 50. obljetnicu postojanja časopisa. 69

Markovčić B. – Cvetković Z.: Osvrt na 50. godišnjicu časopisa ENERGIJA 71

Cvetković Z.: Razvitak Hrvatske elektroprivrede 73

Haznadar Z.: Elektrotehnika: Razvoj i perspektive u svijetu i Hrvatskoj (Pregledni članak). 75

Plenković Z.: Razvoj i budućnost industrije elektroenergetskih postrojenja u Hrvatskoj (Pregledni članak) 79

Udovičić B.: Sa slobodnim tržištem električne energije - oprezno (Pregledni članak) 83

Tonković Z.: Prijenosna mreža Hrvatske na pragu novog pedesetogodišta (Pregledni članak). 87

Krajcar S.: Distribucija električne energije od industrijskog doba do društva znanja (Pregledni članak). 89

Barta S. – Koštrun S.: Pregled članaka objavljenih u "Energiji" od 1991. do 2000. godine. 93

Barta S. – Koštrun S.: Pregled autora koji su objavljivali svoje radove u časopisu "Energija" u razdoblju od 1951. do 2000. . . 107

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja. 114

Iz strane stručne literature. 120

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2001 - 04 - 12

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove.** Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

   Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteliung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

Poštovani čitatelji

U ovoj godini obilježavamo 50. obljetnicu postojanja časopisa.

Ovaj svečani broj uređen je tematski tako da se kroz uvrštene članke obuhvate najzastupljenija područja tijekom izlaženja časopisa, te istodobno ostavi pisani trag na ovako značajan jubilej.

50. obljetnica trajanja neke ljudske aktivnosti, ili fizičkog postojanja, potiče uglavnom razmišljanja o prijeđenom putu, izaziva neku vrstu svođenja računa i slijedom toga planiranja dogledne budućnosti.

Odgovori na postavljena pitanja svakako se moraju vrednovati sukladno društvenim mijenama i utjecajima proživljenim u razdoblju od pola stoljeća iza nas, koliki je dosadašnji vijek trajanja ENERGIJE.

Činjenica da časopis tako dugo kontinuirano izlazi (niti ratni vihor ga nije zaustavio), upućuje na jednostavan zaključak kako je njegovo okruženje uglavnom uvijek bilo pozitivno. Pod okruženjem se misli na kompleksan spoj materijalnih, organizacijskih i intelektualnih mogućnosti cijelog sustava koji prate izdavaštvo.

Problemi i prepreke koji su se javljali tijekom postojanja časopisa rješavani su radnom upornošću i ustrajnošću stručnjaka okupljenih unutar uređivačkih odbora i izdavačkih savjeta.

No, jedan od presudnih razloga neuništivosti ovakvog časopisa je njegova logična ukorijenjenost u tako značajnom području ljudskog interesa kao što je energija. Energija kao potreba, kao izazov, kao način egzistencijalnog odgovora suvremenih društava.

Hrvatska elektroprivreda, kao materijalni pokrovitelj najvećeg dijela financiranja časopisa, odigrala je značajnu ulogu u njegovom dugovječnom postojanju, a specifičnost sadržaja objavljenih članaka, kako po kvaliteti tako i po aktualnosti, izazivala je na ovim prostorima, pa i šire, stalan interes znanstvenika i stručnjaka.

Prijeđeni put časopisa ENERGIJA je doista buran i nije posipan ružama. Rezultati rada su vidljivi i mjerljivi, a njegova budućnost ne može biti upitna.

Trenutne aktivnosti Izdavačkog savjeta su usmjerene na sljedeće zadatke:

- *zadržavanju dosadašnje razine kvalitete sadržaja*
- *osiguranju prostorija uredništva, tehničke potpore i tajništva*
- *uključivanju časopisa u elektroničke sustave informiranja (u sustavu INFOHEP raspoloživ je pregled svih naslova i autora članaka u razdoblju od 1970.–2000. U izradi je popis sadržaja objavljenih članaka u razdoblju od 1990.–2000. godine.) Priprema se prezentacija časopisa na INTERNET mreži;*
- *pripremanju položaja časopisa u restrukturiranoj Hrvatskoj elektroprivredi.*

(Upravi HEP-a je dostavljen prijedlog novog Pravilnika o organizaciji i izdavanju časopisa ENERGIJA.)

Mogući položaj časopisa u budućoj HEP-grupi vidimo unutar odjela tzv. Pratećih djelatnosti, odnosno Marketinga.

Uvjereni smo da je promocija znanstveno-stručne misli iz područja energetike, u svim vitalnim dijelovima elektroprivrede, moguća upravo putem ENERGIJE.

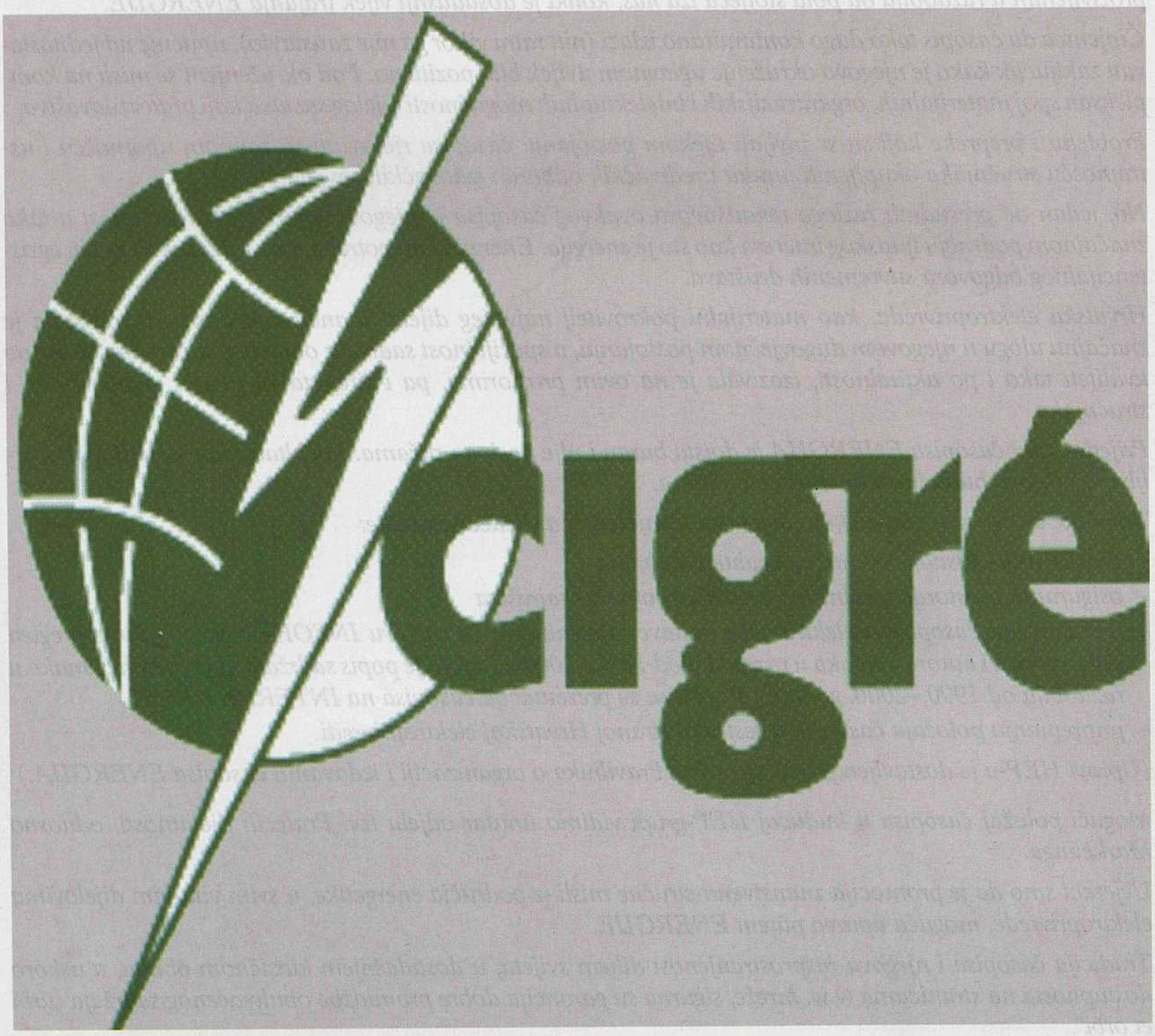
Tradicija časopisa i njegova rasprostranjenost diljem svijeta, u dosadašnjem klasičnom obliku, a uskoro dostupnost i na stranicama w.w. mreže, sigurna su garancija dobre promidžbe obuhvaćenog sadržaja „urbi et orbi".

Na kraju, u mislima na sve prethodne suradnike i sudionike, koji su svojim zalaganjem zaslužni za postojanje časopisa tijekom dugih 50 godina, te uz zahvalnost današnjim, završavam sa željom - Neka se uspješno nastavi dugi život časopisa ENERGIJA!

Predsjednik Izdavačkog savjeta
Mr. sc. Branko Grgić

10 godina HK CIGRÉ

50 godina JUKO CIGRÉ



OSVRT NA 50. GODIŠNJICU ČASOPISA ENERGIJA

Boris Markovčić – dr. sc. Zorko Cvetković, Zagreb

Široka elektrifikacija Hrvatske, započeta već 1937. od tadašnjeg Banovinskog električnog poduzeća (BEP), nastavljena je odmah nakon završetka drugog svjetskog rata. Tadašnje stanje elektrifikacije najbolje ilustrira podatak da je godine 1945. stanovnik Hrvatske prosječno trošio 75 kWh u godini. Veliko je bilo zaostajanje u elektrifikaciji, neobično važnoj djelatnosti u provođenju industrijalizacije. Problema i posla je bilo mnogo, a iskusnih stručnjaka malo. Postojeći inženjerski kadar trebalo je što brže osposobiti za predstojeće zadatke. Jedan od načina svakako je bio informiranje i objavljivanje tehničkih iskustava. Elektroprivredni stručnjaci, u tadašnjoj državi, brzo su uvidjeli potrebu informativnog stručnog elektroprivrednog glasila.

Godine 1947. kao prvi takav časopis, počeo je u Ljubljani izlaziti "Elektrotehnički vesnik" koji je u prvo vrijeme, kao jedini te vrste, donosio članke autora iz cijele zemlje. No koncentracijom elektroprivrednih stručnjaka u Ministarstvu elektroprivrede u Beogradu, u drugoj polovici četrdesetih godina, Ministarstvo je izdavalo Bilten kao svoje glasilo. Već godine 1949. ono mijenja ime u Elektroprivreda.

Početkom pedesetih godina, kad se rasformiralo Ministarstvo elektroprivrede u Beogradu sve zadaće u svezi s elektrifikacijom preuzele su republičke elektroprivrede, a u Hrvatskoj Glavna direkcija elektroprivrede NRH.

Studijsko odjeljenje Glavne direkcije počelo je godine 1951. izdavati glasilo Bilten elektroprivrede Hrvatske, tehnikom ciklostila, u 300 primjeraka. Tom prethodniku današnjeg časopisa Energija stavljeno je u zadatak da informira o elektroprivrednim, tehničkim problemima koji se upravo razrađuju u elektroprivredi Hrvatske. Od godine 1956. Bilten se počeo tiskati, a godine 1957. mijenja ime u Energija.

U međuvremenu, od jezgre u spomenutom studijskom odjeljenju osnovan je 1953. Institut za elektroprivredu, pa je časopis postao Energija - Bilten zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske i Instituta za elektroprivredu.

S obzirom na snažan razvoj elektroprivrede i energetike izdavači proširuju sadržaj časopisa na opće energetske probleme. Časopis prelazi granice svog republičkog djelovanja i postaje edicija visokog stručnog nivoa. Time on postaje zanimljiv ne samo stručnjacima u zemlji, već i u inozemstvu, što se odražava u zamjeni s časopisima iz inozemstva.

Svrha je časopisa ne samo da informira o energetskim problemima i dostignućima hrvatske elektroprivrede, već da i doprinese uzdizanju kadrova. S jedne strane energetski stručnjaci praćenjem časopisa imaju priliku da prošire svoje znanje i informiranost u području svoje djelatnosti, a s druge pak strane, pisanjem u časopisu proširuju znanje i stječu širu tehničku kulturu.

Energija je tijekom svog dugogodišnjeg izlaženja pratila razvoj elektroprivrede Hrvatske i dala tom razvoju svoj skroman doprinos. Niz tehničkih, ekonomskih i organizacijskih problema našlo je svoje mjesto na stranicama časopisa. Stručnjaci iz elektroprivrede i općenito iz područja energetike, najrazličitijih profila iznosili su svoja iskustva, prijedloge i tehnička rješenja, kao i obavijesti o dostignućima u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije.

Časopis je nastojao privući autore iz svih dijelova elektroprivrede, ali i one s fakulteta, instituta i svih poduzeća partnera elektroprivrede. Osim domaćih autora u časopisu se sve češće javljaju strani autori s člancima na engleskom jeziku.

Uredništvo je nastojalo da informira svoje čitatelje dijelom znanstveno-stručnim člancima , a dijelom putem rubrika vijesti iz elektroprivrede i iz strane stručne literature.

Najviše članaka dolazilo je iz područja studija i istraživanja, a manje je zastupljena bila pogonska problematika, premda bi objavljivanje iskustava iz tog područja bilo vrlo dragocjeno.

Povremeno izlaze i namjenski brojevi časopisa posvećeni nekim aktualnim događajima ili temama npr. "Otočkoj vezi" ili "Vođenju elektroenergetskog sistema u uvjetima slobodnog tržišta".

Tehnička unaprjeđenja časopisa vršena su u granicama financijskih mogućnosti, ali bez promjene osnovnog imidža.

Ono što nije dovoljno zastupljeno je iznošenje polemika i suprotnih mišljenja za što postoji objektivni razlog u činjenici da časopis izlazi svaka dva mjeseca pa polemike prestaju biti aktualne.

Više zabrinjava da je zadnjih godina nemoguće objaviti analize velikih kvarova radi neshvatljivih stavova o službenoj tajni. Baš su takvi događaji u pojedinim zemljama analizirani u svjetskim časopisima i djelovali su kao dobra škola za sve ostale da ne ponavljaju pogreške. Nadajmo se da će se i u nas situacija promijeniti.

Tijekom godina često su se vodile rasprave o sadržaju i fizionomiji časopisa, o čemu je bilo različitih stavova. Prevagnulo je ipak mišljenje da časopis prvenstveno mora biti vezan za problematiku proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije, i da mora pokrivati djelatnosti razvoja, izgradnje, pogona i održavanja. Pri tome osim tehničkog aspekta treba biti prisutan ekološki, ekonomski, financijski i organizacijski aspekt. Normalno je da se u tu fizionomiju ubrajaju i sve specijalističke djelatnosti, kao toplinarstvo, telekomunikacije, relejna zaštita, prenaponska zaštita i slično.

O općoj energetici i srodnim problemima smatralo se da treba pisati više informativno u onom opsegu u kojem može interesirati elektroprivredu.

Također je prihvaćeno načelo da članci trebaju pokrivati široki spektar od edukativnih do znanstvenih.

Naravno, časopis je imao svojih uspona i padova ovisnih ponajprije o promjenama organizacijskih i financijskih uvjeta djelovanja ili, budimo iskreniji, o promjenama stavova koje je Uprava Elektroprivrede imala spram važnosti struke i znanosti.

Naročito teška situacija je bila 1993. i 1994. godine poradi nesporazuma na relaciji HEP - Institut za elektroprivredu i energetiku, dotadašnjih suizdavača.

Poradi toga časopis je tijekom 1995. godine došao na najnižu razinu od svog postojanja:

- iseljen je iz svojih prostorija u Institutu
- prestao je izlaziti
- prestala je isplata honorara
- izgubljena je veza s autorima.

Konačno, postavljeno je konkretno pitanje generalnom direktoru HEP-a želi li likvidirati časopis ili želi nastaviti njegovo izlaženje

Završilo je odlukom generalnog direktora HEP-a od 31.6.1995. o izdavanju časopisa u okviru HEP-a kao časopisa Hrvatske elektroprivrede.

Časopis je tako ponovno dobio svoj status, no nažalost, mnoge točke iz te odluke nisu ni danas provedene. Ipak, zahvaljujući širokom krugu entuzijasta, koji su važnost časopisa, isti je preživio. Tu je pozitivnu ulogu odigrao Izdavački savjet konstituiran 3.10.1995.g.

Tako, unatoč svemu, časopis redovito izlazi.

Kao moderan znanstveno-stručni časopis "Energija" danas ispunjava sve zahtjeve Referalnog centra zagrebačkog sveučilišta. Primjenjuje međunarodne bibliografske oznake, način pisanja formula i mjernih jedinica.

Časopis će nastojati održati svoj ugled bez promjene svoje osnovne izdavačke politike, tj. ostat će vezan uz život i djelovanje Elektroprivrede. Nastojat će i nadalje angažirati autore iz inozemstva i nastojat će poboljšati tehničku obradu.

U ovom svečanom broju čitatelji će naći mnogo informacija iz povijesti časopisa kroz 50 godina njegova izlaženja, uz popratni prikaz razvoja hrvatske elektroprivrede u istom razdoblju.

Sretna ti 50. godišnjica, ENERGIJO!

RAZVITAK HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE OD 1951.-2001.

Razdoblje	Instalirana snaga	Potrošnja	Elektrifikacija %		Porast potrošnje	Ulazak u pogon novih elektrana			Značajni događaji
	MW	GWh	Kućanstva	Naselja	%	Naziv	MW	Godina	
1945./50.	178	224	**26**	**13**	24,3	-			- eksplozivni razvoj distribucijske mreže
1951./55.	188	666	**32**	**21**	10,3	HE Vinodol	76	1952.	- prvi EES Zap. Hrvatska-Slovenija
						HE Ozalj II	2,2	1952.	- Dalmacija povezana s BiH
						TE Jertovec	39,8	1954.	- **redukcije potrošnje** u iznosu 3,2 % godišnje potrošnje 1953. godine
1956./60.	327	1076	**46**	**36**	12,3	HE Miljacka	24	1956.	- Slavonija povezana s BiH
						CHE Fužine	3,8	1956.	- prvi paralelni rad EES-a 110 kV 1957. g.
						HE Gojak	48	1959.	- DV Nedeljanec-Söjtör 1958. godine
						HE Peruča	41,5	1960.	- osnovana prijenosna poduzeća
									- zakon o dispečerskoj službi
1961./65.	470	1943	**63**	**57**	10,0	HE Zakučac I	216	1961.	- prijelaz na napon 220 kV
						TE-TO Zagreb	64	1962.	- DV Zakučac-Mraclin i TS Mraclin
						HE Senj	216	1965.	- brzi razvoj mreže 220 kV
						HE Dubrovnik	216	1965.	
1966./70.	898	3115	**80**	**81**	11,5	HE Rijeka	36	1968.	- period bez redukcija
						HE Sklope	22,5	1970.	- daljnji razvoj mreže 220 kV
						TE Plomin I	100	1970.	
						TE Sisak I	210	1970.	
						EL –TO Zagreb	11	1970.	
1971./75.	1277	5308	**92**	**94**	9,2	HE Orlovac	237	1973.	- **dramatične redukcije** potrošnje u iznosu
						TE Tuzla IV	210	1974.	- 7,85 % godišnjeg konzuma 1973. godine
						HE Varaždin	86	1975.	- naftna kriza
									- pušten u pogon analogni uređaj za regulaciju frekvencije i snage razmjene
									- ulazak u UCPTE interkonekciju

Razdoblje	Instalirana snaga	Potrošnja	Elektrifikacija %		Porast potrošnje	Ulazak u pogon novih elektrana			Značajni događaji
	MW	GWh	Kućanstva	Naselja	%	Naziv	MW	Godina	
1976./80.	1922	8225	**97**	**98**	6,5	TE Jertovec	63	1976.	- puštena u pogon prijenosna mreža 400 kV
						TE Sisak II	210	1976.	
						TE Kakanj	46	1976.	
						EL-TO Osijek I	47	1976.	
						TE Rijeka	320	1978.	
						TE TO Zagreb II	120	1979.	
						EL TO Zagreb II	30	1980.	
						HE Zakučac II	270	1980.	
						TE Obrenovac VI	310	1980.	
1981./85.	3276	11226	**97**	**98**	4,1	NE Krško	316	1981.	- završena elektrifikacija kućanstva i naselja
						HE Golubić	6,5	1982.	- pušten u pogon RDC i 4 CDU
						HE Čakovec	79,3	1982.	- pušteno u pogon nekoliko DC distribuciji
						TE Gacko	92	1982.	- uvođenje novih tehnologija u vođenje EES-a
						RHE Obrovac	276	1984.	
						EL TO Osijek II	42	1985.	
1986./90.	4130	13759	**97**	**98**	1,5	HE Dubrava	80,6	1989.	- usporeni rast potrošnje - visoka inflacija
						HE Đale	40,8	1989.	
1991./95.	4247	14749	**97**	**98**	-5	interventne DE u Dalmaciji	168	1993.	- Domovinski rat - **razaranja** - pad potrošnje - puštena u pogon Otočna veza 1994. - pušten u pogon DV 400 kV Tumbri-Melina 1992.
1996./99.	4415	11404	**97**	**98**	3,8	TE Plomin II	200	1999.	- obnova, konzum se oporavlja
	(624)*					EL-TO Zagreb	52	1998.	- pušten u pogon DV 400 kV Žerjavinec- Mađarska 1999. god.
2000.	4500 (624)*					demontirane interventne DE			- nema novih investicija

* objekti koji se ne koriste u BiH i Yu

Z. Cvetković

ELEKTROTEHNIKA: RAZVOJ I PERSPEKTIVE U SVIJETU I HRVATSKOJ

Prof. dr. sc. Zijad H a z n a d a r, Zagreb

UDK 621.31
PREGLEDNI ČLANAK

Dan je sažeti pregled razvoja elektrotehnike kroz proteklo stoljeće i pol u svijetu i u Hrvatskoj. Posebno su obrađena područja elektroenergetike, telekomunikacija, elektronike, radiokomunikacija i računala. Detaljno su opisani razvoj Hrvatske elektroprivrede, telekomunikacija i elektroindustrije. Dane su natuknice o perspektivama na području proizvodnje i prijenosa električne energije. Znanost i obrazovanje u Hrvatskoj obrađeni su na kraju.

Ključne riječi: elektrotehnika, elektroenergetika, elektrostrojarstvo, elektronika, radiokomunikacije, telekomunikacije, računarstvo.

1. UVOD

Minulo XX. stoljeće vjerojatno će ući u povijest kao doba velikih i korjenitih promjena - političkih, socijanih, znanstvenih, obrazovnih i tehnoloških. I dok se o onima prvima svakodnevno govori i piše, ispod prašine uskovitlane ratovima i mnogim političkim i socijalnim pokretima, zbile su se i zbivaju se duboke promjene i na ne manje važnim područjima znanosti, obrazovanja i tehnologije.

Bitna karakteristika našeg vremena i postindustrijskog društva je više nego očita povezanost znanosti, obrazovanja i tehnologije. Znanost je postala, u pravom i punom smislu, osnovna priozvodna snaga i nedjeljivi činitelj tehnoloških procesa. Sustavni pristup integrira u nerazdvojnu cjelinu tradicionalno odijeljena područja ljudskih djelatnosti, kao što su znanost, obrazovanje, proizvodnja, upravljanje, informiranje i odlučivanje.

Napredak u znanosti i tehnologiji je toliko brz i opsežan da se, prema istraživanjima provedenim na Sveučilištu u Stanfordu (SAD), ukupno ljudsko znanje stečeno do početka XX. stoljeća udvostručilo do 1950. godine, a učetverostručilo do 1960. godine. Procijenjeno je da se ono sada udvostručuje svakih pet do osam godina.

To, pak, kao posljedicu ima snažan razvoj tehnologije i prodor novih visokih tehnologija. Među njima se kao dominantne najčešće izdvajaju energetika, mikro i nanoelektronika, informatika, bioinžinjering i egzotični materijali. Riječ je, dakle, o primjeni novih tehnologija, o novim izvorima energije, o (optičkim, satelitskim i mobilnim) komunikacijama, te o novim materijalima. Teži se k tehnologijama bez otpadnih tvari i zagađenja, koje bi nas trebale riješiti opasnosti od ekološkog egzodusa.

2. STOLJEĆE I POL ELEKTROTEHNIKE

Elektrotehnika kao tehnička znanost koja proučava elektricitet i djelatnosti povezane s njegovom primjenom bitno je pridonjela današnjem stupnju civilizacijskog razvoja društva. Obuhvaća grane: elektroenergetiku, elektrostrojarstvo, elektroniku, radiokomunikacije, telekomunikacije i tehničku informatiku. Bavi se proizvodnjom, prijenosom, obradom i pretvorbom dvaju ključnih resursa: energije i informacija.

Elektromagnetska teorija čini znanstvenu osnovu elektrotehnike. Istražena je u drugoj polovini XVIII. i u XIX. stoljeću. Cjelovitu klasičnu elektromagnetsku teoriju izložio je J.C. Maxwell pod kraj XIX. stoljeća u svom znamenitom djelu "A Treatise on Electricity and Magnetism, Vol. I i II, London, 1873.

Početke primijenjene elektrotehnike možemo povezati s prvim elektroenergetskim sustavima građenim u XIX. stoljeću za proizvodnju električne energije, koja se koristila za rasvjetu i pokretanje motora, a potom i za telegraf i telefon, te gradsku električnu željeznicu i prva industrijska poduzeća.

2.1. Elektroenergetika

Iako je M.H. Jacobi 1834. godine izradio prvi elektromotor, a W. Siemens 1866. godine prvi istosmjerni dinamostroj (generator), izgradnjom prvih Edisonovih centrala za opskrbu gradova električnom energijom započela je *era elektroenergetike*. Prve dvije veće termoelektrane izgradio je T. A. Edison 1882. godine u Londonu i New Yorku. U njima su istosmjerne generatore pokretali parni strojevi. Vrlo brzo izgrađeno je mnogo elektrana, a uglavnom su se koristile za rasvjetu gradova.

Primjena izmjenične struje riješila je problem prijenosa električne energije na veće udaljenosti. Tako je 1884. godine na izložbi u Torinu ostvaren prijenos električne energije iz jednofaznog Siemensova alternatora (2kV, 133 Hz) na udaljenost od 40 km.

Teslin pronalazak višefaznog sustava 1888. god. omogućio je efikasan prijenos električne energije velike snage na velike udaljenosti. Značajan pothvat učinjen je izgradnjom hidroelektrane velike snage na slapovima Niagare (USA) 1895. godine. U početku je elektrana imala 3 dvofazna generatora snage 5000 KS, napona 2200 V i frekvencije 25 Hz.

Samo dva dana kasnije 28. kolovoza 1895. god. puštena je u pogon hidroelektrana Krka. Bio je to značajan pothvat izgradnje prvog cjelovitog hrvatskog elektroprivrednog sustava. Taj sustav obuhvaćao je hidroelektranu (s dvofaznim alternatorom 320 KS, 3 kV, 42 Hz i s budilicom) na slapovima Krke, prijenosni dalekovod duljine 11 km do Šibenika, te u samom gradu razdjelnu mrežu 3000/120 V s dvije rasklopne i 6 transformatorskih stanica. Elektrana je u početku služila za napajanje javne rasvjete grada Šibenika.

Elektrifikacija gradova u Hrvatskoj započela je oko 1890. godine, samo desetak godina iza prvih u svijetu. Zagrebačka munjara ušla je u pogon 1907. godine. Do 1918. izgrađeno je više industrijskih elektrana koje su povezane u elektroenergetski sustav. Iza II.svjetskog rata počinje izgradnja današnjeg elektroenergetskog sustava. Godine 1950. instalirana snaga elektrana u Hrvatskoj iznosila je već 188 MW, da bi 1999. godine nakon obnove u domovinskom ratu porušenih i oštećenih, te izgradnje novih elektroenergetskih objekata Hrvatska elektroprivreda (HEP) imala ukupno oko 4580 MW (od toga 3930 MW u Hrvatskoj i 650 MW u BiH i Srbiji) instalirane snage u nuklearnoj (NE Krško), termo i hidroelektranama. Moguća proizvodnja bila je približno 17 TWh, a potrošnja 13,7 TWh. Visokonaponska mreža (400, 220 i 110 kV) bila je ukupne duljine oko 7200 km s 139 TS. Ukupna srednje i nisko-naponska mreža (0,4; 10; 20; 35) iznosila je preko 113.500 km duljine. Za očekivani rast potrošnje prema prosudbama, hrvatski energetski sustav trebao bi do 2010. godine osigurati električne energije u iznosu od 17 do 20 TWh.

Svi ovi podaci ukazuju na golemu važnost Hrvatske elektroprivrede, snažnog sustava koji osigurava Hrvatskoj elektroenergiju, jedan od bitnih resursa gospodarskog i civilizacijskog napretka naše zemlje.

2.2. Telekomunikacije

Telegrafi s kazaljkom koje su 1837. god. konstruirali C. Wheatstone i W. F. Cooke, a naročito telegrafski aparati F. Morsea označili su početak *telekomunikacijskog doba* u svijetu.

Izgradnjom prve telegrafske linije Celje-Zidani Most-Zagreb priključen je Zagreb na telegrafsku liniju Beč-Celje-Ljubljana-Trst. U rujnu 1850. god. proradila je i prva telegrafska postaja u Zagrebu. Izgradnju telegrafske mreže u Hrvatskoj možemo smatrati početkom javne primjene elektrotehnike u našoj zemlji. Tijekom vremena telegrafska mreža u Hrvatskoj brzo se širila, tako da su pored Morseovih uvođeni od 1870. god. Hughesovi sinkroni telegrafi, zatim od 1931. god. teleprinterski aparati, te konačno od 1994. god. telefaks- uređaji.

Nakon što je A.G. Bell na Svjetskoj izložbi u Philadelfiji 1876. god. izložio svoju jednostavnu konstrukciju telefona, njegova primjena širi se u svijetu vrlo brzo. Prvi telefon postavljen je u Zagrebu 1881. god., a već 1886. god. proradila je u Zagrebu i prva ručna telefonska centrala. Prva automatska telefonska centrala u Hrvatskoj za 5000 pretplatnika postavljena je 1928. god., a 1981. god. također u Zagrebu ušla je u promet prva elektronička telefonska centrala. Godine 1990. započelo se u Hrvatskoj s polaganjem svjetlovodnih kabela. Proradio je i mobilni sustav telefonije u Hrvatskoj, pa broj pretplatnika raste veoma brzo.

2.3. Elektronika, radiokomunikacije, računala

Smatra se da je *elektronička era* započela 1883. god. kada je T.A. Edison demonstrirao otkriće o prolazu električne struje između metalne elektrode i zagrijane niti (katode) u vakuumskoj cijevi. Godine 1904. A. Fleming konstruirao je diodu, a 1906. godine L. De Forest triodu, prvo pojačalo.

Godine 1947. započela je *poluvodička era*. Te su godine W.B. Shockley, J. Barden i W.H. Brattain prikazali prvi tranzistor u tvrtki Bell Telephone Laboratories. Već 1958. god. u Texas Instruments Co. razvijen je prvi integrirani sklop, a 1961. proizveden je prvi komercijalni integrirani sklop (chip) u Fairchild Co. Današnja tehnologija visoko integriranih sklopova omogućuje da se postigne smještanje i preko 100 milijuna tranzistora u višeslojnom chipu. Takva miniturizacija i niz drugih pogodnosti omogućuju danas neslućeno brz eksponencijalni razvoj elektronike i elektrotehnike, kao i informatike.

H.R. Hertz proizveo je 1887. god. elektromagnetske valove u laboratoriju, a 1896. je G. Marconi poslao telegrafski signal na udaljenost od 2,5 km. Na tom području ističu se doprinosima i N. Tesla i A.S. Popov, pa Marconi 1901. god. uspostavlja prvu radio vezu preko Atlantika. Zlatne godine radija bile su tridesete godine XX. st. Prva radio postaja u Jugoistočnoj Europi počela je emitirati 1926. god. u Zagrebu, a 1935./36. izgrađen je odašiljač veće snage. Godine 1949. Radio Zagreb pušta u pogon novi odašiljač od 135 kW.

Iako je P. Nipkow već 1884. god. započeo s istraživanjima prijenosa slike, tek se 1929. god. uzima kao početak *televizijske ere,* kada je ostvaren simultani prijenos slike i zvuka elektromagnetskim valom. Godine 1932. instalirana je prva komercijalna televizijska antena na vrhu Empire State Buildinga u New Yorku. Godine 1960. postaje popularna televizija u boji. U Zagrebu je 1956. godine započelo prvo emitiranje televizijskog programa u Hrvatskoj.

Godine 1946. na University of Pennsylvania prikazano je prvo elektroničko računalo pod imenom ENIAC. Sadržavalo je 18.000 elektronskih cijevi i bilo je teško oko 30 tona. Tek pojavom visoko integriranih poluvodičkih sklopova događaju se posljednjih godina drastične promjene u veličini, brzini i kapacitetu računala. Primjena osobnih računala (PC) i korištenje računalne mreže (INTERNET) širi se neviđenom brzinom u svijetu.

Sustavna primjena računala u Hrvatskoj započela je osnivanjem Računskog centra na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu 1967. god. Prvo postavljeno elektroničko računalo bilo je IBM 1130. Godine 1971. u Centru za obradu podataka grada Zagreba postavljeno je za to vrijeme vrlo snažno računalo IBM 370/155. Sveučilište u Zagrebu 1971. god. osnovalo je Sveučilišni računski centar (SRCE), koji je opremljen snažnim računalom UNIVAC 1106. U rujnu 1992. puštena je u rad Hrvatska akademska istraživačka mreža (CARNET), s nekoliko računalnih sustava u Zagrebu. U lipnju 1995. god. postavljeno je superračunalo IBM RISC SYSTEM/600 Scalable Parallel System na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu.

3. ELEKTROINDUSTRIJA U HRVATSKOJ

Elektroindustrija u Hrvatskoj započela je krajem XIX. stoljeća s malim radionicama i pogonima da bi pod kraj XX. stoljeća izrasla u nekoliko relativno velikih tvrtki i više tvornica na područjima energetike i elektrostrojarstva, automatike, telekomunikacija, elektronike, radiokomunikacija, transporta, brodogradnje, rasvjete, mjerne tehnike itd.

Godine 1919. osnovana je Tvornica motora u Zagrebu, koja 1921. god. postaje Siemensova tvornica elektromotora. Nastavila je 1946. god. kao Poduzeće "Rade Končar". Nakon 1990. god. pretvorbom je ustrojena nova tvrtka "Končar-Elektroindustrija" Zagreb. Ta najveća hrvatska elektroindustrijska tvrtka posluje na području industrije, energetike i trgovine, te ima ustrojen Institut za elektrotehniku.

Tijekom vremena stavljen je u pogon cijeli niz tvornica od kojih spominjemo samo neke: Munja (1921.), Elka (1926.), Kontakt (1925.) itd. Do II. svjetskog rata, točnije 1938. god. u hrvatskoj elektroindustriji djeluje oko 60 poduzeća. Nakon rata osnivaju se nove tvornice: Radioindustrija Zagreb-RIZ (1948.), Tvornica električnih proizvoda (TEP), Tvornica električnih žarulja-TEŽ (1949.), Dalekovod, Elektroprojekt (1949.), ATM, Digitron itd.

Krajem 1949. god. počela je u Zagrebu s radom Tvornica telefonskih uređaja-Nikola Tesla. Proizvodila je automatske telefonske centrale. Godine 1953. uspostavila je poslovno-tehničku suradnju sa švedskom tvrtkom Ericsson, da bi nakon 1990. god. pretvorbom postala snažna telekomunikacijska tvrtka "Ericsson-Tesla" Zagreb.

4. PERSPEKTIVE ELEKTROTEHNIKE

Opstanak suvremenog društva na dostignutom stupnju razvoja, kao i daljnji napredak u osnovi ovise o industrijskoj proizvodnji, transportu ljudi i dobara i prijenosu informacija, ali iznad svega o odgovarajućoj i pouzdanoj opskrbi energijom. Budući da električna energija ima goleme tehničke prednosti s obzirom na proizvodnju i prijenos, a ne uzrokuje ni posebne probleme za prirodni okoliš, nezamjenjiva je u mnogim područjima primjene. Kako su se potrebe za električnom energijom u razvijenim zemljama udvostručivale svakih deset godina, može se očekivati znatan porast potrošnje i ubuduće. S druge strane, dobro je poznata činjenica da prirodni izvori energije, kao ugljen, nafta, prirodni plin i hidroenergija nisu više raspoloživi u neograničenim količinama. U namjeri da se popuni "energetski gap" (približno period predvidiv od 1980. do 2070. godine) sve se više iskorišćuje nuklearna energija. Predviđa se nastavak toga trenda i ubuduće.

Stalni porast potrošnje energije i prisila prema većoj ekonomičnosti proizvodnje i prijenosa jasno ukazuju na potrebu stalnog unaprjeđenja i na nove razvoje u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije. S tim ciljem poduzimaju se značajna znanstveno-tehnološka istraživanja i bitne organizacijsko-strukturalne promjene u elektroenergetskim sustavima.

Tako se u području izgradnje rotacionih strojeva za proizvodnju električne energije postupno i stalno postižu unaprjeđenja. Vodom hlađeni generatori grade se već do snaga od 1500 M W, a predviđa se da će se tehnička i ekonomska ogranočenja ubuduće pomaknuti do snage od približno 2500 MW. Istraživanja generatora sa supravodljivim (uzbudnim) namotom upućuju na granice od 3000 MW i više.

Sve više se istražuju i razvijaju i alternativni izvori energije kao solarna energija, energija vjetra, bioenergija, gorivi elementi, te razni obnovljivi izvori energije itd. Oni se mogu koristiti u suradnji sa stabilnim elektroenergetskim sustavom, kao dodatni izvori, pogotovo u sustavima distribuirane generacije energije.

U području prijenosa energije uz prelazak na sve više i više prijenosne napone događaju se mnoga tehnološka unaprjeđenja . Velik napredak predstavlja upotrebu kompozitnih izolacionih materijala. Uz ostalo istražuje se i prijenos suprovodljivim kabelima. Tako su npr. u pokusima s trofaznim suprovodljivim kabelom pri prijenosu snage od 2.000.000 kW gubici snage u kabelu iznosili oko 80 kW/km, a isto toliko snage se gubilo i za hlađenje.

U razvijenim zemljama s velikom potrošnjom i snažnim elektroenergetskim sustavima uvode se sofisticirane metode upravljanja prijenosnim sustavima. Tako npr. da bi maksimirao prijenos energije, Institut za istraživanja u elektroenergetici u SAD (EPRI) izgradio je na energetskoj elektronici utemeljen Prilagodljivi izmjenični prijenosni sustav (FACTS). Taj sustav, koji selektivno koristi tiristorsko upravljanje pruža velike mogućnosti, kao visoku stabilnost sustava jer po-

moću tiristora može neusporedivo brzo (trenutno) kontrolirati sve prijelazne poremećaje u sustavu, itd.

Napredak u komunikacijama i elektronici je više nego iznenađujući.

5. ZNANOST I OBRAZOVANJE

Razvoj elektrotehnike pratilo je zanimanje naših znanstvenika za elektromagnetsku teoriju. Tako je već 1900. L. Stjepanek objavio opsežnu raspravu *Maxwellova teorija o elektricitetu*. Od 1927. do 1929. Josip Lončar (1891.-1973.) objavio je u Zagrebu knjigu *Konstrukcija radiostanica za primanje*, 1937. knjigu *O savremenoj televiziji*, 1939. *Uvod u električna mjerenja*, a 1940. počeo je s objavljivanjem temeljnog djela *Osnovi elektrotehnike*.

Osnivanje *Visoke tehničke škole* u Zagrebu 1919. predstavljalo je prekretnicu u razvoju elektrotehnike u Hrvatskoj . Na Elektroinženjerskom odjelu prvi su se put 1921./22. predavali elektrotehnički predmeti, a predavači su bili Josip Lončar, Raimund Fantoni, Edgar Montina i Robert Tijanić. Odjel su tvorili Zavod za elektrotehniku (kasnije Zavod za elektrostrojarstvo) i Laboratorij za električna mjerenja (kasnije Zavod za osnove elektrotehnike i električka mjerenja). Pečat studiju elektrotehnike, osim prof. Lončara, dali su i profesori Miroslav Plohl st. (1881.-1939.) i Juro Horvat (1882.-1954.). Godine 1926. Tehnička visoka škola ušla je u sastav Sveučilišta u Zagrebu kao Tehnički fakultet. Podjelom Tehničkog fakulteta 1956. osnovan je *Elektrotehnički fakultet* Sveučilišta u Zagrebu, a prof. Anton Dolenc (1905.-84.) postao je prvi dekan. Studij je prema tadašnjoj podjeli obuhvaćao smjerove jake i slabe struje. Godine 1995. fakultet je, u skladu sa svoja dva studija, promijenio ime u *Fakultet elektrotehnike i računarstva*. Studij elektrotehnike ima slijedeće smjerove: elektroenergetika, elektrostrojarstvo i automatizacija, industrijska elektronika, telekomunikacije i informatika, automatizacija, radiokomunikacije i profesionalna elektronika. Studiji elektrotehnike osnovani su i u Splitu 1960., u Osijeku 1992. i u Rijeci 1999. godine.

Napretku studija elektrotehnike i znanosti u Hrvatskoj u početnoj fazi pored već spomenutih doprinijeli su također Vladimir Žepić, Hrvoje Požar, Božidar Stefanini, Mladen Dokmanić, Tomo Bosanac, Radenko Wolf, Zlatko Plenković, Vojislav Bego, Mladen Hegedušić, Vinko Albert, Đuro Švarc, Tihomil Jelaković, Miroslav Plohl ml., Vladimir Muljević, Vladimir Matković, kao i mnogi njihovi suradnici i sljedbenici. Tijekom 80 godina postojanja samo na FER-u u Zagrebu diplomiralo je preko 11.000 inžinjera elektrotehnike i računarstva. Svi oni predstavljaju golem znanstveni i stručni potencijal na području elektrotehnike.

Godine 1924. u Zagrebu je počeo izlaziti časopis Radio-šport, a 1948. časopis Elektrotehničar. Sa zadovoljstvom možemo istaknuti da je Hrvatska elektroprivreda prije 50 godina, tj. 1951. počela izdavati časopis *Energija,* koji je značajno utjecao na razvoj elektroenergetike u Hrvatskoj. Uz časopis *Elektrotehnika*, koji je počeo izlaziti 1958., objavljuje se danas u Hrvatskoj još nekoliko kvalitetnih časopisa iz područja elektrotehnike i računarstva.

Na kraju istaknimo činjenicu da su snažan razvoj elektrotehnike i računarstva u Hrvatskoj u proteklom stoljeću imali velikog utjecaja na razvoj gospodarsatva uopće. Hrvatska danas ima snažnu i organiziranu elektroprivredu, jake radio i telekomunikacije i dobre perspektive za unaprjeđenje elektroindustrije.

LITERATURA

[1] V. MULJEVIĆ, "Elektrotehnika-Kronologija razvitka u Hrvatskoj", Zagreb, 1999.

[2] Monografija: Stoljeće Hrvatske elektroprivrede, Zagreb, 1995.

[3] K. SIMONYI, "Kulturgeschichte Der Physik", Akademiai Kiado, Budapest, 1990.

[4] Z. HAZNADAR, Ž. ŠTIH, "Electromagnetic Fields, Waves and Num. Methods", Amsterdam 2000.

[5] Siemens AG, Research and Development, München.

[6] IEEE Spectrum, Analysis and Forecast Issue Technology 1994.

[7] MITI Japan, Agency of industrial Science and Technology.

DEVELOPMENT AND PERSPECTIVES IN CROATIA AND IN THE WORLD

The paper offers a short review on electrical engineering in the past century and a half in Croatia and in the world. Electric energy supply, telecommunications, electronics, radiocommunications and computers are elaborated separately. The development of the Croatian electric energy company, telecommunications and electric industry are described in detail. Some assumptions on the perspectives of electric energy production and transmission are also given. Finally, the Croatian scientific research and education are approached.

ENTWICKLUNG UND AUSSICHTEN IN DER WELT UND IN KROATIEN

Im Artikel ist eine kurzgefasste Entwicklungsübersicht der Elektrotechnik in der Welt und in Kroatien, das vergangenen Andetrhalbjahrhundert hindurch dargestellt. Besonders bearbeitet sind Bereiche der Elektroenergetik, des Fernmeldewesens, der Elektronik, des Rundfunkwesens und der Datenverarbeitung. Ausführlich beschrieben sind die Entwicklung der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft, des Fernmeldewesens und der Elektroindustrie in Kroatien. Es sind Hinweise auf Aussichten im Bereich der Erzeugung und Übertragung der elektrischen Energie gegeben.

Zum Schluss sind Wissenschaft und Unterrichtswesen bearbeitet.

Naslov pisca:

Prof. dr. sc. Zijad Haznadar, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-03-20.

RAZVOJ I BUDUĆNOST INDUSTRIJE ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA U HRVATSKOJ

Prof. dr. sc. Zlatko P l e n k o v i ć, Zagreb

UDK 621.312
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazuje se povijesni razvoj tvrtke KONČAR od osnivanja jugoslavenskog SIEMENS-a AG 1921. g. do današnjih dana. Daje se osvrt na početak vlastitog tehničkog razvoja, razdoblje velikog koncerna, od 1990. g. do danas. Poseban osvrt dan je na globalizaciju tržišta i na budućnost industrije elektroenergetskih postrojenja u Hrvatskoj.

Ključne riječi: industrija elektroenergetskih postrojenja, globalizacija tržišta, stečaj, izvoz, izgradnja.

ŠTO JE POTAKLO RAZVOJ KONČARA?

Prije 80 godina, 24. siječnja 1921., dva inženjera osnovala su poduzeće ELEKTRA koje je preuzelo zastupanje poduzeća SIEMENS. Nekoliko mjeseci nakon toga predložilo je poduzeće SIEMENS da ono uđe sa svojim kapitalom u poduzeće ELEKTRA i da se ELEKTRA reorganizira u jugoslavenski SIEMENS AG. Poduzeće je registrirano 2. srpnja 1921. godine. Na Trešnjevci je kupljeno 6.000 m^2 zemljišta i izgrađena radionica u kojoj je radilo 40 radnika na popravcima SIEMENSOVIH kućanskih aparata i elektromotora.

Godine 1926. Visoka tehnička škola u Zagrebu reorganizirana je u fakultet. Prvi inženjer elektrotehnike Juraj Škreb diplomirao je 1928. godine i zaposlio se u SIEMENSU - Zagreb. Time je započela veoma važna veza između Elektrotehničkog fakulteta i današnjeg Končara.

U Jugoslaviji je 1930. godine donesen zakon po kojem su domaći proizvođači mogli biti 10-15% skuplji od inozemnog proizvođača. Uvedene su povoljne carine, pa je za elektromotore carina iznosila 200 zlatnih dinara za 100 kg, a za dijelove motora samo 32 zlatna dinara. Ti propisi potakli su SIEMENS da organizira u svom pogonu namatanje i montažu motora, polužnih sklopki, rastavljača i potpornih izolatora. Ubrzo se je pokazalo da proizvodnja može biti još jeftinija ako se dijelovi motora izrade u Zagrebu, te se je ovdje već 1939. godine proizvodilo 80% dijelova. Bio je to važan trenutak u budućoj razvojnoj orijentaciji.

Godine 1927. zaposlio se u SIEMENSU dipl. ing. Anton Dolenc, koji je 1932. imenovan upraviteljem pogona na Trešnjevci i godinama bio "spiritus movens" ukupnog razvoja. Tako je on, da poboljša konkurentnost zagrebačkih motora, došao na ideju da statore namota lakom izoliranom žicom umjesto pamukom, kako je to do tada bilo uobičajeno u svijetu. Uz tanju izolaciju lakom mogao se povećati promjer bakra, i tako povećati snaga motora. Ti motori ispitani su u Beču, i za tamošnje stručnjake bilo je "pravo čudo" da ti motori, dobro impregnirani, mogu raditi i satima pod vodom. Ti motori nosili su iste tipske oznake kao i oni proizvedeni u SIEMENS Beč, ali su uz broj motora imali i oznaku Z (Zagreb).

Dipl. ing. Dolenc imenovan je 1939. godine za honorarnog nastavnika na Elektrotehničkom fakultetu, a 1946. postao je redovni profesor.

Nakon rata 1945. godine vlada Hrvatske osnovala je poduzeće ELIH (Elektroindustrija Hrvatske). U sklopu ELIH-a ušla je tvornica SIEMENS, koja je promijenila ime u "Pogon Rade Končar", te elektrotehnička poduzeća: AEG, Elka, Noris, Kontakt i Croatia.

U ELIH-u se je odmah započelo s projektiranjem novih proizvodnih kapaciteta Končara s ciljem da Končar postane proizvođač elektrana i ostale elektroenergetske opreme. Pretpostavili smo da će godišnji rast potrošnje električne energije u Jugoslaviji biti 10%. Na temelju toga izračunali smo potrebnu godišnju proizvodnju generatora, transformatora, sklopki itd. Tako je započela izgradnja današnjih postrojenja Končara na Trešnjevci.

POČETAK VLASTITOG TEHNIČKOG RAZVOJA

Tijekom Drugog svjetskog rata prekinuta je izgradnja HE Mariborski otok. Proizvodnja generatora za tu elektranu započela je kod SIEMENS-a u Berlinu. Po završetku rata dogovoreno je da te generatore is-

poručuje Sovjetski Savez, ali zbog spora s Informbiroom taj dogovor je propao. Bili smo izolirani s istoka i zapada. Inženjeri Končara, pod vodstvom prof. Dolenca, odlučili su da se taj generator snage 24000 kVA proizvede u Končaru. To je uspješno dovršeno, te je generator pušten u pogon u jesen 1948. godine, što je za Končar bio golem uspjeh i ohrabrenje da se upustimo vlastitim snagama u gradnju najvećih generatora, transformatora i ostale elektroenergetske opreme.

Znanja potrebna za ispravno projektiranje i tehnologiju proizvodnje nije bilo lako steći. Dio znanja dobili smo od njemačkih inženjera koji su nakon rata bili u zarobljeništvu i dodijeljeni su na rad u Končar. Uspjeli smo nagovoriti jednog projektanta generatora (ing. Witman) da dođe iz bečkog SIEMENS-a na rad u Zagreb. Jedan inženjer specijalist za automatsku regulaciju napona (ing. Pancakievich) došao je na rad u Končar iz Njemačke, a jedan projektant transformatora (ing. Prodan) iz Italije. Na razvoju transformatora uspostavljena je i suradnja s prof. Vidmarom iz Ljubljane. Smatrali smo da je pametnije plaćati strane stručnjake da nas pouče samostalno projektirati elektroenergetsku opremu nego kupovati licence.

KONČAR POSTAJE VELIKI KONCERN

Širenjem proizvodnje i organizacijom pojedinih pogona izvan Trešnjevke i Zagreba bilo je potrebno provesti decentralizaciju centralnog konstrukcijskog ureda po pojedinim pogonima. Dana 31. ožujka 1961. godine osnovan je Elektrotehnički institut za znanstvenoistraživački rad na razvoju proizvoda, tehnoloških procesa i mjernih metoda s područja elektrotehnike. Time su inženjeri koji su iz konstrukcijskog ureda i tehničke kontrole došli na rad u Institut bili oslobođeni dnevne problematike, i mogli su se posvetiti studioznom radu za budućnost.

U Institutu su izgrađeni razni laboratoriji koji su omogućili vlastiti razvoj proizvoda. Pilot proizvodnja elektroničkih i mjernih uređaja postala je organizacija s 200 suradnika, te je 1973. izdvojena iz Instituta i osnovan je Inženjering za projektiranje i proizvodnju industrijske elektronike - INEM.

Posebna skupina inženjera Instituta radi na razvoju magneta za nuklearna istraživanja. Do 1984. godine izvezeno je institutima u Švicarskoj, Njemačkoj, Italiji i Engleskoj 245 raznih magneta i druge opreme ukupne mase 1584 tone.

1970. godine trebali smo proizvesti opremu za HE Đerdap. To je bio novi izazov za inženjere Končara. Vlastitim znanjem razvijeni su generatori snage 190 MVA. Za proizvodnju transformatora 400 kV nedostajala su nam ispitivanja na realnim modelima. Raspisan je međunarodni natječaj za 4 transformatora snage 380 MVA uz uvjet da ponuđač isporuči prvu jedinicu i da proizvodnu dokumentaciju preda domaćem proizvođaču, koji će isporučiti ostale tri jedinice. Posao je dobila ASEA, a mi smo dobili izvanrednu priliku da provjerimo svoje proračune.

Godine 1965. izdvojena je iz Instituta skupina inženjera koji rade na razvoju digitalnog upravljanja s komponentama visokog stupnja integracije i mikroprocesorima. Na temelju tog razvoja isporučeni su mnogi sustavi daljinskog vođenja i dispečiranja u elektrodistribuciji i mnogi sustavi u raznim područjima industrije i u elektranama.

Razvoj niskonaponskih aparata započeo je razvojem grebenastih sklopki, a početak proizvodnje niskonaponskih prekidača bilježimo 1964. godine po licenciji talijanskog poduzeća SACE. Cjelokupna serija kasnije je inovirana vlastitim rješenjima manjih dimenzija i povećane prekidne moći. Godine 1987. prodana je licencija za proizvodnju prekidača Indiji, a 1992. za grebenaste sklopke Poljskoj.

1972. godine uspjeli smo se u suradnji s Jugoslavenskim željeznicama dogovoriti da proizvodnju diodnih lokomotiva organiziramo po licenciji tvrtke ASEA. Zahvaljujući vlastitom razvoju elektronike, rotacionih strojeva, transformatora, te razvoju metoda proračuna mehaničkog naprezanja mehaničkog dijela lokomotive mogli smo 1981. razviti vlastito rješenje 4-osovinske tiristorske lokomotive snage 4400 kW za brzine do 160 km/h.

KONČAR OD 1990. DO DANAS

Nakon raspada Jugoslavije i za vrijeme Domovinskog rata došlo je do radikalnog smanjenja tržišta elektroenergetskih postrojenja. Bilo je jasno da na tom smanjenom tržištu Končar ne može opstati s 20.000 zaposlenih. Počeli su nemilosrdni stečajevi pojedinih Končarevih pogona. Iako sam bio u mirovini oko mene se okupilo 10 mojih bivših studenata, i zajedno smo razmišljali što da poduzmemo da se spasi ono što smo godinama razvijali. Dogovorili smo se da ću pokušati uspostaviti kontakt s vladom Hrvatske i da ćemo predložiti da se u stečajeve ide organizirano tako da se odmah osnuje novo poduzeće, u kojem će se zaposliti ključni stručnjaci koji će svojim znanjem nakon ratnih neprilika ponovno moći organizirati povećanu proizvodnju.

Bili smo primljeni kod tadašnjeg predsjednika Vlade i njegovog pomoćnika. Tamo nam je objašnjeno da je Končar "hohštapleraj" i ništa od naših prijedloga nije prihvaćeno. Bila je to vlada koja je sve znala i nije joj trebala suradnja sa stručnjacima iz proizvodnje.

Končar je došao u situaciju da u 10 godina u Hrvatskoj nije započela izgradnja niti jedne elektrane, da Hrvatske željeznice ne trebaju lokomotive, da je izvoz Končara u sve kontinente svijeta oko 1985. iznosio 140 milijuna USD godišnje, da bi od 1991. iznosio cca polovicu te vrijednosti. Broj zaposlenih smanjio se na 4500. Ipak pokazalo se da je Končar žilavo poduzeće, jedno od rijetkih velikih poduzeća koje se je održalo u

Hrvatskoj. Srećom ostali su mnogi sposobni inženjeri koji su u međuvremenu osposobili i novu generaciju stručnjaka, i siguran sam da bi oni mogli u kratkom vremenu ponovno podvostručiti sadašnji nivo izvoza, ali oni to ne mogu postići sami. Potrebno je da vlada Hrvatske shvati da je Hrvatska mala zemlja i da se u njoj gotovo ništa ne isplati proizvoditi ako nismo razvili proizvod koji je konkurentan na svjetskom tržištu. Končar je elektrane prodao diljem svijeta na licitacijama na kojima je pobijedio najveće proizvođače elektroenergetskih postrojenja.

GLOBALIZACIJA TRŽIŠTA

Globalizacijom tržišta stvorena je situacija da se na slobodnom tržištu nalaze s jedne strane bogati, koji raspolažu jeftinim kapitalom i skupom radnom snagom, a na drugoj krajnosti siromašni koji raspolažu samo jeftinom, uglavnom nekvalificiranom radnom snagom.

Što rade u toj situaciji razvijeni, koji su potakli globalizaciju tržišta i postavili pravila igre kojima nastoje zaštititi svoj položaj?

1. Da bi smanjili troškove razvoja i marketinga po pojedinom proizvodu fuzioniraju se u velike koncerne. U Europi su preostala samo dva proizvođača elektroindustrijskih postrojenja - SIEMENS i ABB. Oni su u matičnim zemljama gdje je rad skup zadržali samo razvoj, projektiranje i marketing elektroenergetskih postrojenja.
2. Proizvodnju komponenata postrojenja, kao što su npr. transformatori, čija se proizvodnja može jeftinije organizirati u srednjerazvijenim zemljama, organizirali su u svojim pogonima u tim zemljama od kojih kupuju te komponente po cijeni uz koju nema dobiti, a dobit ostvaruju prilikom prodaje postrojenja. Zato nam se sugerira da razvijemo mala i srednja industrijska poduzeća u kojima bi se proizvodile komponente za finalni proizvod.
3. Proizvodnju koju se može organizirati s pretežno polukvalificiranim radnicima organiziraju u svojim pogonima u nerazvijenim zemljama s time da su prodaju zadržali u svojim rukama. PHILIPS je organizirao npr. proizvodnju svojih brijaćih aparata negdje na istoku. Za 80-godišnjicu Končara dobio sam majicu na kojoj piše "Hanes Belgium Made in Bangladesh".

Što moramo poduzeti da bismo iskoristili svoje potencijale na globaliziranom tržištu?

1. Mi nećemo na svjetskom tržištu konkurirati onim proizvodima čija se proizvodnja može organizirati u nerazvijenim zemljama. Mi smo u Europi, i naši radnici ne mogu raditi za plaće koje za taj rad dobivaju radnici u Bangladeshu.
2. Mi možemo i moramo nastaviti konkurirati razvijenima sa složenim finalnim proizvodima, kao što su brodovi, elektrane, proizvodi Plive i drugih velikih izvozno orijentiranih poduzeća. Končar je dokazao dosadašnjim izvozom da to tehnički može realizirati, ali problemi nastaju u kreditiranju izvoza. Dosadašnji način kreditiranja preko HBOR-a i poslovnih banaka nije uspješan, i vlada treba hitno organizirati državnu banku za kreditiranje izvoznih poslova.
3. Uspješan razvoj hrvatske privrede ne može se postići oslanjanjem samo na mala i srednja poduzeća u kojima se u većini slučajeva proizvode komponente za finalni proizvod. Končar je razvio gotovo sve komponente elektroenergetskih postrojenja i mnoge od njih izvozi mnogim svjetskim koncernima. Zašto ne bismo i mi te komponente ugrađivali u elektrane koje smo mi projektirali, i time uz Končar zaposlili mnoge kooperante strojarske i građevinske industrije. Samo tamo gdje ne možemo organizirati proizvodnju finalnog proizvoda (npr. automobil) trebali bismo stimulirati svjetske kompanije da osnuju kod nas proizvodnju dijelova.
4. Treba omogućiti domaćim proizvođačima da steknu reference za novorazvijene proizvode na domaćem tržištu.
   Hrvatski proizvođači osnovali su konzorcij CROTRAM s ciljem da dobiju proizvodnju 170 niskonaponskih tramvaja, što predstavlja vrijednost od cca 650 milijuna DEM. Koliko hrvatskih radnika može na tom poslu naći zaposlenje možemo zaključiti iz podataka da 4500 zaposlenih u Končaru proizvede godišnje cca 400 milijuna DEM. Ukoliko grad Zagreb za ovaj posao raspiše međunarodni natječaj, onda će domaći proizvođači biti eliminirani, jer nemaju referencu za baš takav tramvaj. Ja mislim da vlada kojoj je prioritet zapošljavanje ne bi smjela dozvoliti da se na tom poslu ne zaposle hrvatski radnici, i da pored toga na raznim porezima izgubi cca 9-10 milijuna DEM.
5. Ne smije se dozvoliti da naša poduzeća koja konkuriraju stranim kompanijama postanu njihovo vlasništvo, s čime se naši političari međusobno ne slažu.
6. Hrvatski ambasadori trebali bi postati ambasadori našeg izvoza širom svijeta.

BUDUĆNOST INDUSTRIJE ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA U HRVATSKOJ

Tek ako vlada Hrvatske riješi prethodno navedene probleme možemo očekivati razvoj Končara i njegovih kooperanata. Za razvoj, projektiranje, konstrukciju, proizvodnju, ispitivanje, montažu i puštanje u pogon jednog generatora potreban je čitav niz stručnjaka. Ozbiljna proizvodnja ne može biti organizirana sa samo po jednim stručnjakom u tom nizu. Opseg proizvodnje Končara potrebno je hitno podići na predratni opseg proizvodnje. Mislim da se ne moramo bojati

konkurencije "velikih" na onom području proizvodnje u kojem je potrebno veliko sudjelovanje inženjerskog i stručnog rada. To je sigurno gradnja hidroelektrana, u čemu imamo dovoljno iskustva i reference. Srećom tu imamo dobru suradnju s proizvođačem turbina Litostrojem i projektantima iz Elektroprojekta. Za proizvodnju parnih turbina Končar je izgubio partnera u tvornici turbina u Karlovcu. Možda se na tom području i ne moramo upuštati u borbu s velikima, jer pod utjecajem "zelenih" nuklearne elektrane su prošlost, a i visokih dimnjaka se svi boje. Mislim da budućnost leži u manjim elektranama koje se mogu smjestiti u centar potrošnje s dizel motorima i plinskim turbinama. Tu bi Končar trebao osigurati kooperante za isporuku takvih elektrana.

U Hrvatskoj se je počelo razmišljati o izgradnji vjetroelektrana, te su napravljena mjerenja na 89 lokacija na priobalju i otocima. Odabrano je 29 pogodnih lokacija na kojima se mogu izgraditi vjetroelektrane snage 370 MW s godišnjom proizvodnjom od 790 GWh. Za usvajanje proizvodnje vjetroelektrana nakon projektiranja i konstrukcije, što za Končarev Institut ne predstavlja problem, trebalo bi pristupiti izradi prototipa. To zahtijeva prilična financijska sredstva, koja Končar kod sadašnjeg opsega proizvodnje ne može osigurati. Končarev Institut je za razvojne projekte dobio od Ministarstva znanosti i tehnologije 1% od svog godišnjeg budžeta. S time se ovakovi projekti ne mogu ni započeti. Predlažem da vlada Hrvatske u periodu dok se naša izvozno orijentirana industrija ne vrati u predratno stanje dade toj industriji poticaj od 8 do 10% vrijednosti izvoza kao što je to omogućila brodogradnji, uz uvjet da se ta sredstva upotrijebe za razvoj novih proizvoda. Taj razvoj bi morao biti organiziran od instituta za znanstveno istraživački rad.

DEVELOPMENT AND FUTURE OF THE CROATIAN INDUSTRY OF ELECTRIC ENERGY FACILITIES

In the paper the development of the Croatian electrical industry from 1921 until now is given. Basic data on the establishment of Konèar Company are mentioned, as a representative of electrical industry. Some recommendations concerning the future attitude towards that branch of economy are included.

DIE ENTWICKLUNG DER INDUSTRIE DER ELEKTROENERGETISCHEN AUSRÜSTUNG IN KROATIEN UND IHRE ZUKUNFT

Dargestellt ist die Entwicklung der Industrie der elektroenergetischen Ausrüstung in Kroatien von dem Jahre 1921 bis heute. Vorgestellt sind die Grundangaben über die Errichtung der Firma Konèar als den typischen Beispiel der Elektroindustrie, sowie die Empfehlungen für die künftige Beziehung gegenüber diesem Wirtschaftzweige.

Naslov pisca:

Prof. dr. sc. Zlatko Plenković, dipl. ing.
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-03-18.

SA SLOBODNIM TRŽIŠTEM ELEKTRIČNE ENERGIJE - OPREZNO

Akademik Božo U d o v i č i ć, Zagreb

UDK 65.011.1
PREGLEDNI ČLANAK

U članku se govori o tržištu kao takvom, specifičnostima tržišta u elektroenergetskom sustavu, globalizaciji na tržištu itd. Poseban je naglasak na tehničko-ekonomskih specifičnosima električne energije kao "robe", zbog istovremenosti proizvodnje i potrošnje i svega onoga što iz toga proizlazi. Iz tih specifičnosti proizlaze velike potreškoće oko određivanja cijena električne energije i snage (gubici, varijacije potrošnje tijekom dana i sezone, stabilnost, problem jalove energije itd.). Na temelju spoznaja o onome što se događalo i što se događa, a posebno nakon kalifornijskog iskustva preporuča se oprez kod pristupa slobodnom tržištu električne energije.

Ključne riječi: tržište, deregulacija, slobodno tržište, energetski i elektroenergetski sustav, cijene električne energije, monopol, lokacija, izvori i postrojenja.

UVOD

Tržište, prema konvencionalnoj predodžbi, obilježava odnos što ga sudionici u razmjeni uspostavljaju ponudom i potražnjom. Izraz je toga odnosa cijena koja različite pojedinačne kvalitete sažima i transformira u opću kvalitetu.

Protivnici tržišta većinu iznesenih kvalifikacija dovode u sumnju ili ozbiljno, pa čak i do kraja osporavaju. Njihove se primjedbe u tom kontekstu tiču imperfekcije tržišnoga mehanizma, njegove vidljive insuficijencije i visokog stupnja manipulacije tržišnog odnosa. I ekonomska teorija i praksa prepoznaju deformaciju tržišnog mehanizma, ali je nedovoljno, ili gotovo uopće ne objašnjavaju. Upravo ta okolnost raspravu o tržištu dovodi na brisani prostor izdvojene i nespojive intelektualne percepcije što otvara mogućnost beskrajnih pretpostavki i modifikacija.

Iako se često govori o slobodnoj tržišnoj razmjeni, ta razmjena nije mogla nikada biti slobodna jer je ograničena postojanjem mnogih zakona i odredbi, a bez tih zakona i odredbi imali bismo u tržišnoj razmjeni potpunu anarhiju, pa je zbog toga potrebno oprezno pristupiti pojmu slobodne tržišne razmjene.

TRŽIŠTE U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU

U sagledavanju budućnosti razvoja elektroenergetskog sektora i odnosa u njemu, prioritetno se nameće pitanje tržišta električne energije i njenog regulacijskog dometa u osiguranju rješenja za sve probleme. Mišljenja o dometu tržišta su dijametralno podijeljena. Zapravo, obje krajnosti su neprihvatljive: ne smije se odbaciti tržišni mehanizam, a niti se smije prihvatiti stajalište potpunog povjerenja u ovakve mehanizme. Realan i kritičan odnos prema tržištu pomoći će da se iskoriste njegove pozitivne strane i ublaže ili eliminiraju njegove negativne posljedice.

U elektroenergetskom sektoru, kao i u drugim sektorima gospodarstva, tržište je snažan poticaj za porast efikasnosti i smanjenja troškova. Međutim, izvori energije su oskudni i prilično neravnomjerno raspoređeni. To je sektor u kojem su u pravilu i najveći monopolisti. Prirodni monopol pojavljuje se i kod umreženih dijelova elektroenergetskog sektora. Tržište ovakvog tipa ne može se osloniti na vlastite mehanizme i zahtijeva intervenciju institucija javne vlasti.

Usprkos činjenici da je tržište nesumnjivo najbolji jamac raspoloživosti dobave, posebno ako su izvori šire raspoređeni, ono ne jamči da će potražnja za električnom energijom nastaviti s kretanjem u pravom smjeru. Nužno je da tržište bude vođeno dugoročnim usmjerenjem osiguranim državnom energetskom politikom.

Ono što je danas zajedničko u razmišljanjima i planovima razvijenih zemalja, a što proizlazi iz minimuma zajedničkih obveza o elektroenergetskom tržištu u Europskoj uniji, i što se postupno pretvara u realnu praksu jest otvaranje tržišta, uvođenje konkurencije, omogućavanje izbora potrošaču, povećanje efikasnosti i smanjenje troškova. Interes je svake pojedine zemlje uklopiti se u ukupno međunarodno tržište sa svim standardima i institucijama.

Važno je napomenuti da otvaranje tržišta u elektroenergetskom sektoru nije "raj na zemlji". Prema iskustvima i dilemama razvijenih zemalja izgradnja

tržišta je zahtjevan proces, s aktivnom ulogom u izgradnji tržišta, jednako aktivnom ulogom u implementaciji tržišta, u zaštiti potrošača, sigurnosti opskrbe i dugoročnom uravnoteženju potreba i proizvodnje.

Promjene u tržištu energije razvijenih zemalja potaknute su zahtjevima za uvođenjem konkurencije i smanjenjem utjecaja monopola, što treba pridonijeti povećanju učinkovitosti poslovanja tvrtki na elektroenergetskom tržištu, kao i smanjenju troškova za potrošača. To također ima za posljedicu jasnije preciziranje kvalitete energije koja se isporučuje potrošaču, te izgradnju sustava zaštite interesa potrošača.

Bogate zemlje, da bi i dalje koristile svoje prednosti, lansirale su "globalizaciju" promjena.

Globalizaciju Ekonomski leksikon definira kao "proces povezivanja industrijskih i financijskih aktivnosti na svjetskom tržištu", što se manifestira "općim trendom liberalizacije tokova roba, informacija, financijskim tokovima i drugim". Na čelu "globalizacije" nalaze se multinacionalne kompanije koje i dalje žele diktirati onu istinu koju oni tumače. Iz navedene definicije lako se može zapaziti da se ne spominje čovjek i njegovo pravo na život, slobodu i rad, ali se spominje liberalizacija tržišta. Što li će ta liberalizacija donijeti siromašnima?

U svojim nastojanjima i radu, kada govorimo o budućnosti, toga moramo biti svjesni. Svaki razvoj traži određene (odgovarajuće) količine energije, te je radi toga potrebno nešto kazati i o odnosima cijena električne energije.

Tržište u elektroenergetskom sustavu znatno je složenije i osjetljivije jer se moraju zadovoljiti tehničko-tehnološko-ekonomske specifičnosti koje proizlaze prije svega iz:

- Istovremenosti proizvodnje i potrošnje električne energije, tj. nemogućnosti "uskladištenja" što bitno uvjetuje parametre izgradnje i eksploatacije sustava; s obzirom na velike oscilacije u dnevnom i sezonskom dijagramu korištenja električne energije, i s obzirom da elektroenergetski sustav mora sigurno, pouzdano i kvalitetno zadovoljiti sve potrošače u vršnim i malim opterećenjima. Proizvodnja, prijenos i distribucija elektroenergetskog sustava je izuzetno složen, trajan i odgovoran zadatak, koji traži visoki stupanj koordinacije svih dijelova sustava, ne samo u samom sustavu, nego i na njegovom ulazu (hidro energija, kruta goriva, plin, nuklearna energija itd.) i na njegovom izlazu (napon i frekvencija), a posebno zahtijeva i postajanje "rezerve", koja ima i svoju ulogu i svoju cijenu.
- Električna energija nema identitet svog proizvođača, ne daje kupcu, odnosno korisniku veliku mogućnost izbora proizvođača i dobavljača, a proizvođač je po svojim ekonomskim značajkama "prirodni monopol", tako da se u elektroenergetskim sustavima mogu generirati samo "kvazi tržišni" odnosi, tj. odnosi vrlo ograničene konkurencije.
- Električna energija je praktički nezamjenljiva, ne može se supstituirati (osim ako se proizvodi toplina), neelastična je na odnos ponude i potražnje, što njene monopolne značajke čini neotklonjivima.
- Proizvodni i prijenosni kapaciteti u elektroenergetskom sustavu su kapitalno – intenzivni, s dugim rokovima izgradnje i angažiranjem velikih sredstava, pa njihovo projektiranje, financiranje i izgradnja predstavljaju strateške odluke od najvećeg nacionalnog značenja.
- Veličina elektroenergetskog sustava, kao vlasničke i organizacijske cjeline, mjerene instaliranom snagom proizvodnih i prenosnih kapaciteta, bitno će utjecati na utvrđivanje njegovih razvojnih ciljeva i poslovne strategije, način i uvjete eksploatacije i njegove ekonomske parametre, tarifne sustave i posebno na mogućnosti i uvođenja konkurentskih odnosa u proizvodnji i ponudi.
- S obzirom na izuzetno i vitalno značenje elektroenergetskog sustava za razvoj i funkcioniranje nacionalne ekonomije i činjenicu da svaki poremećaj u opskrbi električnom energijom izaziva nesrazmjerne štete, svaka država nastoji raspolagati takvim kapacitetima sustava, koji će joj trajno osiguravati visoki stupanj samodovoljnosti električnom energijom i odgovarajući utjecaj na razvoj i eksploataciju sustava.
- Zahvaljujući prije svega tim značajkama, stalna nastojanja upravljačkih struktura elektroenergetskih sustava za povećanjem efikasnosti, smanjenjem troškova i racionalnijem korištenju resursa, opterećena su brojnim ekonomskim, organizacijskim i vlasničkim dvojbama, te različitim putevima njihovog rješavanja.

Posebno je važno istaknuti da dispečerska služba u nacionalnom elektroenergetskom sustavu mora imati mogućnost putem dispečera upravljati svim postrojenjima sustava u skladu s unaprijed zadanim kriterijima, jer samo na taj način elektroenergetski sustav može funkcionirati u skladu s ulogom koju ima u nacionalnoj ekonomiji. Vlasništvo nad pojedinim postrojenjima ne može biti zapreka za jedinstvenim upravljanjem sustavom, na koje vlasnik praktički ne može utjecati.

SPECIFIČNOSTI KOD ODREĐIVANJA CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE I UVOĐENJA SLOBODNOG TRŽIŠTA

Cijene električne energije (tijekom dana i sezona) i njihovi odnosi predstavljaju jedan od najvažnijih elemenata elektroenergetske politike, jer se s cijenama može postići ili promašiti cilj zadan strategijom razvoja. Osim toga, niske cijene i loše uspostavljeni njihovi odnosi (snage i energije) mogu biti uzrokom donošenja pogrešnih investicijskih odluka ili izvorište neracionalne potrošnje električne energije.

Svi su ti utjecaji rezultirali stvaranjem nekih odnosa cijena snage i energije, koji nisu uvijek čvrsti i nepromjenljivi, ali su ipak dovoljno postojani. Nikada u novije

doba nije došlo do revolucionarnih promjena u ekonomskoj konstelaciji snaga u zemljama s tržišnim gospodarstvom, pa ni onda kad su to pojedine vlade željele, jer je utjecaj električne energije na cijelu nacionalnu proizvodnju toliko značajan, da se odustajalo od eksperimentiranja.

Razvijene zemlje potaknute razbijanjem monopola na razini država krenule su, u prvom planu bilo je to zbog profita, u uvođenje slobodnog tržišta kod trgovine električnom energijom. Po svemu sudeći ključnu ulogu kod toga su imali ekonomisti koji nisu dovoljno dobro poznavali tehničko-tehnološke osobitosti električne energije kao robe. Električna energija ne može se i ne smije tretirati kao durga roba. Ona teče po određenim zakonima (Kirchhoffovim zakonima) koji kažu da struja teče linijom manjeg otpora, pa se zbog toga električna energija ne može tretirati kao obična roba.

Tokovi električne energije, a prema tome i gubici (snage i energije), ne mogu se jednostavno odrediti niti locirati, jer će oni ovisiti o rasporedu i lokaciji potrošnje, te o rasporedu i angažiranju pojedinih izvora električne energije. Osim toga, u paralelnom radu elektroenergetskih sustava postavlja se pitanje obračuna reaktivne energije i snage, te problem održavanja stabilnosti sustava (statičke i dinamičke). Obračuni (cijene energije i snage) koji bi sve to uzimali u obzir ne mogu biti laki i jednostavni.

Razlozi da se krenulo u slobodnu trgovinu električnom energijom prvenstveno su (deklasirani) sadržani u težnji za povećanjem učinkovitosti rada elektroenergetskih sustava s ciljem smanjenja troškova i cijena električne energije, povećanoj sigurnosti i stabilnosti opskrbe potrošača, te rušenju dugogodišnjih monopola u proizvodnji i opskrbi tržišnim nadmetanjem elektroprivrednih subjekata na otvorenom tržištu.

Moje mišljenje je da su razlozi sasvim drugi i gledajući dugoročno, a tako bi se moralo gledati, slobodno tržište električnom energijom moglo bi se nekim zemljama vratiti kao bumerang. Naime, kada se planira izgradnja elektroenergetskog sustava ona se planira na rok od trideset godina (vijek trajanja postrojenja) i kroz to vrijeme se traži ekonomija i opravdanost investicijskog zahvata. Slobodno tržište električnom energijom obavlja se (trgovina) u jednom satu ili čak u pola sata. Smatram da je do slobodnog tržišta električnom energijom došlo u Europi zbog izgrađenosti pojedinih sustava uz istovremenu recesiju ili stagnaciju gospodarstva u Zapadnoj Europi, a zbog totalnog raspada tržišta i gospodarstva u Istočnoj Europi. Međutim, u SAD nije bilo na razini države, čak nije bilo ni na razini pojedinih saveznih država, jedinstvenog elektroenergetskog sistema, pa su oni krenuli u povezivanje tih sustava i trgovinu električnom energijom. Europske zemlje su već desetljećima u paralelnom radu i vršile su tzv. razmjenu energije i snage, pa imaju znatno više iskustva u razmjeni, a ona je temeljna podloga za uvođenje slobodne trgovine električnom energijom.

Trgovina električnom energijom može u doglednoj budućnosti imati katastrofalne posljedice ako se pri toj trgovini zaboravi na razvoj i igradnju novih izvora i postrojenja za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije. Ovo posebno naglašavam zbog toga što je problem izgradnje elektroenergetskog sustava, gotovo u svim zemljama, došao pred zid kad je u pitanju lokacija pojedinih dijelova sustava, a posebno izvora električne energije. Osim toga, istočne zemlje (vjerojatno će postupno krenuti u oporavak njihova gospodarstva) će morati zadovoljiti povećane potrebe svojih potrošača, pa će problemi izgradnje novih postrojenja, zbog pomanjkanja financijskih sredstava, postati veliki problemi. Zapadne zemlje će nuditi kapital, jer ga imaju u izobilju, što će istočne zemlje prihvaćati ili "morati" prihvaćati, ali za očekivati je da će i u tim zemljama doći do povećanog nezadovoljstva vezanog za lokacije (zaštita okoliša), pa bi izgradnja zaista mogla postati upitnom.

Zaneseni prvim rezultatima zagovornici slobodnog (otvorenog) tržišta zaboravljaju na navedeno, pa svim srcem i umjećem predlažu i obrazlažu uvođenje slobodnog tržišta električne energije.

Slobodno tržište električne energije dovelo je do rušenja cijena električne energije u zemljama Zapadne Europe, dok je u tranzicijskim zemljama došlo do povećanja cijena, najviše zvog socijalne politike regulacije cijene električne energije koja je bila prisutna u svim tranzicijskim zemljama. Odnosno, cijene su na Zapadu bile visoke, a u tranzicijskim zemljama niske. Proklamirani cilj i jednih i drugih – uvođenje jedinstvenih tržišnih mehanizama koji će sami regulirati cijenu i time uspostaviti procese koje obično nazivamo deregulacija. Očekivanja od liberalizacije tržišta u pogledu smanjenja cijena električne energije za krajnjeg kupca su velika, premda je vrlo teško kvantificirati smanjenje cijena ili povezati liberalizaciju kao integralan proces globalnih kretanja s općim kretanjem cijena. Bojim se da bi se sa slobodnim tržištem mogla ponoviti "igra" od prije nekoliko godina s poolovima, a znamo da je Pool ušao na velika vrata kao "spasitelj", a već prošle godine (2000.) je dobro reformiran ili čak napušten. Očito je da su nestabilnosti i rizici cijena izraženiji na slobodnom tržištu, jer to tržište odražava odnos ponude i potražnje. Takvo tržište pruža i veće mogućnosti za špekulacije i stvaranje profita, što na tržištu daje prednost velikim "igračima", pa često krajnji kupac ima malu ili nikakvu korist.

Na kraju ću čitatelje uputiti na materijal kojega su pripremili mr.sc. Kažimir Vrankić i mr.sc. Renata Matanić pod naslovom "Kalifornijska energetska kriza", a prema The Economistu od 20. siječnja 2001. godine. Navedeni tekst nalazi se u Hrvatskoj elektroprivredi. Čitatelje podsjećam da je Kalifornija, kada bi se gledala izvan SAD-a, sama za sebe, daleko najnaprednija i najbogatija zemlja svijeta. Međutim, zbog krivog pristupa i loše provedene deregulacije, za Kaliforniju se može kazati da se nalazi u energetskoj katas-

trofi, a da će ta situacija potrajati malo duže. U nastavku ne želim prepričavati spomenuti materijal, nego ću samo pripomenuti da su gospoda u Kaliforniji kupovala od susjednih država njihove viškove i na početku lijepo zarađivala. Ali, pri tome su zaboravili da će moći kupovati samo dok susjedi imaju viškova. Za to vrijeme "zlatne trgovine" njihove su dvije kompanije otišle u stečaj jer nisu imale kome prodavati (njihova je energija bila skuplja od viškova energije iz susjednih zemalja) električnu energiju. Kroz to vrijeme nisu gradili nove izvore električne energije, te su na kraju nagrađeni redukcijama. Moja je procjena da će gledajući period od desetak godina unaprijed (doki se izgrade novi izvori električne energije) potrošači u Kaliforniji imati znatno (možda i nekoliko puta) veće cijene električne energije ili pak nepoželjne redukcije.

Zbog svega navedenoga, sugeriram da je za slobodno tržište električne energije potreban veliki **OPREZ.**

HANDLE A LIBERALISED ELECTRIC ENERGY MARKET WITH CAUTION

The paper approaches the market as such, the peculiarities of electric energy system, market globalisation etc.

Special attention is paid to the technical-economic aspect of electric energy as a "commodity" because of the simultaneity of production and consumption and the resulting effects. Consequently, major difficulties rise as regards electricity and power price formation (losses, variation of consumption during day and season, stability, reactive power problems etc.). Based on previous insight and especially after Californian experience caution is proposed when planning a liberalised electric energy market.

DER FREIE MARKT DER ELEKTRISCHEN ENERGIE - VORSICHT !

Im Artikell ist die Rede vom Markt als solchen, von wesensgemässen Eigenschaften der Stromversorgung, von der Globalisierung usw.

Besondere Betonug liegt an den technisch-wirtschaftlichen wesensgemässen Eigenschaften der elektrischen Energie als "Ware", gekennzeichnet durch die Gleichzeitigkeit der Erzeugung und des Verbrauches und alledem was daraus hervorkommt. Gerade aus diesen wesensgemässen Eigenschaften der elektrischen Energie gehen grosse Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Preise für Energie und Leistung hervor (Verluste, tägliche und saisonbedingte Verbrauchsschwankungen, Stabilität, Blindleistungsprobleme usw.). Den Erkenntnissen über das Geschehene nach, besonders nach den kalifornischen Erfahrungen, ist beim Zugang zum freien Markt der elektrischen Enegie besondere Vorsicht geboten.

Naslov pisca:

Akademik Božo Udovičić, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet Osijek
31000 Osijek, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-03-18.

PRIJENOSNA MREŽA HRVATSKE NA PRAGU NOVOG PEDESETOGODIŠTA

Mr. sc. Zdenko T o n k o v i ć, Zagreb

UDK 621.3.05
PREGLEDNI ČLANAK

Uz pola stoljeća "Energije" i hrvatske prisutnosti u CIGRE, prisjećamo se još jednog zlatnog jubileja: pedeset godina postojanja UC(P)TE. Jer glavna sastavnica promišljanja budućnosti elektroenergetskog sustava Hrvatske upravo je pripadnost europskom sinkronom području. I u takvom položaju Hrvatske: "E" i "U", tj. između EU (odnosno ETSO) i UCTE, još se jednom pokazuje da je (elektro)energetika ispred politike.[1]

Ostavljajući po strani posljedice nove organizacijske strukture hrvatskog energetskog sektora na prijenosnu mrežu, izložili bismo nekoliko zapažanja vezanih uz njenu tehničku realnost na pragu novog pedesetogodišta.

Ne bismo se zadržavali niti na posljedicama koje proizlaze iz zadanosti oblika hrvatskog državnog teritorija [2]: longitudinalne strukture prijenosne mreže s dva kraka, koji su među najdužim u UCTE-ovoj mreži i gotovo na granici točnosti pi-sheme, i svih posljedičnih problema njenog (njihovog) pogona i sigurnosti te potreba njene adaptacije nacionalnom autonomnom sustavu.

U prijenosnoj mreži Hrvatske, njenom pogonu, izgradnji kao i upravljanju, najprije će se osjetiti bifurkacije koje će donijeti promjene elektroenergetskog atlasa Europe u bliskoj budućnosti. To je u prvom redu sanacija ratnih šteta i ponovno priključivanje, danas u otočnom pogonu, jugoistočnog krila UCTE-a (Jugoslavija, Grčka, Albanija). Neposredno po toj rekonekciji, a možda i istodobno, proširit će se područje UCTE-ovog sinkronizma i na Bugarsku i Rumunjsku. Na daljnjem horizontu priključit će se Turska (koja je već podnijela molbu za prijam u UCTE). Takav razvoj direktno će se odraziti na sjevernu prijenosnu magistralu hrvatske mreže. Tim više što će propusnost mađarske mreže u smjeru istok-zapad biti limitirana na spoju s rumunjsko/jugoslavenskim sustavom (u Sandorfalvi: na 200 MW).

Manje utjecajna, kako izgleda, ali ipak u hrvatskom vidokrugu, bit će kabelska veza Grčke i Italije, istosmjernog napona ± 400 kV i kapaciteta 500 MW u prvoj etapi. Bit će u pogonu krajem ove godine - i time će se u Otrantskim vratima ostvariti, također skoro pedesetogodišnja, ideja povezivanja obje jadranske obale inicijalno zasnovane (i kasnije dugo živa) na potezu Pelješac ... Gargano [3]. U ovom širem kontekstu treba spomenuti i skoru pretvorbu postojeće interkonekcije 150 kV Grčka-Makedonija u 400 kV, te planirane interkonekcije između Grčke i Bugarske. Odjeci tih regionalnih pojačavanja vjerojatno će se osjetiti i na južnoj magistrali hrvatske mreže.

Nepredvidivi parazitski tokovi snaga koji su zahvatili Europu otvorenog tržišta električne energije i zaprijetili sigurnosti nacionalnih mreža već se osjećaju i u Hrvatskoj; posebno nam je opipljivo iskustvo interkonekcije s Mađarskom. Proširenja područja sinkronizma i nove interkonekcije samo će potencirati problem nekontroliranih tokova. Tako **prijenosna mreža** (a u njenoj transgraničnosti ne zaboravimo hrvatske osobitosti) **iskače u prvi plan kao ključ otvorenog tržišta** (pristup mreži, podržavanje prijenosa i tranzita, rigorozna pravila rada u sinkronizmu, itd)! Usputna primjedba: upravljanje tokovima snaga moglo bi postati ograničavajućim faktorom daljnjeg širenja područja sinkronizma.

Opravdano je pripremiti se za neočekivane tokove snaga i iznalaženje alata i palijative za njihovu kontrolu. Iako je Hrvatska zasad na krajnjem rubu UCTE-ovog sinkronog područja, već je djelomično zahvaćena posljedicama elektroenergetskih transakcija. Nadolazeći problemi stacionarnog pogona nameću razradu procedura upravljanja zakrčenjima mreže (congestion management), uklanjanja uskih grla (bottlenecks), bdijenja nad sigurnosti nacionalne prijenosne mreže, filozofije i operative, "obrambenih planova" i "planova ponovnog uspostavljanja pogona". Voditelji mreže/sustava trebat će biti u intenzivnom i iterativnom dijalogu s posrednicima na tržištu unutar zemlje, ali i s partnerima u okruženju. Skora međunarodna kolaboracija voditelja u realnom vremenu (ili najblaže: sa striktnom satnicom) pitanje je dana.[4]

Širenje područja sinkronizma unijelo je još jedan poremećaj, koji će biti od interesa za elektroenergetski sustav Hrvatske. Prvi put je zapažen u živom pogonu kada je, u tadašnjoj mreži već u paralelnom pogonu s

UC(P)TE, ušla u pogon HE Đerdap. Primijećeno je, slobodno prenosimo, "da se nešto čudno događa u dijelu mreže Italija-Austrija, da su utvrđena ljuljanja tog dijela frekvencije oko 2 Hz i da su ta ljuljanja uzrokovana nekim događanjima u tadašnjoj jugoslavenskoj mreži".[5] Rješenje je ubrzo nađeno: statike turbinskih regulatora su pre-podešene, i instalirani su posebno optimirani stabilizatori sustava u nekim elektranama u tom perifernom dijelu sinkronog područja.[6] Ponovno se taj fenomen međupodručnih oscilacija frekvencije i snage pojavio priključenjem CENTREL-a, i riješen kočnim rezistorima.[7] Nedavno završena studija stabilnosti područja UCTE-ovog sinkronizma po priključku Bugarske i Rumunjske ponovno ukazuje na prisutnost niskih međupodručnih oscilacija.[8]

Oscilacije frekvencije mehanički naprežu turbine, oscilacije snage izazivaju ispadanje vodova - i za te pojave treba pripremiti sustav. Možda se s hrvatskog stanovišta mogu naći analogije i iskoristiti saznanja s druge, atlanske obale UCTE-a, jer je mreža iberskog poluotoka (s priključenom sjevernoafričkom antenom) povezana s Francuskom slično kao što će to biti ona balkanskog poluotoka s Hrvatskom. No, ta je elaboracija posebna tema.

U "Energijama" smo ostavili dosta razmišljanja o pitanjima nacionalne mreže, pa smo u ovoj prigodi izložili neke silnice egzogenih utjecaja na stacionarni pogon i stabilnost, na voditelje mreže/sustava.

KRATICE

CIGRE: (Conference) Conceil International des Grands Réseaux Electriques (a haute tension)

UC(P)TE: Union pour la Coordination (de la Production et) du Transport de I'Electricité

EU: European Union

ETSO: Association of Eurpean Transmission System Operators

CENTREL: Regionalna organizacija elektroenergetskih sistema Mađarske, Slovačke, Češke Republike i Poljske

LITERATURA

[1] Z. TONKOVIĆ: "Hrvatska i UCPTE", 1. savjetovanje HK CIGRE, Zagreb, 10-13. X. 1993, R 38-07

[2] Z. TONKOVIĆ: "Temeljna veleprijenosna mreža Hrvatske", "Energija", Zagreb, br. 2, travanj 1998, str. 86-89.

[3] M. VISENTINI, A. ASTA: "Transmission d'électrique de la Yugoslavie vers I'talie du Sud par cable sous-marin a courant continu a haute tension a travers I'Adriatique", UNIPEDE kongres, Lausanne, 30. VI - 8. VII. 1958, R IV. 6

[4] "Tranzit prijenosnom mrežom Hrvatske u uvjetima otvorenog tržišta", Institut za elektroprivredu i energetiku, studija u izradi.

[5] M. GOLUBOVIĆ: "Priče iz elektroprivrede" (Sjećanja, II. dio), Beograd, 2001, str. 67

[6] V. ARCIDIACONO, E. FERRARI, R. MARCONATO, T. BRKIĆ, M. NIKŠIĆ, M. KAJARI: "Studies and experimental results on electromagnetic oscillation damping in Yugoslav power system", IEEE Meeting, San Francisco, 1975.

[7] E. GREBE, M. LÖSING: "Dynamic behaviour of the European interconnected power system before and after Integrating the CENTREL power system", 4. GMA/ETG Conference, Berlin, 15-16. IV. 1997.

[8] "Stability of the Synchronously Interconnected Operation of the Elecrticity Networks of UCTE/CENTREL, Bulgaria and Romania", DVG, Heidelberg, 2001.

CROATIAN TRANSMISSION NETWORK APPROACHING ITS FIFTIETH ANNIVERSARY

The paper discusses external influences from possible impact on the Croatian transmission network: on its control and operation in both stationary and transient states.

These are the established units of the UCTE synchronicity and its spreading as well as the reinforcement of interconnections on its south-east end, all that in the frame of a liberalised electric energy market.

DAS ÜBERTRAGUNGSNETZ KROATIENS AN DER SCHWELLE DES ANGETRETENEN HALBJAHRHUNDERTS

Es werden äußerliche, unter Umständen beeinflussende Verhältnisse auf das Übertragungsnetz Kroatiens; sowie dessen Führung und dessen Betrieb im stätigen als auch in den unstätigen Zuständen dargestellt.

Im UCTE bestehende synchronisierte Ganzheiten und deren Ausbreitung, sowie die Verstärkung der Interkonexionen im UCTE äussersten Südosten, welche in den Bedingungen eines freien Strommarktes existieren, werden hier als beeinflussende Verhältnisse betrachtet.

Naslov pisca:

Mr. sc. Zdenko Tonković, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-04-11.

DISTRIBUCIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE OD INDUSTRIJSKOG DOBA DO DRUŠTVA ZNANJA

Prof. dr. sc. Slavko K r a j c a r, Zagreb

UDK 621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

Dan je pregled distribucijske djelatnosti od početka primjene električne energije do danas. Osim povijesnih činjenica u članku se opisuju i procesi liberalizacije tržišta električne energije i njihovi utjecaji na budućnost distribucijske djelatnosti. Raspravljaju se smjernice za planiranje razdjelnih mreža kao i smjernice za planiranje usluga koje će se u budućnosti javljati u distribucijskoj djelatnosti.

Ključne riječi: distribucija, razdjelne mreže, liberalizacija, elektroenergetika.

Dug je bio put razvoja elektrotehničke misli od prvih spoznaja o privlačnoj moći magneta i električnom naboju jantara do gradnje prvih električnih postrojenja namijenjenih gospodarski isplativoj eksploataciji. Autori povijesnica opisuju razne značajne datume u razvoju proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije. Svakako je s današnjeg gledišta najznačajnije otkriće električnih i magnetskih polja, te fenomena elektromagnetske indukcije, na kojima se danas zasniva rad svih konvencionalnih izvora električne energije, ali i trošila.

U zadnjoj četvrtini devetnaestog stoljeća započinje razdoblje značajnijeg korištenja električne energije i to najprije s generatorima istosmjerne struje. Glavna su trošila pritom bila električne žarulje, u to vrijeme u konkurenciji s u gradovima raširenom plinskom rasvjetom. Problem ograničenog prijenosa istosmjernom strujom na male udaljenosti rješavao se izgradnjom elektrana (centrala) nedaleko od mjesta potrošnje. Problem prijenosa na veće udaljenosti, ali i distribucije električne energije, riješen je otkrićem generatora izmjenične struje i transformatora krajem 19. stoljeća, čime su se izvori električne energije pomakli iz središta potrošnje prema mjestu gdje se nalazi primarni energent (u to vrijeme najčešće vodotoci). To su prvi začeci elektroenergetskog sustava, odnosno distributivnih sustava kakve danas poznamo.

Razvoju izmjeničnog sustava snažnu je potporu dao izum okretnog magnetskog polja (N. Tesla, 1888. godine izmjenični dvofazni sustav, odnosno kasnije M. von Dolivo-Dobrowolski, trofazni sustav) koji je omogućio značajnu primjenu električne energije za mehaničke potrebe (električni motori). U izum gotovo jednakog značenja možemo ubrojiti i žarulju s volframovom žarnom niti (hrvatski pronalazač F. Hanaman zajedno s A. Justom -1903. godine), koja je uz neznatna poboljšanja i danas u širokoj uporabi.

Gotovo istodobno sa svijetom i na tlu današnje Hrvatske razvijaju se sustavi za opskrbu potrošača električnom energijom. Govorimo li samo o izmjeničnim sustavima, tada je prvi sustav s jednofaznom izmjeničnom elektranom sagrađen u Rijeci (1892.), a bio je namijenjen za pogon dizaličnih motora u riječkoj luci s generatorskim naponom (2000 V) te transformacijom na 100 V i za rasvjetu. Još poznatiji jest dvofazni sustav na rijeci Krki 1895. godine s prijenosom do Šibenika i distribucijom po samom gradu, pušten u pogon svega nekoliko dana kasnije od poznatog sustava na rijeci Niagari u SAD-u.

Treba napomenuti da je gotovo paralelno s razvojem elektotehnike na ovom području započelo i školovanje kadrova za njeno korištenje. Spomenimo samo nekoliko povijesnih podataka. 1877. godine u Zagrebu je osnovan »Klub inžinira i arhitekata«, 1882. godine osniva se Obrtna škola, koja odgaja znamenite graditelje, 1898. i 1903. godine započelo je osnivanje Tehničke visoke škole u Zagrebu, ali ona s radom započinje tek 1919. godine. Ta škola 1926. godine ulazi kao Tehnički fakultet u sastav Sveučilišta u Zagrebu.

Prvi primjeri javne elektrifikacije u Hrvatskoj javljaju se devedesetih godina devetnaestog stoljeća, desetak godina iza takvih pojava u svijetu. Javna se elektrifikacija u početku odnosila samo na rasvjetu ulica, trgova i obala. Naravno, u to su vrijeme svi ti mjesni sustavi bili odvojeni i tako je ostalo sve do kraja Prvog svjetskog rata. U to su se vrijeme ravnopravno razvijali i istosmjerni i izmjenični sustavi, kao i sustavi s javnom ili mješovitom namjenom. Kraj Prvog svjetskog rata današnja Hrvatska dočekuje s oko 65 MW električne snage. Oko 70% elektrana industrijske je namjene,

10% mješovite, a oko 20% čisto javne namjene. Elektrifikacija se polako širi i do tridesetih godina dvadesetog stoljeća Hrvatska ima instaliranog kapaciteta oko 150 MW u dvjestotinjak pojedinačnih proizvodnih cjelina. Začetkom pravog elektroenergetskog sustava možemo smatrati povezivanje dvije hrvatske elektrane. Međusobno su 1930. godine povezane dvije elektrane: termoelektrana u Zagrebu i hidroelektrana u Ozlju dalekovodom 30 kV, te su izgrađene dvije distribucijske transformatorske stanice 30/10 kV, Kerestinac (za Samobor) i Cvetković (za Jastrebarsko). Za potrebe upravljanja, kupnje i prodaje električne energije formirano je poduzeće Udružene električne centrale (UEC). Iako je gospodarska kriza tih godina zahvatila i naše krajeve, posao na elektrifikaciji se, iako usporeno, nastavlja. Tako se 1934. godine u Zagrebu održava Prvi elektrotehnički kongres s ciljem promicanja uporabe električne energije. Zanimljivo je da se već na tom kongresu razmatra utjecaj potrošnje električne energije po stanovniku (iznosio je 56 kWh) na nacionalni proizvod. U to je vrijeme država smatrala električnu energiju luksuzom i veliki je dio cijene za potrošače bio opterećen trošarinama, što je bitno usporavalo priključenje novih potrošača.

Iako uz poteškoće, elektrifikacija se postupno širila. Ulogu planskog širenja preuzima Banovinsko električno poduzeće (BEP, osnovano 1938. godine). Zbog rata i nedostatka sredstava BEP (kasnije DEP) bavi se gotovo isključivo samo izgradnjom distributivnih mreža. Kraj Drugog svjetskog rata dočekuje se s potrošnjom od 224 GWh električne energije, s nekoliko odvojenih elektroenergetskih sustava, s 13% elektrificiranih naselja i 26% elektrificiranih kućanstava.

Godine 1945. ulogu jedinstvenog električnog poduzeća preuzima ELPOH (Električno poduzeće Hrvatske) koji se brine o daljnjoj elektrifikaciji. Snažan zamah u elektrifikaciji daje tadašnja država. To je vrijeme formiranja prvih poduzeća po distributivnim područjima i samoorganiziranja na razini naselja i mjesta, a u svrhu elektrifikacije. Godine 1955. potrošnja iznosi 1076 GWh, količina elektrificiranih naselja 36%, a kućanstava 46%. Zbog nagle elektrifikacije, ali ne i istodobne izgradnje izvora javljaju se i prve redukcije. Elektrifikaciju izvode hrvatski stručnjaci obrazovani na hrvatskim visokoškolskim i srednješkolskim ustanovama. Značajna poduzeća koja obavljaju te poslove su: Institut za elektroprivredu, Elektroprojekt, Dalekovod i Končar, te lokalne distribucije. 1956. godine Tehnički se fakultet razdvaja na nekoliko samostalnih fakulteta, među njima i Strojarsko-brodograđevni fakultet i Elektrotehnički fakultet, koji školuje pretežni dio visokostručnih tehničkih kadrova za potrebe elektroprivrede. Krajem 1960. potrošnja je dosegla 1943 GWh (469 kWh po stanovniku), 57% elektrificiranih naselja i 63% kućanstava. Kraj 1965. godine Hrvatska dočekuje s potrošnjom od 3115 GWh, 80% elektrificiranih mjesta i 81% kućanstava.

Prijelaz s planskog na indikativno planiranje, velika inflacija, nerealna cijena električne energije, naftna kriza, depresija, izgradnja objekata proizvodnje u drugim državama, velike redukcije i sl. osnovne su karakteristike razdoblja od 1965. do 1975. godine. Kraj razdoblja dočekuju: potrošnja 8200 GWh, 98% elektrificiranih naselja i 97% kućanstava. Kraj ovog razdoblja značajan je i po tome što elektroenergetski sustav postaje dio europskog sustava UCPTE. U ovom su razdoblju u Hrvatskoj osnovana tri nova Sveučilišta, 1973. godine u Rijeci, 1974. godine u Splitu i 1975. godine u Osijeku, sa svojim odjelima tehnike.

U razdoblju od 1975. do 1990. godine značajnije se grade izvori za podmirenje potrošnje, smanjuju se redukcije, uvodi se 400 kV napon, uvodi se sustav daljinskog vođenja na razini Hrvatske, uvodi se dugoročno planiranje distributivnih mreža, izgrađuju se dispečerski centri u distribucijskim područjima, planski se poboljšavaju razdjelne mreže bilo interpolacijama novih 110/x kV-nih transformatorskih stanica bilo uvođenjem dvostupanjske transformacije s 10 ili 20 kV-nim naponom te potpuna elektrificiranost. Kraj tog razdoblja dočekujemo s 14800 GWh potrošnje, s 4500 km vodova 35 kV, 27000 km vodova 10 kV i 58000 km niskonaponskih vodova. Ukupna instalirana snaga transforamatora u niskonaponskoj mreži iznosi 4600 MVA u skoro 20000 transformatorskih stanica. U tehničkom smislu ovo razdoblje možemo sigurno nazvati »razdoblje tehnički moderne distribucije električne energije«.

Razdoblje od 1990. godine do danas prije svega karakterizira suverenost i neovisnost hrvatske države, pa time i stručna i organizacijska odgovornost hrvatske elektroprivrede kao jedinstvenog poduzeća za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije. Ovo razdoblje, nažalost, karakterizira i razdoblje Domovinskog rata i štete koje su na svim postrojenjima u područjima ratnih sukoba nastale, smanjenje potrošnje električne energije ali i promjena konzumnih karakteristika, veliki gubici električne energije na distribucijskoj razini i zastarjela mreža. Kraj ovog razdoblja obilježavaju: gotovo 14000 GWh potrošnje električne energije godišnje, 34000 km vodova srednjeg napona i 80000 km vodova niskog napona, 22000 postrojenja srednjeg i niskog napona i gotovo 11000 MVA instalirane snage.

Iako su sva razdoblja koja se navode u ovom kratkom stoljetnom pregledu zasigurno jednako važna i kroz sva se ta razdoblja zadaća distributivnih poduzeća nije bitno mijenjala, a to je da u dovoljnim količinama, pouzdano, kvalitetno i po ekonomski prihvatljivoj cijeni dobavlja električnu energiju, naglasak na pojedinu sastavnicu te zadaće ipak se mijenjao kroz razdoblja. Bez da se detaljno razmatra, gotovo da su se naglasci mijenjali upravo slijedom kako su i navedeni dakle, od važnosti količina ka važnosti cijene. Iako se teško može razdvojiti svaku od sastavnica, zbog njihove međusobne prožetosti, ipak možemo količinu, pouzdanost i kvalitetu nazvati pretežno tehničkim sastavnicama, dok cijenu možemo nazvati gospodarskom (ekonomskom) sastavnicom. Važnost ove potonje

obilježila je zadnje desetljeće svjetskih elektroprivreda, a još će značajnije obilježiti budućnost.

Kao što je poznato, u ozračju opće globalizacije svjetske ekonomije i suvremenih trendova liberalizacije i privatizacije, elektroeneregetski sustavi širom svijeta prolaze kroz procese temeljitih reformi. Elektroenergetski sustav, od nastanka pa do kraja prošlog stoljeća, konzervativan i strogo reguliran, postaje otvoren prema tržišnim ponašanjima, gdje konkurencija i slobodan odabir čine pretežita načela funkcioniranja. Osnovni motivi liberalizacije su: smanjenje cijene električne energije poticanjem konkurencije, povećanje učinkovitosti sustava ukidanjem subvencija za pojedine djelatnosti, privlačenje kapitala, smanjenje državnih dugova privatizacijom i izbjegavanjem ulaganja kao i svjetski trend. Iako je to globalni proces, motivi u razvijenim i tranzicijskim zemljama su različiti. Dok u razvijenim dominira povećanje učinkovitosti, u tranzicijskim dominiraju privlačenje kapitala, smanjenje zaduženosti i usklađivanje s međunarodnim zahtjevima.

Nerestrukturirani elektroenergetski sustav, najčešćeg naziva »okomito integriran elektoenergetski sustav«, sustav je u kojem potrošač (kupac) komunicira jedino sa sustavom. U takvom sustavu elektroprivrednu djelatnost najčešće obavlja jedna tvrtka koja je monopolist na svom opskrbnom području, gdje nema konkurencije izvan i unutar tvrtke, vlasnički i/ili poslovno kompanija je pod kontrolom države, poslovanje nije utemeljeno na ekonomskim načelima (posebice cijena električne energije) i cilj je tvrtci isporuka dovoljnih količina električne energije. Za elektroenergetski sustav, prateći tok energije, možemo kazati da je to interaktivni lanac različitih tehnološko-ekonomskih sudionika i to: proizvodnje, veleprodaje, prijenosa, distribucije i maloprodaje električne energije. Pojedini sudionici u tom lancu prirodni su monopol (prijenos i distribucija), dok se na ostale može primijeniti model tržišnog poslovanja. U takvom sustavu elektroprivrednu djelatnost obavlja više tvrki (mješovitih i/ili privatnih vlasnika), potrošači električne energije postaju kupci, svi sudionici posluju po ekonomskim načelima dok rad sustava nadzire regulatorno tijelo. Takav se sustav naziva »liberalizirani elektroenergetski sustav«. Prijelaz iz stanja okomito integriranog u liberalizirani sustav složen je proces i zahtijeva snažnu regulativu i poželjno je da procesi budu postupni (npr. od uspostave transparentnog poslovanja, preko konkurencije u proizvodnji do postupnog uvođenja konkurencije u opskrbi uz ravnopravan pristup svih elektroprivrednih subjekata infrastrukturi sustava - prijenosu i distribuciji). Iako je proces liberalizacije započeo sa spot tržištem u Norveškoj sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća, zatim privatizacijom 1985. godine u Čileu, značajan pomak učinjen je tek 90-tih u Engleskoj i Direktivom o zajedničkom elektroenergetskom tržištu (direktiva 96/92/EC) u Europi. Liberalizacija za Europu postupan je proces koji je započeo 1999. godine (osim za Belgiju, Irsku i Grčku kojima je rok pomaknut za jednu odnosno dvije godine) i to tako da se tržište najprije otvara za tzv. velike potrošače (26% godišnje potrošnje) pa postupno prema manjima (35% udjela do 2003. godine). Početak primjene Direktive u europskim zemljama zbiva se na razini prijenosa (prosječan potrošač jest onaj koji potroši više od 40 GWh godišnje i spada u kategoriju povlaštenog). U Hrvatskoj taj je problem znatno složeniji jer bi otvaranjem tržišta za 26% potrošnje ta granica bila svega .25 GWh i obuhvatila bi tisuće potrošača na distribucijskoj razini, a ne na prijenosnoj.

Europskom direktivom predviđena su tri modela izravnog pristupa potrošaču preko distributivnog sustava i to: regulirani otvoreni pristup mreži (tarife za distribuciju električne energije su poznate i objavljene), dogovoreni otvoreni pristup (okvirne su tarife poznate i na temelju njih se dogovaraju konačne) i natjecanje za lokalne franšize (natjecanje za pravo opskrbe potrošača električnom energijom na određenom području, a temeljem natječaja. Ovaj se model zbog svog ograničenja često naziva i »natjecanje za tržište«, a ne »tržišno natjecanje«). Najveći broj europskih zemalja odlučio se za regulirani otvoreni pristup mreži, a samo nekoliko za neregulirani (Danska, Njemačka i Grčka). Otvorenost tržišta kreće se od obveznih 26% (Francuska) pa do 100% (npr. Njemačka, Engleska, Finska i Švedska). Pritom ipak treba razlikovati »stvarnost« od same »stvarnosti primjene Direktive«.

Prema direktivi, države su slobodne u odabiru metode za određivanje distribucijskih (i prijenosnih) tarifa. Najjednostavnija je metoda »poštanske marke«, gdje je cijena neovisna o mjestu ulaska i izlaska. Metoda koja bolje reflektira troškove transporta jest metoda koja procjenjuje marginalne troškove prijenosa pomoću poznatog »prijenosnog modela«. Ta se metoda primjenjuje u Engleskoj. U Njemačkoj se pak primjenjuje metoda »kW kilometra«, gdje su troškovi povezani s troškovima puta između prijamne i predajne točke. Naravno, a u ovisnosti od željenog cilja, moguća je primjena i mješovitog modela.

Nastavak primjene Direktive zbiva se Amadmanima na Direktivu 96/92/EC koji predviđaju daljnju liberalizaciju. Zemlje članice EU dužne su do 1. siječnja 2003. godine uskladiti svoje zakonodavstvo i osigurati svim potrošačima mogućnost izbora svog dobavljača električne energije do 1. siječnja 2005. godine.

Budući da je liberalizacija ipak nepovratan proces valja razmisliti koje će zadaće imati distributivna djelatnost u sljedećim godinama, bez obzira na brzinu i način koji izabere Hrvatska. Neosporno je dakle da će se današnja distribucijska djelatnost po sadržaju i zadaćama u budućnosti bitno mijenjati. Neosporno je nadalje i to da će se postojeća distribucijska dijelatnost razdvojiti barem na dvije funkcije. Prva, funkcija pružanja infrastrukture za distribuciju električne energije i druga, funkcija maloprodaje električne energije. Slični procesi zbivaju se i u drugim područjima donedavno također monopolističkim (npr. telekomunikacije).

Pod pretpostavkom da je sustav dovoljno izgrađen, te da ne postoje ograničenja za prijenos snage i da su naponske prilike unutar propisanih (što za sada možda u Hrvatskoj nije potpuno ostvareno), zadaće prve funkcije ukratko se mogu opisati kao: »gospodarenje raspoloživošću električne energije (outage management)«. ili »utvrđivanje i provođenje mjera unutar sustava kojima se smanjuje vrijeme u kojem je potrošač bez opskrbe električnom energijom uzimajući u obzir ekonomske čimbenike vezane uz neisporučenu električnu energiju i snagu, te troškove implementacije takvih mjera«. Zbog ukorijenjenog mišljenja, kao posljedice monopola elektroprivredne djelatnosti, zatim nepoticanja ekonomskog pristupa distribuciji električne energije, ova će zadaća stvarati velike poteškoće u dosizanju razine koju nalazimo u razvijenim zemljama, i to kako u potrebnom znanju tako i nužnoj promjeni ponašanja i managementa i razvojnih inženjera. Napuštanjem ideje »najmodernije rješenje i rješenje za desetljeća unaprijed«, uz kvalitetno prenošenje iskustva iz razvijenih zemalja, te nužno dodatno obrazovanje svih zaposlenika može se to vrijeme bitno skratiti. Planiranje razvoja razdjelnih mreža korištenjem modela »najmanjeg troška« zamijenit će model »integralnog (sveobuhvatnog) planiranja«, kojim će biti obuhvaćene i moguće mjere na strani potrošača. Upravljanje poslovanjem distributivnih poduzeća bit će strogo regulirano zbog prirodne monopolističke pozicije.

Liberalizacijom distribucijske djelatnosti otvara se potpuno novo područje pružanja usluga korištenjem razdjelne mreže. Već spomenuta maloprodaja električne energije samo je jedna i to naslijeđena iz osnovne funkcije elektroprivredne djelatnosti. Pozicija te poduzetničke aktivnosti sasvim je nova i nije je nužno uspoređivati s dosadašnjom. U tom će se području javljati sasvim nove usluge koje danas ne možemo ni naslutiti, a koristeći pogodnost da razdjelna mreža dolazi »u svaku kuću«, koji privilegij nema niti jedan drugi distributer. Ono što možemo spoznati za danas jest prijenos informacija, a sutra? Materija? Možda nam u tom smislu mogu posluziti riječi astronoma Carla Segana: »Predviđanje koje mogu načiniti s najvećom sigurnošću jest činjenica da će najčudesnija otkrića biti ona koja danas ne možemo ni zamisliti«.

LITERATURA

[1] Z. ZMIJAREVIĆ, S. KRAJCAR, D. ŠKRLEC: "Outage Management", Treći simpozij o elektrodistributivnoj djelatnosti, Zbornik radova, HK CIGRE, Šibenik, travanj 2000.

[2] V. MULJEVIĆ: "Razvitak i dostignuća tehničkih područja u Hrvatskoj", Zbornik radova, Sveučilište u Zagrebu, rujan 1994.

[3] Stoljeće Hrvatske elektroprivrede, Monografija, HEP, Zagreb, 1995.

[4] A. ĆURKOVIĆ: "Uvjeti i način uključivanja samostalnih proizvođača električne energije u hrvatski elektroenergetski sustav", Doktorska disertacija, FSB, Zagreb, siječanj 2001.

[5] Directive 96/92/Ecof the European Parliament concerning common rules for the internal market in electricity, europa.eu.int, Brussels, 1996.

[6] Amending Directive 96/92/Ecof the European Parliament concerning common rules for the internal market in electricity, europa.eu.int, Brussels, 2001.

ELECTRIC ENERGY DISTRIBUTION FROM INDUSTRIAL AGE TO A SOCIETY OF KNOWLEDGE

The paper presents an overview of the distribution activities from the beginning of electric energy use until today. Apart from historical facts there is also a description of the electricity markets' liberalisation procedures and their influence on the future of the distribution activities. Discussed are the distribution network's planning guidelines as well as guidelines for future services included in the distribution activities.

DIE STROMVERSORGUNG VON DER INDUSTRIELLEN EPOCHE BIS ZUR WISSENSCHAFTSGESELLSCHAFT

Im Artikel ist die Übersicht der Stromversorgung vom Anfang an bis zur Gegenwart gegeben. Neben den geschichtlichen Umständen werden auch die Vorgänge der Einführung des freien Marktes der elektrischen Energie und deren Einflüsse auf die Zukunft der Stromversorgung. Es werden Richtlinien für die Planung der Versorgungsnetze und die Planung jener Dienstleistungen erörtert, welche künftig in der Stromversorgung vorkommen werden.

Naslov pisca:

Prof. dr. sc. Slavko Krajcar
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za visoki napon i energetiku
Unska 3
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-04-04.

PREGLED ČLANAKA OBJAVLJENIH U „ENERGIJI" OD 1991. DO 2000. GODINE

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Abramović Bojan:	Nove tehnologije izgaranja ugljena	1/94	29
	Hidraulički transport ugljene pulpe	2/94	93
	Ispitivanja i analiza kvalitete rada plinskih turbina i KOMBI blokova u PTE Jertovec	5/96	255
Alerić Slavko:	Metoda za izbor broja agregata (proizvodnih grupa) u hidroelektranama	6/91	363
Alerić Slavko - Magdić Marijan:	Cijena električne energije u malim hidroelektranama	5/93	253
Babić Srđan:	Utjecaj odstupanja parametara generatora od pravih vrijednosti na rezultate proračuna prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sistema	1/92	7
	Utjecaj načina modeliranja generatora na rezultate proračuna prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sistema	3/91	155
Baće Mile:	Visokotemperaturni supravodiči i stupanj korisnog djelovanja magnetskih spremnika energije	5/91	315
Bajs Davor:	Razvoj prijenosne mreže istočnog dijela elektroenergetskog sustava	4/98	281
	Analiza prijelazne stabilnosti planiranog elektroenergetskog sustava na području srednje Dalmacije	6/96	295
	Sadašnji problemi i razvoj 110 kV mreže sjeverozapadnog dijela EES-a	6/97	355
Banić Stjepan:	Djelotvornost zaštite namota tercijara transformatora odvodnicima prenapona u "neptun" spoju	1/98	45
	Utjecaj suhe zone na ZnO odvodniku prenapona u uvjetima onečišćenja	2/96	87
Banić Stjepan - Ilijanić Velimir:	Djelotvornost koordinacijskih iskrišta 220 kV ugrađenih u DV polja postrojenja	3/97	177
	Djelotvornost koordinacijskih iskrišta ugrađenih u DV polja postrojenja	6/96	311
Barbalić Nikola - Marijan Goran - Jelavić Vladimir:	Razvoj teorijskog predloška za procjenu uvjeta o kakvoći zraka za nove termoelektrane na ugljen	5/98	357
Barta-Koštrun Slavica:	Analiza mogućnosti i potreba razvoja dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede	4/92	185
Bem Mijo:	10 kV samonosivi kabelski snop nakon tri godine	5/92	311
Blecha K. i grupa autora:	Pokusni autonomni paralelni pogon elektroenergetskih sustava VEAG-a i CENTREL-a	4/94	205
	Ispitivanje sposobnosti regulacijskog odgovora u izoliranom sistemu CENTREL-a i VEAG-a u dinamičkim i statičkim pogonskim uvjetima	5/94	265

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Bodlović Pero - Nemec Darko:	Račun statičkog stanja prijenosne mreže renormalizacijom varijabli stanja	1/92	27
Bojić Srećko i grupa autora:	Ispitivanje "vrućih vodiča" ovjesne opreme te praćenje pogona DV 110 kV Ston - Komolac	4/95	191
Božiković Ljubomir:	Poboljšanje kvalitete prijelaznog otpora uzemljenja ugrađenih u loše vodljivom tlu;	3/95	153
Brezovec Miljenko - Kuzle Igor – Tešnjak Sejid:	Matematički model hidroagregata s dvostruko reguliranom turbinom	5/98	345
Brkić Luka - Gojčeta Zoran:	Frekventna analiza struje uključenja	1/93	23
Brkić Luka - Gardijan Rajko:	Ispitivanje atmosferskim udarnim naponom transformatora malih rasipnih induktiviteta	6/92	369
Bugarin Enio - Mišković Davor - Sterpin Elio:	Eksploatacija postojećih uljnih kabela nazivnog napona 10 kV, pod naponom 20 kV	1/98	55
Bujas Pavao:	Opći principi utvrđivanja i izravnavanja neželjenih razmjena u interkonekciji	3/98	191
Cukrov Ive-Vice	Elektroenergetski sustav Hrvatske	6/93	339
Cvetković Zorko:	Hrvatska elektroprivreda u međunarodnoj suradnji	1/92	3
	Izolatori u prijenosnoj mreži	3/93	135
	Prilog prenaponskoj zaštiti distribucijskih postrojenja srednjeg napona	3/94	159
	Javno poduzeće za prijenos i vođenje - pogled u budućnost	4/93	171
	Istočno-zapadna europska interkonekcija	5/94	291
Čabrajac Sonja i grupa autora:	Obnavljanje svojstava transformatorskog ulja	2/98	147
Čapka Borivoj:	Energetski sistemi i ekstremne meteorološke prilike	4/92	193
Čaršimamović Salih:	Proračunavanje prijelaznog prenapona oklopa metalom oklopljenih plinom SF6 izoliranih postrojenja (Istraživanje utjecaja na sniženje prenapona) I dio	4/91	257
	Proračunavanje prijelaznog prenapona oklopa metalom oklopljenih plinom SF6 izoliranih postrojenja (Proračunavanje parametara i ograničenja primjene) II dio	5/91	341
Čerina Petar - Delavia Nikola - Šaina Bruno:	Oprema za popravak i polaganje podmorskih kabela	6/94	403
Čerina Petar - Despot Ivo - Krnić Filip.:	Polaganje kopnenog kabela 110 kV Bili Brig - TS Zadar 1	6/94	379
Čerina Petar - Mijić Mato - Živković Boris:	Transport i polaganje podmorskih kabela "Otočne veze 110 kV"	6/94	373
Čerina Petar - Senjanović Petar:	Snimanje položenih podmorskih kabela "Otočne veze 110 kV"	6/94	393
Čerina Petar - Šaina Bruno:	Utjecaj načina polaganja podmorskih jednožilnih kabela na elektrokoroziju metalnog plašta	6/94	389
Čerina Petar:	Jadranski otoci 35 kV	3/96	111
Černohous Franjo:	Mala hidroelektrana Dubrava 2x340 kW	5/91	323
Deželić Romeo:	Ušteda električne energije pri taljenju čelika	1/94	23

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Dizdarević Nijaz - Babić Srđan - Tešnjak Sejid:	Utjecaj sistema regulacije uzbude na prijelaznu stabilnost sinkronog generatora	2/93	83
Domac Julije - Rukavina Tanja:	Proračun troškova proizvodnje biomase na plantažama brzorstućeg drveća u Hrvatskoj primjenom programa "BIOCOST"	2/98	141
Domac Julije - Tomšić Željko:	Proizvodnja energije iz slame i kukuruzovine u istočnoj Hrvatskoj	6/97	383
Domac Julije:	Uloga biomase u elektroenergetskom sustavu	6/98	451
Donković Gordana:	Internet - organizacija, usluge i servisi	4/98	259
Drezga Irislav:	Kratkoročno optimiranje rada višenamjenskog hidroenergetskog sustava sliva	2/91	77
Đurđević Davor:	Projektiranje dalekovoda "Otočne veze 110 kV"	6/94	359
Fagarazzi Antun:	Pouzdanost napajanja gradskih mreža srednjeg napona s prikazom mogućnosti povećanja pouzdanosti	5/91	305
Feretić Danilo - Mikuličić Vladimir - Tomšić Željko:	Primjena sunčane energije u energetici	1/96	13
Feretić Danilo - Tomšić Željko:	Tehnički, energetski i ekonomski aspekti korištenja prirodnog plina u elektroenergetici	3/97	145
	Mogućnost primjene biomasa u elektroenergetici	4/96	201
	Primjena vjetroelektrana u elektroenergetici	5-6/95	279
Feretić Danilo:	Dugoročni razvoj energetike: Prognoze, analize i dileme	2/95	71
	Sigurnost nuklearnih elektrana	4/93	185
Filipović Vjekoslav - Drezga Irislav:	Matematički model za određivanje osnovnih energetskih karakteristika hidroelektrana	6/91	369
Firinger Vladimir - Pavić Ante:	Zaštitne izolacijske ploče kao zaštita pri radu u blizini napona u srednjonaponskim blokovima	3/95	149
Frühwirth Borko:	Proračun tokova snaga u radijalnim distributivnim elektroenergetskim mrežama	1/98	23
	Proračun tokova snaga u radijalnim petljastim distributivnim elektroenergetskim mrežama	3/98	179
Fuštar Stipe:	Ekspertni sustav za određivanje rasporeda remonta agregata elektroenergetskog sustava	2/91	65
Glavan Boris – Prpić Emil:	Arhitektura središnjeg računalnog sustava vođenja turboagregata, elektroenergetskih i pomoćnih postrojenja u HEP TE Rijeka 1x320 MW – Pregled izvedenog stanja	6/98	447
Godec Zdenko:	Točnost, ispravnost, preciznost, pogreška i nesigurnost mjernog rezultata	5-6/95	231
	Zaštita uljnih distributivnih transformatora od preopterećenja	5/92	303
	Kako iskoristiti toplinu transformatora	6/91	409
	Zaštita uljnih energetskih transformatora termoslikom	6/93	371
Granić Goran - Jelavić Branka - Vuk Branko:	Nuklearne elektrane u energetici Hrvatske	6/93	333
Granić Goran - Jelavić Branka:	Neka poboljšanja modela za godišnju elektroenergetsku bilancu	2/93	61
	Mogući scenarij razvoja Hrvatske elektroprivrede	5/92	265

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Granić Goran i grupa autora:	Tranzicija u energetskom sektoru Hrvatske	1/95	3
Grozdanić Ivan:	Izvedbene mogućnosti za brzu sanaciju ratnih šteta na dalekovodima od 10 kV do 400 kV	3/92	159
	Kompaktiranje i pretvorba dalekovoda 35 kV, 110 kV i 220 kV u dalekovode 110 kV, 220 kV i 400 kV	6/93	377
Guć Stjepan - Radovanović Jadranko:	Pranje izolatora pod naponom	2/97	109
Hammad Adel - Roeder Rainer:	Poluvodički upravljani izvori jalove snage u izazovima modernog prijenosa	1/91	21
Hebel Zdravko i grupa autora:	Analiza sigurnosti EES-a Hrvatske u proširenom realnom vremenu	3/95	125
	Oblikovanje statistike pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede	4/96	173
Hladki Neven:	Pokretni uređaj za obradu opasnog organskog otpada - PUTO	2/98	107
	Mrežno planiranje i praćenje radova tijekom izgradnje objekata	4/98	291
Hrabak-Tumpa Gordana - Vuković Ivan - Delonga Ante:	Božićna ciklona 1996. godine i štete na dalekovodnoj mreži Hrvatske	1/98	11
Hrs Ivo - Puharić Milan:	Povećanje pogonske sigurnosti distributivnih mreža korištenjem metaloksidnih odvodnika za prenaponsku zaštitu	5/93	263
Jakl Franc - Jakl Andrej:	Problems of Conductor Heating Under Short Circuit Condition on Overhead Lines	4/97	255
Javornik-Vončina Suzana:	Generičko kabliranje poslovnih zgrada prema međnarodnoj normi ISO/IEC 11801	5/98	409
Jelavić Branka:	Određivanje raspodjele opterećenja pri tjednom planiranju rada elektroenergetskog sustava	3/92	129
	Nacionalni energetski programi	6/98	443
Jelčić Ante:	Temeljne odrednice razvoja hrvatskog elektroenergetskog sustava do 2010. godine	5-6/95	225
Jengić Adela:	Polimerni materijali u elektroindustriji	6/97	403
Jerbić Goran:	Pogon kombiniranih kabelsko-nadzemnih vodova	2/96	69
Jerković Gordana - Ravlić Velimir:	Kratkospojna opterećenja komponenti postrojenja pri spojevima užetom	2/91	105
Kalea Marijan i grupa autora:	Pionirski pothvat javne elektrifikacije u Hrvatskoj	5-6/95	239
Kalea Marijan:	Kretanje u opskrbi Osijeka energijom	4/91	207
	Neki aspekti rada pod naponom u visokonaponskim mrežama	2/97	95
Katić Zvonko:	Hrana i čovjek - poljoprivreda i energija	6/93	345
Kavur Vladimir:	Konfiguracija sustava daljinskog vođenja distributivnog područja	3/95	129
Kelemen Tomislav:	Tercijar transformatora, što i kako s njim?	2/94	111
Klečina Franjo:	INIS - međunarodni nuklearni informacijski sustav	2/98	102
	Zahtjevi za energetski informacijski sustav	5/97	283

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Klepo Mićo:	Prilog novom sustavu cijena i doradi tarifnog stava za prodaju električne energije	2/96	61
	Neki rezultati primjene programskog sustava za sektorsko predviđanje i analizu potrošnje električne energije	3/93	151
	Model neizvjesnosti pojave opterećenja u modelu pouzdanosti i raspoloživosti elektroenergetskog sustava	3/97	135
	Modeli proizvodnih jedinica u modelu pouzdanosti i raspoloživost iEES-a - Model bazne jedinice	4/97	209
	Podloge za izgradnju tarifnog sustava za električnu energiju	6/97	367
Knapp Vladimir:	Černobil, 10 godina poslije	2/96	49
Kolega Vesna – Žutobradić Srđan:	Zaštita distribucijskih mreža od atmosferskih prenapona - temeljni podaci	1/98	15
Kovaček Petar - Kufner Damir - Filipan Veljko:	Obnova hidrogeneratora u HE "Varaždin"	2/98	117
Kovačević Predrag:	Primjena personalnih računala kao inteligentnih terminala u okruženju sistema za nadzor i upravljanje procesima PROZA 11D/R	4/91	263
Kovačević Tea - Tomšić Željko - Feretić Danilo:	Vrednovanje šteta po okoliš u elektroenergetici	4/97	219
Koželj Marijan:	Hipotetske nesimetrije u strujama dalekovoda 400, 220 i 110 kV u Sloveniji	2/98	123
Krajcar Slavko - Škrlec Davor - Blagajac Sonja:	Planiranje razdjelnih mreža korištenjem zemljopisnog informacijskog sustava (GIS)	6/96	317
Krajcar Slavko:	Heuristički algoritam za optimalno planiranje poveznih razdjelnih mreža	1/91	15
Krulc Zvonimir:	Vrednovanje električne otpornosti tla u zaštiti od udara munje	1/91	45
	Mogu li se izbjeći katastrofalne posljedice udara munje	5/94	299
	Neka nova razmišljanja o zaštiti od munje	6/92	375
Kučak Josip:	Ispitivanje uzemljenja elektroenergetskih postrojenja u Hrvatskoj	5/91	333
Kuterovac Vladimir: - Horvatić Željko:	Modernizacija rotora 210 MW turbogeneratora	3/98	201
Kuzle Igor – Plavšić Tomislav – Tešnjak Sejid:	Primjena neuronskih mreža za sekundarnu regulaciju napona i jalove snage	2/98	133
Lebegner Josip:	Mogućnosti proizvodnje bioplina u Hrvatskoj	1/95	17
	Neki tehnički i ekonomski aspekti zamjene generatora pare u nuklearnim elektranama	5-6/95	255
Levanat Ivica - Lokner Vladimir:	Zbrinjavanje otpada i troškovi proizvodnje električne energije u nuklearnim i elektranama na fosilna goriva	4/96	199
Loš Branimir:	Danski pristup izgradnji termoenergetskih objekata	4/96	211
Lučić Gordana:	Uloga Svjetske banke kao ključne financijske investicije u svijetu	1/95	9
	Posljedice rata na elektroenergetskom sustavu Hrvatske	4/94	217
Lukačević Dubravko:	Plinsko parni energetski blok kao elektroenergetski izvor	4/96	187

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Magdić Marijan:	Krivulja troškova elektrana	1/96	23
	Društvenoekonomska opravdanost izgradnje elektroenergetskih objekata	2/94	73
Mahmutćehajić Rusmir - Rimac - Drlje Snježana:	Problem frekventne ovisnosti transformacione matrice u proračunavanju prijelaznih pojava na kabelskim sustavima	1/91	37
Majdandžić Franjo:	Modeliranje pouzdanosti komponenti nadzemnih 10(20) kV vodova, analizom kumulativnog broja zastoja	3/93	141
	Modeliranje razdioba za različite vrste zastoja na nadzemnim vodovima 10(20) kV	6/93	363
Majstrović Matislav - Goić Ranko - Sutlović Enis - Mudnić Eugen:	Utjecaj parametara revitaliziranih agregata 1 i 2 u HE Zakučac na prijelaznu stabilnost elektroenergetskog sustava	4/97	229
Malbaša Niko:	Položaj termoelektrana na ugljen u planiranju i razvoju elektroenergetike	1/97	3
Maljković Zlatko:	Podsinhrone oscilacije u mreži kao uzrok torzijskog naprezanja rotora turboagregata	1/91	7
Markovčić Boris:	Kako je počela široka elektrifikacija u Hrvatskoj	1/97	49
	55 godina od prvog začetka Hrvatske elektroprivrede	2/92	65
	100 godina trofaznog visokonaponskog prijenosa električne energije	3/91	169
Matanić Dubravko - Hladki Neven:	Projekt dogradnje plinskih turbina ispred parnih kotlova K8 i K9 u EL-TO Zagreb	2/96	79
Matanić Renata:	Napredne izvedbe nuklearnih reaktora: Europski tlakovodni reaktor	5/97	305
	Pregled stanja naprednih termičkih reaktora s naglaskom na tehničke i sigurnosne karakteristike	5/98	375
Mehmedović Muharem – Babić Srđan – Kolundžić Dubravka:	Granica dinamičke stabilnosti nereguliranog i reguliranog sinkronog generatora	6/98	485
Mehmedović Muharem i grupa autora:	Istraživanje interakcija u elektroenergetskom sustavu pomoću osjetljivosti elektromehaničkog njihanja s obzirom na relevantne parametre	5/93	319
Meixner Joszef - Kalea Marijan:	Popravak DV 400 kv Ernestinovo-Tumbri radom pod naponom	2/97	87
Mesić Miroslav:	Sustavna zamjena visokonaponskih prekidača 400-110 kV u transformatorskim stanicama PrP Zagreb	1/97	45
	Primjena modela koncentričnog sustava planiranja u objektima prijenosne mreže	5-6/95	263
Meštrović Krešimir:	Dijagnostika stanja visokonaponskih SF6 prekidača	3/95	143
Mihalek Ernest:	Uvođenje nazivnog napona 230/400 V i koordinacija gubitaka napona u niskonponskim mrežama	3/92	151
Mikulecky Antun - Čabrajac Sonja - Godec Zdenko:	Ispitivanje starenja izolacijskog sustava transformatora	5-6/95	271
Mikulecky Antun - Čabrajac Sonja:	Održavanje energetskih transformatora	6/91	389
Mileusnić Egon:	Sigurnost kod primjene privremenih električnih instalacija na gradilištima	2/97	75

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Mirošević Gordan - Šegvić Ivo:	Iskustva pri projektiranju i ugradnji zaštitnih užeta s ugrađenim svjetlovodnim nitima u Republici Hrvatskoj	4/95	209
Moser Josip:	Povijesni razvoj ideje o gradnji prvog cjelovitog elektroenergetskog sustava u Hrvatskoj "Krka-Šibenik"	3/95	119
	Organizacijski i vlasnički oblici elektroprivrednih organizacija u Europi	5-6/95	287
Mravak Ivan.	Specifične štete usljed neisporučene električne energije i snage potrošačima	1/97	23
Muftić Dževad:	Prilog razvoju novih postupaka optimizacije u projektiranju dalekovoda (I. dio)	2/91	87
	Prilog razvoju novih postupaka optimizacije u projektiranju dalekovoda (II. dio)	3/91	175
Mužek Zdravko:	Mogućnost opskrbe gorivom termoelektrana Hrvatske elektroprivrede	5/91	295
Naumovski Ivan - Bistrić Milenko:	Izbor osnovnih karakteristika sklopne opreme u izmjenièním sistemima nazivnog napona iznad 420 kV	4/91	241
Nevečerel Davor - Pavlović Predrag:	Optimizacija tipa i presjeka zaštitnog užeta na DV 400 kV Žerjavinec - Heviz	5/97	311
Nevečerel Davor:	Nesimetrično opterećenje EES elektrovučom na pruzi Zagreb - Rijeka	1/92	39
	Studije kratkog spoja prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede za godinu 1995. i 2000.	3/93	111
	Rješavanje problematike nesimetričnog opterećenja EES-a planiranom izmjeničnom elektrovučom na potezu Zagreb - Moravice - Rijeka	5/94	271
Nevešćanin Josip:	Trendovi tehnološkog razvoja i nova orijentacija projektiranja i izvedbe postrojenja SN i mjesnih TS SN/NN u elektrodistribuciji	4/91	231
Nikolovski Srete - Fischer Darko:	Efikasan algoritam za proračun strukturnih pokazatelja pouzdanosti opskrbe električnom energijom	1/94	5
Nikolovski Srete - Gudelj Krešimir:	Modeliranje višestrukih kvarova rasklopnih postrojenja u proračunima pouzdanosti	6/92	357
Nikolovski Srete - Miletić Saša:	Frekvencijska ovisnost parametara energetskih kabela	1/95	25
Nikolovski Srete - Mravak Ivan:	Proračun pouzdanosti proizvodno-prijenosnog sustava tablično-logičkom metodom	4/93	209
Nikolovski Srete:	Pokazatelji pouzdanosti višestrukih nadzemnih vodova	2/91	109
	Proračun parametara višestrukih nadzemnih vodova osobnim računalom	3/94	163
Ožegović Karlo:	Podmorski energetski kabeli	2/93	95
Ožegović Marija – Sutlović Rajko – Grulović Nedjeljka:	Automatska priprema osnovnih podataka za proračun tokova snaga i napona	1/96	17
Pečvarac Damir:	Elektroenergetske prilike na području grada Iloka i okolice	3/91	165
Perak Ivan - Bobanović Antun:	Podmorski optički kabel za Otočnu vezu	6/94	345
Pešut Damir - Kliček Zoran:	Upravljanje potrošnjom u planiranju razvoja elektroenergetskog sustava	2/95	63
Petričec Mladen i grupa autora:	Matematički modeli i baze podataka osnove planiranja, projektiranja i eksploatacije vodoprivrednih sustava	5/93	287

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Plačko Ivan:	Istraživanja utjecaja električnog i magnetskog polja na žive organizme	5/94	283
Plećaš Ilija - Perić Aleksandar:	Neki aspekti dekomisije nuklearnih postrojenja,	1/91	3
Poljak Miroslav - Bojanić Boris:	Mjerni transformatori - komponenta sistema zaštite	5/91	327
Poljak Miroslav - Katunarić Neven - Bojanić Boris:	Uređaj za zaštitu mjernih transformatora od eksplozije	5/92	295
Potočnik Vladimir :	Integralno restrukturiranje hrvatske energetike i brodogradnje - Izgradnja serije dizelskih elektrana u Hrvatskoj	1/96	9
	Projekt RECRO	2/92	89
	Potencijal kogeneracije u Hrvatskoj	4/93	199
	Termoelektrane i industrijska ekologija	4/97	243
Protić Radmilo:	Uporaba prirodnog plina u proizvodnji gorivih ćelija (fuel cells)	1/97	19
	Tendencije potrošnje prirodnog plina kao goriva u termoelektranama	5/94	303
Puharić Milan:	Inducirani prenaponi na niskonaponskim samonosivim kabelima	2/95	83
Puharić Milan - Žutobradić Srđan:	Suvremene tendencije u razvoju prenaponske zaštite distribucijskih postrojenja	2/94	79
Radmilović Božidar - Gongola Željko:	Rekonstrukcija sabirnica 110 kV u TS 110/30 kV Rakitje	4/95	203
Radmilović Božidar:	Povezivanje elektroenergetskih sustava Hrvatske i Mađarske	1/96	3
	Elektroenergetski sustav Hrvatske - znamo kako dalje	2/94	65
	Značaj 400 kV interkonektivnog voda Heviz/Mađarska - Žerjavinec/Hrvatska	4/98	273
Rajić Florijan:	Automatika i kultura vođenja energetskih postrojenja i procesa	3/94	137
	Obuka voditelja energetskih postrojenja putem procesnih trenažera i osobnih računala,	3/98	197
	Sustavi racionaliziranja potrošnje energije individualaiziranjem troškova grijanja i uporabe vode	6/98	459
Rajić Željko i grupa autora:	Programski paket za tehnoekonomsku analizu konfiguracija srednjonaponskih razdjelnih mreža (PRM)	5/93	271
Ravlić Velimir - Radošević Željko:	Problem buke u transformatorskim stanicama i najvažnije mjere za njeno smanjivanje	4/91	249
Rigo Mirko:	Energetske potrebe i potencijalne energetske mogućnosti agrara	1/93	9
	Procjena vrijednosti elektrosustava kao dijela nekretnina	6/92	351
	Potencijalne energetske mogućnosti agrara - sušare žitnica	6/93	357
Rumora Ivan - Saša Slavko:	Telekomunikacijski sustav za vođenje objekata "Otočne veze 110 kV" iz CDU Bilice,	6/94	383
Sabolić Dubravko:	Suvremena kretanja u istraživanjima i normizaciji biomedicinskih učinaka elektromagnetskih polja	1/97	31
	Osnove optičkih komunikacija - III dio: Pleziokrona i sinkrona digitalna hijerarhija	1/98	29

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
	Utjecaj GSM mobilnih telefona na rad srčanih elektrostimulatora (pacemakera)	2/97	79
	Kratak opis i usporedba digitalnih TDMA sustava pokretne telefonije	3/97	177
	Razvoj treće generacije sustava mobilnih komunikacija bazirane na tehnici raspršnog spektra	4/97	247
	Procjena uvjeta elektromagnetske izloženosti živih bića u blizini 400 kV dalekovoda	5/96	241
	Osnove optičkih komunikacija - I.dio: Prijenos optičkog signala svjetlovodnim vlaknom	5/97	319
	Temelji pokretnih radiokomunikacija - I. dio: Površinsko širenje elektromagnetskih valova i svojstva prijamnog polja	5/98	393
	Procjena uvjeta elektromegnetske izloženosti živih bića u blizini različitih dalekovoda	6/96	331
	Osnove optičkih komunikacija - II. dio: Generiranje, detekcija i pojačanje svjetlosnih impulsa u digitalnim prijenosnim sustavima	6/97	389
	Temelji pokretnih radiokomunikacija – II. dio: Planiranje mreža	6/98	471
Sabolić Dubravko: - Šimunić Dina:	Kvaliteta napona i komunikacijska vrijednost distribucijske elektroenergetske mreže u zgradama	3/98	211
Santica Ivan - Smirčić Ante:	Prijedlog povoljnijeg izbora lokacija izlaznih točaka podmorskog kabela i mikrolokacija kabelskih trasa unutar kabelskog koridora	1/96	27
Sarajčev Ivan:	Određivanje očekivanih privremenih prenapona na metaloksidnim odvodnicima prenapona smještenim u polju blok transformatora pri naglom rasterećenju generatora	1/97	39
Savićević Josip:	Privremena i trajna sredstva zaštite vanjske izolacije od zagađivanja	1/92	21
	Podmorski i podzemni energetski kabeli 110 kV u projektu Otočna veza	6/94	349
Schenner Rihard:	Neki problemi prognoze konzuma u distribuciji električne energije Hrvatske	1/92	33
	Period planiranja distributivnih električnih mreža	2/93	77
	Neki problemi planiranja niskonaponske mreže	2/95	89
	Analiza utjecajnih faktora na kvalitetu napona u niskonaponskoj mreži	3/97	165
	Problemi analize rezultata mjerenja opterećenja kućanstava	5/96	247
Sekso Ante - Mihalic Dragutin - Ilijanić Velimir:	Istraživanje utjecaja onečišćenja na visokonaponske izolatorske konstrukcije	5/93	313
Sekso Ante:	Stota obljetnica začetka elektroprivredne djelatnosti u Hrvatskoj	2/95	51
Slipac Goran - Zeljko Mladen - Makšijan Boris:	Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) u unapređenju energetskog sektora zemalja u razvoju	3/95	157
Stanić Dragutin - Kunaj Hrvoje:	Analiza naprezanja u spoju cijevi i cijevne stijene generatora pare u nuklearnim elektranama	3/94	175

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Staniša Branko - Srb Vladimir - Luketić Antun:	Ispitivanje i analiza energetskih karakteristika cirkulacijskih crpki u toplinskoj stanici u EL-TO Zagreb	6/96	325
Staniša Branko - Šešo Drago:	Konzervacija parnih turbina za vrijeme stajanja	1/93	41
Staniša Branko:	Tehnička dijagnostika stanja i vijek trajanja turbinskog ulja	1/92	45
	Problemi oštećenja, pouzdanosti i određivanja vijeka trajanja dijelova plinskih turbina	2/95	95
	Problemi oštećenja i havarija parnih turbina	4/92	215
	Mogućnosti modernizacije i rekonstrukcije niskog tlaka parnih turbina s Baumanovim stupnjem	5/96	251
Stanković Đuro - Bojić Srećko - Blažičko Miroslav:	Procjena preostalog radnog vijeka generatora	5/93	309
Sterpin Elio - Bugarin Enio:	Prilog izboru grupe spoja energetskog transformatora 110/10(20) kV	4/98	299
Stojsavljević Milan. - Nemec Darko:	Stabilnost EES Hrvatske u UCPTE interkonekciji s novom velikom termoelektranom u južnom dijelu	1/98	3
Stopfer Šime:	Rješenje zaštite veznih filtara sustava MTV od prekomjernog zagrijavanja, primijenjeno u trafostanici 110(20)10 kV Elektre Zagreb	4/94	241
Subašić Damir - Šaler Antun:	Zbrinjavanje radioaktivnih izvora u ratom zahvaćenim područjima Republike Hrvatske	1/93	3
Subašić Damir - Strohal Petar:	Međunarodne obaveze RH na području zaštite od zračenja i nuklearne sigurnosti	3/97	155
Subašić Damir:	Temelji strategije određivanja lokacije odlagališta radioaktivnog otpada	2/92	83
	Kolika nadoknada za prihvaćanje odlagališta radioaktivnog otpada	3/91	135
Sutlović Elis:	Baza podataka za projektiranje elektroenergetskih postrojenja	3/94	131
Šagovac Goran:	Mikroprocesorski uređaji za zaštitu, upravljanje i nadzor, te moguća primjena u distributivnoj TS 110/10(20) kV	4/95	181
Šander Miroslav:	Evaluacija kombi i kogeneracijskog postrojenja u TE-TO Zagreb	5/97	299
Šimatović Ivan:	Mogućnost točnijeg određivanja simetričnih komponenti i pokazatelja nesimetričnosti napona i struja trofaznog sustava	2/94	87
Šimundić Nedjeljko:	Optimalno korištenje i upravljanje vodama u hidroenergetskom sustavu Zagorske Mrežnice i Dobre	3/98	223
Šimunić Juraj - Jurasić Katica:	Analiza stohastičkih promjena stanja informacija elektroenergtskih postrojenja	3/92	145
Šimunić Juraj:	Model za proračun vremena osvježavanja procesnih informacija u centrima vođenja elektroenergetskog sustava	1/93	15
	Analiza događaja EES-a uz pomoć modularne strukture informacija	1/94	39
	Analiza korelacije za informacije EES-a u realnom vremenu	4/91	223
Škanata Dean - Fink Krešimir - Jelavić Vladimir:	Prilog karakterizaciji RAO niske i srednje aktivnosti u NE Krško	4/92	199

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Škanata Dean - Pevec Dubravko:	Procjena individualnih razlika na području Zagreba od normalnog napona NE Krško	1/95	13
Škanata Dean - Šinka Davor – Jurković Ines-Ana:	Primjena osnovnih načela za intervenciju u slučaju nuklearne nesreće	4/98	269
Škanata Dean: - Pevec Dubravko:	Procjena ekoloških posljedica i rizika od prijevremenog zatvaranja NE Krško	4/93	175
Škanata Dean:	Kriteriji prihvatljivosti tehnoloških rizika	1/94	13
Škopac Dino:	Upravljanje kakvoćom	4/94	231
Tešnjak Sejid - Kuzle Igor - Brezovac Miljenko:	Modeliranje hidroelektrana	5/97	287
Tešnjak Sejid - Kuzle Igor - Puljić Nenad:	Prijedlog rješenja automatske sekundarne regulacije napona i jalove snage u EES-u Hrvatske	3/95	133
Tollerz Ove:	ABB - visokonaponski kabeli	6/94	397
Toljan Ivica - Klepo Mićo:	Okruženje i model za proračun cijene električne energije	2/96	55
Toljan Ivica:	Analiza cijena električne energije za industriju i domaćinstvo u svijetu i u Hrvatskoj	4/96	193
Tomasović Ivo - Šaina Bruno - Čerina Petar:	Izbor podmorskih i kopnenih energetskih kabela "Otočne veze 110 kV"	6/94	335
Tomašić Davor - Zeljko Mladen - Klepo Mićo:	Redizajn programskog sustava za izradu elektroenergetske bilance na UNIX/RDBMS platformi	5/93	247
Tomšić Željko - Feretić Danilo - Škanata Dean - Kovačević Tea:	Analiza i planiranje elektroenergetskog sustava pomoću računala - programski paket DECADES	5/96	227
Tomšić Željko:	Perspektive za poboljšanje energetske efikasnosti elektroenergetskog sustava,	2/93	65
Tonković Zdenko - Nevečerel Davor - Jerbić Goran:	Jedna analiza priključka novog bloka spojnog procesa na zagrebačkom području u elektroenergetski sustav	5/93	301
Tonković Zdenko:	Utvrđivanje tranzitne sposobnosti prijenosne mreže na osnovi bilance jalovih snaga	1/92	13
	Propusnost jugoslavenske superponirane mreže u tekućem srednjoročju	3/91	145
	Kvaliteta električne energije u elektroenergetskom sustavu	3/92	121
	Novi vodiči u prijenosnoj mreži	3/94	143
	Interkonekcija 380 kV Mađarske i Hrvatskom i Slovenijom	4/96	159
	Puštanje u pogon voda 380 kV Melina - Tumbri i njegova uloga u SUDEL-u	5/92	287
	Napajanje južne Hrvatske i što učiniti	6/92	337
	Značenje "Otočne veze 110 kV" Melina/Senj...Zadar	6/94	327
	Aktualni problemi eksploatacije podsistema južne Hrvatske	6/96	285
Topić Jakša - Jurišić Smiljana:	Tarifni sustav za prodaju prirodnog plina u Republici Hrvatskoj	3/93	121

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Topić Jakša – Magdić Marijan:	Granični troškovi i cijena električne energije	4/95	197
Topić Jakša:	Osnovna načela Tarifnog sustava za prodaju električne energije u Republici Hrvatskoj	4/94	225
Trivić Čedomir - Radovan Zdenko:	Krivulja troškova elektrana	5/96	237
Uglešić Ivo - Kopecki Ivan:	Električna željeznica trošilo elektroprivredne mreže koji uzrokuje izobličenja napona i struja	4/92	207
Vagić Nikola:	Višenamjensko korištenje kondenzatorskih baterija	3/97	185
Valenčić Mirko:	Karakteristike konzuma pri promjenama stanja elektroenergetskog sistema	2/92	95
	Modeli za potrebe automatskog upravljanja EES-a	2/93	69
Varaždinec Zlatko - Režek Borislav:	Tehničke karakteristike i iskustva na montaži cijevnog sustava kotla TE Plomin 2 učinka 210 MW,	1/93	29
Vedriš Nino - Bruketa Nikola:	Nova organizacija Hrvatske elektroprivrede	5/92	253
Višković Alfredo:	Razlozi analize turbogeneratorskog agregata u elektroenergetskom sistemu	6/91	399
Vujević Dušan:	Geomagnetski inducirane struje (GIS)	2/93	89
	Iskazivanje nesigurnosti u mjerenju	2/94	105
	Pretvornici umjesto strujnih i naponskih transformatora?	4/98	303
Vuk Branko - Pešut Damir - Klečina Franjo:	Energija u Hrvatskoj 1988. - 1992.	5/93	235
Vuković Vladimir:	Budućnost nuklearne energetike u nas	2/92	77
	Otok tri milje i Černobil - Dugoročne posljedice akcidenta i naučene lekcije	6/91	375
	Pedeset godina nuklearne energetike	6/92	379
Wagmann Lahorko - Mihalek Ernest:	Metoda procjene viših harmonika u NN mreži zbog uporabe električnih nelinearnih trošila u kućanstvima	6/97	379
Zelić Marijan - Hršak Stjepan:	Kontrola i održavanje građevina u funkciji pouzdanosti i očuvanja eksploatacijskog vijeka	5/93	295
Zeljko Mladen:	Suradnja republike Hrvatske i Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) na području planiranja energetskog sektora	5/98	335
Zlatar Željko i grupa autora:	Prikaz stanja sustava električnih zaštita u dijelu termoelektrana elektroenergetskog sustava Hrvatske elektroprivrede	4/95	175
Žunec Mladen - Šagovac Goran:	Uvod u problematiku viših harmonika u distributivnim mrežama	4/91	245
Žutobradić Srđan - Ravlić Velimir - Radošević Željko:	Neka rješenja pojednostavljenih TS 110/10(20) kV	3/94	151
Žutobradić Srđan - Ravlić Velimir:	Suvremene tendencije u razvoju otpornika za uzemljenje zvjezdišta elektroenergetskih mreža	1/91	27
Žutobradić Srđan - Schenner Rihard:	O dugoročnom razvoju distribucijske djelatnosti u Hrvatskoj	2/92	67
Žutobradić Srđan - Šimunec Rudolf - Mehičić Krešimir:	O razvoju tehničkog informacijskog sustava distribucijske djelatnosti Hrvatske elektroprivrede	5/93	281

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Žutobradić Srđan:	Zaštita nadzemnih vodova od atmosferskih prenapona	1/95	33
	O nekim mogućnostima poboljšanja pogona nadzemnih 10(20)kV mreža	1/96	31
	Aktualno stanje provedbe uzemljenja zvjezdišta srednjonaponskih mreža	4/93	203
	O razvoju srednjonaponskih mreža u Hrvatskoj elektroprivredi	6/92	363
	Parametarska analiza impulsnih značajki složenih uzemljivača	2/97	71

Pripremili
Mr. sc. Slavica Barta, dipl. ing.
Slaven Koštrun

AUTORI S NAJVIŠE OBJAVLJENIH ČLANAKA U „ENERGIJI" OD 1991. DO 2000.

Dubravko Sabolić
Srđan Žutobradić
Mićo Klepo
Zdenko Tonković
Zorko Cvetković
Danilo Feretić
Davor Nevečerel
Željko Tomašić

Branka Jelavić
Srete Nikolovski
Rihard Schenner
Dean Škanata
Davor Bajs
Branko Staniša
Petar Čerina
Franc Jakl

Stjepan Banić
Julije Domac
Zdenko Godec
Boris Markovčić
Florijan Rajić
Velimir Ravlić
Lahorko Wagmann

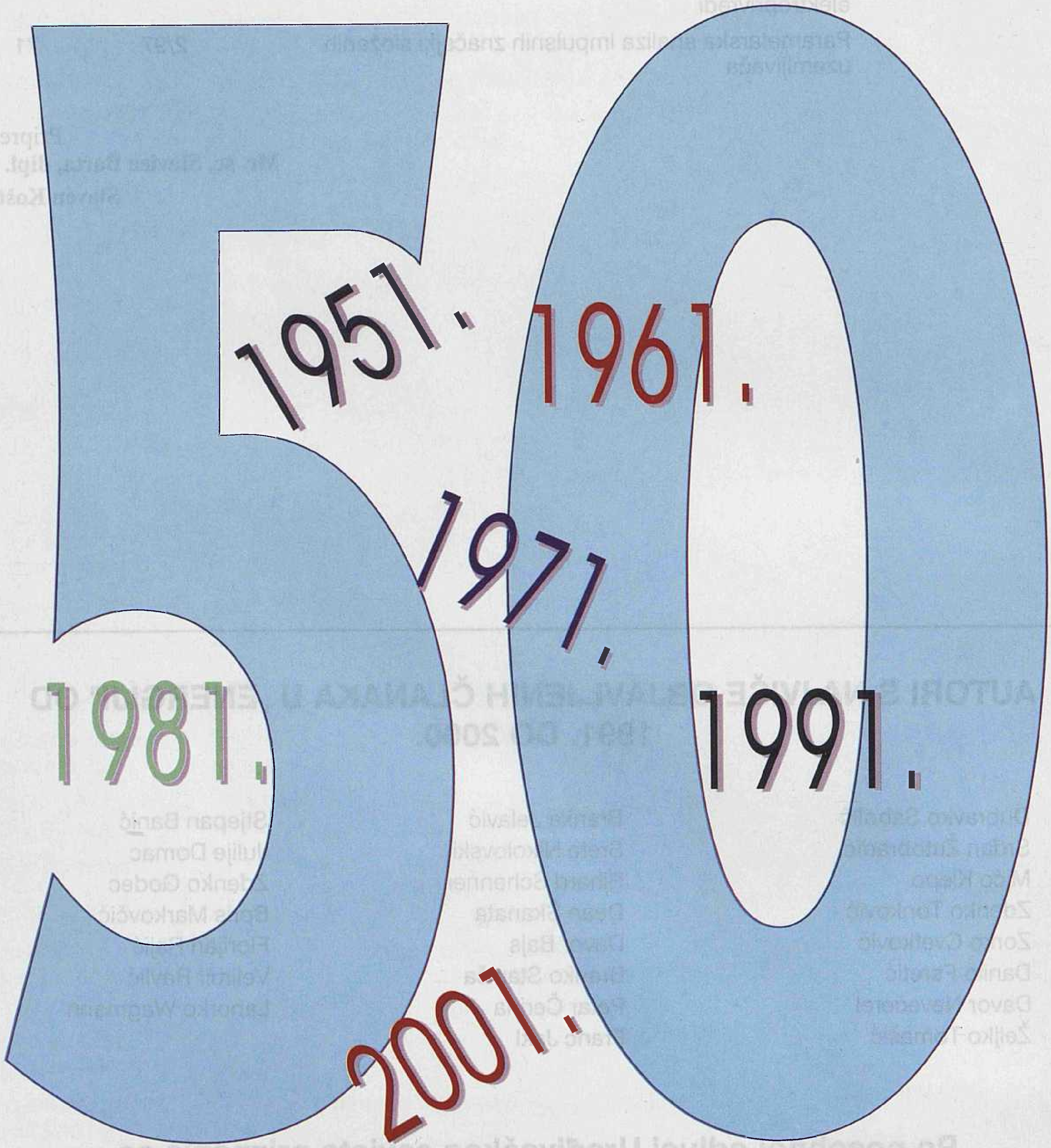
Po posebnoj odluci Uređivačkog savjeta priznanja se dodjeljuju:

Branku Grgiću

Zdenki Jelić

Slavici Barta-Koštrun

50 godina ENERGIJE



PREGLED AUTORA KOJI SU OBJAVLJIVALI SVOJE RADOVE U ČASOPISU ENERGIJA U RAZDOBLJU OD 1951. DO 2000.

Prezime i ime	
A	
Abbaffy	Miroslav
Abramović	Bojan
Adžajić	Tomislav
Aksin	Miroslav
Alajbeg	Ante
Alerić	Slavko
Alfirević	Slobodan
Ambrožić	Željko
Antunac	Krsto
Arnold	Marijan
Arsenov	Arsen
Avdagić	Adnan
Avdejev	Dimitrije
Aždajić	Tomislav
B	
Babić	Darko
Babić	Srđan
Baborsky	Aleksandar
Baće	Mile
Bajić	Alica
Bajić	Branko
Bajs	Davor
Baldasari	Dasenko
Balen	Tomislav
Balling	Miroslav
Balog	Marino
Balog	Zvonimir
Ban	Drago
Banić	Stjepan
Baranović	Borivoj
Baranović	Mirta
Baranović	Neven

Prezime i ime	
Barbalić	Nikola
Barbić	Ante
Baričević	Tomislav
Barilar	Darko
Barjaktarević	Mahira
Barović	Viljem
Barta-Koštrun	Slavica
Bego	Vojislav
Begović	Krunoslav
Behl	Josip
Belin	Boris
Belošević	M.
Bem	Mijo
Bencelj	Josip
Bendeković	Jadranko
Bengeri	Mirko
Benzon	Zvonko
Bera	Bosiljka
Berberović	S.
Besek	Boris
Beširević	Nusret
Bezerić	Jakov
Bezlaj	Hrvoje
Bilčar	Nela
Bilčar	Nikola
Bilić	Stjepan
Bistrić	Milenko
Bjondić	Danko
Blagajac	Sonja
Blažević	Zdenko
Blažičko	Miroslav
Blecha	K.
Bobanović	Antun
Bobetko	Milan
Bodlović	Pero

Prezime i ime	
Boinović	Vesna
Bojanić	Boris
Bojić	Srećko
Boranić	Vilim
Borčić	Dejan
Borojević	Dragan
Bosanac:	Miroslav
Bošnjaković	Radivoj
Božičević	Maja
Božiković	Ljubomir
Božin	Ivo
Božuta	Franjo
Bradač	Vladimir
Bradarić	Miljenko
Brajder	Antonije
Brezinšćak	Marijan
Brezovec	Miljenko
Brkanović	Pavao
Brkić	Hrvoje
Brkić	Luka
Brščić	Anton
Bruketa	Nikola
Brus	Ivan
Bubnjević	Jovo
Bučić	Mato
Budanko	Božidar
Budin	Rajko
Bugarin	Enio
Bujas	Pavao
Bulat	Jugoslav
Bulić	Ivo
Bumči	Petar
Busatto	Ante
Butara	Slavko
Butković	Mirko
Butković	Zdenko

Prezime i ime	
C	
Carević	Mislav
Cedex	Clamart
Celegin	Ante
Cenčić	Franjo
Cerić	Fuad
Ciganović	Branko
Cigrovski	Dragutin
Cjetičanin	Simo
Clamroth	Rudolf
Coffou	Emil
Connelly	Eamonn
Crlenjak	Milan
Crnčić	Mirjana
Crnogorac	Željko
Csehek	M.
Cukrov	Ive-Vice
Cvetičanin	Simo
Cvetković	Miodrag
Cvitan	Ivan
Cvjetičanin	Milan
Cvjetković	Vladimir
Č	
Čabrajac	Sonja
Čalogović	Marko
Čapka	Borivoj
Čaršimamović	Salih
Čauš	Ivan
Čavlina	Čedomir
Čavlina	Nikola
Čerina	Petar
Černohous	Franjo
Čižmić	Marijan
Čorak	Dušan
Čubra	Goran
Čubrić	Srećko
Čučković	Frano
Čučuković	Frano
Čulo	Vlado
Čupin	Nikola
Ć	
Ćurković	Jure

Prezime i ime	
D	
Dabac	Vlatko
Damaška	Velimir
Damianić	Milan
Damjanić	Miloš
Damjanović	Branko
Darveniza	Mat
Debeljuh	Vlatko
Defang	Chen
Delbianco	Luciano
Deleon	Eli
Dellavia	Nikola
Delonga	Ante
Depolo	Vinko
Deronja	Ivan
Despot	Ivo
Despotović	Prvoslav
Despotović	Slobodan
Deželić	Romeo
Dizdarević	Nijaz
Dobričević	Marijan
Dobroczek	A.
Dobrosavljević	Živko
Dokmanić	Mladen
Domac	Julije
Donković	Gordana
Dorčić	Milorad
Dragičević	Drago
Draščić	Vladimir
Drašković	Božidar
Drempetić	Stanko
Drezga	Irislav
Dudaš	Lovro
Dular	Janez
Dvornik	Boris
Dvornik	Vojmir
Đ	
Đordan	Nedjeljko
Đurđević	Davor
Đurić	Milan
E	
Edwin	Kurt W.
Einwalter	Ivan
Elčić	Zvonko
Erklavec	Gustav
Esih	Vanja
Exel	Boris
F	
Fagaraci	Željko
Fagarazzi	Antun
Farkaš	Vladimir
Feöcze	Danijel
Ferček	Boris
Feretić	Danilo
Feuerbach	Vlado
Fiala	Marija
Filipan	Veljko
Filipović	Božidar
Filipović	Vjekoslav
Filipović-Grčić	Božidar
Filko	Petar
Fink	Krešimir
Firinger	Vladimir
Firšt	Zvonimir
Fischer	Darko
Fišer	Antun
Fišer	Karlo
Foit	Bohumil
Frajman	Zlatko
Franković	Borislav
Franušić	Ante
Frühwirth	Borko
Furač	Đuro
Fuštar	Nikola
Fuštar	Stipe
G	
Gaćina	Ante
Gajdardžiski	Ljupčo B.
Gajić-Čapka	Marjana
Gajski	Ilija
Gardijan	Rajko
Gašparić	Stjepan
Gašparini	Enco
Gehrecke	Siegfried
Glavan	Boris
Godec	Zdenko

Prezime i ime	
Goić	Ranko
Gojčeta	Zoran
Golubović	Mihajlo
Goluža	Mirko
Gongola	Želimir
Gorupić	Drago
Gostović	Branko
Graham	Vincent
Granić	Goran
Griger	V.
Grlić	Aleksandar
Gros	Ožbolt
Grozdanić	Ivan
Grubanović	Đurđa
Grudman	Nikola
Grulović	Nedjeljka
Guć	Stjepan
Gudat	R.
Gudelj	Krešimir
Gulin	Žarko
H	
Habič	Avgust
Hadžimešić	Hasan
Hajdin	Silvio
Hammad	Adel
Hangi	Velimir
Hartl	Vladimir
Hatić	Đuro
Haznadar	Zijad
Hebel	Zdravko
Helman	Predrag
Hercegovac	Enes
Herr	Stjepan
Hladki	Nevenko
Hlevnjak	Magda
Höffler	Edvard
Hönigsfeld	Ervin
Horvat	Vinko
Horvatić	Željko
Hrabak-Tumpa	Gordana
Hrovatin	Janez
Hrs	Ivo
Hršak	Stjepan
Hudin	Vladimir
Huml-Dimitrijević	Maja
Hüttl	Adolf
I	
Ibrahimpašić	Miralem
Ilakovac	Goran
Ilijanić	Velimir
Imamović	Fatim
Iršič	Stane
Ivančić	Stjepan
Ivanović	Milan
J	
Jakić	Krešimir
Jakir	Ante
Jakl	Alojz
Jakl	Franc
Jakšić	Dražen
Jakšić	Petar
Jalšovec	Josip
Jalušić	Krunoslav
Jaman	Nikola
Jamnicki	Ivo
Janaček	Valter
Jančijev	Tomislav
Jandrilović	Nada
Janić	Ivan
Javornik-Vončina	Suzana
Jelavić	Branka
Jelavić	Vladimir
Jelčić	Ante
Jelenčić	Ivan
Jelušić	Fedor
Jemrić	Branko
Jengić	Adela
Jenik	Slavko
Jerbić	Goran
Jerić	Jerko
Jerković	Gordana
Jirkü	Jaroslav
Jovanović	Mirko
Jovanović	Pavle
Jugovac	Miljenko
Jung	Miroslav
Jurasić	Katica
Jurčević	Marijan
Jurić	Vedran
Jurić	Željko
Jurišić	Smiljana
Jurković	Berislav
Jurković	Ines-Ana
Jutronić	Petar
Juzbašić	Borislav
K	
Kajari	Mladen
Kajganić	Boris
Kalajdžić	Matko
Kalan	Boris
Kalan	Marijan
Kalapašev	Siniša
Kalea	Marijan
Kalmeta	Petar
Kalogjera	Dražen
Kandžija	Vinko
Kapas	M.
Karabdić	Vefik
Karavidović	Damir
Karuza	Jadranko
Kasprzyk	Stefan
Katić	Zvonko
Katunarić	Neven
Kavur	Vladimir
Keglević	Juraj
Kelemen	Tomislav
Keler	Dragutin
Kirigin	B.
Kirinčić	Dušan
Kisić	Zoran
Klečina	Franjo
Klepo	Mićo
Kliček	Zoran
Kljaić	Josip
Knap	Mirko
Knapp	Vladimir

Prezime i ime	
Knešaurek	Norbert
Kokelj	Peter
Kolega	Vesna
Kolundžić	Dubravka
Komadina	Ratko
Komerički	Zlatko
Komnenić	Nedeljko
Konecny	G.
Kontić	Jovo
Kopecki	Ivan
Koruza	Jadranko
Kosar	Marijan
Koskinen	Rauno
Kosmač	Janko
Kostadinović	Andija
Kostadinović	Andrea
Kostadinović	D.
Kostanjšek	Drago
Kostelić	Aurel
Kovács	György
Kovač	Franjo
Kovač	Marijan
Kovaček	Petar
Kovačević	Bogoslav
Kovačević	Predrag
Kovačević	Slavko
Kovačević	Tea
Koželj	Marijan
Kragić	Branko
Kragić	Vjekoslav
Kragujević	Stjepan
Kraić	Zvonimir
Krajcar	Slavko
Krajzl	Vinko
Kralj	Stjepan
Kranhold	M.
Krejči	Milivoj
Krepela	Miroslav
Krešić	Miljenko
Krivanek	Valter
Krnić	Filip
Kršulović	Ante
Krulc	Zvonimir
Krušlin	Antun

Prezime i ime	
Kučak	Josip
Kučer	Matko
Kufner	Damir
Kufner	Drago
Kulik	Roman
Kuliš	Ivan-Goran
Kulišić	Petar
Kuljiš	Zoran
Kunaj	Hrvoje
Kupec	B.
Kuterovac	Vladimir
Kuzele	Petar
Kuzle	Igor
L	
Lađević	Đuro
Lakota	Josip
Lalević	Borislav
Lang-Kosić	Neven
Lastrić	Nikola
Lazić	Boris
Lazić	Slavica
Lebegner	Josip
Ledinegg	M.
Lerman	Tomislav
Leskovar	Marijan
Lešić	Ante
Levandovski	Nikola
Levant	Ivica
Lilija	Baštjan
Lipnjak	Boris
Lokner	Vladimir
Lončar	Ivan
Loš	Branimir
Lovašić	Zvonko
Lövei	Attila
Lovrić	Marko
Lucati	Jakob
Lučev	Ante
Lučev	Ivan
Lučić	Gordana
Lukačević	Dubravko
Luketić	Antun

Prezime i ime	
LJ	
Ljubić	Vencel
M	
Macoko	Vojislav
Magdić	Marijan
Mahmučehajić	Rusmir
Majdandžić	Franjo
Majić	Josip
Majić	Mirko
Majstrović	Goran
Majstrović	Matislav
Maksimović	Dragan
Makšijan	Boris
Malbaša	Niko
Maljković	Zlatko
Mandić	Dejan
Mandić	Jovo
Mandić	Mladen
Maravić	Zdenko
Marčelja	Frano
Marijan	Goran
Markotić	Zlatan
Markovčić	Boris
Marković	Stanko
Markovinović	Dragutin
Markulin	Marijan
Markulj	Marko
Martinko	Mijo
Marušić	Anđelko
Marušić	Ante
Masnec	Branko
Matanić	Dubravko
Matanić	Renata
Matešić	Boris
Matijević	Vladimir
Matjan	Ljudevit
Mažuranić	Krsto
McEachern	Alex
Medvedec	Ivan
Mehičić	Krešo
Mehmedović	Muharem
Meixner	Jozsef

Prezime i ime	
Mesić	Miroslav
Mešić	Osman
Meštrović	Franjo
Meštrović	Krešimir
Meyer	W. Scott
Mičuga	Josip
Mihajlov	Juraj
Mihajlović	Ljiljana
Mihalek	Ernest
Mihalic	Dragutin
Mijić	Drago
Mijić	Mato
Mikac	Marijan
Miko	Z.
Mikulčić	Vladimir
Mikulecky	Antun
Mikuličić	Milan
Milanović	Zlatko
Miletić	Saša
Mileusnić	Egon
Mileusnić	Eugen
Milićević	Andrija
Miliša	Ante
Milobar	Željko
Milonja	Zvonimir
Milun	Stanko
Milunović	Milan
Mirošević	Gordan
Mišković	Davor
Mišković	Mato
Mladineo	Nenad
Mlinarić	Đuro
Močnik	Rasto
Modlic	Ivan
Monaghan	Joseph
Moritz	Branko
Moser	Josip
Mrakovčić	Branko
Mravak	Ivan
Mrša	Vjekoslav
Mrvoš	M.
Mudnić	Eugen
Mudrinić	Vojin
Muftić	Dževad
Musulin	Božena
Muškardin	Oskar
Mužek	Zdravko
Mužny	Josip
N	
Nadinić	Berislav
Nadinić	Miljenko
Najman	Josip
Naumovski	Ivan
Nemec	Darko
Nevečerel	Davor
Neveščanin	Josip
Nikolić	Branislav
Nikolić	D.
Nikolić	Željko
Nikolovski	Srete
Novak	Janez
Novak	Vjekoslav
Novaković	Ivo
Novkoski	Krsto
Novosel	Damir
Novosel	Stjepan
O	
Obad	Mustafa
Okrup	Marijan
Opačić	Rade
Orehovec	Slavko
Oroszki	Lajos
Oštrić	Rihard
Ožegović	Karlo
Ožegović	Marija
P	
Padelin	Mario
Padjen	Ladislav
Pašalić	Nedžat
Pašić	Jasna
Pašić	Zijo
Pauković	Želimir
Pavičić	Krešimir
Pavić	Ante
Pavić	Irena
Pavić	Ivica
Pavišić	Vesna
Pavlin	Boris
Pavlović	Rade
Pavlović	Jovica
Pavlović	Petar
Pavlović	Predrag
Pavlović	Tomislav
Pavljak	Stjepan
Pečarić	Ratko
Pečvarac	Damir
Pehani	Andrej
Perak	Ivan
Percel	Branko
Perić	Aleksandar
Perić	Vinko
Perinić	Vinko
Pešut	Damir
Petković	Bojan
Petković	Tomislav
Petric	Nikola
Petric	Željko
Petričec	Mladen
Petrović	Bojan
Petrović	Božidar
Petrović	Dragan
Petrović	Mato
Petrović	Žarko
Pevec	Dubravko
Pihler	Jože
Pipenbaher	Avgust
Piperski	Dragoljub
Plačko	Ivan
Plančić	Žarko
Plander	Zdravko
PLanić	Radoslav
Planić	Radoslav
Plantić	Krešimir
Plaper	Marijan
Plavšić	Nikola
Plavšić	Tomislav
Plećaš	Ilija
Plevnik	Stanko
Podbrežnik	Franjo

Prezime i ime	
Podgojski	Vinko
Poldrugač	Božidar
Poljak	Miroslav
Popović	Dragan
Postružin	Željko
Potočnik	Vladimir
Požar	Hrvoje
Pravdić	Velimir
Praznik	Herbert
Prelec	Zmagoslav
Prelog	Janez
Primožič	Dušan
Primožić	Ante
Protić	Radmilo
Prpić	Emil
Puharić	Milan
Puljić	Nenad
Purec	Josip
Putanec	Ivan

R

Radeka	Irena
Radetić	Ernest
Radić	Sime
Radičević	Lovro
Radman	Ivan
Radmilović	Božidar
Radošević	Željko
Radovan	Zdenko
Radovanović	Jadranko
Raguž	Nikola
Rajić	Florijan
Rajić	Željko
Rasworschegg	H.
Raščić	Mirsad
Rausnic	Tihomir
Ravlić	Velimir
Reštarević	Stjepan
Režek	Borislav
Ribić	Božidar
Rigo	Mirko
Rimac-Drlje	Snježana
Ringwald	Zdenko
Roche	Peter
Roeder	Rainer
Rosanda	Livio
Rosić	Petko
Rubeša	Radenko
Rukavina	Tanja
Rumora	Ivo
Ružić	Dragutin
Ružinski	Nikola

S

Sabolić	Dubravko
Sadović	Salih
Sakar	Zdenko
Santica	Ivo
Sarajčev	Ivan
Sarajlija	Marijan
Saša	Slavko
Savičević	Josip
Savić	Miodrag
Schenner	Rihard
Sculić	Mirko
Sekso	Ante
Selanec	Zdenko
Selanec	Zoran
Selišek	Damir
Senjanović	Petar
Sever	Mirko
Sipina	Branimir
Sirotić	Zvonimir
Sitar	Ivan
Skare	Ante
Slipac	Goran
Smirčić	Ante
Smolčić	Zlatko
Soklič	Aleš
Spahić	Ferida
Srb	Vladimir
Stančić	Miroslav
Staničić	Luka
Stanić	Dragutin
Stanić	Milan
Stanić	Zoran
Staniša	Branko
Stanković	Đuro
Stefanini	Božidar
Stepinac	Antun
Stepinac	Josip
Sterpin	Elio
Stipančić	Nikola
Stojkov	Marinko
Stojsavljević	Milan
Stopfer	Šime
Strašak	M.
Strohal	Petar
Subašić	Damir
Sutlović	Elis
Sutlović	Rajko
Svarc	L.

Š

Šaban	Stjepan
Šagovac	Goran
Šaina	Bruno
Šaler	Antun
Šander	Miroslav
Šarčević	Milan
Ščap	Alojzije
Šegvić	Ivo
Šener	Valter
Šercl	Stjepan
Šermazanov	Aleksej
Šestić	Mirko
Šešo	Drago
Šicel	Mladen
Šimatović	Ivan
Šimleša	Krešimir
Šimović	Jure
Šimundić	Nediljko
Šimundža	Šimun
Šimunec	Rudolf
Šimunić	Dina
Šimunić	Juraj
Šimunić	Milivoj
Šimurina	Ivan
Šinka	Davor
Širola	Edo
Škanata	Dejan
Škare	Ante

Prezime i ime	
Škare	Javor
Škarica	Branko
Škarica	Dinko
Škarica	Ivo
Škarica	Ranko
Škopac	Dino
Škrlec	Davor
Šnidaršić	Danko
Šodan	Milan
Šolc	Leopold
Špišić	Zlatko
Špoljarić	Slavko
Šprung	Fedor
Štahan	Ivan
Štajer	Boris
Štengl	Vladimir
Štingl	Hrvoje
Štok	Rudolf
Štopfer	Šime
Šuste	Josip
T	
Tadić	Aleksandar
Tankosić	Đurica
Tešnjak	Sejid
Tilić	Boris
Tisaj	Tomo
Tocigl	Benito
Todorović	Miliša
Tokić	Branko
Tollerz	Ove
Toljan	Ivica
Tomasović	Ivo
Tomašić	Davor
Tomić	Slavko
Tomšić	Antun
Tomšić	Željko
Tonković	Zdenko

Prezime i ime	
Topić	Jakša
Torma	Laslo
Trbojević	Slobodanka
Trivić	Ćedomir
Tropin	Kiril A.
U	
Udovičić	Božo
Uglešić	Ivo
Urbiha-Feuerbach:	Mirjana
Urli	Natko
Uzelac	Blaž
V	
Vagić	Nikola
Valenčić	Mirko
Varaždinec	Zlatko
Vargović	Emil
Vedriš	Nino
Vešić	Petar
Vidaković	Franjo
Vide	Jože
Višković	Alfredo
Vodopija	Željko
Vojvodić	Ratko
Votlucka	I.
Vranković	Ivan
Vrdoljak	Dražen
Vučetić	Višnja
Vujević	Dušan
Vujnović	Momir
Vuk	Branko
Vukomanović	Svetolik
Vuković	Ivo
Vuković	Vladimir
Vuković	Živorad
Vuletić	Josip
Vuletić	Nikica
Vuletin	Jadranko

Prezime i ime	
W	
Wagmann	Lahorko
Weber	Marija
Weber	Marjanca
Wipplinger	Ljiljana
Z	
Zake	Geza
Zakošek	Slaven
Zanić	N.
Zaninović	Josip
Završnik	Franc
Zelić	Marijan
Zeljko	Mladen
Zentner	Sonja
Zielinski	Z.
Zlatar	Željko
Zloković	Vladimir
Zubović	Joso
Ž	
Žagar	Mario
Žanić	Ivan
Žanić	Vladimir
Žepić	Vladimir
Žic	Ž.
Žilić	Franjo
Živko	Aleksandar
Živko	Dušan
Živković	Boris
Žrvnar	Mihajlo
Žunec	Miro
Žunec	Mladen
Žuri	Mladen
Žurić	Ratimir
Žutobradić	Srđan

Pripremili

Mr. sc. Slavica Barta, dipl. ing.

Slaven Koštrun

IZ IZVJEŠĆA DRŽAVNOG ZAVODA ZA STATISTIKU

Od prvog siječnja 1997. godine primjenjuje se pri izradi statističkih izvješća nova Nacionalna klasifikacija djelatnosti NKD, utemeljena na europskoj klasifikaciji NACE, Rev 1 koja je obvezna za države članice Europske unije. Upisom u Registar svakom se poslovnom subjektu dodjeljuje sedmeroznamenkasti matični broj, a dijelu poslovnog subjekta određuje se četveroznamenkasti redni broj uz matični broj. Svim poslovnim subjektima i njihovim dijelovima dodjeljuje se i šifra djelatnosti prema NKD-u. Područje E obuhvaća:

- Odjeljak 40 – Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom
- Odjeljak 41 – Skupljanje, pročišćavanje i distribucija vode.

Statističke jedinice za mjesečna i godišnja izvješća jesu trgovačka društva razvrstana u područja C, D i E u Registru poslovnih subjekata. Pri određivanju statističkih jedinica poštivan je i teritorijani princip na razini županija, tj. jedna statistička jedinica obuhvaća samo jednu županiju, pa je Hrvatska elektroprivreda dužna ispuniti toliko izvješća koliko ima županija, iako je jedan poslovni subjekt.

Između statističkih podataka objavljenih u mjesečnim i godišnjim izvješćima Državnog zavoda za statistiku izabrani su najinteresantniji podaci za Područje E – odjeljak 40: Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom

Obuhvaćeni su:

- podaci o proizvodnji električne energije s indeksima fizičkog obujma proizvodnje
- podaci o neto i bruto plaći te broju zaposlenih djelatnika
- indeksi cijena industrijskih proizvoda.

Promatra se razdoblje od 1996 . do kraja 2000. godine, za koje su iskazani godišnji i mjesečni podaci.

Proizvodnja električne energije

Karakteristike proizvodnje električne energije iskazane s indeksom fizičkog obujma industrijske proizvodnje, te apsolutnim vrijednostima proizvodnje električne energije za promatrano razdoblje. Radi lakšeg sagledavanja trendova prikazani su podaci o godišnjim i mjesečnim vrijednostima za razdoblje od 1996. do kraja 2000. godine.

Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje za odjeljke izračunati su po Laspeyresovoj formuli. Temelj za izračunavanje indeksa su podaci o proizvodnji u naturalnom izrazu prema nomenklaturi industrijskih proizvoda i pondera za te proizvode koji predstavljaju dodanu vrijednost za jediničnu proizvodnju u kojoj se proizvod iskazuje.

Indeksi fizičkog obujma proizvodnje za ukupno izračunati su na temelju indeksa odjeljaka i stopa kojom odjeljci sudjeluju u ukupnoj dodanoj vrijednosti u području industrije.

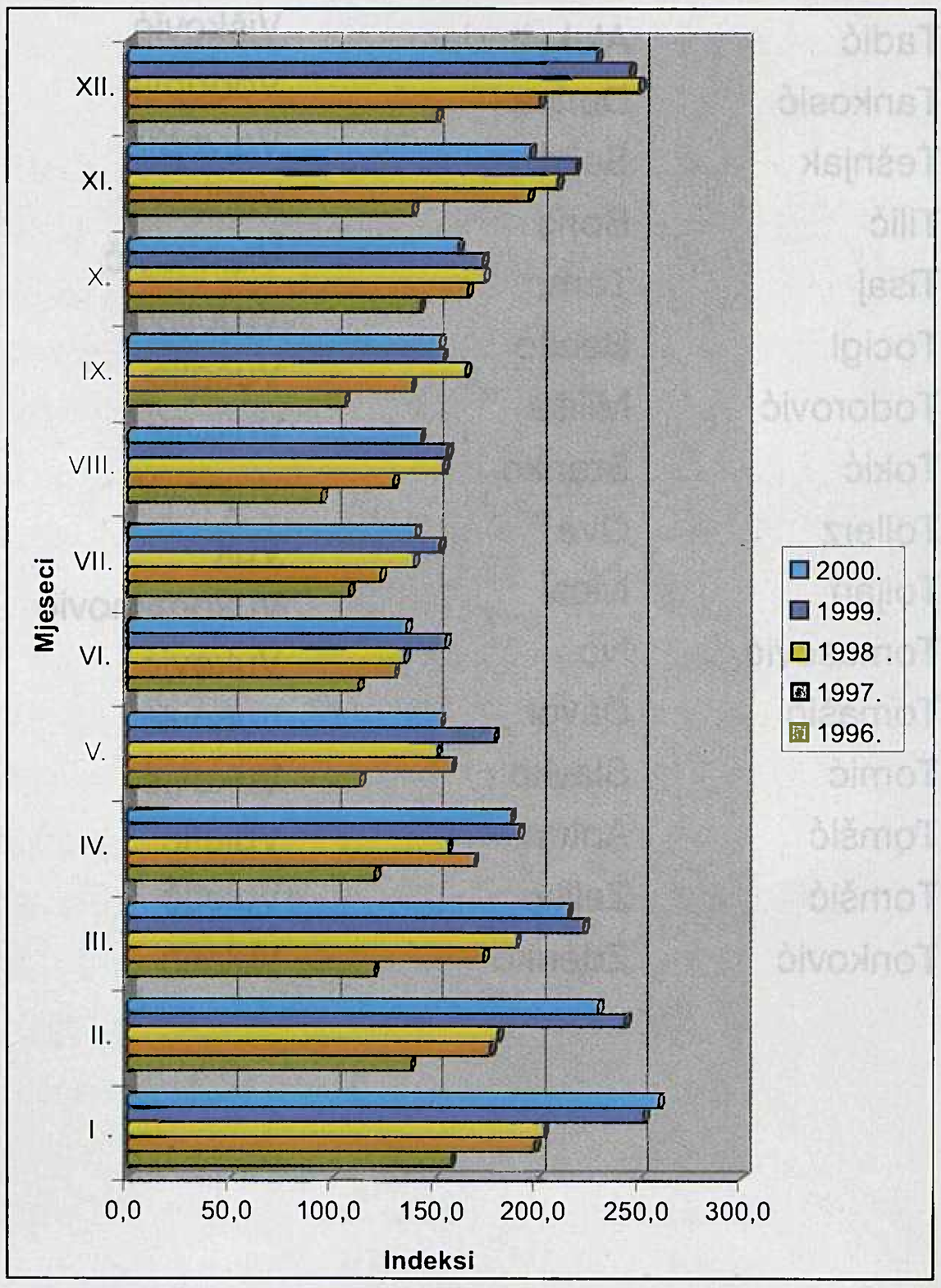
U tablici 1 i dijagramom na slici 1 prikazani su mjesečni indeksi fizičkog obujma proizvodnje za promatrano razdoblje od 1996. do kraja prve polovice 2000. godine. Godina 1995. uzeta je s indeksom 100.

Treba napomenuti da se indeksi odnose prema novoj klasifikaciji na opskrbu električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom (E 40).

Tablica 1 - Indeksi fizičkog obujma proizvodnje (1995. = 100)

(Izvor: Mjesečna statistička izvješća za 1996., 1997., 1998., 1999. i 2000. godinu)

Godina/ Mjesec	1996.	1997.	1998 .	1999.	2000.
I .	158 ,1	199,3	203,1	252,3	259,6
II.	138,4	177,3	180,9	243,3	229,9
III.	120,2	173,6	189,5	222,5	214,9
IV.	120,6	169,0	156,2	191,2	187,0
V.	113,4	158,1	151,0	178,8	152,8
VI.	112,6	130,2	135,1	155,1	136,2
VII.	108,0	123,3	139,4	152,4	140,3
VIII.	94,7	130,0	154,1	155,9	142,9
IX.	105,9	138,2	164,7	153,7	152,5
X.	142,9	165,5	173,7	173,1	161,2
XI.	138,8	195,2	210,0	218,3	196,4
XII.	150,7	201,1	249,2	244,8	228,6



Slika 1 - Indeksi fizičkog obujma proizvodnje (1995.= 100 %)

Za promatrano razdoblje najviši indeks ostvaren je u siječnju ove godine u iznosu od 259,6 , najniži u kolovozu1996. godine u iznosu od 94,7. Ako se promatraju mjeseci pojedinačno, viši se indeksi normalno ostvaruju u zimskom razdoblju kroz sve godine, a najniži u ljetnom.

Apsolutni iznosi proizvedene električne energije prikazani su u tablici 2 te dijagramima na slikama 2a, 2b, 2c i 2d. Prikazana je mjesečna i ukupna godišnja proizvodnja električne energije. Uz ukupnu proizvodnju prikazana je i proizvodnja u hidroelektranama i termoelektranama.

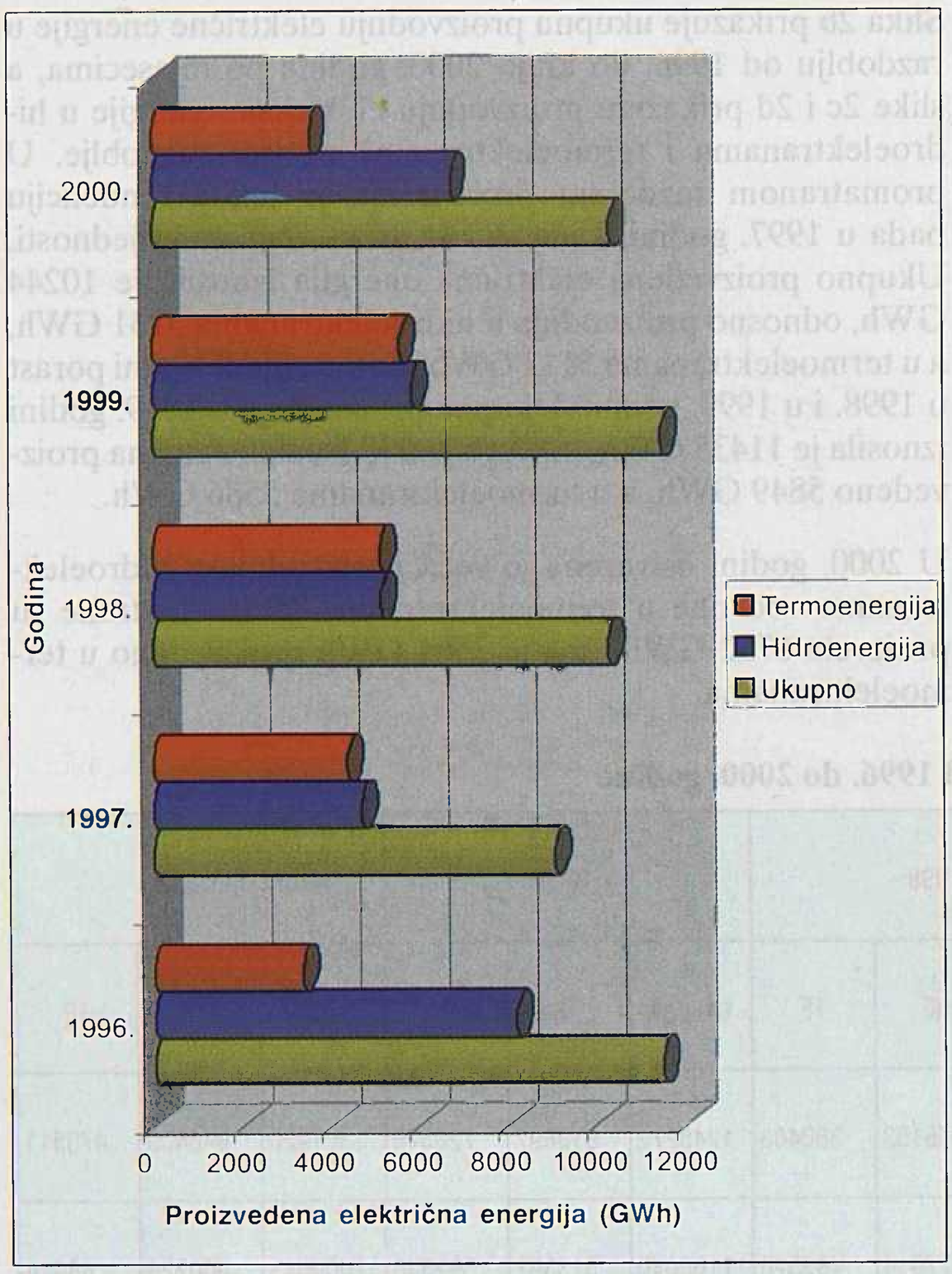
Na slici 2a prikazana je struktura proizvodnje električne energije (ukupno, hidro, termo) po godinama za razdoblje od 1996. do kraja 2000. godine. U promatranom razdoblju proizvedena je približno ista količina električne energije u hidro i termoelektranama, osim u 1996. godini i 2000. godini, kada je proizvedeno znatno više električne energije u hidroelektranama.

Slika 2b prikazuje ukupnu proizvodnju električne energije u razdoblju od 1996. do kraja 2000. godine po mjesecima, a slike 2c i 2d prikazuju proizvodnju električne energije u hidroelektranama i termoelektranama za isto razdoblje. U promatranom razdoblju proizvodnja je imala tendenciju pada u 1997. godini, kada su ostvarene najniže vrijednosti. Ukupno proizvedena električna energija iznosila je 10244 GWh, odnosno proizvodnja u hidroelektranama 5131 GWh, a u termoelektranama 5113 GWh. Zatim slijedi lagani porast u 1998. i u 1999. godini. Ukupna proizvodnja u 1999. godini iznosila je 11435 GWh, od čega je u hidroelektranama proizvedeno 5849 GWh, a u termoelektranama 5586 GWh.

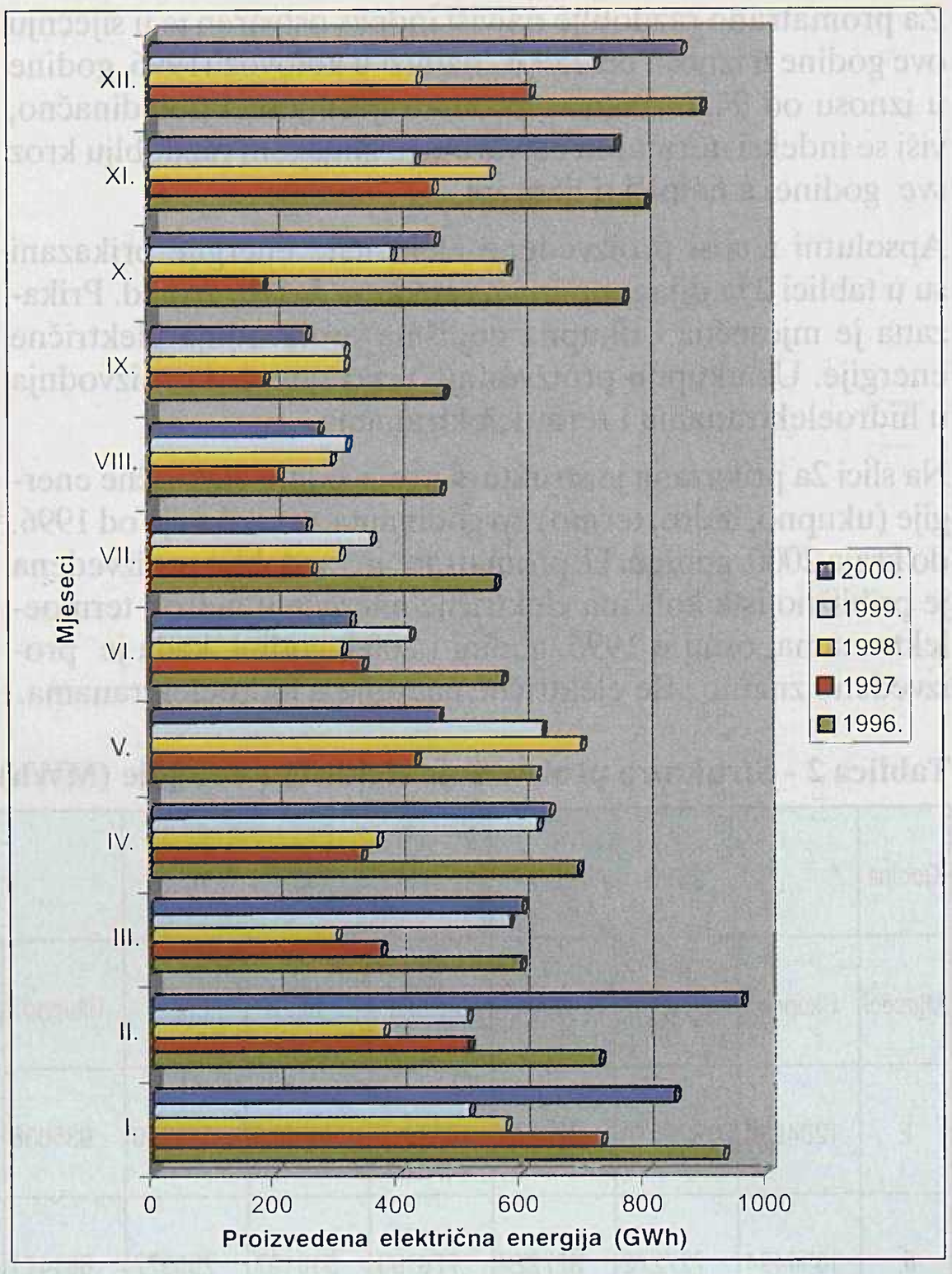
U 2000. godini ostvarena je veća proizvodnja u hidroelektranama od one u termoelektranama. Hidroelektrane su proizvele 6732 GWh, dok je 3561 GWh proizvedeno u termoelektranama.

Tablica 2 - Struktura proizvodnje električne energije (MWh) od 1996. do 2000. godine

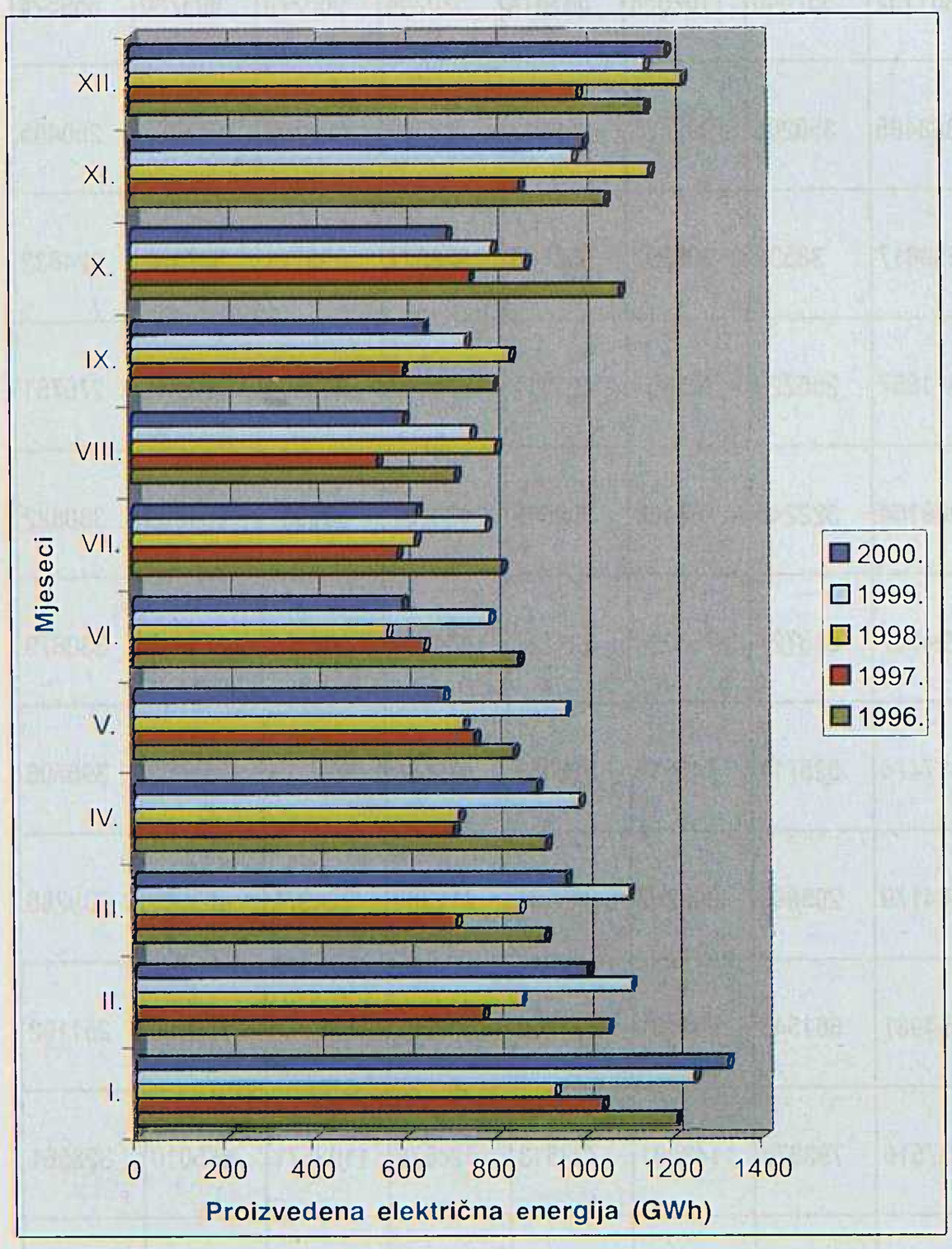
Godina	1996			1997			1998			1999			2000.		
Mjeseci	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE
I.	1204636	928578	276049	1042000	730650	311350	935636	575153	360483	1245272	516697	728575	1321920	848409	473511
II.	1054494	727272	327222	776169	516192	259977	861484	377914	483570	1106040	513392	592648	1009643	960229	49414
III.	915902	600623	315279	718006	373923	344083	858792	301152	557640	1102058	581814	520244	963274	603750	359524
IV.	919351	694125	225226	714235	343692	370543	726690	368485	358205	992735	629143	363592	898208	647763	250445
V.	846461	627322	237139	759619	431702	327917	738153	699617	38536	963792	635768	328024	693741	468909	224832
VI.	858342	571162	287180	651068	347073	303995	567286	311057	256229	796364	421917	374447	602892	327141	275751
VII.	823025	560168	262857	591852	265140	326712	631404	309164	322240	788436	359645	428791	635631	254809	380822
VIII.	721779	473939	247840	548288	209870	338418	812894	294167	518727	756026	321727	434299	606491	275812	330679
IX.	806929	478664	328265	605494	188493	417001	844185	317474	526711	746519	316839	429680	652328	255622	396706
X.	1089414	770883	318531	755209	186356	568853	880065	584179	295886	805267	393887	411380	704971	465683	239288
XI.	1058012	807280	250732	868306	460800	407506	1156526	554981	601545	984461	434258	550203	1010782	759590	251192
XII.	1148171	897889	250282	997316	620568	376748	1230894	437516	793378	1148091	723513	424578	1193571	865010	328561
Ukupno	11446516	8137905	3326602	9027562	4674459	4353103	10244009	5130859	5113150	11435061	5848600	5586461	10293452	6732727	3560725



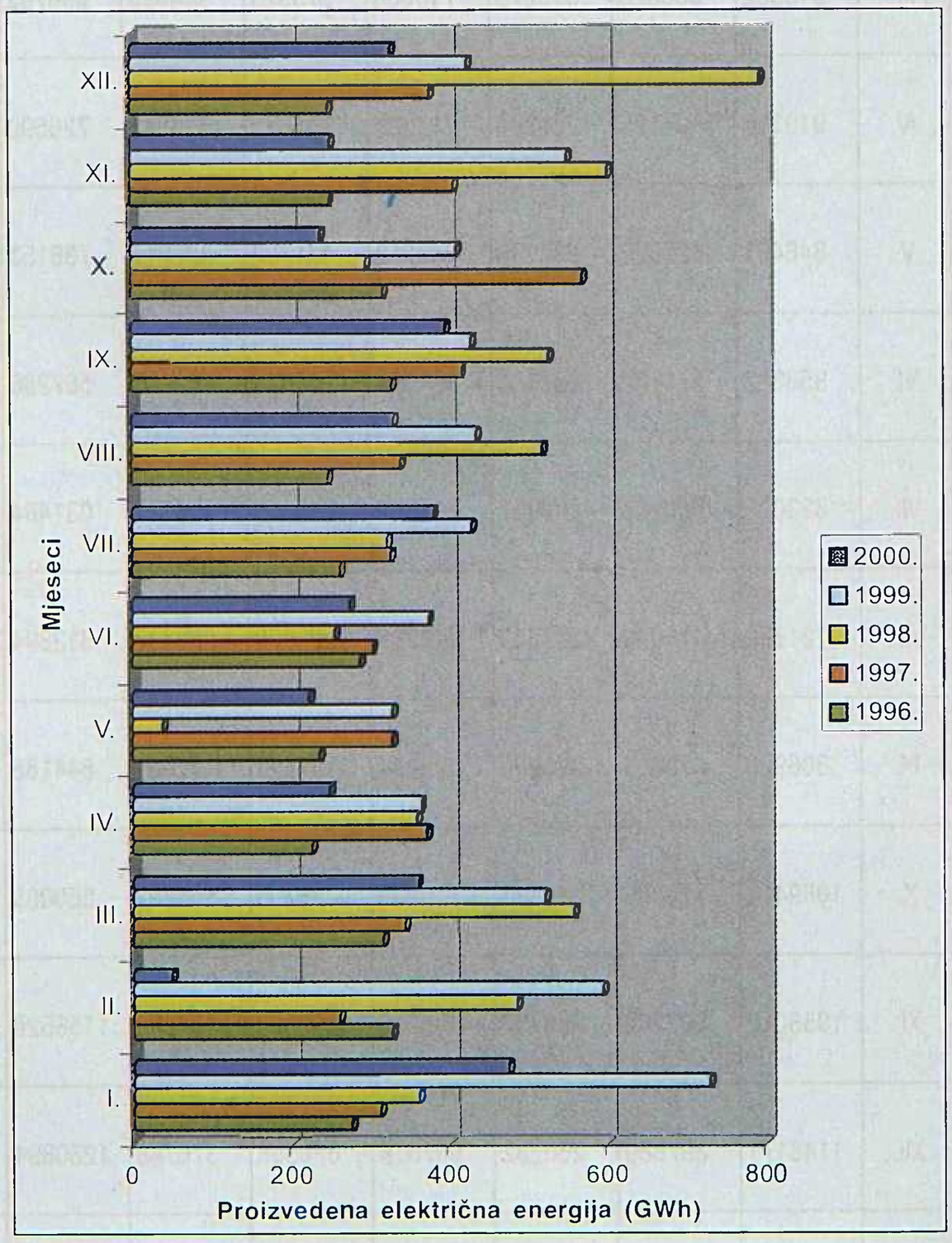
Slika 2a - Struktura proizvodnje električne energije od 1996 . do 1999 .



Slika 2c - Proizvodnja u HE po mjesecima od 1996. do 1999.



Slika 2b - Ukupna proizvodnja električne energije po mjesecima od 1996. do 1999.



Slika 2d - Proizvodnja u TE po mjesecima od 1996. do 1999.

Prosječne neto i bruto plaće

Državni zavod za statistiku u okviru godišnjih programa istraživanja prikuplja podatke putem izvješća, koji se u poslovnim subjektima popunjavaju na temelju evidencija o plaćama. Istraživanjem o plaćama zaposlenih u poslovnim subjektima obuhvaćene su neto i bruto plaće zaposlenih koji imaju zasnovan radni odnos, bez obzira na vrstu radnog odnosa i duljinu radnog vremena. U podatke o prosječnim neto plaćama od prosinca 1994. godine uključena je i naknada za topli obrok.

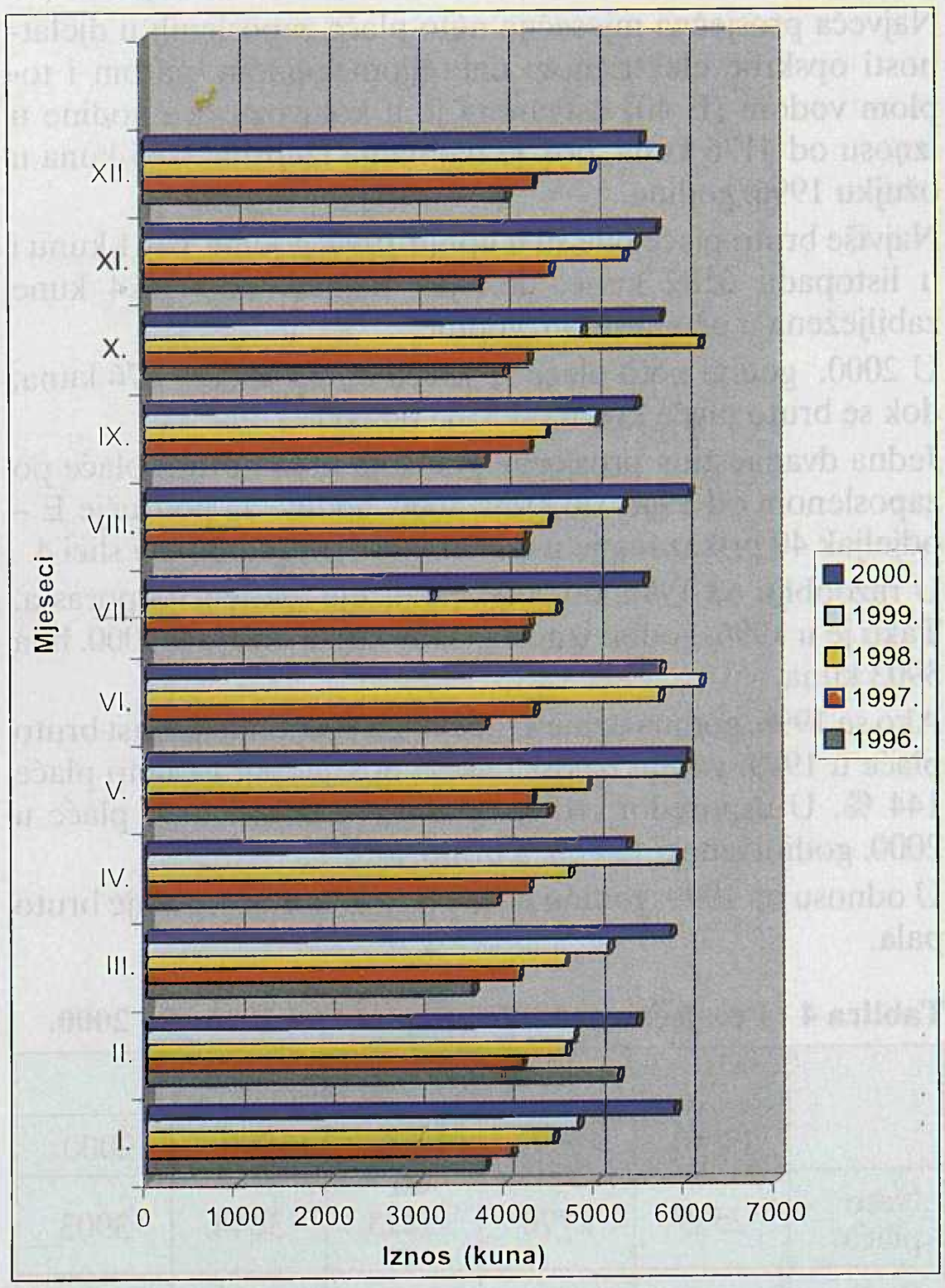
Mjesečna neto plaća obuhvaća plaće zaposlenih za izvršene poslove na osnovi redovitog radnog odnosa i naknade za:

- godišnji odmor
- bolovanja do 42 dana
- državne blagdane
- plaćeni dopust
- obavljanje građanskih dužnosti
- čekanje i zastoj bez krivnje zaposlenog
- odsustvo za stručno obrazovanje
- obnašanje vojne obveze.

Mjesečna bruto plaća obuhvaća sve vrste neto isplata na osnovi redovitog radnog odnosa i zakonom propisana obvezna izdvajanja, doprinose, poreze i prireze.

Prosječna neto i bruto plaća po zaposlenom izračunava se dijeljenjem ukupnih isplata s brojem zaposlenih koji su primili isplate.

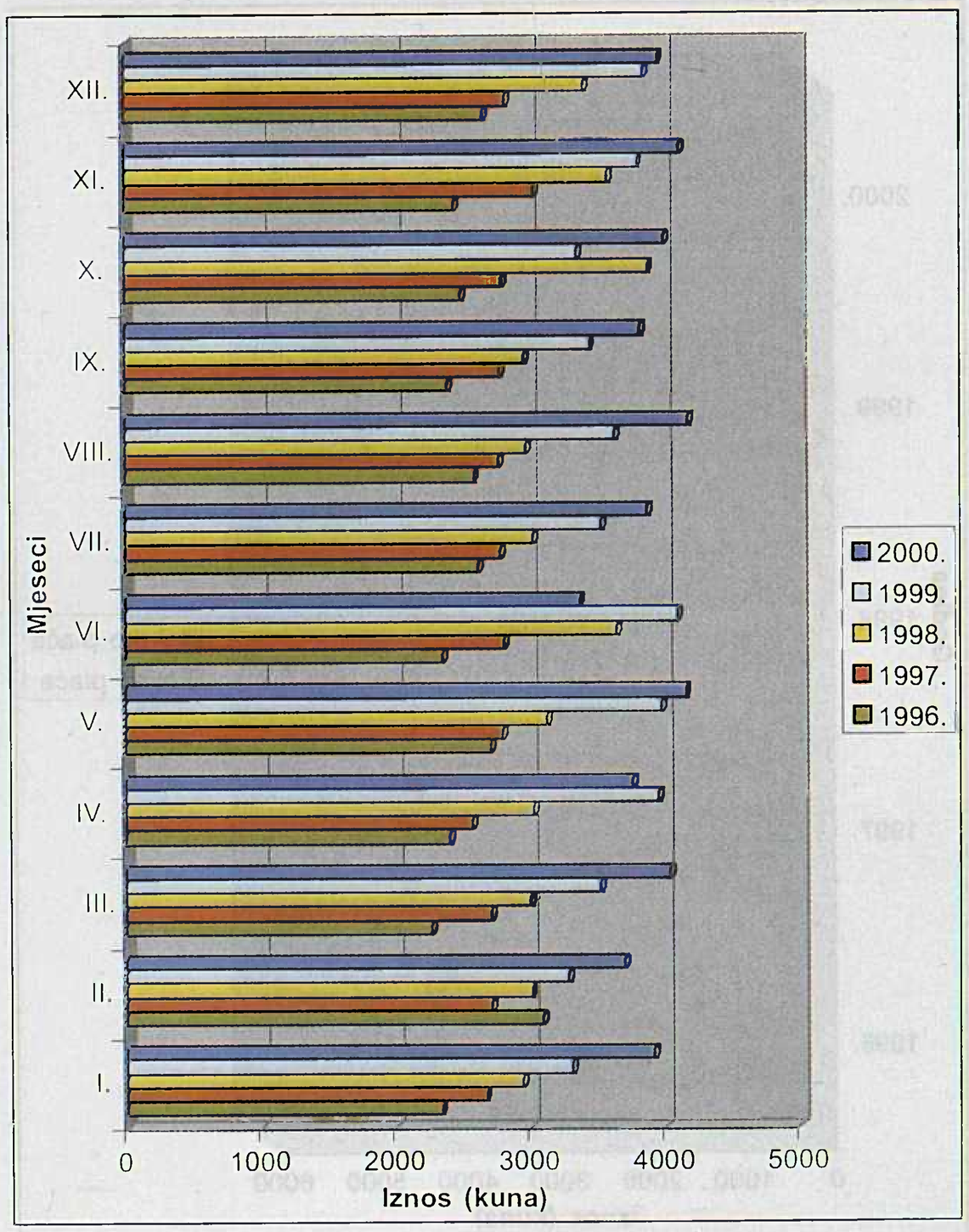
Podaci o prosječnim mjesečnim neto i bruto plaćama po zaposlenom od 1996. do 2000. za područje E – odjeljak 40 prikazani su u tablici 3 te dijagramima na slikama 3a i 3b.



Slika 3a - Prosječne bruto plaće u razdoblju od 1996. do 2000. godine po mjesecima

Tablica 3 - Prosječna mjesečna neto i bruto plaća (kuna) od 1996. do 2000.

Godina	1996.		1997.		1998.		1999.		2000.	
Mjeseci	Neto	Bruto	Neto	Bruto	Neto	Bruto	Neto	Bruto	Neto	Bruto
I.	2336	3775	2663	4073	2935	4530	3304	4800	3910	5884
II.	3086	5248	2709	4178	3005	4665	3281	4753	3690	5465
III.	2265	3624	2707	4135	3001	4652	3518	5140	4031	5839
IV.	2409	3898	2567	4256	3028	4699	3949	5911	3757	5365
V.	2705	4485	2792	4294	3127	4915	3969	5968	4155	6038
VI.	2352	3780	2805	4322	3644	5721	4093	6181	3372	5740
VII.	2617	4222	2784	4288	3022	4580	3530	3187	3874	5564
VIII.	2588	4228	2769	4245	2973	4494	3634	5333	4176	6065
IX.	2396	3800	2788	4297	2962	4473	3448	5032	3821	5478
X.	2498	4009	2796	4287	3877	6182	3356	4884	3993	5753
XI.	2439	3742	3034	4526	3580	5343	3800	5476	4108	5710
XII.	2658	4053	2824	4334	3407	4981	3844	5748	3953	5545



Slika 3b – Prosječne neto plaće u razdoblju od 1996. do 2000. godine po mjesecima

Najveća prosječna mjesečna neto plaća zaposlenih u djelatnosti opskrbe električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom (E 40) ostvarena je u kolovozu ove godine u iznosu od 4176 kuna, dok je najmanja iznosila 2265 kuna u ožujku 1996. godine.

Najviše bruto plaće bile su u lipnju 1999. godine 6181 kunu i u listopadu 6182 kune, dok je najniža od 3624 kune zabilježena u ožujku 1996. godine.

U 2000. godini neto plaće se kreću od 3372 do 4176 kuna, dok se bruto plaće kreću od 5365 do 6065 kuna.

Jedna dvanaestina prosječne godišnje neto i bruto plaće po zaposlenom od 1996. do kraja 2000. godine za područje E – odjeljak 40 prikazana je u tablici 4 te dijagramom na slici 4.

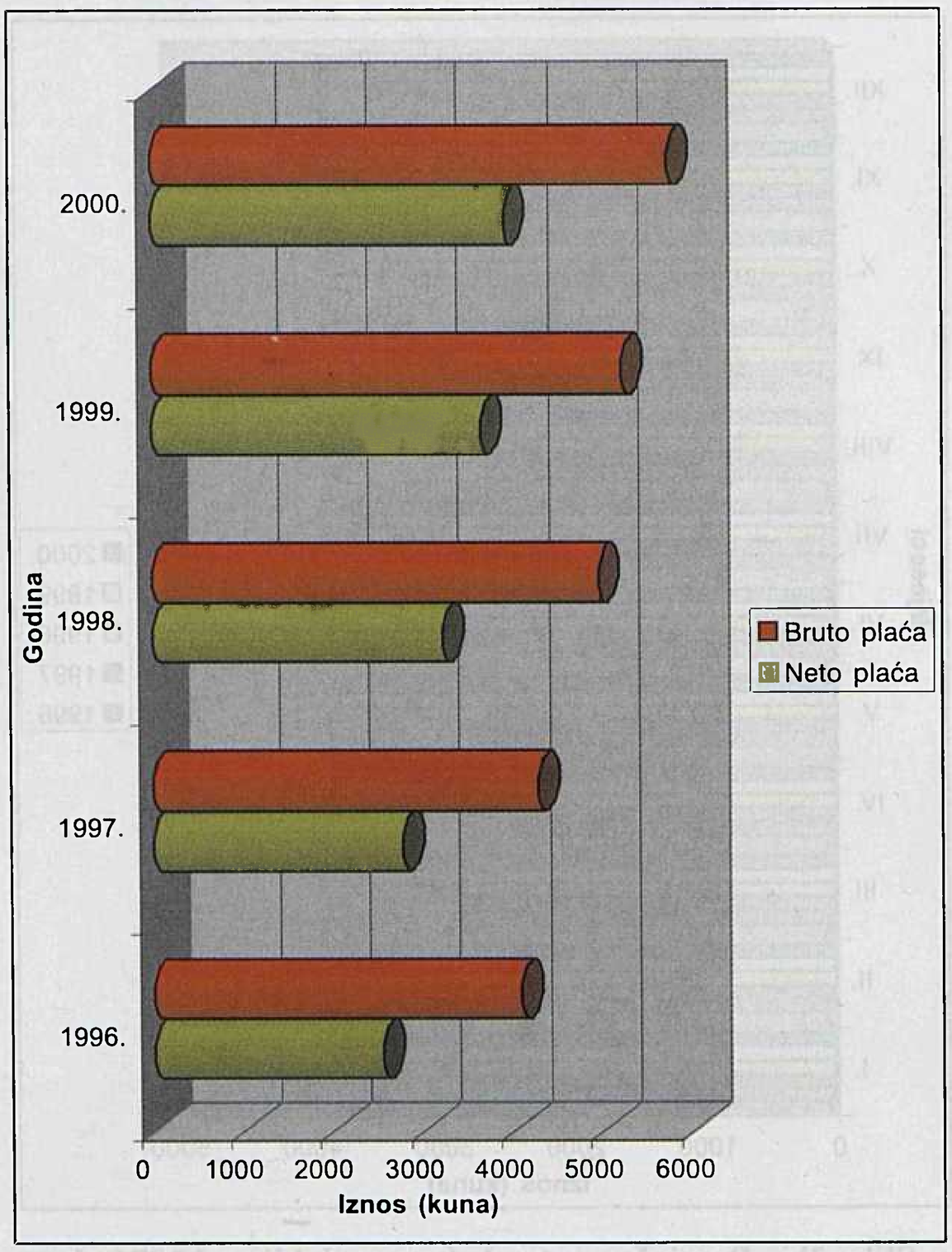
U razdoblju od 1996. do 2000. pokazuje tendenciju porasta. Tako je u 1996. godini iznosila 2529 kuna, dok je u 2000. bila 3903 kuna.

Ako se 1996. godina uzme s indeksom 100, onda porast bruto plaće u 1999. godini iznosi 128 %, dok je porast neto plaće 144 %. U usporedbi s 1996. godinom, porast neto plaće u 2000. godini iznosi 154 %, a bruto 140 %.

U odnosu na 1999. godinu neto plaća je porasla, dok je bruto pala.

Tablica 4 - Prosječne neto i bruto plaće od 1996. do 2000.

	Prosjek (kuna)				
	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.
Neto plaća	2529	2770	3213	3644	3903
Bruto plaća	4072	4270	4936	5201	5704



Slika 4 – Prosječne neto i bruto plaće od 1996. do 2000.

Prema definicijama, korištenim u Anketi o radnoj snazi koje se temelje na metodologiji Međunarodne organizacije rada, zaposlenici su osobe koje rade za poslodavca u državnom ili privatnom sektoru i za svoj rad primaju naknadu u novcu ili naturi. Razlikuju se od zaposlenih koji mogu biti umirovljenici, studenti, kućanice i sl.

U tablici 5 te dijagramom na slici 5 prikazan je prosječan broj zaposlenika u Području E – Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom u razdoblju od 1997. do kraja prve polovice 2000. godine. Podaci su iskazani kao godišnji prosjek podataka prikupljenih polugodišnjim izvješćem sa stanjem 31. ožujka i 30. rujna. Podaci o zaposlenima za mjesečno stanje rezultat su obrade podataka redovitog mjesečnog izvješća.

Zaposlenici

Tablica 5 - Prosječan broj zaposlenika (u tisućama)

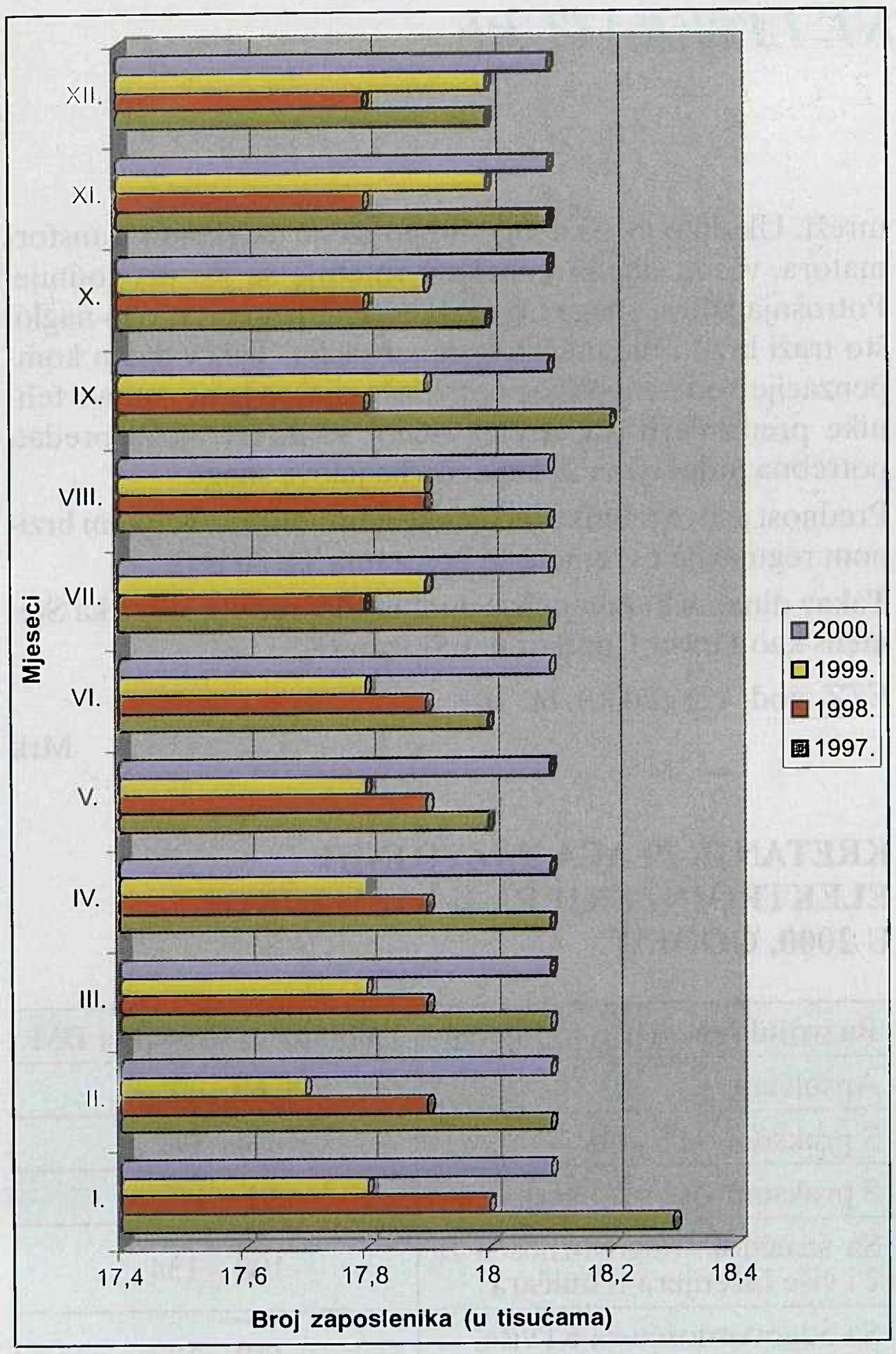
	Broj zaposlenika (u tisućama)			
Godina Mjeseci	1997.	1998.	1999.	2000.
I.	18,3	18	17,8	18,1
II.	18,1	17,9	17,7	18,1
III.	18,1	17,9	17,8	18,1
IV.	18,1	17,9	17,8	18,1
V.	18	17,9	17,8	18,1
VI.	18	17,9	17,8	18,1
VII.	18,1	17,8	17,9	18,1
VIII.	18,1	17,9	17,9	18,1
IX.	18,2	17,8	17,9	18,1
X.	18	17,8	17,9	18,1
XI.	18,1	17,8	18,0	18,1
XII.	18	17,8	18,0	18,1

Kao što je iz tablice 5 vidljivo, prosječan broj zaposlenih djelatnika, u području E – 40 Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom (E 40), se smanjuje u 1998. godini. U siječnju 1997. bilo je zaposlenika 18,3 tisuća, dok u siječnju 1998. godine iznosi 18 tisuća zaposlenika. Do kraja godine taj broj se smanjio na 17,8 tisuća. U 1999. godini broj zaposlenika od najnižeg od 17,7 tisuća (u veljači) raste do kraja godine na 18 tisuća zaposlenika. U promatranom razdoblju broj zaposlenika se kreće u granicama od 17,7 do 18,0 tisuća zaposlenika. Na početku 2000. godine broj zaposlenih nešto je porastao, ali tijekom godine broj od 18,1 tisuća nije se mijenjao.

Cijene kod proizvođača

Državni zavod za statistiku od siječnja 1998. godine prikuplja cijene industrijskih proizvoda pri proizvođačima prema Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti i prema novoj Nomenklaturi industrijskih proizvoda i usluga, a indeks se izračunava prema područjima i odjeljcima Nacionalne klasifikacije djelatnosti.

Opći indeks cijena po područjima (E) i odjeljcima (40) utvrđuje se ponderiranim postupkom, pri čemu se za ponderе uzima vrijednost proizvoda prodanih na domaćem tržištu.



Slika 5 – Prosječan broj zaposlenika (u tisućama) od 1997. do 2000.

U tablici 6 te dijagramom na slici 6 prikazani su mjesečni indeksi cijena električne energije u razdoblju od 1996. do 2000. godine.

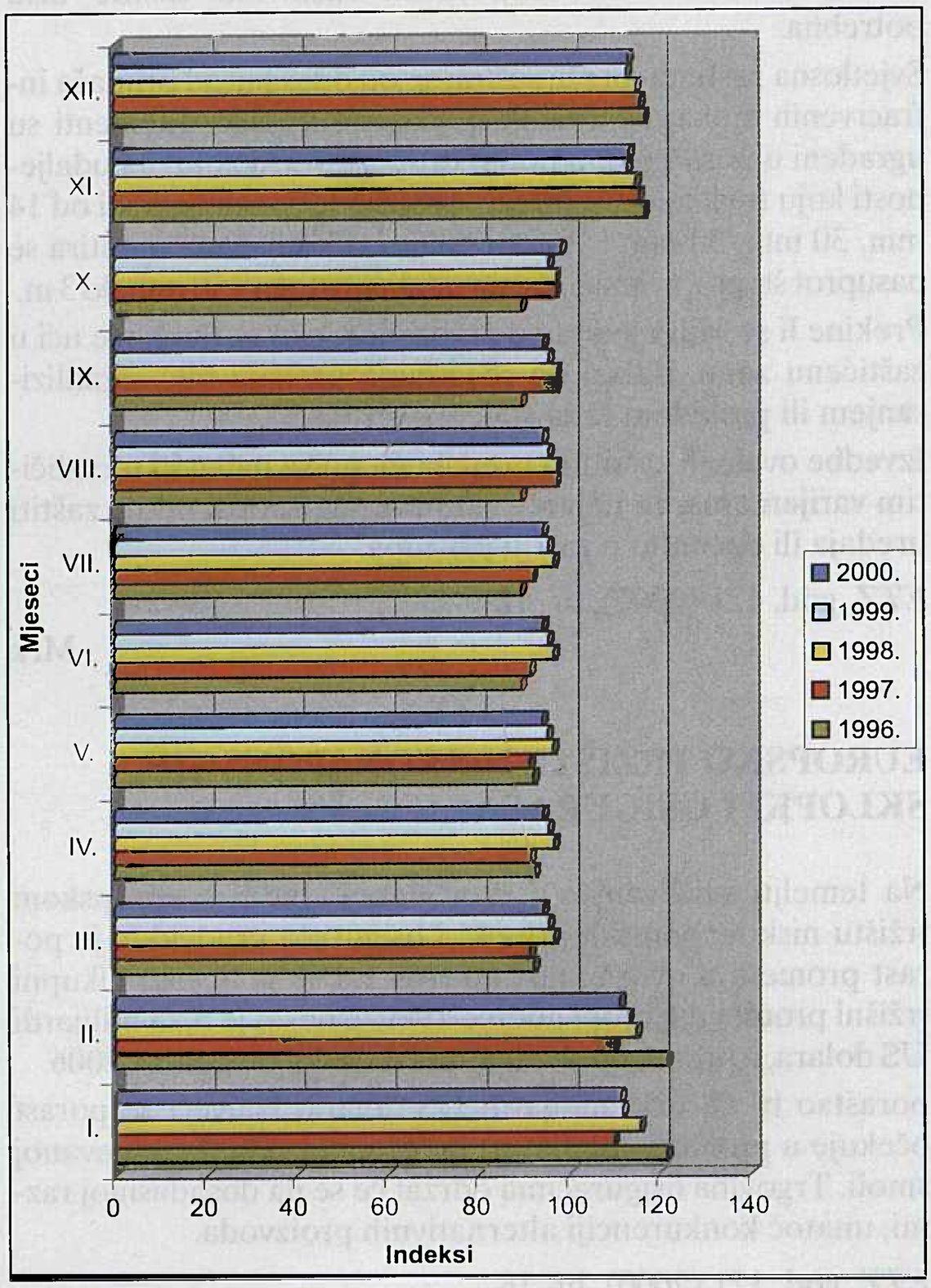
Tablica 6 - Mjesečni indeksi cijena (pri proizvođaču) od 1996. do 2000.

Godina	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.
Mjesec	(Ø1995=100)	(Ø1996=100)	(Ø1997=100)	(Ø1998 =100)	(Ø1999 =100)
I.	121,4	109,8	115,6	111,7	111,2
II.	121,4	109,8	114,9	113,0	111,2
III.	92,4	91,4	96,7	95,3	94,3
IV.	92,4	91,4	96,7	95,3	94,3
V.	92,4	91,4	96,7	95,3	94,3
VI.	89,4	91,4	96,7	95,3	94,3
VII.	89,4	92,1	967	95,3	94,3
VIII.	89,4	97,2	97,2	95,3	94,3
IX.	89,4	97,2	97,2	95,3	94,3
X.	89,4	97,2	97,2	95,3	98,1
XI.	116,5	115,6	1149	112,7	113,3
XII.	116,5	115,6	114,9	112,7	113,3

U 1996. godini najveći indeks je iznosio 121,4 u siječnju i veljači, a najmanji u iznosu 89,4 u ljetnim mjesecima. U 1997. godini najveći indeks u iznosu 115,6 ostvaren je u studenom i prosincu, a najniži od 91,4 u razdoblju od ožujka do lipnja. U 1998. godini najveći indeks u iznosu 115,6 je ostvaren u siječnju, a najmanji od 96,7 u razdoblju od ožujka do srpnja. U 1999. godini najveći indeks cijena ostvaren je u studenom i prosincu u iznosu od 112,7, a najmanji u razdoblju od ožujka do listopada u iznosu od 95,3.

U 2000. godini mjesečni indeksi cijena iznosili su za siječanj i veljaču 111,2, a za razdoblje od ožujka do listopada 94,3. U studenom i prosincu zabilježen je iznos od 113,3.

Uzevši u obzir razdoblje od 1996. do 2000. godine najveći indeks cijena ostvaren je u siječnju u 1996. godini u iznosu od 121,4, a najmanji u 1997. godini, u iznosu od 91,4, u razdoblju od ožujka do lipnja.



Slika 6 – Mjesečni indeksi cijena električne energije od 1996. do 2000.

Priprema
Mr. sc. Slavica Barta-Koštrun, dipl. ing.

ZAŠTITNI SVJETLOSNI ZASTOR

Tvrtka Siemens razvila je sigurnosni svjetlosni zastor ili zaštitnu svjetlosnu mrežu (Siguart Sensorikprogramm) na bazi senzora bez dodira. Ova je tehnika primjenljiva kao zaštita objekata i ljudi. Omogućava slobodnu konstrukciju strojeva, pa nisu potrebne mehaničke naprave, kao npr. zaštitne mreže. Iznimka je naravno zaštitna zona od eventualnih otpadnih letećih dijelova , što se ovakvim sustavom ne može provesti. Kod proizvodnih smetnji u postrojenjima, omogućeno je brzo djelovanje, bez trošenja vremena da se otvore zaštitna vrata, koja ovim sustavom zaštite nisu potrebna.

Svjetlosna zaštitna mreža sastoji se od odašiljača i primača infracrvenih zraka, ugrađenih u štapaste nosače. Elementi su ugrađeni u nosač, jedan pored drugoga vertikalno, na udaljenosti koju traži gustoća mreže. Proizvode se udaljenosti od 14 mm, 30 mm, 50 mm i 90 mm. Štap s odašiljačima montira se nasuprot štapa s primačima, na udaljenostima 150 mm do 3 m.

Prekine li se samo jedna od zraka, npr. ako netko hoće ući u zaštićenu zonu, dolazi do reagiranja uređaja bilo signaliziranjem ili prekidom rada štićenog stroja.

Izvedbe ovakvih zaštitnih uređaja mogu se nabaviti u različitim varijantama, za najveće zahtjeve sigurnosti, bilo u zaštiti uređaja ili općenito o zaštiti pristupa.

ETZ, god. 121 (2000), br. 18

Mrk

EUROPSKO TRŽIŠTE NISKONAPONSKIH SKLOPKI I OSIGURAČA

Na temelju istaživanja u provedenoj studiji o europskom tržištu niskonaponskih sklopki i osigurača predviđen je porast prometa u ovoj branši od oko 1,8 % godišnje. Ukupni tržišni promet u Europi godine 1999. iznosio je 5,78 milijardi US dolara, a prema predviđanjima u studiji do godine 2006.

porastao bi na 6,56 milijardi US dolara. Najveći se porast očekuje u prometu minijaturnih sklopki i sklopki u lijevanoj smoli. Trgovina osiguračima održat će se na dosadašnjoj razini, unatoč konkurenciji alternativnih proizvoda.

ETZ, god. 121 (2000), br. 18

Mrk

DINAMIČNA KOMPENZACIJA JALOVE SNAGE

Kompenzacija jalove snage pojedinih potrošača ili grupe potrošača električne energije statičkim kondenzatorima, već se provodi u praksi dulje vrijeme, no danas takvi uređaji više ne mogu zadovoljiti.

Na električnu su mrežu priključeni vrlo osjetljivi potrošači, naročito elektronički uređaji, koji ne podnose ni kratkotrajne naponske padove i prekide. Naročito naponske smetnje uzrokuju jaki potrošači s udarnim opterećenjem, kao npr. kranovi i općenito dizala različite vrste.

Neprestano spuštanje i podizanje tereta kod kranova dovodi do neke vrste udarnog opterećenja u napojnoj električnoj mreži. Ukoliko je još neugodni potrošač daleko od transformatora, vezan dugim kabelom, smetnje su još neugodnije. Potrošnja jalove snage neprestano se mijenja i to vrlo naglo, što traži brzu i dinamičku kompenzaciju. Takav način kompenzacije kod neugodnog potrošača riješen je na osnovu tehnike preusmjerivača, a električnoj se mreži može predati potrebna induktivna ili kapacitivna jalova snaga.

Prednost je ove tehnike da djeluje kontinuirano velikom brzinom regulacije (vremenska konstanta Tk 20 ms).

Takav dinamički kompenzacioni uređaj razvila je tvrtka Siemens kao Power Conditioner Sipcon D.

ETZ, god. 121 (2000), br. 10

Mrk

KRETANJE PLAĆA RAZVOJNIH ELEKTROINŽENJERA U NJEMAČKOJ U 2000. GODINI

Razvojni inženjer u industriji	Godišnje u tisućama DM
Apsolvent	63 – 71
S praksom od 3 god.	74 – 94
S praksom više od 3 god.	91 – 117
Sa stručnom odgovornošću za 2 i više inženjera tehničara	108 – 134
Sa odgovornošću za 6 i više inženjera	139 – 177
Šef razvoja	189 – 242
Šef izrade	166 – 217
Šef osiguranja kvalitete	144 – 179

ETZ, god. 121 (2000), br. 10

Mrk

MANJAK ELEKTROINŽENJERA U NJEMAČKOJ

U Njemačkoj se sve više ukazuje na budući manjak elektroinženjera. Postavlja se pitanje hoće li Njemačka i u budućnosti biti međunarodno dovoljno konkurentna. Druge zemlje, npr. one iz azijskog prostora, nude veliki izbor tehničkog osoblja, pa i u tom pogledu postaju atraktivni za industrijska poduzeća.

Dva su uzorka pomanjkanja elektroinženjera. Prvo je svakako smanjen interes za inženjerski studij. O studiju i manjku elektroinženjera u Njemačkoj mnogo je pisano u ovom časopisu npr. Energija 1997. br. 1 i 5, 1998. br. 1, 4, 6; 1999. br. 1 i 6).

Dok je npr. u saveznoj pokrajini Nordrhein – Westfalen u godini 1991. bilo na elektrotehnici upisano 2500 studenata, taj je broj, u godini 1999., pao na 1100. Inženjeri apsolventi vrlo kasno stupaju u praksu zbog svojih zakonskih obveza (npr. vojska). To vrijeme svakako treba skratiti. Za ubrzanje stručnog obrazovanja ima više puteva, prvenstveno u suradnji industrije i visokih škola. U saveznoj pokrajini Baden – Württemberg poduzeća školuju svoj naraštaj u suradnji sa

stručnom akademijom. Izobrazba teče istodobno u jednom od industrijskih poduzeća i na stručnoj akademiji. Troškove snosi poduzeće.

Ovakav je način školovanja "njemački specijalitet" i teško će imati međunarodno priznanje.

I mnoga druga poduzeća nude skraćeni studij, a onda nastavak na sveučilištu ili visokoj školi, praćen od poduzeća. Na koncu treba reći, da završeni srednjoškolci mogu normalno nastaviti studij, no pri tome manjka odnos s praksom, što treba uzeti u obzir pri kasnijem radu.

Blomberška tvrtka Phoenix Contact prakticira novi način izobrazbe, koji je započeo u ljetu 1998. godine. Studenti su započeli izobrazbu za elektroničare u komunikacijama i informatičkoj tehnici u poduzeću i studij elektrotehnike i automatizacije na visokoj stručnoj školi Lippe. Studenti praktični dio uče u poduzeću, a teorijski, četiri dana u tjednu na visokoj školi.

Nakon 3 semestra osnovnog studija slijedi jedan semestar u poduzeću. Zaključni ispit polažu studenti nakon 32 mjeseca, u mjesnoj trgovačko – industrijskoj komori. Prednost je za poduzeće da se mladi naraštaj razvija za vrijeme svog školovanja u filozofiji poduzeća pa se identificira s njegovim ciljevima.

ETZ, god. 121 (2000), br. 10

Mrk

ELEKTROENERGETSKI AKUMULATOR

Prekidi dobave električne energije, pa i oni najkraći, neugodni su za potrošače. Treba povećati pouzdanost da se potpuno izbjegnu prekidi ili svedu barem na najmanju mjeru. Jedna od mogućnosti da se postigne visoka pouzdanost dobave jest ugradnja supravodljive magnetske prigušnice u električnu mrežu u svojstvu energetskog akumulatora. Takav uređaj proizvodi i dobavlja američka tvrtka American Superconductor pod imenom D-SMES.

Električna se energija akumulira u magnetskom polju supravodljivih prigušnica, koja se ugrađuje u pojedine točke električne mreže (u transformatorske stanice) pa djeluju kao male virtuelne elektrane.

One osiguravaju neprekinutu dobavu energije potrošaču pri kratkom prekidu ili promjeni opterećenja i pri tome pomaže održavanju stabilnosti mreže. Uređaj D-SMES ima kapacitet djelatne snage od 3 MW i jalove od 14 Mvar.

Tvrtka, proizvođač, naglašava da se D-SMES može brzo uključiti u odabranoj točki električne mreže, jer je ugrađen u mobilni kontejner, a i ekonomski predstavlja povoljno rješenje.

ETZ, god. 121 (2000), br. 10

Mrk

GOSTI – SLUŠAČI NA NJEMAČKIM VISOKIM ŠKOLAMA

Prema podacima njemačkog Saveznog statističkog zavoda, u zimskom semestru školske godine 1999/2000, na 346 njemačkih visokih škola bilo je 36500 slušača – gostiju., a to je 6% više nego prethodne godine. Među slušačima bilo je 48% žena.Pojedine kurseve na visokim školama mogu

pohađati i slušači bez prethodne školske kvalifikacije. Studij im pruža mogućnost daljnjeg usvršavanja u smislu "doživotnog učenja". Prosječna starost takvih slušača iznosila je oko 48 godina. Oko 2/3 bilo ih je ispod 60 godina. Za slušače iznad 60 godina, visoke škole organiziraju tzv. "seniorski studij". Oko 350 slušača shvatilo je studij osobito ozbiljno. Oni su imali 80 i više godina.

ETZ, god. 121 (2000), br. 19

Mrk

POTRAŽNJA ELEKTROINŽENJERA U NJEMAČKOJ

O pomanjkanju elektroinženjera i informatičara u Njemačkoj, na ovom je mjestu pisano već u nekoliko navrata. Prema najnovijem izvješću VDE pomanjkanje će biti sve veće u slijedećim godinama, unatoč tome što je školske godine 1999./2000. upisano oko 1% više studenata na studije elektro i informacijske tehnike više nego prethodne godine.

Prema predviđanjima godišnja je potražnja za oko 13000 novih stručnjaka, što daleko nadmašuje broj apsolvenata, kako to proizlazi iz slijedećeg pregleda.

Godina	1999.	2000.	2001.	2002.
Broj apsolvenata	8500	7500	6800	6500
Manjak	4500	5500	6200	6500

ETZ, god. 121 (2000), br. 19

Mrk

ENERGETSKI UČINKOVITI ELEKTROMOTORI

Njemački Institut za bakar tvrdi da bi njemačka industrija mogla uštedjeti na troškovima za električnu energiju oko dvije milijarde DEM, ukoliko bi u pogonima koristila tzv. energetski učinkovite elektromotore, s visokim udjelom bakra. Takav motor uz jednaku mehanički snagu kao "normalni motor", troši značajno manje električne energije. Konstrukcija motora traži 25% do 100% više bakra, ali štedi 8% energije. Troškovi nabave su za 10% do 15% viši, no oni se amortiziraju već tijekom godine dana troškovima uštođene energije.

ETZ, god. 121 (2000), br. 19

Mrk

DUGOVJEČNOST PLINSKE TURBINE

Prva komercijalna plinska trubina, koju je 1960. proizvela tvrtka Siemens (tip VM5, snage 5 MW), ugrađena je kao pogonski stroj za kompresor uz visoku peć u željezari. Nakon neprekidnog rada cijelo je postrojenje, uključujući i viosku peć 1998. demontirano i prodano Kini. U Kini u željezari Handan cijelo je postrojenje ponovno montirano i stavljeno u pogon u svibnju 2000. godine. Turbina je dakle neumorno radila 40 godina i sad ponovno nastavlja s radom.

ETZ, god. 121 (2000), br. 20

Mrk

GENERATORSKI UZBUDNI UREĐAJ S TIRISTORIMA

Početkom šezdesetih godina proizvela je tvrtka Siemens rotirajući uređaj s usmjerivačima, koji radi bez kliznih četkica, za uzbudu turbogeneratora. U daljnjem je razvoju ista tvrtka proizvela takvu vrstu uzbude, ali s tiristorima. Da se ispitaju

njene osobine i usporede s uzbudnim uređajem s usmjerivačima, novi je uređaj ugrađen 1986. godine u turbogenerator snage 360 MW. Nakon nekih 100000 pogonskih sati mogla se učiniti usporedba s uređajem koji ima usmjerivače. Zaključeno je, da uređaj s tiristorima ima minimalne prednosti. Iako je nešto osjetljiviji u pogledu regulacije, znatno je skuplji, pa dolazi u obzir samo u nekim izvanrednim prilikama.

ETZ, god. 121 (2000), br. 21

Mrk

PROVJERA GARANTIRANIH VRIJEDNOSTI SNAGE I KORISNOSTI U TERMOELEKTRANAMA

Veliki pritisak na tržište električne energije traži da proizvodnja u elektranama bude što racionalnija pa su garantirane vrijednosti određene snage i korisnosti od naročite važnosti. Financijski modeli projekata velikih elektrana baziraju se na određenoj snazi elektrane i potrošku goriva. Oni su često tako usko kalkulirani da već mala negativna odstupanja od garantiranih vrijednosti mogu negativno utjecati na financiranje. Zbog toga se na mjerenju u elektrani stavljaju strogi zahtjevi.

Da se točno utvrde garantirane vrijednosti u elektrani potrebno je uspostaviti oko 30 mjernih mjesta i 100 do 300 kontrolnih. Pripreme za takva mjerenja moraju biti što je moguće kraće, a i kratko vrijeme mora biti u sakupljanju i analizi dobivenih podataka.

Rješene navedenih zadataka daje mjerni sustav UniDAS II+ (Universal Data Acquisition System).Sustav na bazi kompjutora prima, sakuplja i analizira mjerne podatke, koi su dobiveni vrlo preciznim mjernim instrumentima. Uređaj je vrlo fleksibilan, lako se instalira i prenosi.Ovakav se sustav mjerenja ne koristi samo kod utvrđivanja garantiranih vrijednosti kod termoelektrana,

već i kod testiranja prototipova, npr. plinskih turbina. Tvrtke koje grade elektrane (Alstom) organizirale su posebne timove inženjera specijalista koji provode takva mjerenja.

ETZ, god. 121 (2000), br. 22

Mrk

ŠTEDNA RASVJETNA TEHNIKA U USPONU

Nastojanja države da se povišenjem cijena električne energije smanji emisija CO2 koriste proizvođači štedne upravljive rasvjetne tehnike. Proizvodni i financijski promet u stalnom je porastu. Dok se uEuropi godine 1999. promet ketao oko 1,68 milijardi USD, predviđa se da će do 2005. godine iznositi oko 2,18. Najveći se dio ovog prometa odnosi na uređaj upravljanja, čeona postrojenja, transformatore i startere.

ETZ, god. 121 (2000), br. 21

Mrk

Energija

Godište 50 (2001) Br. 2

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1353

UDK 621.31
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/2, 75-78

ELEKTROTEHNIKA: RAZVOJ I PERSPEKTIVE U SVIJETU I HRVATSKOJ

Prof. dr. sc. Zijad Haznadar

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku je dan sažet pregled razvoja elektrotehnike kroz proteklo stoljeće i pol u svijetu i Hrvatskoj. Posebno su obrađena područja elektroenergetike, telekomunikacija, elektronike, radiokomunikacija i računala. Detaljno su opisani razvoj Hrvatske elektroprivrede, telekomunikacija i elektroindustrije. Dane su natuknice o perspektivama na području proizvodnje i prijenosa električne energije. Znanost i obrazovanje u Hrvatskoj obrađeni su na kraju.

(Lit. 7, sl. – - original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/2/75-78/2001.

ENERGIJA 1354

UDK 621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/2, 89-92

DISTRIBUCIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE OD INDUSTRIJSKOG DOBA DO DRUŠTVA ZNANJA

Prof. dr. sc. Slavko Krajcar

Zavod za visoki napon i energetiku, Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku je dan pregled distribucijske djelatnosti od početka primjene električne energije do danas. Osim povijesnih činjenica u članku se opisuju i procesi liberalizacije tržišta električne energije i njihovi utjecaji na budućnost distribucijske djelatnosti. Raspravljaju se smjernice za planiranje razdjelnih mreža kao i smjernice za planiranje usluga koje će se u budućnosti javljati u distribucijskoj djelatnosti.

(Lit. 6, sl. – - original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/2/89-92/2001.

ENERGIJA 1355

UDK 65.011.1
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/2, 83-86

SA SLOBODNIM TRŽIŠTEM ELEKTRIČNE ENERGIJE - OPREZNO

Akademik Božo Udovičić, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet, Trg L. Mirskog 1, 31000 Osijek, Hrvatska

U članku se govori o tržištu kao takvom, specifičnostima u elektroenergetskom sustavu, globalizaciji na tržištu itd.
Posebanje naglasak na tehničko-ekonomskim specifičnostima električne energije kao "robe", zbog istovremenosti proizvodnje i potrošnje i svega onoga što iz toga proizlazi. Iz tih specifičnosti proizlaze velike poteškoće oko određivanja cijena električne energije i snage (gubici, varijacije potrošnje tijekom dana i sezone, stabilnost, problem jalove energije itd.). Na temelju spoznaja o onome što se događalo, a posebno nakon kalifornijskog iskustva preporuča se oprez kod pristupa slobodnom tržištu električne energije.

(Lit. –, sl. – - original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/2/83-86/2001.

ENERGIJA 1355 UDK 65.011.1

1. Sa slobodnim tržištem električne energije - oprezno
I. *Udovičić, B.*
II. Elektrotehnički fakultet, Trg L. Mirskog 1, 31000 Osijek, Hrvatska

tržište
deregulacija
slobodno tržište
energetski i elektroenergetski sustavi
cijene električne energije
monopol
lokacija
izvori i postrojenja

ENERGIJA 1354 UDK 621.316.1

1. Distribucija električne energije od industrijskog doba do društva znanja
I. *Krajcar, S.*
II. Zavod za visoki napon i energetiku Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

distribucija
razdjelne mreže
liberalizacija
elektroenergetika

ENERGIJA 1353 UDK 621.31

1. Elektrotehnika: Razvoj i perspektive u svijetu i Hrvatskoj
I. *Haznadar, Z.*
II. Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

elektrotehnika
elektroenergetika
elektronika
elektrostrojarstvo
radiokomunikacije
telekomunikacije
računarstvo

Energija

Godište 50 (2001) Br. 2

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1356

UDK 621.312
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/2, 79-82

RAZVOJ I BUDUĆNOST INDUSTRIJE ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA U HRVATSKOJ

Prof. dr. sc. Zlatko Plenković, dipl. ing.
Vladimira Nazora 43b, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku je prikazan razvoj elektroindustrije u Hrvatskoj od 1921. godine do danas. Iznesени su osnovni podaci o osnivanju tvrtke Končar kao predstavnika elektroindustrije kao i preporuke za budući odnos prema toj grani gospodarstva.
(Lit. –, sl. – - original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/2/79-82/2001.

ENERGIJA 1357

UDK 621.3.05
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/2, 87-88

PRIJENOSNA MREŽA HRVATSKE NA PRAGU NOVOG PEDESETOGODIŠTA

Mr. sc. Zdenko Tonković, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku se iznose vanjski utjecaji od mogućeg utjecaja na prijenosnu mrežu Hrvatske: na njeno vođenje, na njen pogon u stacionarnom stanju i prijelaznim režimima.
To su uspostavljene cjeline područja UCTE-ovog sinkronizma i njegovo širenje te pojačavanje interkonekcija na njegovom krajnjem jugoistoku, a sve u uvjetima otvorenog tržišta električne energije.
(Lit. 8, sl. – - original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/2/87-88/2001.

ENERGIJA 1357 UDK 621.3.05

1. Prijenosna mreža Hrvatske na pragu novog pedesetogodišta
I. *Tonković, Z.*
II. *Institut za elektroprivredu i energetiku,* Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

prijenosna mreža Hrvatske
interkonekcije
UCTE

ENERGIJA 1356 UDK 621.312

1. Razvoj i budućnost industrije elektroenergetskih postrojenja u Hrvatskoj
I. *Plenković, Z.*
II. Vladimira Nazora 43b, 10000 Zagreb, Hrvatska

elektroindustrija
razvoj
preporuke

Energija

Volume 50 (2001) Nº 2

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1353

UDK 621.31
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/2 75-78

ELECTRICAL ENGINEERING: DEVELOPMENT AND PERSPECTIVES IN CROATIA AND IN THE WORLD

Prof. Zijad Haznadar, D. Sc.

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

The paper offers a short review on electrical engineering in the past century and a half in Croatia and in the world. Electric energy supply, telecommunications, electronics, radio-communications and computers are elaborated separately. The development of the Croatian electric energy company, telecommunications and electric industry are described in detail. Some assumptions on the perspectives of electric energy production and transmission are also given. Finally, the Croatian scientific research and education are approached.

(No. of References: 7, Fig.: – - original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448

ENJAAC 50/2/75-78/2001.

ENERGIJA 1354

UDK 621.316.1
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/2, 89-92

ELECTRIC ENERGY DISTRIBUTION FROM INDUSTRIAL AGE TO A SOCIETY OF KNOWLEDGE

Prof. Slavko Krajcar, D. Sc.

Zavod za visoki napon i energetiku, Fakultet elektrotehnike i računarstva,
Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

The paper presents an overview of the distribution activities from the beginning of electric energy use until today. Apart from historical facts there is also a description of the electricity markets' liberalisation procedures and their influence on the future of the distribution activities. Discussed are the distribution network's planning guidelines as well as guidelines for future services included in the distribution activities.

(No. of References: 6, Fig.: – - original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448

ENJAAC 50/2/89-92/2001.

ENERGIJA 1355

UDK 65.011.1
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/2, 83-86

HANDLE A LIBERALISED ELECTRIC ENERGY MARKET WITH CAUTION

Academy Member Božo Udovičić, D. Sc.

Elektrotehnički fakultet, Trg L. Mirskog 1, 31000 Osijek, Croatia

The paper approaches the market as such, the peculiarities of electric energy system, market globalisation etc.
Special attention is paid to the technical-economic aspect of electric energy as a "commodity" because of the simultaneity of production and consumption and the resulting effects. Consequently, major difficulties rise as regards electricity and power price formation (losses, variation of consumption during day and season, stability, reactive power problems etc.). Based on previous insight and especially after Californian experience caution is proposed when planning a liberalised electric energy market.

(No of References: –, Fig.: – - original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448

ENJAAC 50/2/83-86/2001.

ENERGIJA 1357 UDK 621.3.05

1. Croatian Transmission Network Approaching its Fiftieth Anniversary
I. *Tonković, Z.*
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Croatian Transmission Network
Interconnection
UCTE

ENERGIJA 1356 UDK 621.312

1. Development and Future of the Croatian Industry of Electric Energy Facilities
I. *Plenković, Z.*
II. Vladimira Nazora 43b, 10000 Zagreb, Croatia

Electrical Industry
Development
Recommendations

UDK 621.31

ENJAAC 50 (3) – (2001) – 123-216

ISSN 0013-7448

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČI – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea,* dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić,* dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka *Jelić,* prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Godište 50 (2001) Zagreb 2001 Br. 3

SADRŽAJ

Kalea M.: Granica prijenosne i distribucijske mreže Hrvatske elektroprivrede (Pregledni članak) 125

Borojević D.: Prilozi metodološkoj obradi elektroenergetskih mreža većih gradova (Pregledni članak) 129

Zeljko M.: Neki problemi i praksa elektroprivrednih poduzeća u dereguliranom okruženju (Stručni članak). 145

Matanić R. – Lebegner J. – Jurković I. A. – Prah M.: Ispitivanje javnog mnijenja „Nuklearna energija - danas i sutra" (Prethodno priopćenje). 155

Mandić N. – Ćurić A.: Specifični poremećaji potrošnje u elektroenergetskim sustavima (Stručni članak) 161

Donković G.: Procesni sustav u NDC-u (Pregledni članak). 171

Šimleša K.: Uz prigodu stote obljetnice mrežnog tonfrekventnog upravljanja - prijamnici 185

Pregled članaka objavljenih u „Energiji" od 1981. do 1990. godine 189

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja 204

Iz strane stručne literature 208

Fotografija na omotu:

MALA HIDROELEKTRANA KRČIĆ

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2001 - 05 - 10

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove.** Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

   Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteliung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

GRANICA PRIJENOSNE I DISTRIBUCIJSKE MREŽE HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Marijan K a l e a, Osijek

UDK 621.311.1:621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

Iznosi se pogled na granicu prijenosne i distribucijske mreže u zatečenim prilikama u Hrvatskoj elektroprivredi, naglašavaju neke okolnosti koje su uvjetovale takvo stanje, te obrazlažu razlozi za zalaganje spram uspostavljanja razvidnog, nediskriminirajućeg i praktički provedivog novog stanja, u okviru restrukturiranja Hrvatske elektroprivrede, sukladno europskim nastojanjima. Upozorava se na oprezno i utemeljeno gledanje spram inozemnih uzora.

Ključne riječi: Hrvatska elektroprivreda, prijenosne mreže, distribucijske mreže, granica.

UVOD

Povijesno gledajući iz daleka, javna opskrba električnom energijom otpočela je zasnivanjem elektrane i elektroopskrbne mreže vezane na tu elektranu uz doseg niskonaponskih i srednjonaponskih vodova uz tadašnju potražnju. Dvadesetih godina u Europi i Sjevernoj Americi formiraju se najprije regionalni, a potom i državni elektroenergetski sustavi u kojima vodovi najvišeg dostignutog napona (u početku 35 i 110 kV) prvenstveno služe međusobnom povezivanju elektrana (rezultirajući sigurnijim, kvalitetnijim i ekonomičnijim zajedničkim korištenjem tih elektrana) s glavnim čvorovima potražnje. Na te glavne čvorove potražnje povezuje se mreža do potrošača. Tako se, postupno sve samosvojnije razvijaju (a) prijenosna i (b) distribucijska mreža.

Za prijenosnu mrežu karakteristično je to da su tokovi snaga vodovima uvjetovani prije svega angažmanom elektrana u čvorovima, dok su tokovi snaga u vodovima distribucijske mreže uvjetovani prvenstveno potražnjom u čvorovima te mreže. Regulacija frekvencija-snaga odvija se elektranama međusobno povezanim prijenosnom mrežom, a regulacijom napon-jalova snaga u prijenosnoj mreži i regulacijom napona regulacijskih transformatora visokog napona na srednji napon postižu se potrebne naponske prilike u srednjonaponskoj mreži, sukladno prilikama u prijenosnoj mreži.

Kada se govori o elektroenergetskom sustavu u užem smislu, razumijevaju se elektrane i prijenosna mreža, u širem smislu tome se pridodaje i distribucijska mreža, a u najširem poimanju tome se svemu pridodaju i trošila električne energije.

TIPIČNE VANJSKE PRILIKE

U jednoj grupi europskih zemalja (tipično Njemačka i Austrija), distribucija se razvijala kroz brojna samostalna komunalna poduzeća, koristeći i izgrađujući lokalnu mrežu niskog i srednjeg napona, komunalne elektrane, te mrežne priključke na zemaljski elektroenergetski sustav. Kako su rasle snage lokalnih elektrana i snage koje je trebalo preuzimati iz glavnih čvorova potražnje, tako je za te svrhe bivao angažiran u potrebnoj mjeri i prvi stupanj visokog napona, 110 kV. Mrežu najvišeg napona, dakle dijelom 110 kV, u potpunosti 220 i 380 kV, koristila su i dograđivala velika proizvodno-prijenosna poduzeća. Dakako, rasprava o granici vlasništva i prije i danas nije se javljala, vlasnik jedinica mreže bio je onaj čijim su sredstvima te jedinice mreže izgrađene, taj ih je dograđivao, koristio i održavao. Prijenosna mreža u Njemačkoj i Austriji danas je mreža napona 380, 220 kV i onim dijelom 110 kV, koji nije u vlasništvu distribucijskih poduzeća.

U drugoj grupi eurposkih zemalja (tipično Francuska i Italija), nakon Drugog svjetskog rata dolazi do nacionalizacije svih elektroprivrednih djelatnosti, te formiranja velikih nacionalnih poduzeća (EDF i ENEL). U vlasništvu tih poduzeća su javne elektrane, te prijenosna i distribucijska mreža. Granica između tih mreža nije bila vlasničko nego organizacijsko pitanje. U Francuskoj danas je prijenosna mreža konzekventno napona 400-225-90-63 kV, a u Italiji 380, 220 i dijelom 120 kV.

Pri razmatranju granice između prijenosne i distribucijske mreže u nas, gledanje na koji organizacijski sličan a velik inozemni uzor, nije primjenjivo doslovno. Primjerice, u mreži EDF ima danas 158 transformatorskih stanica gornjeg napona 400 kV (a u Njemačkoj čak

195) - više nego li je danas pod gornjim naponom 110 kV u HEP (119)! Ako kritički gledamo francuske prilike, vidimo da će naša mreža biti razvijena tek za najmanje 25 godina onako kako je tamošnja mreža razvijena danas. Ono što je tamošnja uloga 220 kV mreže danas, to je današnja uloga 110 kV mreže u nas. I u manjih zemalja, primjerenijih našoj, današnja tamošnja mreža barem je dvostruko razvijenija od naše (ilustrirajmo to brojem postrojenja 400 kV u mreži: Austrija 9, Grčka 13, Mađarska 13, Portugal 9, spram naša 4 čitava i jedno razoreno takvo postrojenje), sve prema podacima UCTE početkom 2000. godine.

PRILIKE U NAS

U Hrvatskoj nakon Drugog svjetskog rata sve su elektroprivredne djelatnosti nacionalizirane. S vremenom nastaju tri proizvodno-prijenosna poduzeća, jedno poduzeće koje obuhvaća proizvodnju-prijenos-distirbuciju i više distribucijskih poduzeća, ali svi udruženi svojedobno u Zajednicu elektroprivrednih organizacija Hrvatske, a od 1990. godine to je jedno poduzeće s tri osnovne djelatnosti, Hrvatska elektroprivreda.

Granica između prijenosne i distribucijske mreže u Hrvatskoj svojedobno je bila uspostavljena prema naponskom kriteriju (prijenos - napon jednak ili veći od 110 kV a distribucija - niski napon i srednji napon do uključivo 35 kV).

Tijekom 15-godišnjeg samoupravnog društvenog ustrojstva, prijenosna djelatnost bila je prigušivana u iskazivanju potreba svoga razvoja i pri usmjeravanju novčanih sredstava za taj razvoj. Odluke su donošene u samoupravnim tijelima. Unutar proizvodno-prijenosnih poduzeća, prijenos je bio jedna glasačka jedinica, spram više proizvodnih jedinica, a na razini Hrvatske bilo je četiri prijenosne jedinice spram stotinjak osnovnih jedinica proizvodnje i distribucije. Kako su velik utjecaj na donošenje odluka lokalnog značaja imale i lokalne društveno-političke jedinice (općine i lokalne zajednice potrošača), to se financiranje razvoja mreže napona 110 kV u tom razdoblju više usmjeravalo utjecajem distribucije nego li prijenosa. Ukupna sredstva društva prikupljana za razvoj elektroprivrede tako su se usmjeravala, čime su neki objekti napona 110 kV u cjelini ili djelomice pridruživani distribucijskim jedinicama elektroprivrede.

Danas je HEP vlasnik 4777 km mreže napona 110 kV (u tome za 4707 km nadležan je prijenos i za 70 km distribucija) i 119 transformatorskih stanica 110 kV (u njima je za 4634 MVA transformacije nadležan prijenos, za 1115 MVA nadležna je distribucija i 476 MVA je u elektranama), sve prema temeljenim podacima HEP-a za 1999. godinu.

RAZVIDNA, NEDISKRIMINIRAJUĆA I JEDNOZNAČNO PROVEDIVA GRANICA

U vrijeme zakonskog nastojanja oko provedbe EU-smjernica o električnoj energiji, temeljni zahtjev je razgraničenje na tri osnovne djelatnosti unutar HEP-a: proizvodnju, prijenos i distribuciju, u tome ponajprije razgraničeno računovodstveno praćenje. *Temelj računovodstveno razgraničenom praćenju je vlasničko razgraničenje.*

Vlasnik niskonaponske, srednjonaponske i visokonaponske mreže u Hrvatskoj danas je HEP, a ne njegove sastavne jedinice. Provođenju nužnog (prema EU-smjernicama elementarnog) zahtjeva o razgraničenju, stoga ne može biti osnova postojeće vlasničko stanje, jer ono nije razgraničeno materijalno-utemeljeno (za izgradnju objekata korištena su ukupno prikupljana društvena sredstva za razvoj elektroprivrede, a ne sredstva koja je izdvojila iz svog dohotka distribucija ili koja je izdvojio iz svog dohotka prijenos), nego je nadležnost nad jednicama mreže utvrđena konvencijom *(i ponovno ima biti utvrđena konvencijom, ali što racionalnije fundiranom).*

Polazimo od toga da je najracionalnije razgraničenje koje u svakom relevantnom pogledu (vlasničko-pravnom, tekućem i razvojnom financijskom pogledu, te u pogledu financijskog i tehničkog planiranja razvoja, izgradnje, vođenja, pogona i održavanja) *ima graničnu crtu na istom mjestu.* Time, ne bi dolazilo do preklapanja nadležnosti i odgovornosti ni u kojem segmentu poslovanja prijenosa i distribucije. I drugo: da se ta crta zakonskom konvencijom postavi tako da najbolje odgovara našim sadašnjim prilikama i potrebama u sagledivijem predstojećem razdoblju, te da je *razvidna, nediskriminirajuća i jednoznačno praktično provediva.*

Zalažemo se za zakonsku odredbu prema kojoj u Hrvatskoj **prijenosnu mrežu čine jedinice mreže gornjeg nazivnog napona 400, 220 i 110 kV, a distribucijsku mrežu čine jedinice mreže gornjeg nazivnog napona jednakog ili nižeg od 35 kV.** U takvom razgraničenju, donjonaponske priključnice transformatora 110/x kV bi bile mjesto prestanka prijenosne mreže, odnosno početka distribucijske mreže. Proizvodne jednice završavale bi na priključnicama blok-transformatora prema mreži na koju su priključene (prijenosnoj ili distribucijskoj). Takvo određenje bilo bi razvidno i jednoznačno provedivo.

Na hrvatsku prijenosnu mrežu napona 110 kV priključena je gotovo polovina instalirane snage svih hrvatskih elektrana (1755 MW na mrežu 110 kV, a 1371 MW na mrežu 220 kV i 592 MW na mrežu 400 kV) - te je mreža 110 kV još uvijek *u prvenstvenoj ulozi da tvori elektroenergetski sustav u užem smislu,* jer bitno sudjeluje tehnički u regulaciji frekvencije i napona, te u stabilnosti sustava, a ekonomski u optimiranju tekuće proizvodne cijene električne energije.

Tehnologija primarne opreme, donekle tehnologija i svojstva sekundarnih sustava uobičajeno su svojstvene nazivnom naponu mreže u koju se ta oprema i sustavi ugrađuju. Tome primjereno slijedi da su njihovo *osmišljanje, dobava i ugradnja, korištenje i održavanje svojstveni nazivnom naponu mreže,* pa je racionalno da

opremski i kadrovski resursi budu tome podređeni i organizirani na isti način u jednoj državi naše veličine i našeg razvojnog dosega: visoki napon u prijenosu, a srednji i niski napon u distribuciji.

Vođenje elektroenergetskog sustava, izvodi se *interaktivnim vođenjem elektrana i prijenosne mreže* - sva mreža na koju su priključene elektrane srednjih ili većih snaga mora biti u tom pogledu pod jedinstvenom ingerencijom. Neki danas eventualno radijalni izdanak iz mreže 110 kV može sutra postati sustavni priključkom kakve nove elektrane ili dio 110 kilovoltnog prstena, te međudržavne razmjene, dakle ako to danas i nije - sutra može postati bitna jedinica sustava. Regulacijom transformatora 110/x kV pod jedinstvenom ingerencijom prijenosa, postiže se homogeno upravljanje kvalitetom napona u svim srednjonaponskim mrežama Hrvatske. Takva ingerencija omogućuje i najefikasniju restauraciju elektroenergetskog sustava nakon velikih poremećaja u mreži, jer su proizvodni i potražni resursi na naponskoj razini 110 kV i višoj u istim rukama.

Nužna *sustavnost* u rješenjima podsustava zaštite u čvorovima mreže iste naponske razine, energetskih mjerenja u svim čvorovima preuzimanja i predaje, te uspostavljanje homogenog sustava prijenosa informacija u središta njihova prikupljanja, najbolje rješava jednokratni zahvat u sve jedinice istog primarnog nazivnog napona u državi.

Društveno nije prihvatljivo to razgraničenje učiniti danas tako da sutra bude favoriziran veliki grad (veliki gradovi) u odnosu spram ostalih dijelova Hrvatske. Dovoljno su prirodno favorizirani time što primjerice u Novom Zagrebu jedna velika zgrada ima više potrošača nego li čitav kraj u Požeškom gorju, u Lici ili na kojem otoku. Mjesto priključka, mjerenja preuzete energije i obračuna naknade za korištenje prijenosne mreže, treba biti *nediskriminirajuće* prema svim distribucijskim jedinicama u Hrvatskoj, kako danas - tako i u slučaju možebitne buduće privatizacije distribucije. Briga o razvoju opskrbnih resursa do slabije razvijenih područja ne smije postati lokalna obveza nego treba ostati solidarna obveza na državnoj razini, a to će ostati ako sva mreža 110 kV ostane u državnom vlasništvu i u ingerenciji poduzeća za prijenos i vođenje elektroenergetskog sustava.

I drugi razlozi su *protiv eventualne primjene funkcionalnog kriterija* pri razgraničenju, prema kojem bi jedinice mreže 110 kV koje imaju sustavni karakter u užem smislu (dakle da sudjeluju u regulaciji sustava, bilanciranju među elektranama i razmjeni prema inozemstvu u redovitim prilikama) bile smatrane jedinicama prijenosne mreže, a preostale jedinicama distribucijske mreže. To može odgovarati elektroenergetskim sustavima u kojima je postignut takav razvojni stupanj da je na mrežu 110 kV spojen mali ili iznimni dio elektrana. To skoro neće biti postignuto u Hrvatskoj. Funkcionalni kriterij podložan bi bio stalnim raspravama i dokazivanju, njegova čak idealna primjena nije vremenski stabilna, ono što je danas ovako - sutra može postati onako i ono što je u redovitim prilikama ovako u izvanrednim prilikama je drugačije. Sve nove transformatorske stanice 110/x kV uglavnom će se interpolirati u vodove postojeće mreže 110 kV, te će a priori biti čvorovi uzamčenih dijelova te mreže. Rijetko će njihov konačni topološki položaj biti priključak radijalnim krakom na tu mrežu. Nove elektrane srednjih snaga također će se priključivati na mrežu 110 kV, a izgradnju upravo takvih elektrana poticat će liberalizacija (hidroelektrane na neiskorištenom vodnom potencijalu, termoelektrane-toplane u gradovima, elektrane na nekonvencionalne izvore energije, elektrane u vlasništvu velikih potrošača).

ZAKLJUČAK

Iznesene su povijesne okolnosti koje su dovele do sadašnjih prilika u nas, te tipičnih prilika u zemljama iz europskog okruženja u odnosu spram granice prijenosne i distribucijske mreže. Sukladno našim prilikama i racionalno utemeljenim težnjama prema restrukturiranju Hrvatske elektroprivrede, nastojali su se obrazložiti razlozi zbog kojih se predlaže kriterij naponske razine - a ne funkcionalni kriterij - prilikom definiranja granice prijenosne i distribucijske mreže u nas. Prema takvom pristupu, mreža i jedinice mreže gornjeg nazivnog napona većeg ili jednakog 110 kV pripadale bi prijenosnoj mreži, a mreža i jedinica mreže nižeg nazivnog napona pripadale bi distribucijskoj mreži. Takvo razvidno rješenje omogućilo bi nedvojbenu jednoznačnu primjenu u duljem vremenu koje je ispred nas, uključujući i vrijeme eventualnog drugačijeg pozicioniranja distribucije no što je današnje.

BORDERLINE BETWEEN TRANSMISSION AND DISTRIBUTION NETWORK OF THE CROATIAN ELECTRIC SUPPLY COMPANY

The review describes the borderline between transmission and distribution network in the current situation of the Croatian electric supply company. Some circumstances that influenced this situation are stressed, and the reasons are explained for the realisation of the transparent, non-discriminatory and applicable new state within the Croatian electric supply company's restructuring following European incentives. A careful and founded view on foreign examples is proposed.

ABGRENZUNG DES ÜBERTRAGUNGSNETZES UND DES VERTEILUNGSNETZES IN DER KROATISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

Es wird eine Sicht über die vorgefundene Abgrenzung zwischen dem Übertragungsnetz und dem Verteilungsnetz in der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft dargestellt, und

manche, diesen Zustand verursachende Umstände betont. Im Rahmen der mit den europäischen Bestrebungen übereinstimmenden Umgestaltung dieser Elektrizitätswirtschaft werden Gründe für die Absicht eine durchsichtige, niemanden mißachtende, in der Praxis durchfürbare Lösung einzuführen, erläutert. Auf vorsichtiges ud begründetes Betrachten von Vorbildern anderer Länder wird gewarnt.

Naslov pisca:

Marijan Kalea, dipl. ing.
HEP-Direkcija za prijenos
Prijenosno područje Osijek
Šetalište kardinala Franje Šepera 1a
31000 Osijek, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-04-04.

ISPRAVAK

U broju 2/2001. Energije, na stranama 93. i 107. pogrešno je otisnuto ime ing. Bema. Umjesto MIJO Bem, trebalo je pisati MIROSLAV Bem.

Na strani 108, umjesto ZORKO Cvetković piše MIODRAG Cvetković.

Ispričavamo se ing. Bemu zbog „prekrštavanja", a osobito dr. sc. ZORKU Cvetkoviću, našemu glavnom uredniku.

UREDNIŠTVO

PRILOZI METODOLOŠKOJ OBRADI ELEKTROENERGETSKIH MREŽA VEĆIH GRADOVA

Dragan B o r o j e v i ć, Zagreb

UDK 621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

Ovaj rad daje osvrt na energetske, elektroenergetske i prostorne podloge za razvoj distributivnih mreža većih gradova. Ukazuje na njihovu važnost, međusobnu povezanost, popratne probleme i na moguća unaprjeđenja u metodološkoj obradi tih podloga.

Ključne riječi: usmjeravanje energetske opskrbe, elektroenergetski normativi, elektroenergetska mreža, prostorno rješenje.

1. UVOD

Planiranje elektroenergetskih mreža je jedan od najvažnijih zadataka u razvoju energetske infrastrukture gradova i područja. Posebno ćemo se osvrnuti na veće gradove, jer oni predstavljaju zone s najvećim intenzitetom izgrađenosti, jer se obično u njima računa s više energetskih resursa, jer se radi o znatnim iznosima površinske gustoće opterećenja (MW/km^2) i jer je, shodno tome, planiranje u takvim prilikama najsloženije.

Koncepcija napajanja većih gradova električnom energijom polazi od planiranja na dulji rok. U njoj se na osnovi dugoročnih orijentacija razrađuju etape, koje su podloga za bliža planiranja. Na taj način se postiže da bliža planiranja, koja su osnova za neposrednu izgradnju objekata, omogućavaju skladan razvoj u daljnjim etapama u okviru jedne optimalne elektroenergetske koncepcije.

Rokovi dugoročnog planiranja približno odgovaraju prosječnoj životnoj dobi najvećeg dijela osnovne elektroenergetske opreme i kreću se između 25 i 35 godina. Kod nas je često taj rok 30 godina i on odgovara roku prostornih urbanističkih planova, čije se podloge velikim dijelom koriste kod izrade osnovnih rješenja elektroenergetskih mreža.

Karakteristična točka na vremenskom pravcu razvoja je ona koja odgovara postojećem stanju. To je godina koja cijeli period istraživanja i analize dijeli na protekli period, čije trajanje je različito za pojedine gradove, odnosno područja, i budući period koji odgovara roku planiranja. I u jednom i u drugom periodu se analize svode na konzum i elektroenergetsku mrežu. Na taj se način bitne karakteristike prethodnog razvoja (posebno one koje su vezane uz rezerve u mreži, dotrajalost i tehnološku zastarjelost mreže, te mogućnost prihvaćanja novog konzuma) uzimaju kao polazišta ili dio predpostavki budućeg razvoja. Osnovna rješenja elektroenergetskih mreža gradova tako izrađena najčešće su predstavljala jedine podloge za razvoj budućih mreža.

Svrha ovog rada je da ukaže na to da bi obradu elektroenergetske infrastrukture većih gradova trebalo unaprijediti i u pristupu i u sadržaju. Cjelovite analize bi trebalo raditi kroz nekoliko osnovnih rješenja na osnovi kojih bi se po potrebi izrađivali posebni specijalistički elaborati i projekti.

Bilo bi korisno kad bi slijed analiza bio takav da polazno osnovno rješenje bude ono koje obrađuje kompleksno usmjeravanje opskrbe energijom. Ono bi sadržavalo odgovarajuće smjernice u energetskom pogledu za izradu osnovnog rješenja elektroenergetske mreže, nakon kojeg bi slijedilo osnovno prostorno rješenje, koje bi dugoročno omogućavalo smještaj krupnih elektroenergetskih objekata u urbani prostor.

Navedenim cjelovitim pristupom bitno se unaprjeđuje planiranje, omogućuje se dosljedna realizacija predloženih koncepcijskih rješenja, te osigurava brža i ekonomičnija realizacija investicija. Ovaj rad, osim što upućuje na takav pristup, ukazuje na usputne probleme koji se kod toga pojavljuju i na moguća rješenja.

2. POLAZNE PRETPOSTAVKE ZA IZRADU OSNOVNOG RJEŠENJA ELEKTROENERGETSKE MREŽE

Nužna pretpostavka za izradu osnovnog rješenja elektroenergetske mreže je da su za grad koji je predmet obrade prethodno postavljene koncepcije prostornog

urbanističkog razvoja. S obzirom na to, treba imati na umu da će rezultati obrade elektroenergetske infrastrukture na izvjestan način biti izvedeni iz predhodnih podloga, pa će u osnovi biti odraz politike prostornog planiranja i stupnja optimizma u predviđanjima budućeg gospodarskog razvoja.

Planer elektroenergetske mreže bi trebao imati manje ili više razrađen urbanistički plan grada, kao minimum potrebnih podloga. Uz to on treba nastojati prikupiti što više dodatnih podataka, koji se odnose na stanovništvo i gospodarstvo. Najčešće uspostavlja kontakt s gradskim upravama, čiji resori ga upućuju u specifične planove razvoja, koji su izrađeni ili su u toku ili u pripremi. Zatim anketira industrijske i ostale veće potrošače električne energije o njihovim planovima razvoja i potrebama u pogledu energije. Na taj način se upotpunjavaju ulazni podaci za obradu budućih potreba grada. Ovaj dio posla je vrlo složen, te traži od planera veliko iskustvo i znanje, kako bi mogao ocijeniti kvalitetu primljenih informacija i kako bi ih mogao valorizirati, te evenutalno korigirati. Bez takvog pristupa ovaj dio pripreme bi se previše formalizirao, a ulazni podaci bi mogli sadržavati nelogična odstupanja, koja bi mogla dovesti do nepoželjnih pogrješaka, s obzirom na to da se radi o velikom broju ulaznih veličina. Vrlo često je planer prisiljen da parcijalnim prethodnim obradama provjeri primljene podatke i ustanovi eventualne međusobne nelogičnosti i nerealnosti, pa u takvim slučajevima upozorava na to, te uz dodatna preispitivanja i konzultacije traži korekcije. Ukoliko su neka predviđanja dvojbena, korisno je analize budućih potreba raditi varijantno, pa se analize svode na traženje elastičnih rješenja, koja će zadovoljavati potrebe u određenim granicama.

U suštini svako rješenje koncepcijski treba biti dovoljno elastično, tako da se u bližim etapama ne ulažu unaprijed prevelika sredstva, a da se opet može jednostavnim transformacijama prihvaćati daljnji porast konzuma u idućim etapama.

3. OSVRT NA OPSKRBU GRADOVA ENERGIJOM

Energija je jedan od osnovnih infrastrukturnih sadržaja potrebnih za život čovjeka i u samom je vrhu udjela u ukupnoj djelatnosti čovječanstva. Ona je posebno važna za funkcioniranje i razvoj većih suvremenih gradova u kojima su koncentrirani industrijski, poslovni, društveni i stambeni objekti i u kojima je izrazito razvijena prometna i komunalna infrastruktura.

Nezamislivi su formiranje, razvoj i organizcija života gradova bez trajno pouzdane opskrbe energijom. Zbog toga i veliko značenje imaju studije o energetici gradova, te rješenja i projekti koji pružaju podloge za usmjeravanje, planiranje i izgradnju objekata, koji će te potrebe zadovoljiti. Prema tome energija je jedna od osnovnih pretpostavki razvoja i općenito organizacije cjelokupnog života.

Osiguranje energetskih potreba pojedinih gradova ovisi o različitim faktorima. Tu su bitni položaj i veličina grada, te njegovo energetsko okruženje. U našim uvjetima najčešće je bitno koliko je i u koje namjene razvijena plinska energetska infrastruktura i koliko je razvijena infrastruktura grada za toplifikaciju (centralno grijanje i priprema tople vode). S obzirom na te faktore može se reći da će se specifične elektroenergetske potrebe pojedinih gradova znatnije razlikovati. Na te razlike će također značajno utjecati geografski smještaj samog grada, njegova veličina, te njegovi karakteristični sadržaji.

Za usmjeravanje i razvoj opskrbe energijom su bitne ekonomske predpostavke tog razvoja. Dosadašnje ekonomske pretpostavke u opskrbi energijom sve veću prednost daju plemenitim nosiocima energije u koje se ubrajaju i topla voda, plin, te električna energija. Ovi nosioci su nužni zbog razvojnih tehnoloških potreba, a ujedno omogućavaju korisniku brzo i jednostavno opskrbljivanje potrebnim vidovima energije uz visok komfor. Na taj način se postiže i ušteda rada, što je bitno za gospodarski razvoj u kome cijena ljudskog rada i njegovog slobodnog vremena sve više raste. Za ilustraciju odnosa ljudskog rada kod različitih nosilaca energije navest ćemo primjere za dobivanje istog energetskog efekta u kućanstvu iz ugljena i prirodnog plina. Dok je kod uporabe ugljena u kućanstvu za sve faze od nabave do loženja i čišćenja peći, te odnošenja šljake po toni potrebno oko 30 sati rada članova kućanstva, dotle je rad pri uporabi prirodnog plina za dobivanje istog energetskog efekta praktički jednak nuli.

Stalni rast potreba za energijom doveo je do toga da se najveći dio cjelokupnog rada za dobavu korisne energije utroši za izgradnju energetskih objekata i uređaja. Zato je u energetici od posebnog značaja ekonomija investicija.

Pri planiranju energetskih potreba treba poći od cjelovite opskrbe kućanstava, pratećih zajedničkih sadržaja i industrije. Kod toga se pretpostavlja da je potrebno težiti osnovnom cilju, a taj je da se te potrebe usmjere na najpovoljnije oblike energije prema kriteriju minimalnih troškova cjelovite energetske opskrbe, uz uvažavanje nužnih ograničenja. Prema tome osnovno rješenje kompleksne energetike će ponuditi dugoročno poželjno rješenje sa stanovišta šire zajednice. Do kog stupnja će ono biti realizirano ovisi o mjerama energetske i ekonomske politike gradova, regija i šire zajednice kao cjeline. O izostanku provedbe pojedinih mjera ovisit će vrsta i intenzitet poremećaja u energetskoj opskrbi.

Ono što je bitno u elektroenergetskoj opskrbi je to da je ona najosjetljivija na energetske poremećaje, zato jer se svaki poremećaj bilo kojeg resursa direktno odražava na području elektroenergetike. U tom pogledu naročito je izložena distribucija električne energije, jer njene instalacije dolaze do svakog potrošača i omogućavaju mu korištenje tog vida energije u svako vrijeme. Tako ispada da je elektroenergetska mreža

rezerva za sve poremećaje u energetici, bez obzira da li je to planirano ili ne.

Sve prethodno iznesene konstatacije upućuju na važnost i potrebu izrade osnovnog rješenja kompleksne energetike. No, istovremeno treba naglasiti, da i kad takvo rješenje postoji, treba biti vrlo oprezan u korištenju njegovih rezultata, jer oni imaju značajne reperkusije na osnovno elektroenergetsko rješenje. U tom pogledu treba naglasiti da su se dosadašnje obrade kompleksne energetike kod nas dosta rijetko radile i nisu bile previše praktične naravi. Takve obrade obično nisu davale podloge za provedbu, nego su studijski obrađivale poželjne varijante, koje ponekad nisu bile ni približno ostvarive, bez obzira što su teoretski optimalne. One su najčešće ovisile o nizu mjera, koje je bilo teško ispuniti, pogotovo u uvjetima energetske oskudice.

Tretman električne energije u optimalno poželjnim energetskim varijantama je obično takav da se njeno šire korištenje u kućanstvima izbjegava. Obično se ono svodi na najnužnije potrebe. Ekstremno gledano, potrebe svih kućanstava u tim varijantama bi se mogle svesti na jedan skroman normativ. Shodno tome takve energetske podloge bi upućivale i na skromnije dimenzioniranu elektroenergetsku mrežu. Tu nastaju problemi, jer bi takva buduća mreža mogla biti poddimenzionirana u odnosu na realne potrebe konzuma na koje upućuje iskustvo. S druge strane jače dimenzionirana mreža u odnosu na optimalni energetski konzum bila bi skuplja po kWh zbog manje realizacije. U takvim uvjetima zadatak planera elektroenergetske mreže je da pronađe elastično kompromisno rješenje. To ujedno ukazuje i na specifične zahtjeve koje elektroenergetičari trebaju postavljati na studije kompleksne energetike i u pogledu sadržaja, metoda, konačnih podloga i naročito u pogledu njihove provedbe.

Na ove probleme su ukazale studije, odnosno rješenja rađena za grad Zagreb. U [7. 2.] je studijski obrađeno usmjeravanje opskrbe energijom grada i područja Zagreba do 2000. godine. Budući da je ta studija rađena s dosta neizvjesnim ulaznim predpostavkama, ona je sugerirala elastične planove i veliku fleksibilnost u opskrbi energijom. Osnovno rješenje elektroenergetske mreže grada Zagreba [7.1.] je izrađeno ranije. Zbog toga su naknadno u okvir [7. 2.] unapravljene dodatne analize sa svrhom da ocijene razlike u elektroenergetskom konzumu i ukažu na reperkusije koje te razlike mogu imati na primarnu distributivnu mrežu 110 kV, o čemu će biti govora u narednim točkama.

4. OSVRT NA OSNOVNO RJEŠENJE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

4.1. Općenito

Za razliku od osnovnih rješenja kompleksne energetike, za koja smo predhodno istakli da se rijetko rade, može se prema našoj dosadašnjoj praksi reći, da se osnovna rješenja elektroenergetskih mreža dosta često rade. S jedne strane to je dobro, jer se sužava područje stihijskog razvoja elektroenergetskih mreža i jer se stalno ponovno preispituju prethodno predložne smjernice razvoja. No, s druge strane to ukazuje na veliku odgovornost planera elektroenergetike, koji svoja rješenja često moraju davati bez svih potrebnih prethodnih podloga i jer uvijek moraju preispitivati realnost onih podloga koje im stoje na raspolaganju. Takva pozicija planerima nužno nameće specifične zahtjeve prema perspektivnim rješenjima, koji se prvenstveno svode na veliku elastičnost i etapnost, koja po mogućnosti odgađa veći dio investicija za što kasnije etape.

Osnovno rješenje elektroenergetske mreže obrađuje dosadašnji razvoj i postojeće stanje, te budući razvoj. I u jednom i u drugom razdoblju se u osnovi analiziraju konzum i elektroenergetska mreža. Dosadašnji razvoj konzuma ukazuje na bitne karakteristike potrošnje i opterećenja, a dosadašnji razvoj i postojeće stanje mreže ukazuju na njene karakteristike, a naročito na slabe točke i eventualne rezerve u njoj. Budući pak razvoj daje prognozu potrošnje i opterećenja po strukturi konzuma i ukupno, te na osnovi razrađenih energetskih podloga planira elektroenergetsku mrežu za konačno stanje i po etapama.

U sljedećim točkama će prvenstveno biti govora o onim dijelovima elektroenergetskog rješenja na koje bitno utječe zastupljenost drugih oblika energije.

Prognoza konzuma svodi se na procjenu potrošnje i opterećenja. I jedna i druga veličina bitno ovise o zastupljenosti pojedinih oblika energije u budućoj potrošnji. Ako konzum podijelimo na:

- kućanstva,
- infrastrukturu (prateću široku potrošnju) i
- industriju,

onda se može reći da su u pogledu osjetljivosti na razne oblike energije najizrazitija kućanstva.

4.2. Elektroenergetske potrebe kućanstava

4.2.1. *Normativi*

Buduće potrebe kućanstava se procjenjuju koristeći normative opterećenja i potrošnje električne energije. U [7.1.] su naprimjer za grad Zagreb dani normativi za pet tipova kućanstava (tabl. 1.).

Broj mogućih kombinacija se povećava ako se uzme u obzir da su za tipove 2 do 4 predviđena tri standarda A, B i C (tabl. 2.).

Kod toga treba primijetiti da tip 1 predstavlja za naše uvjete potpuno elektrificirana kućanstva s najvećim specifičnim veličinama potrošnje i opterećenja, dok tip 5 predstavlja kućanstva s najmanjim specifičnim veličinama.

Opterećenja i potrošnje električne energije kućanstava navedenih tipova računati su prema podacima u tabl. 3.

Tablica 1. Tipovi kućanstava po opsegu korištenja električne energije koji se koriste za planiranje u gradu Zagrebu

Tip kućanstava	Izvor energije po namjenama			
	Grijanje stana	Priprema tople vode	Kuhanje	Ostalo
1	Električna energija	Električna energija	Električna energija	Električna energija
2	Drugi oblik energije	Električna energija	Električna energija	Električna energija
3	Drugi oblik energije	Električna energija	Drugi oblik energije	Električna energija
4	Drugi oblik energije	Drugi oblik energije	Električna energija	Električna energija
5	Drugi oblik energije	Drugi oblik energije	Drugi oblik energije	Električna energija

Prethodni navodi upućuju na to da se u principu električna energija ne mora koristiti za grijanje stanova, pripremu tople vode i kuhanje, na što otpada veliki dio potrošnje energije koju troše kućanstva. Za ostale namjene se može reći da su isključivo orijentirane na električnu energiju.

4.2.2. *Utjecaj raznih oblika energije na elektroenergetski konzum kućanstava*

Studija koja je obradila usmjeravanje opskrbe ukupnom energijom grada i područja Zagreba [7.2.] je pretpostavila idealan model s osnovnim kriterijem minimalnih troškova. Takav pristup je pokazao da bi sva kućanstva u Zagrebu u budućnosti trebalo svesti na tip 5 (tabl. 1., 2. i 3.), koji ima najmanje zahtjeve u pogledu električne energije. U [7.2.] bila je predviđena

Tablica 2. Standardi opremljenosti aparatima pojedinih tipova kućanstava koji se primjenjuju za planiranje u gradu Zagrebu

Standard opremljenosti aparatima	Tip[1] kućanstava	Zastupljenost aparata													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C	5	+	+	+	+	+	+	+	+						
	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
	3	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+			
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
B	5	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	
	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	
	3	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
A	5	+	+	+	+	+	+	+	.+				+	+	+
	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
	3	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Napomena: Oznake aparata su:

1 Rasvjeta
2 Stroj za pranje rublja
3 Hladnjak
4 Televizor
5 Glačalo
6 Grijalica[2]
7 Sitni aparati
8 Električna pećnica
9 Električna ploča za kuhanje
10 Bojler u kupaonici
11 Bojler u kuhinji
12 Stroj za pranje posuđa
13 Stroj za sušenje rublja
14 Klima uređaj

[1] Tip 1 odgovara potpuno elektrificiranom kućanstvu pa nije stupnjevan po standardima opremljenosti aparatima

[2] Samo za dodatno zagrijavanje u prelaznim razdobljima.

Tablica 3. Opterećenje i potrošnje električne energije za pojedine tipove kućanstava

Tip kućanstava	Opterećenje grupe od n kućanstava kW	Potrošnja po kućanstvu kWh
2A	$3{,}775\,n + 6{,}469\,\sqrt{n}$	7416
2B	$2{,}417\,n + 5{,}280\,\sqrt{n}$	6533
2C	$1{,}997\,n + 4{,}332\,\sqrt{n}$	5672
3A	$3{,}446\,n + 6{,}107\,\sqrt{n}$	6595
3B	$1{,}850\,n + 4{,}860\,\sqrt{n}$	5712
3C	$1{,}430\,n + 3{,}809\,\sqrt{n}$	4851
4A	$3{,}597\,n + 6{,}238\,\sqrt{n}$	5407
4B	$2{,}239\,n + 5{,}000\,\sqrt{n}$	4524
4C	$1{,}819\,n + 3{,}986\,\sqrt{n}$	3663
5A	$3{,}268\,n + 5{,}863\,\sqrt{n}$	4586
5B	$1{,}672\,n + 4{,}549\,\sqrt{n}$	3703
5C	$1{,}252\,n + 3{,}403\,\sqrt{n}$	2842
1	$7\,n$	14232-15976

izrada osnovnog rješenja elektroenergetske mreže 110 kV za tako dobivenu optimalnu varijantu. Međutim, već u toku izrade tih podloga uočeno je da bi takvo rješenje predstavljalo samo prilog teorijskoj modelnoj varijanti s nizom negativnih posljedica za budući razvoj elektroenergetske mreže. Zbog toga je u stručnim raspravama ukazano na moguća odstupanja i njihove vjerojatnosti, koje su upućivale na potrebne korekcije. Korekcije su bile nužne iz više razloga, a posebno stoga što nije bilo poznato da se do tada u nekom gradu realizirala predložena modelna varijanta, što je modelna varijanta davala podloge za minimalnu elektroenergetsku mrežu, što tip kućanstava s uporabom električne energije u samo nezamjenljive svrhe nije bio previše zastupljen, što je bilo teško očekivati ostvarenje svih predviđenih mjera za realizaciju modelne varijante i konačno, što bi za sva odstupanja od modela nužna re-

zerva bila elektroenergetska mreža. Kasniji razvoj je potvrdio opravdanost tih stanovišta.

Odstupanja su naročito moguća kod kućanstava. Ilustrirat ćemo to na nekoliko primjera, koji su navedeni u [7.2.]

Prvi slučaj je nova kolektivna izgradnja za koju su definirani provedbeni planovi i energetsko usmjerenje na plin i električnu energiju. Takvom primjeru prema modelu odgovara normativ za tip 5. Međutim, praksa je pokazala da i kod takvih kućanstava ipak jedan dio kuha na električnu energiju. Zato se u [7.1.] u zonama s plinom računalo s 80% kućanstava tipa 5 i s 20% kućanstava tipa 4. Budući da u ovoj kombinaciji dominira osnovni tip kao i u modelnoj varijanti (tip 5), tu ne treba očekivati velike razlike u opterećenju.

Drugi slučaj je također nova kolektivna izgradnja, ali s energetskim usmjerenjem na električnu energiju, te centralizirani sistem grijanja i pripreme tople vode. I ovom primjeru prema modelu odgovara tip 5, no u [7.1.] je, koristeći se iskustvom pretpostavljeno da će manji broj tih kućanstava upotrebljavati plin u bocama, a veći broj električnu energiju za kuhanje, pa je računato s normativom za tip 4 (80 %) i tip 5 (20 %). S obzirom na to, u ovakvim slučajevima je moguće očekivati znatno veća opterećenja u odnosu na modelnu varijantu.

Treći primjer je stara kolektivna izgradnja s relativno dotrajalom električnom mrežom. Praksa je pokazala da su u ovakvim slučajevima zastupljeni različiti vidovi energije. U [1.] je sugerirano da se, prilikom sanacije mreža koje napajaju takva kućanstva, računa s više normativa, jer se neće moći unificirati energetska rješenja iz raznih razloga (odnos cijena energenata, standard ukućana, instalacije u zgradama i slično).

Četvrti primjer su stari centri gradova. Te zone su atraktivne za razne infrastrukturne sadržaje, koji zahtijevaju najviše standarde. Instalacije u takvim dijelovima su često dotrajale i nedovoljno dimenzionirane, a energetsko napajanje nije optimalno usmjereno. U takvim uvjetima potrošaču se najjednostavnije orijentirati na električnu energiju, kod čega je moguće očekivati najviše standarde potrošnje. U tim slučajevima moguće je pretpostaviti najveća odstupanja prema gore u odnosu na modelnu varijantu. Gustoća opterećenja starih centara većih inozemnih gradova dostiže iznose i do 100 MW/km2. U [7.1.] za Zagreb je predviđena najveća gustoća opterećenja oko 30 MW/km^2.

Peti primjer je individualna izgradnja, koja je s elektroenergetskog stanovišta problematična, zbog svoje disperziranosti i vrlo različitog energetskog standarda. Ove potrošače je praktički nemoguće jednoznačno usmjeriti, a razlika u standardu kod njih je vrlo velika i uglavnom ovisi o ekonomskoj moći kućanstava.

4.2.3. *Moguće korekcije elektroenergetskih potreba kućanstava kod usmjeravanja energetske potrošnje prema optimalnoj varijanti*

Stručne rasprave u završnoj fazi izrade studije [7.2.], imajući u vidu prethodno navedene konstatacije, sugerirale su, da se primarna elektroenergetska mreža iz [7.1.], osim na modelnu optimalnu varijantu energetskog napajanja, ispita još i na varijantu energetskog napajanja, koja će uzeti u obzir potrebne korekcije. To je i učinjeno na način da je, uz pretpostavku energetskog usmjeravanja na najpogodniju strukturu, istaknuta nužnost utvrđivanja građevinskih zona s realnom orijentacijom na plin, centralno grijanje i pripremu tople vode ili na individualni način opskrbe. Za tako podijeljene zone je dalje računato na sljedeći način:

a) U zonama gdje je realno predviđena opskrba prirodnim plinom pretpostavljeno je da će ovaj vid energije biti korišten za grijanje, pripremu tople vode i kuhanje. Električna energija bi se koristila za nezamjenjljive potrebe, pa se za procjenu konzuma u kućanstvu koristio normativ za tip 5. Dakle, u ovom slučaju nije bilo korekcije.
b) U zonama koje bi imale opskrbu iz centaliziranog sistema za kuhanje je predviđen ukapljeni plin, a električna energija samo za nezamljenjljive potrebe. U ovom slučaju je napravljena korekcija, koja je zasnovana na pretpostavci da će dio kućanstva u ovim zonama za kuhanje koristiti električnu energiju. Budući da je bilo nemoguće procijeniti udio takvih kućanstava zbog sigurnosti u ovim zonama je računato s normativom za tip 4.
c) U zonama u kojima nisu realno predviđeni opskrba prirodnim plinom, te centralno grijanje i priprema tople vode, matematički model je dao optimalnu varijantu u kojoj bi ova kućanstva trebala koristiti etažni sistem opskrbe na mrki ugljen za grijanje i pripremu tople vode, ali samo u sezoni grijanja. Izvan sezone grijanja priprema tople vode je predviđena elektirčnom energijom. Za kuhanje je računato s ukapljenim plinom. Shodno navedenim pretpostavkama, električna energija bi se koristila za nezamjenjljive potrebe, te za pripremu tople vode u dijelu godine izvan sezone grijanja. Takvo usmjerenje bi odgovaralo normativu kućanstava tipa 3. Treba naglasiti da je kontinuirano dugoročno ostvarenje pretpostavki za zone iz ove kategorije vrlo upitno. No, kad bi se one i ostvarile i tada bi se kod dijela kućanstava mogla očekivati uporaba električne energije za kuhanje. To opravdava učinjene korekcije. U njima je opet zbog sigurnosti pretpostavljeno da su sva kućanstva u ovoj kategoriji tipa 2.

4.3. Konzum infrastrukture i industrije

Konzum ostale potrošnje osim industrije, koji pretpostavlja potrebe infrastrukture je i u [7.1.] i u [7.2.] također procijenjen pomoću normativa. No, treba naglasiti da su ovi normativi u našim prilikama daleko manje analizirani i u pogledu strukture i sadržaja infrastrukturnih objekata i u pogledu ovisnosti o raznim oblicima energije. U ovoj kategoriji konzuma radi se o vrlo velikom broju različitih vrsta objekata za koje je

bilo moguće koristiti podatke iz literature, iz anketa za slične izgrađene objekte i iz različitih dostupnih projekata. Zbog toga se za globalno planiranje računalo s prosječno očekivanim veličinama (tabl. 4).

Tablica 4. Normativi specifičnog opterećenja za različite infrastrukturne objekte

Vrsta infrastrukturnog objekta	Specifično opterećenje
Robne kuće i trgovine	120 W/m2
Fakulteti i instituti	40 W/m2
Srednje škole	40 W/m2
Osnovne škole	50 W/m2
Dječje ustanove	60 W/m2
Socijalne ustanove	40 W/m2
Domovi zdravlja	40 W/m2
Kulturne ustanove	40 W/m2
Poslovni prostor	60 W/m2
Zanatstvo	40 W/m2
Ugostiteljstvo	110 W/m2
Rasvjeta ulica	1,5 W/m2
Bolnice	1,2 kW/ležaju
Hoteli (prosjek)	1,2 kW/ležaju
Hoteli (viša kategorija)	1,5 kW/ležaju
Hoteli (niža kategorija)	0,8 kW/ležaju

Kod toga za potrebe grijanja nije predviđena uporaba električne energije, a isto tako nije predviđena ni znatnija zastupljenost klima uređaja. Primijenjeni prosječni normativi nisu varirani s obzirom na kompleksna energetska usmjeravanja. Treba naglasiti da ovakav pristup pomaže pri globalnoj procjeni konzuma, koja služi za izradu energetskih podloga za primarnu distributivnu mrežu, međutim nije pouzdan za planiranje srednjonaponskih i niskonaponskih mreža. Za te svrhe su nužni puno detaljniji podaci o sadržaju i standardu pojedinih infrastrukturnih objekata, koji pretpostavljaju i detaljnije proračune njihovih potreba za električnom energijom.

Konzum industrije i u [7.1.] i u [7.2.] procijenjen je na osnovi ulaznih podataka dobivenih anketom uz dodatne analize i korekcije.

5. PROSTORNO RJEŠENJE ZA KRUPNU ELEKTROENERGETSKU INFRASTRUKTURU

5.1. Osnovna polazišta

Zadatak ovog rješenja je da sve krupne objekte, koji su predmet osnovnog rješenja elektroenergetske mreže smjesti u urbani prostor grada. Radi toga je korisno izraditi dugoročni planski dokument, koji pored ostalog sadrži i prijedlog uvjeta uređenja prostora za pojne točke gradske mreže, te prijedlog uvjeta za trase kabelskih i nadzemnih vodova za njihovo povezivanje.

Budući da se radi o specifičnim i vrlo stručnim poslovima, poželjno je da njih rade urbanisti uz usku suradnju elektroenergetskih stručnjaka. U toku rada koriste se mišljenja i usklađuju stavovi svih nadležnih i zainteresiranih općinskih, gradskih i državnih čimbenika. Na taj način se rješenja usklađuju sa svim korisnicima urbanog prostora. Tako se dobivaju kvalitetne podloge za buduće moguće izvedbe. Konačno prostorno rješenje kao dokument prolazi istu proceduru usvajanja kao Generalni urbanistički plan grada i postaje njegov sastavni dio [7.4.].

Pojava novih elektroenergetskih objekata iz osnovnog rješenja elektroenergetske mreže na području grada je obično predviđena etapnom izgradnjom. No, kako se taj slijed izgradnje može i mijenjati ovisno o promjenama ostalih sadržaja, treba nastojati omogućiti što povoljnije uvjete izgradnje za svaku lokaciju i za svaku trasu, neovisno od drugih zahvata u prostoru.

5.2. Osvrt na uvjete uređenja prostora za izgradnju TS 110/20 kV

5.2.1. *Općenito*

Kod transformatorskih stanica 110/20 kV je najprije bitno da li se radi o zatvorenom tipu ili o otvorenom tipu transformatorske stanice.

U gradskom području se primjenjuje zatvoreni tip, koji je smanjene izvedbe (SF_6 postrojenje) i tretira se kao ugrađeni objekt. Ovakva izvedba ujedno je i ekološki prihvatljivija za gradsku sredinu, jer osigurava zaštitu okoliša od buke, vibracija i aerozagađenja. Veličina potrebnog prostora i gabariti ovakvih većih gradskih stanica su orijentacijski sljedeći:

veličina parcele ..... min 30m x 30 m
tlocrtni gabarit objekta ..... cca 20m x 30 m
visina ..... cca 12,50 m
ukupna razvijena površina .. cca 1.500 m^2.

Za montažu transformatora u komore, koje su smještene u razizemlju, potrebno je direktno ili indirektno preko šina osigurati pristup transportnom vozilu. Pristupni put služi ujedno i kao požarni put. Dubina uljne jame ispod transformatorske komore je 3 metra. Ove stanice su automatizirane pa nemaju stalnu posadu.

Otvoreni tip se primjenjuje u perifernim zonama, gdje nije predviđena gradnja koja bi bila u koliziji s transformatorskom stanicom otvorenog tipa. Veličina potrebnog prostora i gabariti većih stanica ovog tipa su orijentacijski sljedeći:

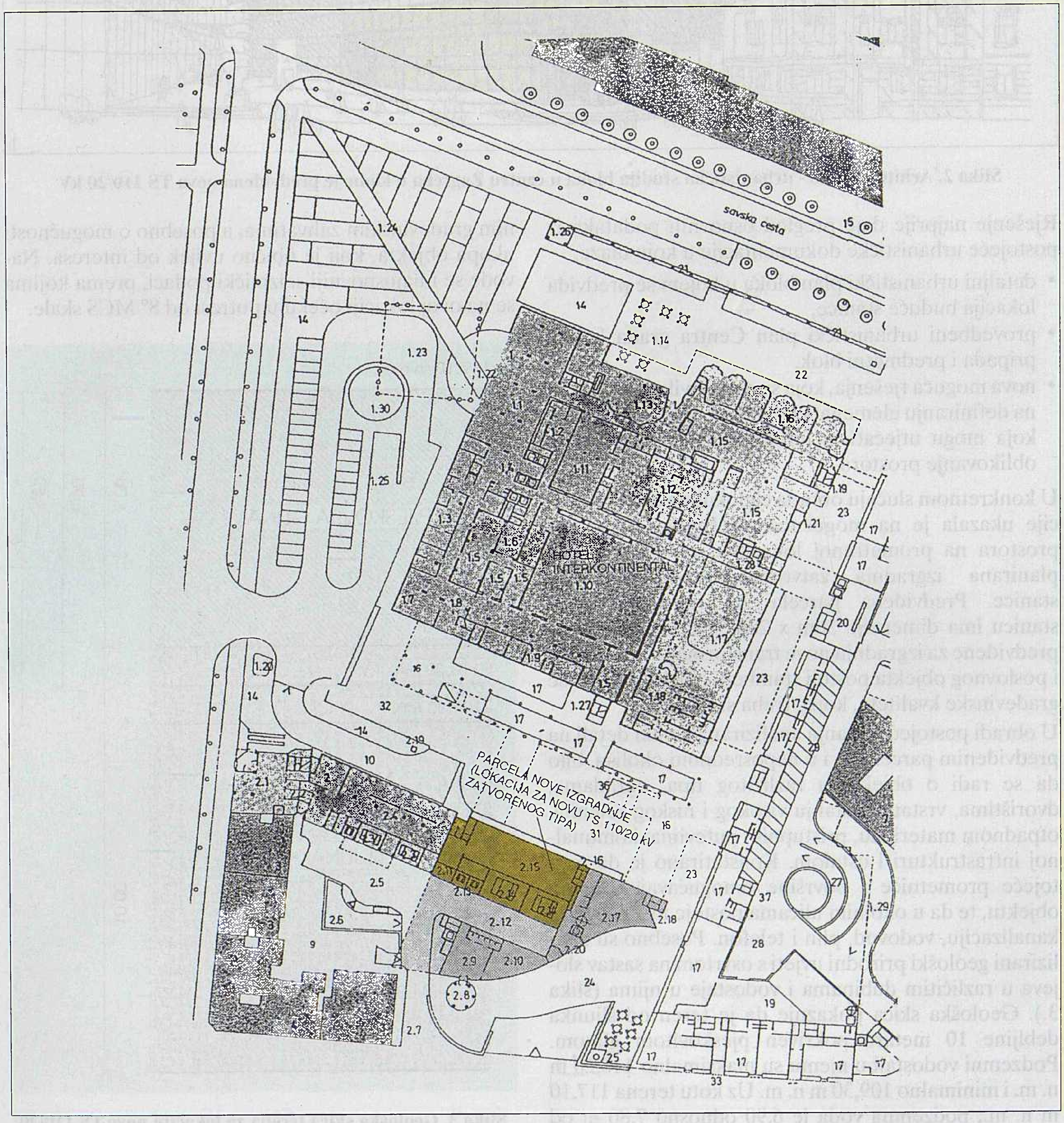
veličina parcele ..... 70m x 86 m
tlocrt objekta ..... cca 13m x 48m
(komandna zgrada i postrojenje 20kV)
visina P + 1 ..... cca 9,30m.

I za otvoreni tip stanice treba također osigurati pristupni put do objekta, transformatora i rasklopnog postrojenja, koji je ujedno i požarni put. Stanica je automatizirana i nema stalne posade. Budući da se radi o transformatorskoj stanici otvorenog tipa, parcelu treba posebno hortikulturno urediti, s tim da se rubno postavi visoko zelenilo koje neće biti u koliziji s rasklopnim postrojenjem. Ukoliko se ovakav objekt nalazi u zoni izgradnje servisa, industrijskih i drugih sličnih objekata, potrebno je u njemu pojačati zaštitu od buke i drugih nepovoljnih utjecaja izgradnjom zaštitnog zida, zelenila ili sličnih zaslona.

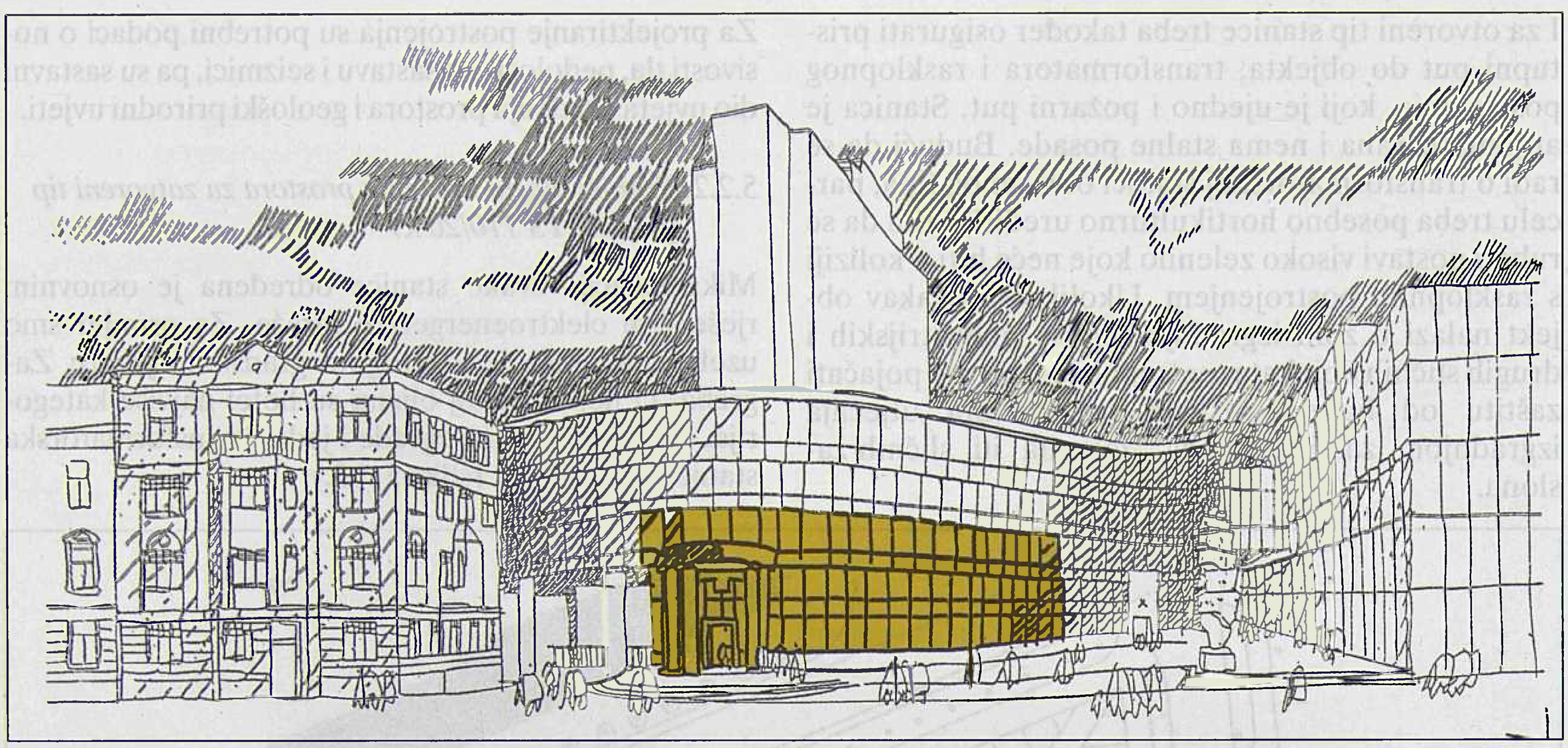
Za projektiranje postrojenja su potrebni podaci o nosivosti tla, pedološkom sastavu i seizmici, pa su sastavni dio uvjeta uređenja prostora i geološki prirodni uvjeti.

5.2.2. *Primjer uvjeta uređenja prostora za zatvoreni tip gradske TS 110/20 kV*

Mikrolokacija svake stanice određena je osnovnim rješenjem elektroenergetske mreže. Za primjer smo uzeli jednu koja je u strogom gradskom jezgru Zagreba. U neposrednoj blizini su hotel najviše kategorije, stambene i javne zgrade i jedna transformatorska stanica nižeg ranga (slike 1. i 2.).



Slika 1. Lokacija za novu TS 110/20 kV u centru Zagreba



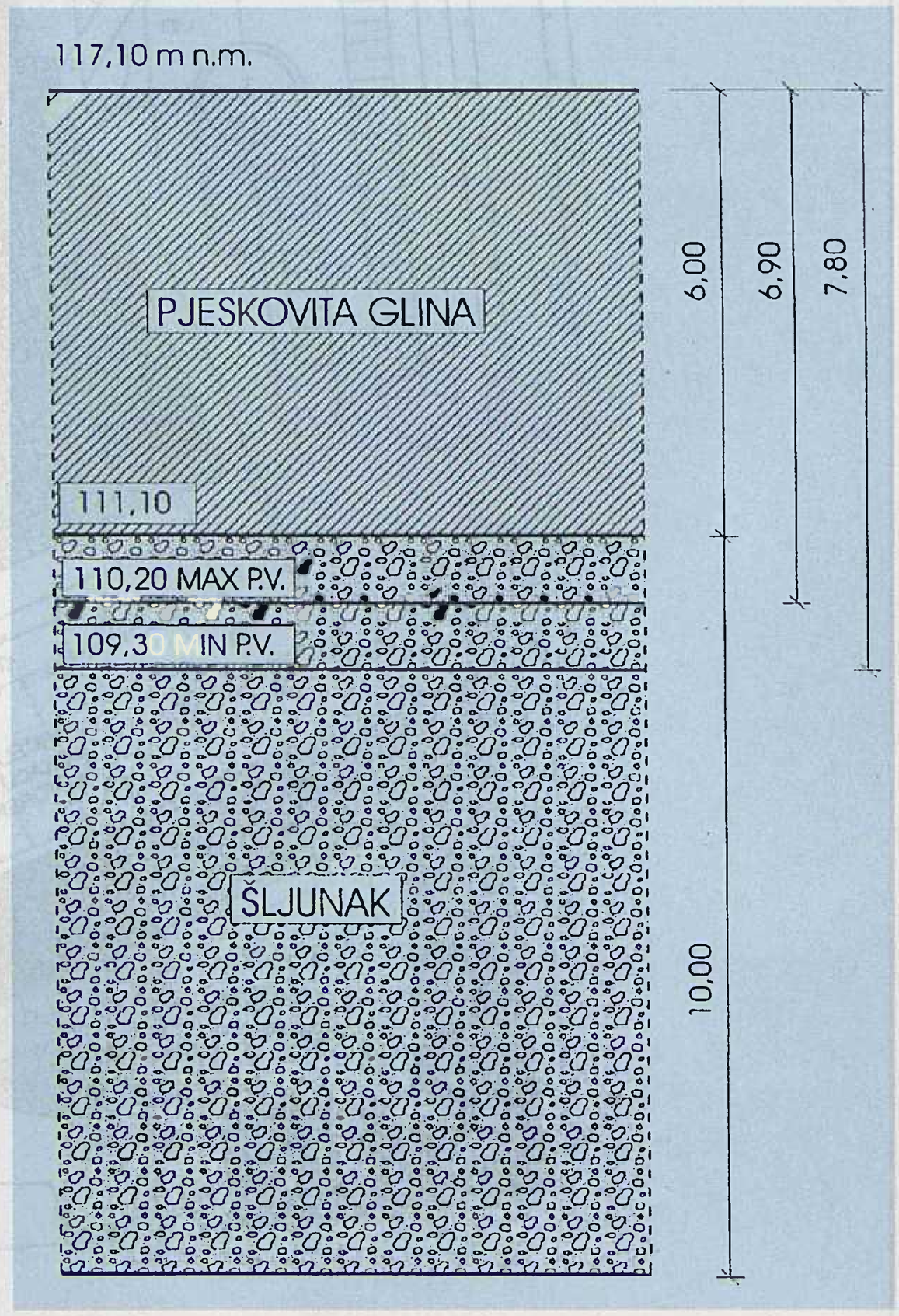
Slika 2. Arhitektonsko - urbanistička studija bloka u centru Zagreba u kome je predviđena nova TS 110/20 kV

Rješenje najprije daje pregled osnovnih podataka iz postojeće urbanističke dokumentacije u koju ulaze:

- detaljni urbanistički plan bloka u kojem se predviđa lokacija buduće stanice,
- provedbeni urbanistički plan Centra grada kojem pripada i predmetni blok,
- nova moguća rješenja, koja su se pojavila u toku rada na definiranju elemenata uvjeta uređenja prostora, a koja mogu utjecati na urbanističko arhitektonsko oblikovanje prostora.

U konkretnom slučaju obrada cjelokupne dokumentacije ukazala je na mogućnost proširenja poslovnog prostora na promatranoj lokaciji u okviru kojeg je planirana izgradnja zatvorene transformatorske stanice. Predviđena parcela za transformatorsku stanicu ima dimenzije 30m x 20m. Na dijelu parcele predviđene za izgradnju nove transformatorske stanice i poslovnog objekta postoji stambeni objekt P + 1 loše građevinske kvalitete, kojeg treba srušiti.

U obradi postojećeg stanja analiziran je svaki detalj na predviđenim parcelama i u neposrednom okolišu, bilo da se radi o objektima različitog tipa, ogradama, dvorištima, vrstama i stanju visokog i niskog zelenila, otpadnom materijalu, pristupnim putevima, komunalnoj infrastrukturi i ostalom. Konstatirano je da postojeće prometnice i površine omogućavaju pristup objektu, te da u okolnim ulicama postoje instalacije za kanalizaciju, vodovod, plin i telefon. Posebno su analizirani geološki prirodni uvjeti s osvrtom na sastav slojeva u različitim dubinama i vodostaje u njima (slika 3.). Geološka skica pokazuje da je teren od šljunka debljine 10 metara pokriven pjeskovitom glinom. Podzemni vodostaji u njemu su maksimalno 110,20 m n. m. i minimalno 109,30 m n. m. Uz kotu terena 117,10 m n. m., podzemna voda je 6,90 odnosno 7,80 m od površine terena .Na osnovi toga se zaključuje o potrebnim građevinskim zahvatima, a posebno o mogućnosti ukopa objekta, koji je obično uvijek od interesa. Navode se i najosnovniji seizmički podaci, prema kojima se na ovoj lokaciji očekuju potresi od 8° MCS skale.



Slika 3. Geološka skica terena za lokaciju nove TS 110/20 kV u centru Zagreba

U okviru urbanističko-tehničkih uvjeta izgradnje daju se jasne instrukcije o tome kako će biti potrebno izgraditi objekt, navode se građevinske linije, duljine i ostale karakteristike pročelja. Također se definiraju nužni tehnički elementi ograničenja izgradnje, koji ustvari kompromisno usuglašavaju potrebe s prostornim mogućnostima odabrane lokacije. Dalje se navodi funkcionalna organizacija postrojenja, koja je u konkretnom slučaju dana u tri etaže: podrumski dio, prizemlje i kat. Ovako organizirano postrojenje dalo je potrebnu visinu za objekt oko 12,5 metara od nulte kote prizemlja. Budući da je urbanističkim uvjetima u tom bloku predviđena izgradnja katnosti P + 4, ostali dio namijenjen je poslovnom prostoru. U prizemlju je samo dio prostora iskorišten za transformatorske komore, dok su u preostalom slobodnom prostoru, koji je okrenut prema javnim površinama, planirani lokali javne namjene. Kod toga je predviđeno da se objekt arhitektonski i konstruktivno tako organizira da dio s javnim sadržajima bude potpuno odvojen od energetskog dijela i pripadajućega poslovnog prostora. Transformatorske komore su smještene u dijelu objekta do koga je moguće osigurati kolni pristup za dovoz transformatora prilikom izgradnje ili za njihovu eventualnu zamjenu u slučaju kvara. U skladu s tim predviđena je odgovarajuća podloga, koja će se uklopiti u okolinu, a moći će izdržati potrebna opterećenja. Za dopremu transformatora u komore predviđena je ugradnja šina, kod čega će taj dio površine biti obrađen tako da se uklapa u okolinu, a šine budu nevidljive kada nisu u uporabi. Na odgovarajući način je obrađena i regulacija kretanja u promatranoj zoni i za kolni i za pješački pristup. Također su ispitane i obrađene mogućnosti za priključke komunalne infrastrukture. Posebno su istaknuti zahtjevi u pogledu zaštite i oblikovanja okoliša. Budući da se radi o bloku u samom gradskom centru, nužno je tehničkim mjerama okolne sadržaje vezane za transformatorsku stanicu zaštititi od buke, mirisa i vibracija, uvažavajući kriterije o dopuštenim veličinama. Postojeće zelenilo treba u najvećoj mjeri sačuvati, naročito ako se radi o visokom kvalitetnom zelenilu. Imajući u vidu da je objekt predviđen u staroj gradskoj jezgri, nužno ga je oblikovati i prostorno urediti uvažavajući ambijent u kojem se nalazi. To se naročito odnosi na pročelja i vrata, te na krovište.

Ovaj primjer je izabran zato jer pokazuje da se i u najužim jezgrama gradskih sredina, uz dobru volju i odgovarajuće kompromise, mogu naći lokacije za pojne točke gradske elektroenergetske mreže. On također pokazuje da se takvi objekti mogu potpuno uklopiti u urbanističke zahtjeve, ne narušavajući postavljene koncepcije organizacije izgradnje gradskih sredina.

5.2.3. *Primjer uvjeta uređenja prostora za TS 110/20 kV u gradskoj industrijskoj zoni*

Drugi primjer je karakterističan za transformatorske stanice otvorenog tipa. Polazni predložak za mikrolokaciju je podloga iz osnovnog rješenja elektroenergetske mreže u kojoj se vodilo računa o težištu konzuma. Urbanisti su daljnja usuglašavanja proveli uz sudjelovanje elektroenergetskih stručnjaka i predstavnika za izgradnju grada. Konačno je lokacija utvrđena u perifernoj industrijskoj gradskoj zoni (slika 4.). Objekt je bilo moguće smjestiti dosta povoljno s obzirom i na postojeće i na planirane prometnice, te s obzirom na koridor dalekovoda 110 kV koji je u neposrednoj blizini. Zemljište je neizgrađeno i prema tome nema kolizije s postojećim objektima. Također na parceli nema postojećeg visokog zelenila. Teren je opremljen komunalnom infrastrukturom. Geološka skica terena je dana na slici 5. Sastav terena je šljunak debljine oko 10 metara pokriven pjeskovito-glinovitim slojem, što je karakteristično za terene u blizini većih rijeka. Podzemni vodostaj je maksimalno 119,20 m n. m., odnosno minimalno 117,50 m n. m. Ako se računa s kotom terena od 122,00 m n. m., onda je podzemna voda 2,80 odnosno 4,50 m n. m. od površine terena. Prema seizmičkim podacima područje predviđeno za izgradnju planirane transformatorske stanice svrstano je u zonu u kojoj se mogu očekivati potresi do 8° MCS skale.

U urbanističko-tehničkim uvjetima se daju instrukcije o načinu izgradnje ovog tipa stanice i o ostalim tehničko-tehnološkim podacima. Rezervirana parcela za izgradnju objekta ima površinu 6.441 m^2. Objekt će biti otvorenog tipa, automatiziran, dakle bez stalne posade. Otvoreni tip transformatorske stanice sadrži komandnu zgradu visine P + 1, te otvorena i zatvorena postrojenja. Građevinska linija zgrade udaljena je oko 45 metara od postojeće prometnice i oko 60 metara od regulacijske linije planirane prometnice. Udaljenost postojećeg dalekovoda od građevinske linije zgrade postrojenja je oko 25 metara. Veličina parcele je 70 m x 86 m, a na njoj je planiran sljedeći opseg izgradnje:

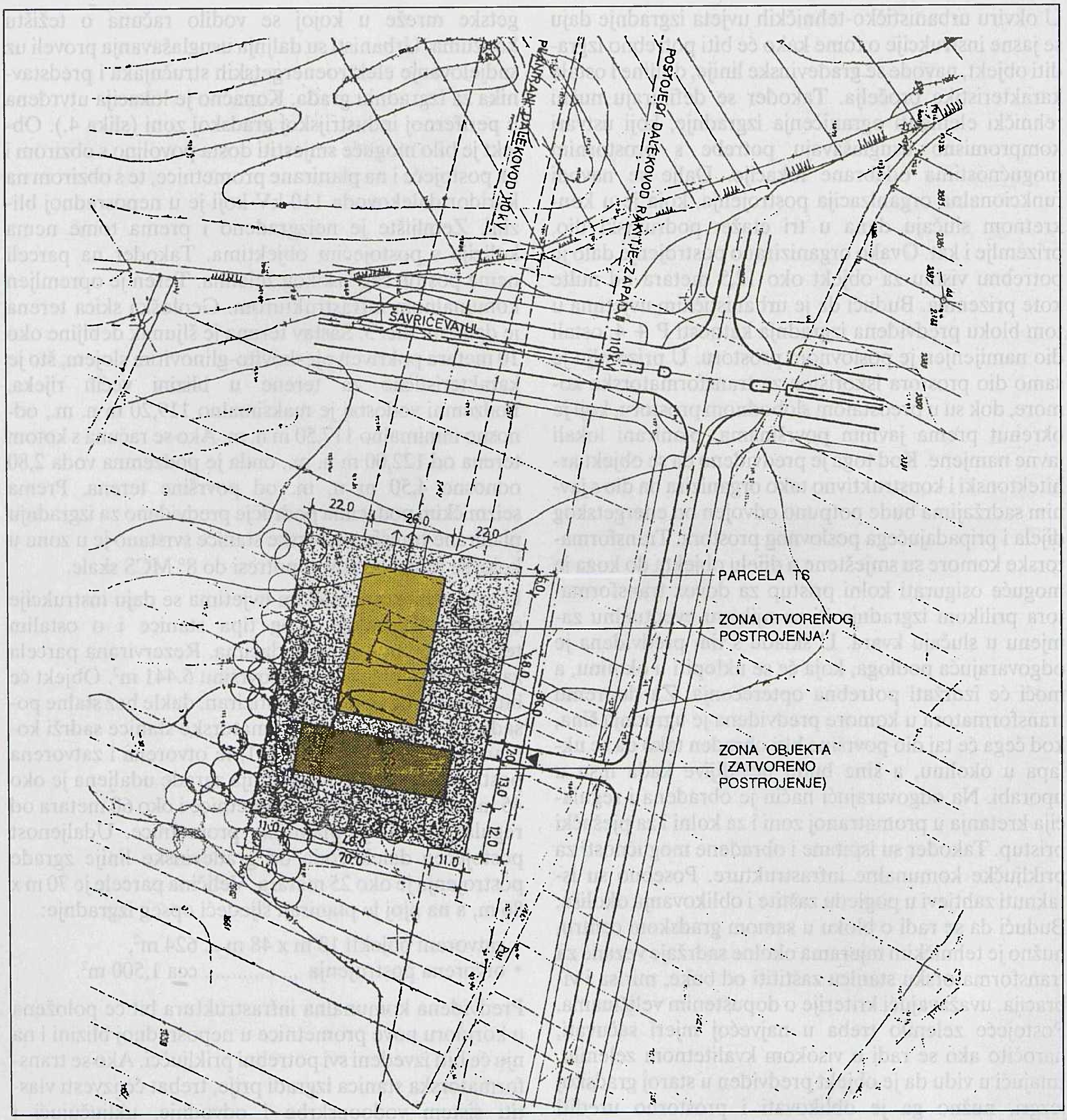
- zatvoreni objekti 13 m x 48 m ... 624 m^2,
- otvorena postrojenja ..... cca 1.500 m^2.

Predviđena komunalna infrastruktura bit će položena u koridoru nove prometnice u neposrednoj blizini i na nju će biti izvedeni svi potrebni priključci. Ako se transformatorska stanica izgradi prije, trebat će izvesti vlastiti sistem vodoopskrbe i odvodnje, uključujući i potrebe protupožarne zaštite. Budući da je lokacija predviđena na neobrađenom zemljištu, nužno ju je u cjelini hortikulturno urediti, s tim sa se rubno predvidi visoko zelenilo. Uz pristupnu pješačku stazu treba predvidjeti nisko grmoliko zelenilo. Posebno treba voditi računa o svođenju buke u dozvoljene granice, ovisno o okolnim sadržajima.

5.3. Osvrt na trase kabelskih vodova visokog napona

5.3.1. *Općenito*

Već ranije se ukazala potreba da se na pojedinim potezima gradskih elektroenergetskih mreža polažu kabeli 110 kV. Takve potrebe će u budućnosti biti sve veće, zbog toga što će krupne pojne točke trebati sve



Slika 4. Lokacija za novu TS 110/20 kV u zagrebačkoj industrijskoj zoni

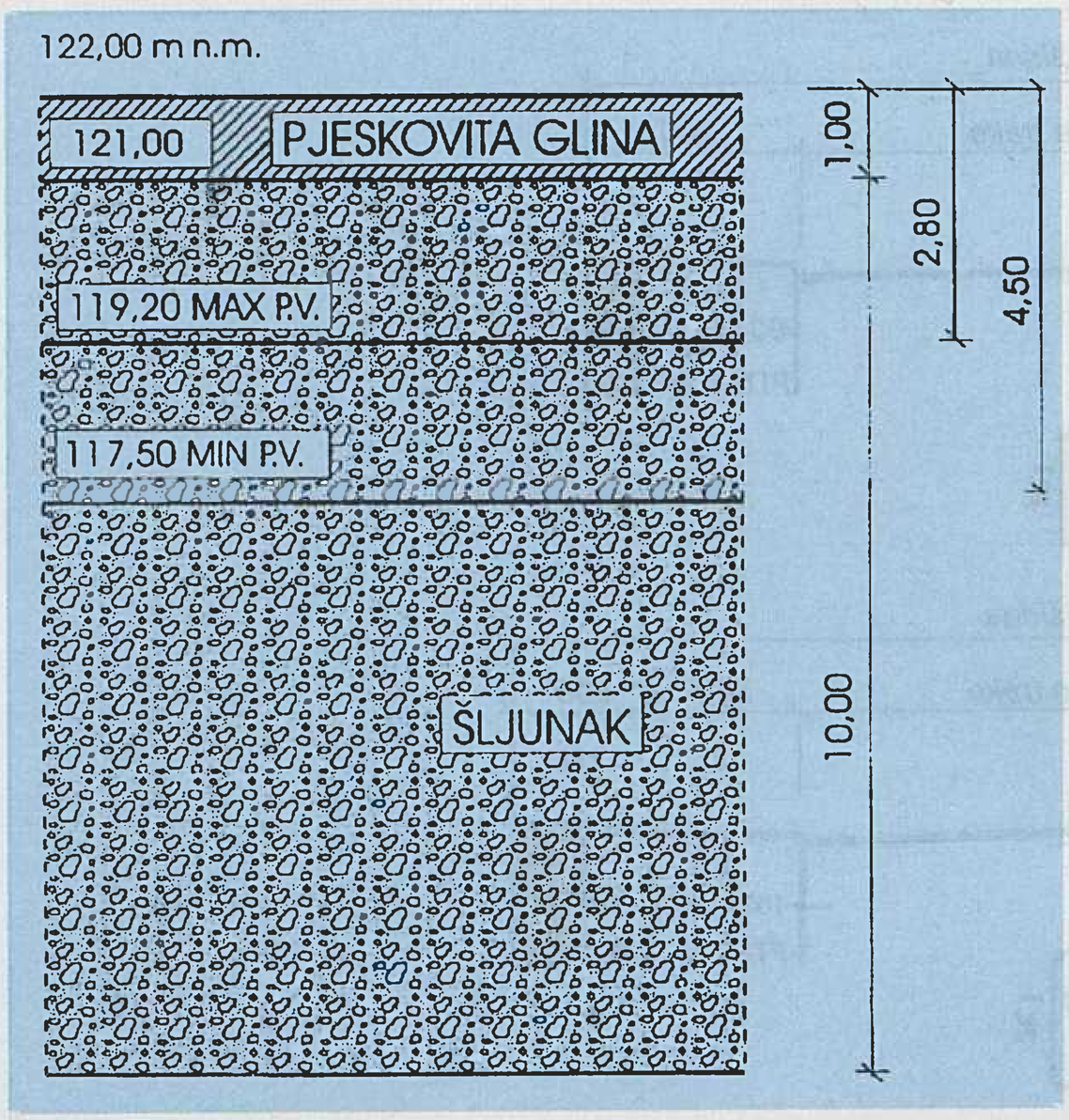
više približavati centrima konzuma. Zato je osiguranje prostora za buduće trase tih vodova vrlo značajno.

Prostor za kabele se osigurava u javnoprometnim površinama. Najčešće su to standardne gradske prometnice na kojima razlikujemo: pješačke hodnike za kretanje ljudi, kolnike za kretanje vozila, zelene površine za ukrasno bilje, pješačke otoke kao tramvajska i autobusna čekališta, ugibališta za zaustavljanje vozila, tramvajske pruge i biciklističke staze.

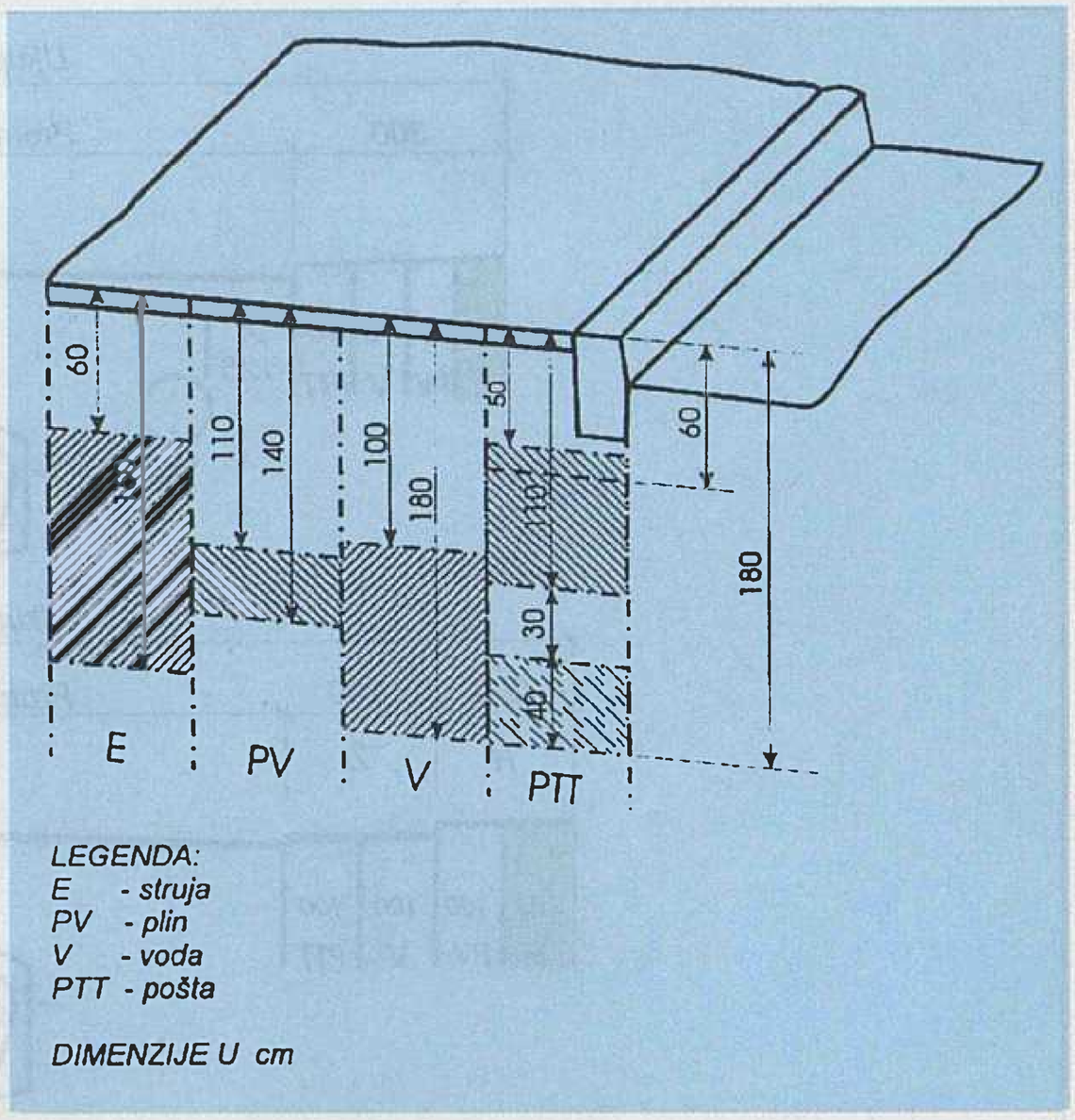
Svaka prometnica je karakterizirana poprečnim profilom s odgovarajućim dimenzijama. U taj profil se raspoređuju sve potrebne podzemne instalacije, kod čega se uvažavaju određena načela i preporuke o rasporedu i minimalno dozvoljenim međusobnim razmacima. Obično u taj profil treba smjestiti: vodovod, kanalizaciju, elektroenergetske kabele, PTT kabele, plinovode i toplovode. Pored tih komunalnih instalacija u neke prometnice se polažu: tramvajska pruga, signalni kabeli, televizijski kabeli i eventualno još neke instalacije.

Kod polaganja podzemnih instalacija korisno je uvažavati neke opće preporuke na koje upućuje dosadašnja praksa kao što su:

- Za smještaj instalacija treba prvenstveno koristiti pješačke hodnike i zelene površine, naročito ako su u pitanju instalacije za opskrbu. U tu svrhu prostor izvan



Slika 5. Geološka skica terena za lokaciju nove TS 110/20 kV u zagrebačkoj industrijskoj zoni



Slika 6. Načelna raspodjela hodnika u zone

kolnika treba podijeliti u zone. U pravilu se pješački hodnik dijeli počev od linije kolnika na zone za elektroenergetske instalacije, plinske instalacije, vodovodne instalacije i poštanske instalacije (slika 6.).

- Po mogućnosti što više izbjegavati korištenje kolnika, zbog problema kod polaganja i održavanja. U kolnik se smješta kanalizacija i plinovod visokog pritiska, te eventualno toplovod i drugi magistralni vodovi, ako za njihov smještaj nema dovoljno prostora izvan kolnika.
- Poželjno je instalacije polagati dalje od građevinske linije i dublje.
- Kod rasporeda podzemnih instalacija treba voditi računa o potrebnom prostoru za rad i o njihovom međusobnom utjecaju. U kritičnim slučajevima se rade provjere elektroenergetskih i toplinskih međuutjecaja i ako je potrebno poduzimaju se posebne mjere za dodatnu zaštitu.

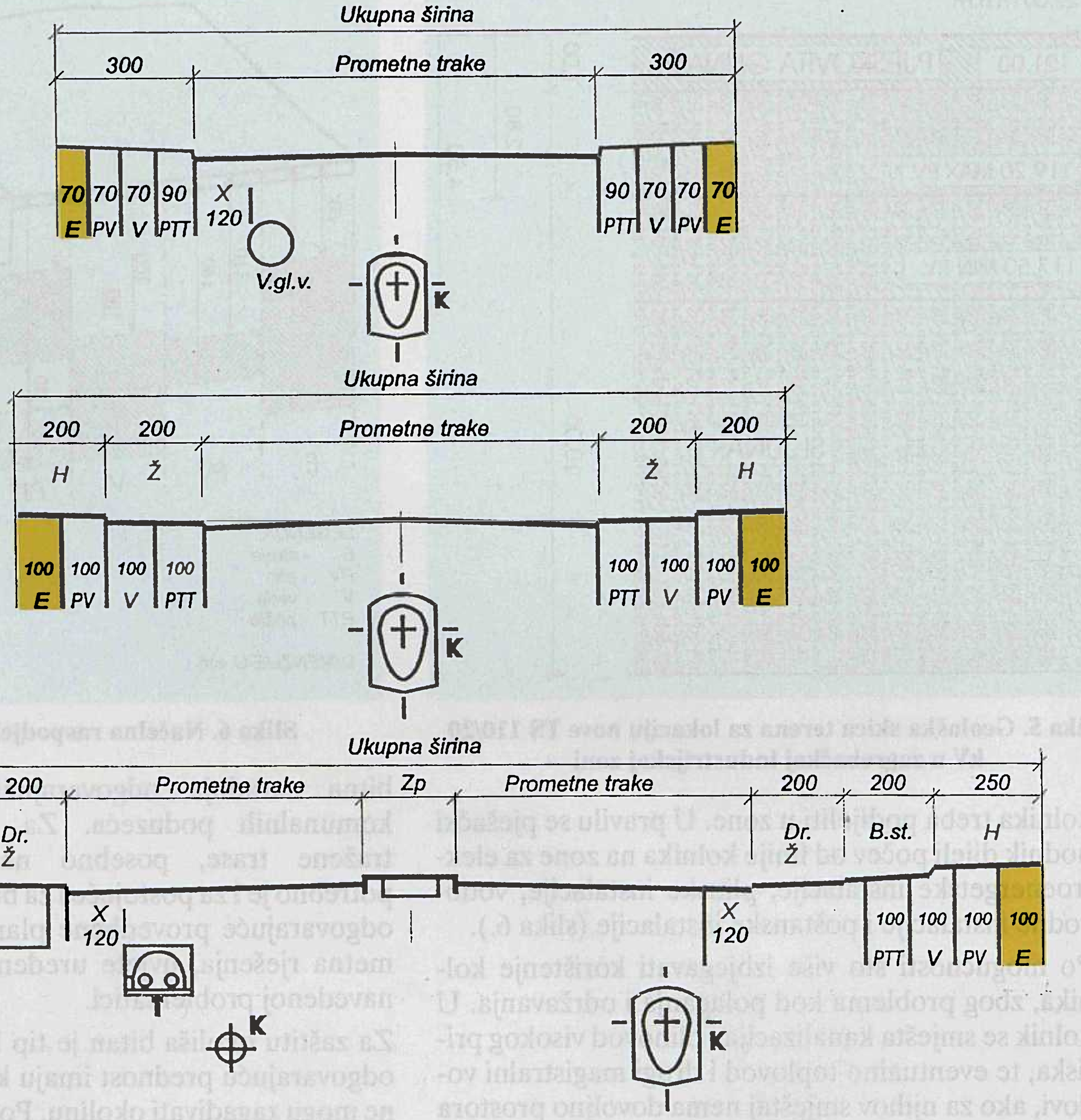
Na slici 7. dano je nekoliko varijanti poželjnog rasporeda podzemnih instalacija u gradskim prometnim površinama uz napomenu da konkretne prilike mogu uvjetovati i drugačiji raspored.

Osnovne smjernice za polaganje kabela dane su u granskoj normi [7.5.] u kojoj nisu obuhvaćeni kabeli 110 kV i u [7.6.], gdje je ova problematika studijski obrađena znatno ranije pa bi je bilo korisno novelirati. Treba naglasiti da je smjernice i preporuke moguće slijediti u većoj mjeri ako se radi o planiranim prometnicama, a u znatno manjoj mjeri ako su to postojeće prometnice. Ocjena mogućnosti polaganja kabela u postojeće prometnice ovisi prvenstveno o zahtjevima za koordinacijom s već izvedenim komunalnim i ostalim instalacijama. Zbog toga je od posebne važnosti utvrđivanje točnih trasa ostalih instalacija. U tome je bitna suradnja odgovarajućih gradskih službi i komunalnih poduzeća. Za potpunu koordinaciju tražene trase, posebno na kritičnim mjestima, potrebno je i za postojeće i za buduće koridore proučiti odgovarajuće provedbene planove, urbanistička prometna rješenja, uvjete uređenja prostora i studije o navedenoj problematici.

Za zaštitu okoliša bitan je tip kabela. U tom pogledu odgovarajuću prednost imaju kabeli suhe izvedbe koji ne mogu zagađivati okolinu. Poželjno je kabelsku trasu voditi tako da ne dolazi u koliziju s koridorom zelenila postojećih i budućih prometnica.

5.3.2. *Primjer vođenja kabela 110 kV kroz gradsko područje*

Nakon osvrta na opće smjernice za polaganje kabela, navest ćemo neka iskustva stečena u radu na osiguravanju trasa za polaganje kabela 110 kV u Zagrebu. Uočeno je da kod povezivanja transformatorskih stanica kabelima 110 kV nije najbitnija njihova udaljenost nego karakteristike područja kroz koje kabel treba proći. U centralnim gradskim zonama je bilo znatnih ograničenja, pa je zato u takvim dijelovima korištena svaka imalo racionalna mogućnost prolaza. Kod mogućih alternativnih obilazaka isključivano je vođenje trase obroncima i kotlinama, jer to nije povoljno za sam kabel i jer je za polaganje kabela 110 kV nužno osigurati pristup teške mehanizacije. U gradskoj sredini kabelske trase se protežu uglavnom koridorom postojećih ulica u kojima su položene ostale komunalne instalacije. Zbog nužne koordinacije svih instalacija, pojas za polaganje kabela često je jedino moguć ispod kolnika u profilu koridora. To rješenje je ostvarivo bez obzira na opće smjerice, jer ono ne izaziva smetnje u odvijanju prometa, budući da duž trase



LEGENDA:

PTT - instalacija pošte
E - električni vodovi
PV - plinovod
V - vodovod
V.gl.v. - vodovod - gl. vod.
K - kanalizacija
T - toplovod
H - hodnik
B.st. - biciklistička staza
Dr. - drvored
Z - živica
Zp - zeleni pojas
X - najmanji razmak od rubnog kamena do pojedinih instalacija u kolniku

DIMENZIJE U cm

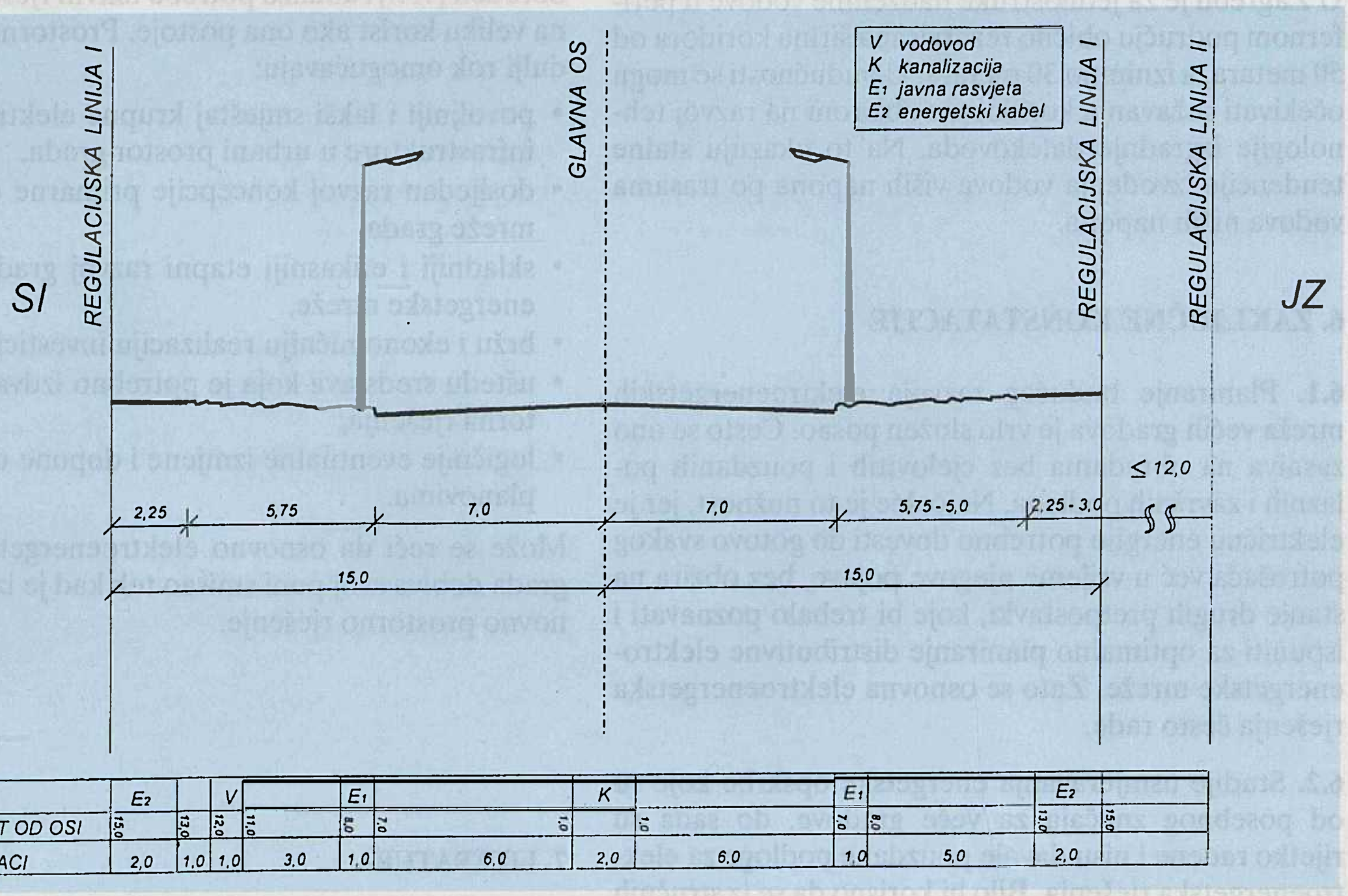
NAPOMENA:
najmanje dubine za: PTT - 0,5 m
E - 0,6 m
PV - 1,1 m
V - 1,0 m

Slika 7. Načelni smještaj vodova i postrojenja u javnim površinama (poželjni raspored)

visokonaponskih energetskih kabela nije potrebno izvoditi reviziona okna ili slične objekte. Kod takvog odabira trase nužno je predvidjeti mjere za izbjegavanje ili smanjivanje eventualno očekivanih poteškoća kod polaganja kabela. Budući da se u gradovima gotovo uvijek radi o oskudici prostora, pokazalo se korisnim da se na što većem dijelu koristi mogućnost vođenja dva kabela 110 kV jedinstvenom trasom. U Zagrebu je za kabelski vod 110 kVplaniran rov širine oko 1 metar, ako se radilo o jednostrukom kabelu, odnosno oko 2 metra, ako se radilo o dvostrukom kabelu, dok je predviđena dubina rova iznosila 1,40 metara.

Potencijalna trasa je dijeljena na niz alternativnih poteza, koji su predstavljali pojedine dionice, koje imaju zajedničke karakteristike između početne i krajnje točke. Za svaku od tih dionica izrađen je poprečni profil s načelnim rasporedom glavnih vodova komunalnih instalacija, s naznakom udaljenosti od glavne osi kori-

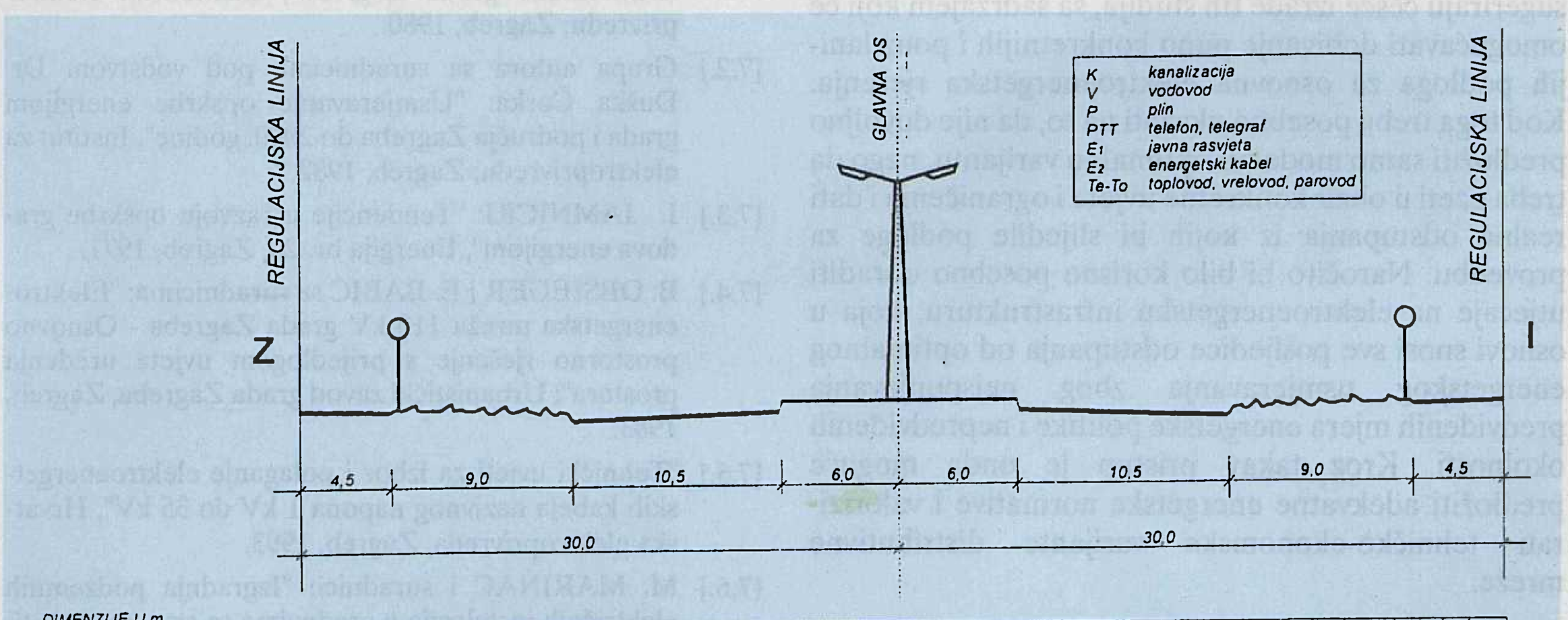
dora i međurazmacima. Uz to dan je i detaljan opis, koji upućuje na sve pojedinosti o vođenju kabela, o potrebnoj koordinaciji s drugim instalacijama, o karakterističnim prijelazima, o potrebnim dodatnim mjerama, te o ostalim pojedinostima vezanim uz trasu i polaganje kabela. U nekim slučajevima u kojima sve infrastrukturne pojedinosti nisu bile poznate, dane su alternativne mogućnosti, s tim da se definitivan izbor trase izvrši u fazi projektiranja. Taj izbor ovisit će o poziciji nedefiniranih dijelova infrastrukturnog koridora, te o mogućnosti predviđenih rekonstrukcija nekih instalacija na pojedinim dijelovima koridora. Na taj način se dobiva vrlo detaljna podloga smještaja visokonaponskih kabela u prostor, koja je od višestruke koristi za kasniji razvoj gradske mreže. Dva primjera koordinacije infrastrukturnih instalacija za različite tipove prometnica u Zagrebu dana su na slikama 8. i 9.



DIMENZIJE U m

INSTALACIJA	E_2		V		E_1		K		E_1		E_2	
UDALJENOST OD OSI	15,0	13,0	12,0	11,0	8,0	7,0	1,0	1,0	7,0	8,0	13,0	15,0
MEĐURAZMACI	2,0	1,0	1,0	3,0	1,0	6,0	2,0	6,0	1,0	5,0	2,0	

Slika 8. Načelni raspored glavnih vodova komunalnih instalacija u Ulici devet u Zagrebu



DIMENZIJE U m

INSTALACIJA	PTT		E1+E2		V		K		E1		E1		E1		K		P		E1	E2		TE TO	
UDALJENOST OD OSI	30,0	28,0	25,5	24,0	19,0	17,5	16,0	13,0	6,0	5,0	0,5	0,5	5,0	6,0	13,0	16,0	20,5	22,0	24,5	26,5	25,5	28,0	30,0
MEĐURAZMACI	2,0	2,5	1,5	5,0	1,5	1,5	3,0	7,0	1,0	4,5	1,0	4,5	1,0	7,0	3,0	4,5	1,5	2,5	1	1	1,5	2,0	

Slika 9. Načelni raspored glavnih vodova komunalnih instalacija u ulici Črnomerec u Zagrebu (potez od produžene Krapinske ulice do Baštijanove ulice)

5.4. Osvrt na trase nadzemnih vodova visokog napona

Nadzemni vodovi 110 kV povezuju transformatorske stanice 110/X kV otvorenog tipa na perifernom gradskom području. Lokacije ovih stanica su obično u blizini trasa postojećih vodova ili su na takvim mjestima do kojih je moguće izgraditi novi nadzemni vod. Kod toga posebnu pažnju treba posvetiti širini koridora i prijelazima na kritičnim mjestima.

U Zagrebu je za jednostruke nadzemne vodove u perifernom području obično rezervirana širina koridora od 50 metara, a iznimno 30 metara. U budućnosti se mogu očekivati sužavanja koridora, s obzirom na razvoj tehnologije izgradnje dalekovoda. Na to ukazuju stalne tendencije izvođenja vodova viših napona po trasama vodova nižih napona.

6. ZAKLJUČNE KONSTATACIJE

6.1. Planiranje budućeg razvoja elektroenergetskih mreža većih gradova je vrlo složen posao. Često se ono zasniva na obradama bez cjelovitih i pouzdanih polaznih i završnih podloga. Najčešće je to nužnost, jer je električnu energiju potrebno dovesti do gotovo svakog potrošača već u vrijeme njegove pojave, bez obzira na stanje drugih pretpostavki, koje bi trebalo poznavati i ispuniti za optimalno planiranje distributivne elektroenergetske mreže. Zato se osnovna elektroenergetska rješenja često rade.

6.2. Studije usmjeravanja energetske opskrbe koje su od posebnog značaja za veće gradove, do sada su rijetko rađene i nisu davale pouzdane podloge za elektroenergetska rješenja. Bilo bi korisno da se iz stručnih krugova koji se bave elektroprivrednom djelatnošću sugeriraju češće izrade tih studija, sa sadržajem koji će omogućavati dobivanje puno konkretnijih i pouzdanijih podloga za osnovna elektroenergetska rješenja. Kod toga treba posebno ukazati na to, da nije dovoljno predložiti samo modelnu optimalnu varijantu, nego da treba uzeti u obzir konkretne uvjete i ograničenja i dati realna odstupanja iz kojih bi slijedile podloge za provedbu. Naročito bi bilo korisno posebno obraditi utjecaje na elektroenergetsku infrastrukturu, koja u osnovi snosi sve posljedice odstupanja od optimalnog energetskog usmjeravanja zbog neispunjavanja predviđenih mjera energetske politike i nepredviđenih okolnosti. Kroz takav pristup je onda moguće predložiti adekvatne energetske normative i valorizirati tehničko-ekonomske varijante distributivne mreže.

6.3. Za daljnje unaprijeđenje izrade podloga za osnovna rješenja elektroenergetskih mreža bilo bi korisno nastaviti doradu i kompletiranje elektroenergetskih normativa u kućanstvu, infrastrukturi i industriji. Do sada je velika pažnja posvećena analizi elektroenergetskih normativa za kućanstva, no taj posao još nije zaokružen. Bilo bi korisno kad bi se doradili i objedinili do sada primjenjivani normativi sa svrhom da se dobiju podloge za razne tipove kućanstava u gradskim i ruralnim područjima, te za pojedine klimatske zone. Analizi normativa za infrastrukturu i industriju posvećeno je znatno manje pažnje, što upućuje na potrebu njihove intenzivnije obrade.

6.4. Prostorna rješenja za cjelovite perspektivne mreže gradova do sada obično nisu rađena. No, primjer koji je obrađen [7.4.] i analiza potrebe takvih rješenja ukazuju na veliku korist ako ona postoje. Prostorna rješenja na dulji rok omogućavaju:

- povoljniji i lakši smještaj krupne elektroenergetske infrastrukture u urbani prostor grada,
- dosljedan razvoj koncepcije primarne distributivne mreže grada,
- skladniji i efikasniji etapni razvoj gradske elektroenergetske mreže,
- bržu i ekonomičniju realizaciju investicija,
- uštedu sredstava koja je potrebno izdvajati za prostorna rješenja,
- logičnije eventualne izmjene i dopune u prostornim planovima.

Može se reći da osnovno elektroenergetsko rješenje grada dobiva svoj puni smisao tek kad je izrađeno i osnovno prostorno rješenje.

7. LITERATURA

[7.1.] R. SCHENNER: "Osnovno rješenje elektrodistributivne mreže grada Zagreba", Institut za elektroprivredu; Zagreb, 1980.

[7.2.] Grupa autora sa suradnicima pod vodstvom Dr. Duška Čorka: "Usmjeravanje opskrbe energijom grada i područja Zagreba do 2000. godine", Institut za elektroprivredu; Zagreb, 1982.

[7.3.] I. JAMNICKI: "Tendencije u razvoju opskrbe gradova energijom", Energija br. 20, Zagreb, 1971.

[7.4.] B. OBSIEGER i E. BABIĆ sa suradnicima: "Elektroenergetska mreža 110 kV grada Zagreba - Osnovno prostorno rješenje s prijedlogom uvjeta uređenja prostora"; Urbanistički zavod grada Zagreba, Zagreb, 1983.

[7.5.] "Tehnički uvjeti za izbor i polaganje elektroenergetskih kabela nazivnog napona 1 kV do 35 kV", Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, 1993.

[7.6.] M. MARINAC i suradnici: "Izgradnja podzemnih električnih instalacija u gradovima sa stanovišta optimalnog međusobnog odnosa i odnosa s drugim podzemnim instalacijama"; Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1983.

[7.7.] M. ŠOSTERIČ, J. DELUKA, A. VULIN: "Arhitektonsko urbanistička studija bloka Jukićeva-Pierottijeva-Kršnjavoga-Savska", Mistrija - d.o.o., Zagreb, 1988.

CONTRIBUTION TO THE METHODOLOGICAL EVALUATION OF ELECTRIC POWER NETWORKS OF MAJOR CITIES

This work gives an overview on energy, electric energy and spatial base for the distribution networks' development of major cities. Their importance, interrelation, problems and possible improvements in the methodological evaluation of the base data are given.

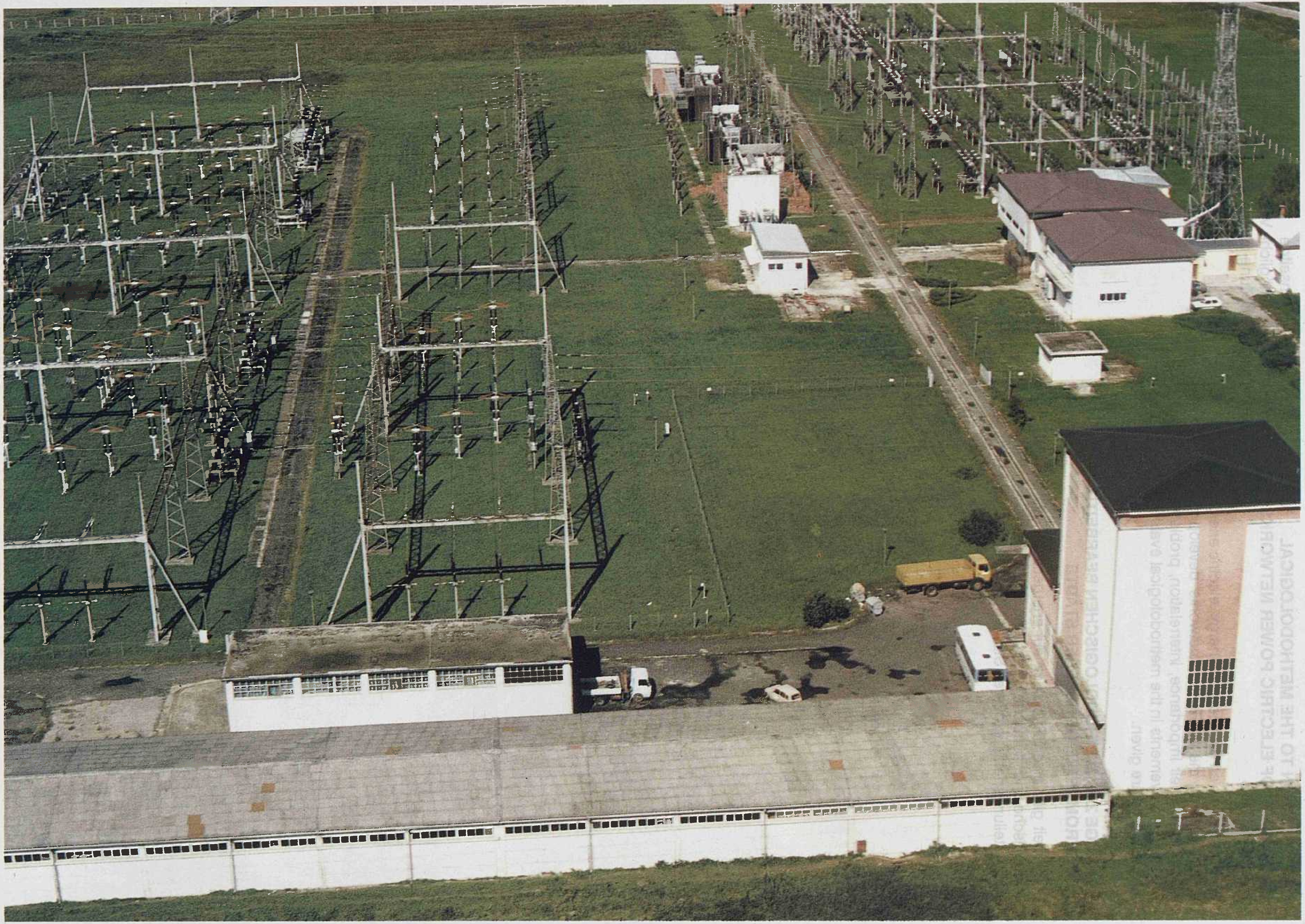
BEITRÄGE ZUR METHODOLOGISCHEN BEARBEITUNG DER STROMNETZE GRÖSSERER STÄDTE

Die Arbeit gibt einen Rückblick auf energetische, elektroenergetische und räumliche Unterlagen für die Entwicklung der Verteilungsnetze größerer Städte. Sie deutet auf ihre Wichtigkeit, gegenseitge Verbundenheit, begleitende Probleme und auf mögliche Vervollkommnung der methodologischen Bearbeitung dieser Unterlagen hin.

Naslov pisca:

Dragan Borojević, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
DP Elektra - Zagreb
Gundulićeva 28
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-03-13.



NEKI PROBLEMI I PRAKSA ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA U DEREGULIRANOM OKRUŽENJU

(Referirano na zasjedanju CIGRE, Paris 2000.)

Mr. sc. Mladen Z e l j k o, Zagreb

UDK 621.311.1:620.9
STRUČNI ČLANAK

Svake parne godine se u Parizu održava, zasigurno najvažniji stručni skup elektroenergetičara, zasjedanje CIGRE. Tako je bilo i 2000. godine, gdje se na zasjedanju CIGRE, u vremenu od 27. kolovoza do 1. rujna, okupilo oko 2500 stručnjaka (većinom inženjeri elektrotehnike) iz cijelog svijeta. Najveći dio njih je iz elektroprivrednih poduzeća, zatim s fakulteta, instituta i slično. Tu se iz prve ruke, dakle od ljudi iz prakse, mogu čuti neka od najnovijih rješenja za određene probleme iz djelatnosti koje pokrivaju pojedine studijske grupe (komiteti). Rad na zasjedanju se, kao i na dosadašnjim zasjedanjima, odvijao po pojedinim studijskim grupama, a neke srodne grupe imaju dodatno i zajednička zasjedanja. U ovom članku se daje osvrt na neke od problema koji su dominirali na studijskim grupama: 37 (Planiranje i razvoj elektroenergetskog sustava), 38 (Analiza i tehnika elektroenergetskog sustava) i 39 (Pogon i vođenje elektroenergetskog sustava), te na zajedničkom zasjedanju navedene tri grupe. S obzirom na procese koji su pred nama, na području elektroprivredne djelatnosti, nije na odmet informirati jedan širi krug ljudi, iz područja elektroprivrede i oko nje, o tim problemima i načinima kako ih zemlje, odnosno elektroprivrede, koje su u te procese ušle prije nas, rješavaju ili pokušavaju riješiti.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, upravljanje rizikom, operator sustava, uska grla u prijenosu, pomoćne usluge, licenca za operatore.

1. DOMINANTNA PITANJA

Od početka 1990-ih pa do danas, u zemljama zapadne Europe, SAD, Kanade, Australije i Južne Amerike, većina elektroprivrednih kompanija se, iz vertikalno integriranih poduzeća, koja su bila u državnom vlasništvu, i poslovala u uvjetima monopola, transformirala u smislu vertikalnog razdvajanja i privatiziranja, a sadašnje okruženje u kojem posluju je otvoreno tržište električne energije. Regulacija u takvom okruženju je svedena na nužni minimum, a konkurenciji je prepušten mogući maksimum.

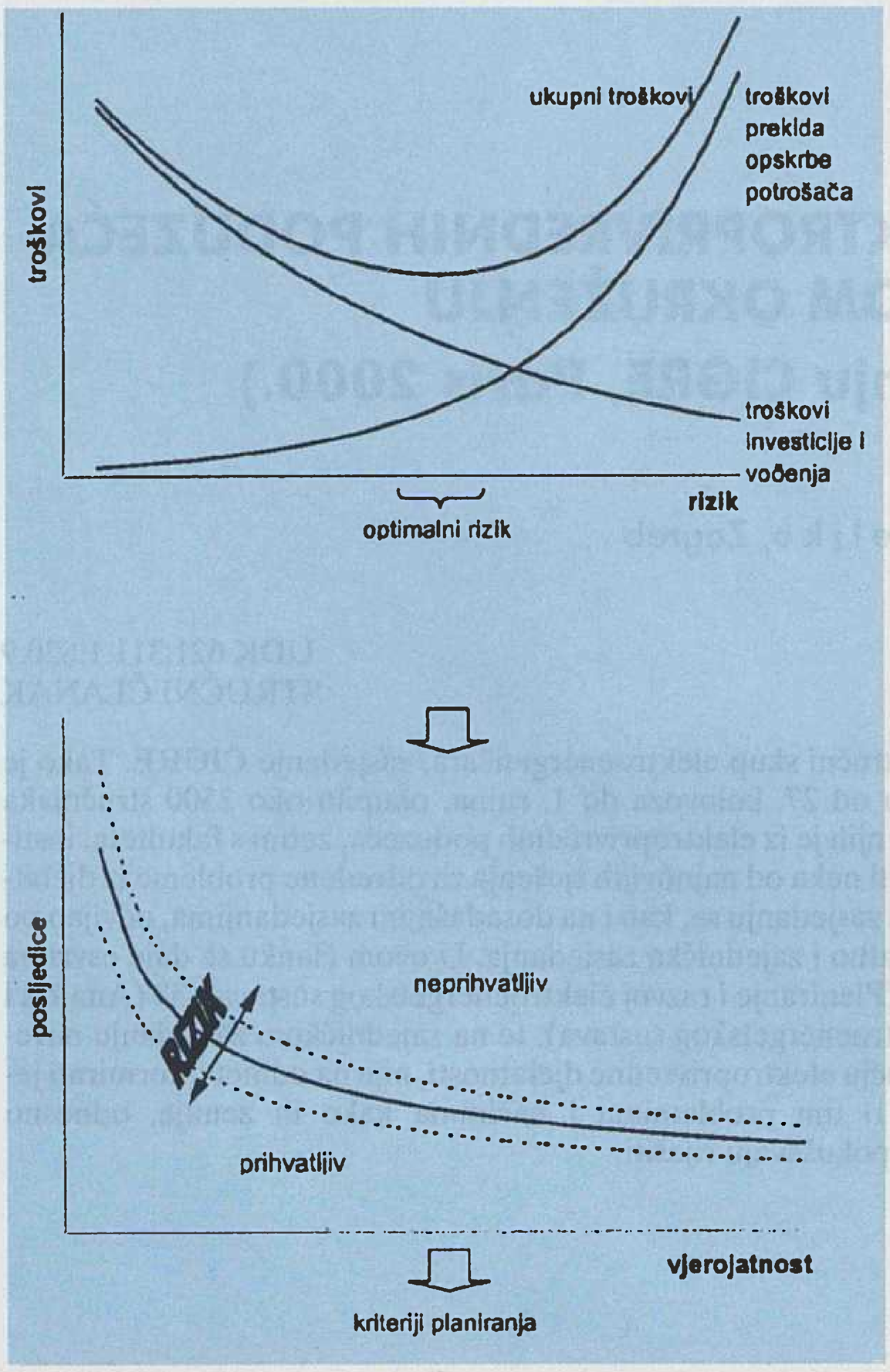
Bez obzira što je cijelim ovim procesom postignut cilj učinkovitijeg poslovanja u području elektroenergetske djelatnosti i, u većini zemalja, niže cijene električne energije za krajnje potrošače, opća je ocjena da su neki već postojeći problemi zaoštreni, a pojavili su se i dodatni problemi, odnosno rizici o kojima se prije ili nije diskutiralo ili se o njima govorilo vrlo malo.

U nastavku su navedena neka pitanja koja su bila možda najviše zastupljena, bilo kroz referate, bilo kroz diskusije na zasjedanju grupa koje se bave planiranjem razvoja, analizom, kao i pogonom i vođenjem elektroenergetskog sustava.

1.1. **Upravljanje rizikom** (Risk management)

Korištenje metoda upravljanja rizicima u planiranju i vođenju sustava je već odavno prisutno; koriste se već dugo vremena u "konvencionalnom" planiranju, bilo implicitno (usvajanjem deterministčkih (n-x)-pravila ili vrijednosti praga za zadane probabilističke indekse, kao što su LOLP, ENS itd., ili eksplicitno (minimizacijom ukupnih troškova planiranja, uključujući i troškove rizika). Metode upravljanja rizicima su još više dobile na vrijednosti početkom devedesetih godina nakon što su počeli procesi deregulacije, odnosno otvaranja tržišta električne energije. Rizik se definira kao umnožak vjerojatnosti i posljedica štetnog događaja. Upravljanje rizicima je u biti sustavna primjena instrukcija, metoda i procesa upravljanja radi analize, vrednovanja rizika i kontrole nad njima. U mnogim primjenama rizik se kvantitativno ocjenjuje, posebice s aspekta troškova.

Definicija konvencionalnih kriterija planiranja rezultat je kvalitativne procjene rizika zasnovane na iskustvu. Kriterijima se postavlja granica između prihvatljivih i nedopustivih posljedica kvarova, prema vjerojatnosti pojave kvara (sl. 1). Što je vjerojatnost pojave kvara veća, posljedice bi trebale biti manje. Za iznos rizika može se smatrati da je određen ekonomskim razmatranjima. Općenito, investicijski troškovi i troškovi upravljanja porast će sa smanjenjem rizika, dok će troškovi zbog prekida opskrbe porasti. Teoretski, optimalna razina rizika definira se kao minimum ukupnih troškova.



Slika 1. Upravljanje rizicima kao osnova za kriterije planiranja

Određivanje optimalne razine rizika, kao i definicija pogodnih kriterija planiranja na osnovi rizika, predstavlja vrlo složen zadatak, zbog brojnih problema pri nastojanju da se odrede kvantitativne vrijednosti rizika i ekonomskog utjecaja kvarova. Iz tog razloga nisu do sada u planiranju elektroenergetskog sustava bile široko prihvaćene tehnike ekonomske optimizacije rizika i novčane procjene rizika, osobito u segmentu prijenosa. Većina planera preferirala je pojednostavljene heurističke pristupe. U slučaju dobro poznatog (n-1)-kriterija pretpostavlja se da su nezavisni istodobni kvarovi dviju ili više komponenata toliko malo vjerojatni, da se mogu prihvatiti posljedice takvih kvarova.

Međutim, vlada osjećaj da je primjena (n-1)-kriterija rezultirala sustavima s rizikom nižim od ekonomskog optimuma. Stoga je uvođenje kvantitativnog upravljanja rizicima u planiranje elektroenergetskog sustava trenutno u samoj žiži interesa.

1.1.1. *Pokazatelji pouzdanosti*

Dugotrajno teoretsko i praktično iskustvo u svezi pouzdanosti sazrijevalo je širom svijeta, a kumulirano je u stotinama izvješća koja ipak nisu mogla dati nedvosmislen odgovor na pitanje: koja je, ustvari, praktična vrijednost pokazatelja pouzdanosti? U svakom slučaju čini se korisnim prisjetiti se nekih osnovnih načela, kako bi se moglo što bolje usredotočiti na nove potrebe koje nastaju u okviru tržišno orijentiranog planiranja.

Software za analizu pouzdanosti obično nudi sljedeće opće pokazatelje pouzdanosti:

- učestalost prekida u opskrbi
- srednje trajanje prekida u opskrbi
- neraspoloživost
- prekinuta snaga
- neisporučena energija za vrijeme prekida.

Pokazatelji se mogu koristiti za kvantitativno vrednovanje, bilo slučajeva vezanih za nepredvidive događaje (npr. obustave), bilo stanja sustava. U drugom slučaju mogu se koristiti kao općesistemski ili lokalni pokazatelji. Lokalni pokazatelji mogu opisivati pouzdanost opskrbe nekog potrošača, injektirane snage u određeno čvorište, ili tranzita. Dodatno se mogu koristiti za vrednovanje kriterija planiranja, kako je opisano u nastavku.

Glavna prednost uporabe pokazatelja pouzdanosti je u tome što oni pružaju kvantitativnu mjeru funkcioniranja sustava što se tiče pouzdanosti. Međutim, usprkos činjenici da su danas dostupni razrađeni alati za analizu pouzdanosti, planiranje sustava na osnovi pokazatelja pouzdanosti složen je zadatak iz sljedećih razloga:

- Pokzatelji pouzdanosti predstavljaju mjerilo funkcioniranja sustava gdje planer treba imati usvojene kriterije planiranja. Definiranje kriterija planiranja na osnovi kvantitativnih pokazatelja pouzdanosti kompliciranо je i još je uvijek predmet rasprave.
- Na konkurentskom tržištu pouzdanost pogona mora pratiti potrebe potrošača. Drugim riječima, razina pouzdanosti mora odgovarati onome što je potrošač voljan platiti. Međutim, novčana procjena pouzdanosti krajnje je teška i podložna mnogim nesigurnostima.
- U slučaju reguliranog tržišta pouzdanost sustava mora obično biti usklađena s ciljevima koje definira regulator na dodirnim točkama između proizvodnje i prijenosa, te između prijenosa i distribucije.
- Samo je neisporučena energija za vrijeme prekida pokazatelj rizika, budući da i vjerojatnost prekida i njegove posljedice, u smislu trajanja prekida i prekinute snage, pridonose tom pokazatelju. Međutim, ni ovaj pokazatelj ne opisuje rizik u smislu ekonomskog rizika.
- Pokazatelji pouzdanosti obično slijede funkcije distribucija s velikim varijancama. To osobito vrijedi za neisporučenu energiju za vrijeme prekida. Stoga se upravljanje rizicima ne može zasnivati samo na očekivanim vrijednostima, vće se moraju koristiti i probabilističke funkcije. Potrebno je razviti prikladne alate i učiniti ih dostupnima planerima sustava, kako bi oni potpuno vladali tim konceptom.

- Pokazatelji pouzdanosti su izrazito kumulativni te ih je stoga teško interpretirati i verificirati. Posebno je teška verifikacija sa stvarnim ponašanjem sustava, i može se provesti samo statističkim metodama.

Zbog svega toga je pravilno računanje pokazatelja samo osnova za daljnja razmatranja. Nužno je razraditi upravljanje novčanim rizicima na kvantitativnoj osnovi u skladu s potrebama potrošača.

I tradicionalni pristup polazi od toga da pouzdanost opskrbe potrošača i pridruženi rizik trebaju biti izraženi preko ekonomske (novčane) kategorije. Tipičan primjer je analiza troškova prekida isporuke električne energije nekom potrošaču, odnosno analiza štete nastale zbog prekida isporuke i razmatranje tih troškova kao jednog od kriterija u planiranju mreže. Međutim, ti troškovi su vrlo specifični za pojedinog potrošača, vrlo su ovisni o vremenu kada prekid u opskrbi električnom energijom nastaje i koliko traje. Utvrđivanjem tih troškova je iznimno problematično.

Pojavljuje se jedan potpuno novi pristup ovoj problematici u tržišnom okruženju. Pristup se zasniva na principima osiguranja. Svaki potrošač može izabrati ako želi plaćati neku sniženu osnovnu cijenu za energiju te dodatnu premiju osiguranja koja mu jamči financijsku kompenzaciju od strane **operatora sustava,** u slučaju prekida opskrbe. Očekivani godišnji iznos koji bi se potrošačima isplaćivao na ime osiguranja od prekida isporuke se može izračunati preko pouzdanosti opskrbe. Budući da su ti izdaci interni troškovi poduzeća koje opskrbljuje potrošače energijom, oni, zajedno s investicijskim troškovima i troškovima održavanja i pogona, mogu poslužiti kod optimiranja razvoja mreže. Premije osiguranja koje plaćaju potrošači trebaju pokriti naknade koje plaća sistem - operator, kao i investicije u poboljšanje pouzdanosti mreže, kako bi se smanjila potreba za kompenzacijama od strane sistem-operatora.

Iskazivanje pokazatelja pouzdanosti kroz stvarne troškove, također nosi u sebi određeni rizik. To se može ilustrirati kroz sljedeća tri koraka:

- U prvom koraku se od sistem-operatora, kod uvođenja modela osiguranja, traži definiranje različitih tarifnih razreda. Iako je moguće računati razinu pouzdanosti mreže, nije lako predvidjeti, na dulje razdoblje, izbor tarifnog razreda pojedinog potrošača. To znači da nije moguće predvidjeti koliko novaca će se skupiti od osiguranja potrošača, niti kolike će biti naknade potrošačima s naslova tog osiguranja. Taj problem postoji u svakom području primjene osiguranja (životno, od invaliditeta...). Da bi se taj problem "držao pod kontrolom" koriste se razni statistički modeli koji koriste distribuciju vjerojatnosti. Uz pomoć tih proračuna se mogu definirati tarifni razredi.
- U drugom koraku svaki potrošač treba odlučiti hoće li sudjelovati u osiguranju i ako hoće treba izabrati odgovarajući tarifni razred. To je također procjena rizika zasnovana na kvantificiranju vlastite štete nastale zbog neisporučene energije i procjena potrebne pouzdanosti opskrbe. Ako mu se to isplati potrošač će razmotriti i neke svoje interne mjere koje će ga zaštititi od šteta zbog prekida napajanja, kao npr. neprekidno napajanje kontrolnih elektroničnih uređaja.
- Vrlo elegantan efekt sustava osiguranja, predstavljen u trećem koraku, je taj da planer sustava može procijeniti ekonomski rizik ulaganja u mrežu. Takvo ulaganje se može opravdati ako postoji dovoljna vjerojatnost da će očekivane uštede na isplati naknada iz osiguranja premašiti investicije u mrežu u razmatranom razdoblju. Ta procjena je zasnovana na proračunu pouzdanosti opskrbe i tarifnih razreda koje su izabrali potrošači. Treba istaknuti, da pored svih procjena i proračuna, kompenzacije isplaćene potrošačima u nekoj godini mogu biti znatno veće od očekivane vrijednosti. Razlog je neizvjesnost (vjerojatnosna karakteristika) koja je povezana s prirodom rijetkih događaja kakav je prekid isporuke električne energije. U svakom slučaju, primjeren proračun distribucije vjerojatnosti pokazatelja pouzdanosti je preduvjet za pronalaženje optimalnog rješenja i ekonomske uspješnosti planera mreže i operatora sustava.

Za primjenu strategije procjene rizika kod planiranja i pogona EES-a, vrlo je važna raspoloživost dovoljnog broja točnih podataka o karakteristikama sustava i primjereni računarski programi za proračun vjerojatnosti pojedinih pokazatelja pouzdanosti. Kod toga postoje brojni pristupi u svakodnevnom planiranju. Otvoreno tržište električne energije se sve više okreće potrošaču i procjeni ekonomskog rizika za potrošača. Sustav osiguranja, o čemu je bilo naprijed riječi, nudi neke pogodnosti, ako se primjenjuje na adekvatan način. Još je prerano donositi konačni sud o ovakvom pristupu, jer provjera pristupa i njegova praktična primjena tek slijedi.

1.2. Restauracija sustava nakon raspada

Jedna od tema kojoj je poklonjeno dosta pozornosti je i restauracija sustava nakon raspada. Postavljanjem te teme u središte interesa pokazuje da je ta tema realno prisutna u životu i najvećih i najmodernijih elektroenergetskih sustava na svijetu. U sklopu Workshop-a o velikim poremećajima prezentirani su slučajevi velikih raspada sustava koji su se dogodili u 1999. godini u Kanadi, Francuskoj, Japanu i Portugalu. Pored vremenskih okolnosti koje su bile glavni uzrok raspada sustava u Kanadi, Francuskoj i Portugalu, naznačeni su i neki dodatni, otežavajući uvjeti, koji su proizašli iz činjenice da se radi o otvorenom tržištu električne energije, odnosno privatiziranim i vertikalno dezintegriranim sustavima (posebno Kanada). U uvjetima decentralizacije i privatnog vlasništva u elektroenergetskom sektoru, gdje je profit za većinu subjekata u elektroenergetskoj

djelatnosti ipak u prvom planu, postoje određene špekulacije kada i koliko proizvodnje ponuditi na tržište. Budući da u tim kritičnim trenucima, kad je u opasnosti integritet EES-a, treba djelovati vrlo brzo, jer špekulacije, a i sama organizacija EES-a, stvaraju određene poteškoće.

Vrlo je zanimljiv primjer koji su prezentirali predstavnici Japana. Kod njih se dogodio slučaj udara trenažnog zrakoplova u dvostruki visokonaponski vod unutar područja Tokia. Oni su pod svaku cijenu htjeli zadržati u režimu opskrbe neke, za njih, važne potrošače. Odvajanjem pojedinih dijelova mreže oni su to i uspjeli. Zaključak njihovog izlaganja je bio taj da su to uspjeli samo zato što su vertikalno integrirana tvrtka. To je izazvalo smijeh u prepunoj dvorani. Na pitanje imaju li ti važni potrošači i posebnu tarifu (logično bi bilo da je ona znatno viša), nije bilo odgovora.

Drugi problem koji je istaknut u raspravi je opet povezan s težnjom za većim profitom. Ulaganja u mrežu i postrojenja se, u dosta slučajeva, svode na minimum koji omogućuje prihvatljivu pouzdanost rada EES-a. Opterećenje pojedinih elemenata sustava (vodovi, transformatori) u takvim uvjetima često dostiže maksimalno dopuštene granice, tako da se sustav "vozi po rubu ponora". U takvim okolnostima ne treba puno pa da dođe do ispada pojedinih dijelova sustava, što, ako se na vrijeme ne poduzmu odgovarajuće mjere, može završiti i raspadom sustava.

1.3. Rješavanje uskih grla u prijenosu (engl. congestion management)

Tema koja je također bila jedna od najzanimljivijih je problem uskih grla ili ograničenja u prijenosu i primjeri rješenja tog problema iz prakse pojedinih zemalja. U tržišnim uvjetima poslovanja svi sudionici tržišta nastoje što bolje proći. Oni koji kupuju pokušavaju kupiti tamo gdje se nudi po najnižoj cijeni, a oni koji prodaju traže kupca kojem mogu zaračunati što višu cijenu. U cijeloj toj "igri" ključnu poziciju ima prijenosna mreža. Jednom je to prijenosni kapacitet mreže koji omogućuje ili ograničava određene transakcije, a drugi put je tu naknada za uslugu prijenosa koja je često i zapreka određenoj transakciji. Naime, na cijenu koja se dogovori između dviju strana, sudionika transakcije, treba dodati i cijenu usluge prijenosa. Može se dogoditi da je cijena te usluge element koji prevagne da se transakcija ne obavi, jer kupac energije može u svom bližem okruženju nabaviti energiju koja je jeftinija od energije koju je namjeravao kupiti negdje dalje uz dodatne troškove prijenosa. U nastavku je prikazan primjer rada **Elspot** tržišta. To je jedno od tri tržišta koja postoje u Nord-pool-u.

Elspot je tržište na kom se sklapaju ugovori o dnevnoj isporuci električne energije dan prije dana isporuke. Trgovački dan je podijeljen na 24 satna razdoblja trgovine. Sudionici tržišta podnose ponude za svako razdoblje. Svaka ponuda sadrži "količinu" u MW i cijenu po MWh. Vrijeme za podnošenje ponuda je do 12.00 h dan prije stvarne isporuke. Cijena za svaki interval se temelji na ravnotežnoj cijeni između proizvodnje i potrošnje za sve sudionike tržišta. Ako nema ograničenja u prijenosu cijelo NordPool područje je jedna oblast i može se kupovati i prodavati bilo gdje u sustavu. U slučaju da operator sustava formira zone, organizira se posebno tržište za svaku zonu. Zone se formiraju na osnovi predviđenih preopterećenja na prijenosnim vodovima i priopćavaju se sudionicima tjedan dana ranije. Podjela na zone se vrši svakog tjedna. Uobičajeni broj zona u Norveškoj je između dva i pet. Švedska i Finska su uvijek jedinstvene zone (A i B) dok se Norveška po potrebi dijeli na manje zone (C, D,...). Prvo se računa cijena bez obzira na ograničenja - Ps. U slučaju ograničenja, cijena električne energije se računa za svaku zonu posebno - Po. Razlika između cijene bez ograničenja i cijene u pojedinoj zoni (Ps-Po) je tzv. taksa za kapacitet (capacity fee). U slučaju da je ova taksa jednaka nuli svako dodatno ograničenje koje se javi razrješava se na regulacijskim tržištima. U slučaju prekoračenja kapaciteta između dvije zone, cijena u zoni viška proizvodnje se umanjuje za taksu, a u zoni manjka se uvećava za taksu. Na taj način se potiče kupovina u zoni viška (povoljnije je kupiti po nižoj cijeni) i smanjuje prodaja u zoni viška (bolje je prodati po većoj cijeni). U zoni manjka proces je obrnut, veća cijena potiče prodaju i smanjuje kupovinu. Ovaj princip se koristi da bi se tokovi snaga sveli na dopuštene vrijednosti. U Švedskoj, princip tretiranja uskih grla je malo dugačiji. Sistem operator nagrađuje smanjenja proizvodnje u zonama viška i povećanja proizvodnje u zonama manjka (tzv. counter trade princip za razliku od norveškog tzv. zonal charging). Sredstva za ove potrebe se namiču od prijenosnih tarifa. Udio energije koja se razmijeni na ovom tržištu u odnosu na ukupnu potrošnju se sa 15% u 1995. popeo na 22% u 1998.

Osnovni signal u poslovanju za sudionike je cijena u zoni. Od svakog sudionika se naplaćuje upotreba prijenosne mreže i to na sljedeći način. U zonama viška proizvodnje, taksa za kapacitet (capacity fee) se naplaćuje od prodavača, a kupac se nagrađuje. U zonama manjka, taksom se nagrađuje prodavač i naplaćuje se od kupca. Na taj način, sudionici koji rasterećuju točke opterećenja u mreži bivaju nagrađeni taksom, a oni koji pogoršavaju stanje bivaju "kažnjeni" taksom. Fizički tokovi snaga će uvijek ići od zone s manjom cijenom (Pl) ka zoni s višom cijenom (Ph). To znači da će kupovina i prodaja električne energije između dvije oblasti cijena uvijek donijeti prihod u iznosu kapacitet *(Ph-Pl) koji prisvaja operator nacionalne mreže. U slučaju međugraničnih ograničenja prihod dijele odgovarajući operatori mreža (norveški je Stanett, švedski je Svenska Kraftnat i finski Fingrid).

1.4. Pomoćne usluge (engl. ancillary services)

Uvjeti pod kojima jedan partner daje uslugu drugom partneru u tržišnim okolnostima moraju biti znatno de-

taljnije regulirani, nego što je to bilo u vertikalno integriranim, monopolnim sustavima.

Osiguravanje pomoćnih usluga za funkcioniranje EES-a u tržišnim uvjetima je zadatak mrežnog operatora (MO).

U primjeru Nizozemske postoje 22 regionalne mrežne kompanije (regional Network Companies) koje su odgovorne za određeno područje i to za mrežu naponske razine do uključivo 110 KV. Kompanija koja se zove **TenneT** je odgovorna za mrežu 220 i 380 KV na cijelom državnom teritoriju Nizozemske. TenneT ima ulogu mrežnog operatora u Nizozemskoj. Zadaci i djelovanje regionalnih mrežnih kompanija regulirani su dokumentom koji oni zovu **Netcode** (mrežna pravila), a zadaci TenneT-a, njegov odnos s potrošačima i prema regionalnim kompanijama su regulirani dokumentom koji se zove **Systemcode** (pravila sustava).

Dva primjera pomoćnih usluga, najprije regulacija snage i rezerva snage, gdje je regulacija snage usluga koja služi za održavanje ravnoteže između stvarne potrošnje i proizvodnje, a rezerva snage je zamjenska snaga koja služi za intervenciju u slučaju ispada nekog agregata, a zatim osiguranje reaktivne snage koja služi za regulaciju napona, su za slučaj Nizozemske, opisana u nastavku.

1.4.1. *Regulacija i rezerva snage*

TenneT (mrežni operator) je odgovoran za održavanje ravnoteže potrošnja-proizvodnja u EES-u Nizozemske i za pokrivanje razmjene energije sa susjednim sustavima. TenneT kupuje uslugu regulacije snage (frekvencije) na tržištu. Pored toga, TenneT je dužan osigurati i zamjensku (rezervnu) snagu za slučaj ispada nekog generatora. Za sve generatore čija je snaga veća od 5 MW postoji obveza djelovanja u slučaju ispada nekog generatora, tako da TenneT može djelovati u skladu s pravilima UCTE. Regulacija snage (frekvencije) i snaga za zamjenu ispalog agregata, koja se koristi u trenutku nastanka poremećaja, mora biti ugovorena na tržištu. Ukupan iznos te snage je definiran s nekoliko elemenata. Jedan od njih je povezan s karakteristikama generatora koji su u pogonu, drugi je duljina razdoblja za koje je TenneT spreman osigurati rezervu za slučaj ispada nekog agregata i, konačno, treći element je spremnost susjednih mrežnih operatora za pomoć u trenucima poremećaja. Do 1. siječnja 2001. godine ova usluga regulacije i rezerve snage se ugovara samo s jednim partnerom, a to je Sep, koji je do sada obavljajo tu uslugu na zadovoljavajući način. Nakon navedenog datuma 1. siječnja 2001. način kupovanja ove vrste usluge će se vjerojatno mijenjati.

1.4.2. *Osiguranje reaktivne snage*

Regulacija napona i osiguranje reaktivne snage u Nizozemskoj je u odgovornosti regionalnih mrežnih kompanija a ne u nadležnosti mrežnog operatora. Svaka regionalna mrežna kompanija je u obvezi, na području koje kontrolira, održavati balans reaktivne snage. Razlog za takav pristup je činjenica da je kontrola reaktivne snage potrebna kako bi se napon održavao unutar dopuštenih granica u svakom dijelu mreže. Mrežni operator (TenneT) kontrolira naponsku razinu na glavnoj nacionalnoj mreži (220 do 380 kV) i nema izravnu kontrolu napona u regionalnim mrežama. Naravno da preko dodirnih točaka postoji velik utjecaj na razinu napona s obje strane. Profil i razina napona u regionalnim mrežama i na točkama isporuke prema potrošačima mogu, dakle, kontrolirati samo regionalne mrežne kompanije. Svaka regionalna mrežna kompanija treba kontrolirati bilancu reaktivne snage u svakom trenutku. Osiguranje rekativne energije, kao pomoćne usluge, generatorima plaća regionalna mrežna kompanija.

Razmjena reaktivne energije između regionalnih mrežnih kompanija se također može promatrati kao pomoćna usluga. Međutim, do sada to nije bilo utvrđeno nekim pravilima, odnosno nije bilo naplate takve usluge. Jedino je iznos reaktivne snage koji može biti razmjenjivan između TenneT-a i pojedine regionalne mrežne komapnije reguliran određenim dogovorom, tzv. **connection agreement.**

1.5. Edukacija i trening osoblja za rad u novim uvjetima

Jedan veliki dio zasjedanja grupe 39, a i nekoliko referata su kao temu imali trening osoblja za rad na poslovima koji spadaju u djelokrug sistem-operatora i operatora tržišta.

Nastupanjem tržišta i vertikalnim razdvajanjem temeljnih elektroprivrednih djelatnosti uvjeti rada na elektroenergetskom sektoru se u velikoj mjeri, od izrazito tehničke naravi, sve više mijenjau prema poslovima dominantno ekonomske ili komercijalne naravi. Porastom broja subjekata u elektroenergetskoj djelatnosti događa se pomak od tradicionalnih poslova i zadaća prema nekim dodatnim ili čak kompletno novim poslovima kao što je sistem operator (mrežni operator) i operator tržišta. Izvor kadrova za ove nove entitete je najčešće nekadašnja dispečerska služba, iz koje odu vrlo iskusni ljudi koje nije jednostavno zamijeniti na poslovima od kojih dio i dalje ostaje.

U ovako komercijaliziranim uvjetima poslovanja, gdje najčešće vlada pravilo **što veći profit uz što manja ulaganja,** stalno se nameće pogon sustava što bliže njegovim limitima, uz zahtjev da sigurnost sustava, odnosno opskrba potrošača mora i dalje biti na zavidnoj razini.

Moderna kompjutorska tehnologija omogućava razvoj simulatora za trening osoblja mrežnog operatora. Treningom pomoću simulatora se mogu proći slučajevi koji imaju najstrože zahtjeve za osposobljenost tog osoblja. Ti zahtjevi se mogu podijeliti u tri skupine: organizacijska skupina, metodološka i tehnološka skupina.

- Kad se govori o organizacijskoj skupini postoji nekoliko oblika obuke:
  - prolaz kroz neke tipične situacije uz pomoć simulatora (sa ili bez instruktora),
  - obuka uz instruktora, bez simulatora,
  - istodobna obuka na nekoliko kontrolnih razina (uz instruktora),
- Nekoliko tipičnih primjera metodoloških zahtjeva kod obuke:
  - izrada scenarija velikog poremećaja (raspada) sustava,
  - izbor instrukcija koje trebaju dobiti polaznici tečaja obuke za situacije nakon raspada sustava,
  - izrada plana podizanja (restauracije) sustava,
  - analiza rezultata i procjena pojedinih zahvata koje je napravilo osoblje koje vodi sustav (operator).
- Tehnološki zahtjevi su najčešće povezani s matematičkim modelom elektroenergetskog sustava koji se koristi u simulatoru. S jedne strane taj model definira objekt (elektroenergetski sustav), a s druge strane definira procese koji trebaju biti primjereno simulirani kako bi osigurali prihvatljivu razinu točnosti simulacije ponašanja tog istog objekta (sustava) u različitim situacijama.

Sustav obuke simulacije raznih stanja EES-a treba biti tako prilagodljiv raznim situacijama, da može demonstrirati:

- uvjete normalnog rada EES-a (dakle bez poremećaja),
- uvjete rada EES-a u poremećenom stanju, vrlo blizu definiranih graničnih vrijednosti kod kojih dolazi do gubitka stabilnosti,
- prijelazna stanja kod promjene frekvencije ili napona i
- prijelazna stanja kod gubitka stabilnosti sustava.

Pored toga što organiziraju osposobljavanje osoblja koje radi na poslovima operatora sustava, neke zemlje (koje već imaju uređeno tržište i odnose nadležnosti pojedinih subjekata, u cijelom procesu) imaju i izdavanje licenci za spomenuto osoblje.

Tako je npr. u Argentini ministar energetike propisao obvezu licenci za sve osoblje koje radi na poslovima karaktera stvarnog (realnog) vremena. Svaka kompanija mora izraditi zahtjev za licence svom osoblju, sa specifikacijama pozicije svake osobe i kompletne organizacije iz koje se vidi nadležnost i odgovornost pojedine osobe. U tom zahtjevu se moraju navesti neke specifične karakteristike svake osobe za koju se traži licenca, kao:

- emocionalna stabilnost, sposobnost obavljanja specifičnog posla, nalaz o stanju vida i sluha,
- stručna sprema,
- znanje i tehnička pripremljenost za posao koji će obavljati,
- treninzi koje je osoba prošla, kao i radno iskustvo,
- iskustvo na poslovima karaktera stvarnog (realnog) vremena.

Svaka od tih licenci vrijedi tri godine i nakon toga se mora obnavljati po istoj proceduri. Cijeli proces provodi Electricity National Regulator Entity (ENRE).

U Finskoj su licence potrebne za osoblje koje radi kao operator na razinama 110 kV do 400 kV. Da bi se dobila licenca treba proći pismeni test koji se sastoji od izbora između više ponuđenih odgovora na postavljena pitanja. Licenca mora biti obnovljena nakon svakih pet godina.

U Irskoj se radi provjera licence svake godine za sve dispečere. Provjera se zasniva na testu preko simulatora. Simulacijom različitih situacija ocjenjuju se reakcije pojedinog dispečera u tim situacijama. Prije testa dispečerima je omogućen i trening na samom simulatoru.

2. ZAKLJUČAK

Zaključno se može reći da je, osim izvanredno dobre organizacije, CIGRE 2000. u Parizu ponudio vrlo velik broj tema koje su od iznimne važnosti, posebice za ljude koji će sudjelovati u kreiranju budućnosti Hrvatske elektroprivrede. S obzirom na neke odluke koje su donesene na najvišoj državnoj razini (Hrvatski državni sabor), neupitno je da će i HEP krenuti, odnosno već je dosta ušao, u pripremu procesa restruktuiranja, liberalizacije i otvaranja tržišta, a nakon toga u manjoj ili većoj mjeri i u proces privatizacije. To su procesi koji su za nas, u određenim segmentima, još uvijek nepoznanica te stoga i ne čudi da mnogi ljudi iz HEP-a, a i šire, pomalo zaziru od tih procesa. To je sve dio procesa opće globalizacije, koji je toliko jak da mu se nije moguće oduprijeti u smislu njegova zaustavljanja. Ono što nama preostaje je da se pokušamo pripremiti na način da u tom procesu što manje izgubimo. Taj proces donosi i neke dobre stvari. Prije svega svi ćemo u svoj djelokrug rada unijeti malo više odgovornosti, reda i discipline. To će od nas zahtijevati okruženje u kojem ćemo se morati natjecati s drugima. Ne budemo li u stanju nositi se s drugima, oni će nam diktirati uvjete, bez mogućnosti da mi sami, u znatnijoj mjeri, sudjelujemo u modeliranju tih procesa.

I na koncu, kao potvrdu razmišljanja o ovim procesima autor nalazi i u činjenici (ili je to možda samo dojam) da je uloga zemalja u tranziciji (gdje spada i Hrvatska) i ostalih malih zemalja bila minorna. To se odnosi i na broj referata i na sudjelovanje u raspravama, na grupama koje su navedene u uvodu.

Stoga bez iluzija da ćemo se, u nekoj značajnijoj mjeri, nametnuti ovim razvijenijim zemljama, od kojih su neke u ove procese krenule prije desetak godina. Treba pokušati u budućnosti malo aktivnije sudjelovati na ovim zasjedanjima CIGRE u Parizu. Tamo se mogu čuti neke informacije i rješenja koja je teško sresti na nekim drugim savjetovanjima (koja su usput rečeno i znatno skuplja).

SOME PROBLEMS AND PRACTICE OF ELECTRIC POWER COMPANIES IN A DEREGULATED ENVIRONMENT
(Held at CIGRE Meeting, Paris 2000)

Every even year certainly the most important electric power experts' meeting CIGRE is held in Paris. So it was in 2000 as well, where the CIGRE meeting from August 27 to September 1 assembled about 2,500 experts (mostly electric power engineers) from the whole world. Most of them come from electric power companies, then from universities, institutes and similar. Here you can obtain first-hand information from the people working in the field about some of the newest solutions for the problems dealing with study groups' (committees') activities. As usual, working sessions were divided by study groups: 37 (Power System Planning and Development), 38 (Power System Analysis and Techniques) and 39 (Power System Operation and Control) and there was a common session of all the groups. Bearing in mind the processes that are in front of us in the electric power sector, it is useful to inform a wider group of people from the electric power sector and around it, about various problems and how different countries, i.e. electric power companies who entered those processes before we did, solved them or tried to solve them.

EINIGE FRAGEN UND ERFAHRUNGEN DER STROMVERSORGUNGSUNTERNEHMEN IN DER DEREGULIERTEN UMGEBUNG
(vorgetragen an der CIGRÉ-Tagung, Paris 2000)

In jedem geradezähligen Jahr findet in Paris die CIGRÉ-Tagung, das bestimmt wichtigste Fachtreffen der Elektroenergetiker, statt. So war es auch im Jahre 2000, wobei sich an der CIGRÉ-Tagung in der Zeit zwischen dem 27. August und dem 1. September etwa 2500 Fachleute (vorwiegend Ingenieure der Elektrotechnik) aus der ganzen Welt versammelt haben.

Die meisten waren aus den Stromversorgungsunternehmen, danach von den Hochschulen, Instituten u.ä. gekommen. Da konnte man sich aus der ersten Hand, also von den Leuten mit der Betriebserfahrung, die neuesten Lösungen für bestimmte Schwierigkeiten aus den Tätigkeiten einzelner Arbeitsgruppen (Comittées) bekanntmachen. Die Arbeit an der Tagung hat sich in Studiengruppen wie folgt abgewickelt: Nr. 37 (Planung und Entwicklung des Stromversorgungssystems) Nr. 38 (Erörterung und Technik des Stromversorgungssystems) und Nr. 39 (Betrieb und Führung des Stromversorgungssystems) und an den gemeinsamen Sitzungen aller drei Gruppen. In Bezug auf die im Gebiet der für die Stromversorgungstätigkeiten bevorstehenden Processe ist es schon gar nicht überflüssig einen breiteren Kreis von Personen in und um die Stromversorgung über diese Probleme und über die Bestreben von Ländern und Stromversorgungssystemen , welche vor uns in diese Processe eingetreten sind, dafür Lösungen zur Probe zu stellen, oder zu finden.

Naslov pisca:

Mr. sc. Mladen Zeljko, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska 163
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2000-11-20.

U skladu sa *Smjernicama za provedbu Programa hrvatskog inovacijskog tehnologijskog razvitka (HITRA) uključivanjem domaćih znanstvenoistraživačkih potencijala* i programom *Razvoj na znanju utemeljenih poduzeća*, a na temelju članka 14. *Uredbe o postupku provedbe programa Razvoja na znanju utemeljenih poduzeća te uvjetima i načinu financiranja Programa (N.N. 33/2001) (dalje u tekstu "Uredba")*,

VLADA REPUBLIKE HRVATSKE
Ministarstvo znanosti i tehnologije

upućuje

JAVNI POZIV

ZA PRIJAVLJIVANJE PODUZETNIČKIH PROJEKATA U PROGRAMU *RAZVOJ NA ZNANJU UTEMELJENIH PODUZEĆA*

Ovaj Program namijenjen je svim poduzetnicima, istraživačima i znanstvenicima te malim ili srednjim na znanju utemeljenim poduzećima koji nude proizvod ili uslugu čija se tržišna vrijednost temelji na vlastitom istraživanju i razvoju, tehnološki je napredan i razvija se za prepoznato tržište.

Program pruža povoljno financiranje projekata, stručnu potporu u svim fazama razvoja projekta uključujući suradnju sa znanstvenoistraživačkim i razvojnim institucijama, razvoj postojećih i novih tržišta, razvoj tehnologija i poslovnih partnerstava.

1. NATJECATELJI

- hrvatski državljanin koji želi osnovati novo trgovačko društvo u Hrvatskoj u svrhu razvoja i komercijalizacije proizvoda/usluge, poslovnih i proizvodnih procesa/postupaka temeljenih na naprednim tehnologijama;
- malo i srednje trgovačko društvo sa sjedištem u Republici Hrvatskoj, u pretežitom privatnom vlasništvu, te upravljački neovisno od drugih trgovačkih društava.

2. NAČELA FINANCIRANJA

Prednost za financiranje imaju projekti koji udovoljavaju slijedećim načelima:

- koji stvaraju proizvode i usluge više dodane vrijednosti,
- koji su utemeljeni na tehničko-tehnologijskom istraživanju i razvoju,
- koji su konkurentni na međunarodnom tržištu,
- akademskog poduzetništva,
- kod kojih je potvrđena poduzetnička sposobnost i upravljačko znanje natjecatelja,
- kod kojih je ostvarena diverzifikacija izvora financiranja,
- koji doprinose ravnomjernijem regionalnom razvitku,
- koji jamče potrebnu razinu zaštite okoliša i održivog razvoja.

3. NAČINI FINANCIRANJA

Temeljni instrumenti financiranja u Programu:

- zajmovi uz povrat glavnice i kamata u visini eskontne stope Hrvatske narodne banke (konvencionalni zajmovi);
- zajmovi iz točke 4. Članka 11. Uredbe (uvjetni zajmovi)
- nepovratna sredstva za istraživačko-razvojne djelatnosti i stručne usluge.

Natjecatelj se može natjecati za financiranje istodobnom primjenom više navedenih financijskih instrumenata. Nepovratna sredstva za istraživačko-razvojne i stručne usluge dodjeljuju se u kombinaciji s najmanje još jednim navedenim instrumentom.

4. NEPOVRATNA SREDSTVA

Nepovratna sredstva za istraživačko-razvojne djelatnosti i stručne usluge ne mogu biti veća od 30% vrijednosti ukupno dodijeljenih sredstava po pojedinom projektu. Nepovratna sredstva uključuju izvođenje istraživačko-razvojnih djelatnosti na registriranim znanstvenoistraživačkim ustanovama,

stručne konzultacije, te vođenje i praćenje poduzetničkih projekata posredstvom tehnologijskih centara i ostalih kompetentnih institucija.

5. UVJETI FINANCIRANJA

Uvjeti davanja zajmova utvrđuju se Ugovorom s Poslovno-inovacijskim centrom Hrvatske - BICRO.

Rok otplate konvencionalnih zajmova je do 7 godina s počekom otplate glavnice do 2 godine, a kamata se obračunava i pripisuje glavnici. Interkalarna kamata u visini eskontne stope obračunava se i pripisuje glavnici.

Uvjetni zajmovi ugovaraju se po uvjetima koji proizlaze iz analize projekta, posebice novčanog toka poslovnog plana/investicijske studije.

Minimalno obvezujuće osiguranje povrata zajma je projekt, te materijalna i nematerijalna imovina izgrađena/kupljena ulaganjem u projekt.

Natjecatelj snosi troškove izrade jednog poslovnog plana/investicijske studije, a u slučaju zaključenja ugovora o financiranju projekta snosi i režijske troškove bankovnih usluga, te usluga procjene vrijednosti imovine za garancije.

6. NAČIN SUDJELOVANJA U PROGRAMU

Postupak natjecanja za sudjelovanje u Programu te za dodjelu financijskih sredstava ostvaruje se u dvije faze: pretprijavom i prijavom projekta. Projekti koji temeljem pretprijave, u konkurenciji s ostalim projektima, zadobiju vodeća mjesta na listi prvenstva, upućuju se u postupak izrade poslovnog plana, odnosno investicijske studije. Izrada poslovnog plana, odnosno investicijske studije ujedno je i evaluacija podobnosti projekta za financiranje.

7. IZRADA PRETPRIJAVE I PRIJAVE

Pretprijavu natjecatelj izrađuje sam pri čemu može koristiti besplatne usluge tehnologijskih centara u sustavu potpore Ministarstva znanosti i tehnologije.

Izrada prijave podrazumijeva analizu projekta kroz izradu dva nezavisna poslovna plana ili investicijske studije u kojima aktivno sudjeluje natjecatelj. Financiranje se ostvaruje na temelju dostatne podudarnosti nalaza nezavisnih analiza (prijava).

8. PRAĆENJE PROJEKATA

U slučaju financiranja projekta, natjecatelj ima pravo na besplatnu konzultantsku pomoć u sklopu nepovratnih sredstava. Razvoj projekta podliježe stručnom praćenju.

9. NATJEČAJNA DOKUMENTACIJA I DOSTAVA PRETPRIJAVE

Natječajna dokumentacija za pretprijavu projekta dostupna je na Internet stranici Ministarstva znanosti i tehnologije (http://www.mzt.hr/tehno_poduzeca/), te na slijedećim adresama:

- Centar za transfer tehnologije, d.o.o. 10000 Zagreb, I. Lučića 5, Tel. (01) 6168 497, Faks. (01) 6118 710, e-mail: ctt@fsb.hr, Internet adresa: www.fsb.hr/~ctt/
- Tehnološki centar Split, 21000 Split, Put Kopilice 5, Tel. (21) 314 677, 393 300 Faks. (021) 314 688, e-mail: tcs@tcs.hr , Internet adresa: www.tcs.hr
- Tehnološko-inovacijski centar Rijeka, d.o.o, 51000 Rijeka, J.P. Kamova 19, Tel. (051) 218 430, Faks.(051) 218 270, e-mail: ticri@ri.tel.hr, Internet adresa: www.ticri.hr
- Tehnološko-razvojni centar Osijek, (u osnivanju), Trg Svetog Trojstva 3, 31000 Osijek, Tel. (031) 224 234, Faks. (031) 207 017, e-mail: tco@unios.hr.

Potpunu dokumentaciju pretprijave natjecatelj upućuje poštom s povratnicom ili predaje osobno u tri primjerka, original i dvije kopije, jednom od navedenih tehnologijskih centara s napomenom "Za javni natječaj – NE OTVARATI". Podaci se obvezno dostavljaju i u digitalnom obliku na disketi.

10. TAJNOST PODATAKA

Natjecateljima se garantira tajnost podataka.

11. TRAJANJE POZIVA

Javni poziv je otvoren tijekom 2001. godine ili do opoziva.

12. DODATNE OBAVIJESTI

Za sve dodatne obavijesti izvolite se obratiti navedenim tehnologijskim centrima.

Ministarstvo znanosti i tehnologije

KLASA: 381-01/01-1/15
UR. BROJ: 533-04-01-3

VLADA REPUBLIKE HRVATSKE
Ministarstvo znanosti i tehnologije

Temeljem *Smjernica za provedbu Programa hrvatskog inovacijskog tehnologijskog razvitka (HITRA) uključivanjem domaćih znanstvenoistraživačkih potencijala*, usvojenih na sjednici Vlade Republike Hrvatske od 5. travnja 2001. godine, Ministarstvo znanosti i tehnologije upućuje

JAVNI POZIV

ZA PODNOŠENJE PRIJEDLOGA TEHNOLOGIJSKIH ISTRAŽIVAČKO-RAZVOJNIH PROJEKATA

VRSTE PROJEKATA

1. Tehnologijskim istraživačko-razvojnim projektima potiču se sljedeće vrste projekata:

   a. tehnologijski projekti usmjereni na istraživanje, razvoj i usvajanje naprednih tehnologija (procesa/postupaka, proizvoda, usluga), a obuhvaćaju predkomercijalni razvoj proizvoda i tehnologija do faze originalnih rješenja (prototipa/pilot faze);

   b. tehnologijski projekti iz domene strategijskih istraživanja, i to:

- istraživanje i razvoj generičkih tehnologija;
- istraživanja u transfernim znanostima.

UVJETI PRIJAVE

1. Tehnologijske istraživačko-razvojne projekte mogu predložiti sve fizičke i pravne osobe u Hrvatskoj.
2. Projekti se u pravilu izvode u znanstvenoistraživačkim pravnim osobama.
3. Nositelji projekata mogu biti fizičke osobe u statusu istraživača i znanstvenika upisane u Popis znanstvenika i istraživača Ministarstva (NN 93/95), odnosno znanstvenoistraživačke pravne osobe upisane u Upisnik znanstvenoistraživačkih pravnih osoba Ministarstva (NN 44/95).
4. Ako predlagatelj projekta nije u statusu nositelja u smislu prethodne točke, glavni istraživač na projektu mora imati taj status.
5. Glavni istraživač odgovoran je za realizaciju projekta.

NAČIN PRIJAVE

1. Projekti se prijavljuju na propisanim formularima za prijavu tehnologijskih istraživačko-razvojnih projekata koji se mogu dobiti isključivo na web adresi Ministarstva znanosti i tehnologije: www.mzt.hr/tehno_projekti/
2. Pored podnošenja prijave u papirnatom obliku, potrebno je obvezno poslati prijavu i u digitalnom obliku, na disketi ili na e-mail adresu: tehno_projekti@mzt.hr. U protivnom se prijedlog neće uzimati u razmatranje.
3. Ispunjene i potpisane formulare treba poslati poštom ili predati osobno u tri primjerka na adresu:

Ministarstvo znanosti i tehnologije
Uprava za tehnologiju
Strossmayerov trg 4, 10000 Zagreb

JAVNI POZIV I OCJENE PROJEKATA

1. Javni poziv otvoren je do opoziva.
2. Prijedlozi projekata koji stignu u Ministarstvo znanosti i tehnologije do 15. srpnja 2001. godine bit će ocijenjeni i odluka o financiranju projekta ili neprihvaćanju prijedloga bit će donesena do 30. rujna 2001. godine. Prijedlozi koji stignu do 30. rujna 2001. godine bit će ocijenjeni i odluka donesena do 31. prosinca 2001. godine. Za projekte koji stignu poslije ovog roka Ministarstvo znanosti i tehnologije ne preuzima obvezu ocjene u 2001. godini.
3. Ocjena tehnologijskih istraživačko-razvojnih projekata vrši se proceduralno i tehnički na isti način kao i ocjena znanstvenoistraživačkih projekata.

ZAVRŠNE NAPOMENE

1. Rezultati javnog poziva bit će objavljeni na web stranici Ministarstva znanosti i tehnologije.
2. U slučaju prihvaćanja projekta, čelnik ustanove glavnog istraživača, glavni istraživač, predlagatelj projekta te čelnik suradničke ustanove obvezni su potpisati Ugovor za provedbu projekta s Ministarstvom znanosti i tehnologije u roku od 15 dana od dana objave rezultata javnog poziva.

DODATNE OBAVIJESTI I INFORMACIJE

1. Detaljnije informacije nalaze se na web stranici Ministarstva znanosti i tehnologije: www.mzt.hr/tehno_projekti/
2. Dodatne obavijesti mogu se dobiti u Upravi za tehnologiju Ministarstva znanosti i tehnologije, Strossmayerov trg 4, tel. 01/ 459 44 45; faks: 01/ 459 44 49; e-mail: tehno_projekti@mzt.hr

Klasa: 381-01/01-1/16
Ur. broj: 533-04-01-2

Ministarstvo znanosti i tehnologije

ISPITIVANJE JAVNOG MNIJENJA "NUKLEARNA ENERGIJA - DANAS I SUTRA"

Mr. sc. Renata M a t a n i ć, mr. sc. Josip L e b e g n e r, mr. sc. Ines-Ana J u r k o v i ć,
mr. sc. Matjaž P r a h, Zagreb

UDK 621.039:338
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Kao dio općih nastojanja poboljšanja odnosa s javnosti Mreža mlade generacije Hrvatskog nuklearnog društva planirala je provesti anketu među studentskom populacijom zagrebačkog Sveučilišta o pitanjima vezanim za područje nuklearne energije. Anketa je bazirana na sličnoj anketi koju već 10 godina u sklopu programa edukacije "Primjena nuklearne fizike jučer-danas-sutra" i organiziranih posjeta srednjih škola Nuklearnoj elektrani Krško provodi Tehnički muzej uz suradnju s Hrvatskom elektroprivredom.

Ključne riječi: energetski izvori, nuklearna energija, odnosi s javnošću.

UVOD

Jedan od način kako ispitati mnijenje o pitanjima vezanim za različite izvore energije je provedba ankete među određenim uzorkom ispitanika.

Anketna pitanja obuhvatila su nekoliko različitih područja među kojima su:

- sadašnji i budući energetski resursi
- prihvatljivost različitih energetskih postrojenja
- zaštita okoliša i globalno zagrijavanje
- radioaktivnost
- zbrinjavanje otpada
- pouzdani izvori informacija.

Ovako širok raspon tema odabran je radi utvrđivanja spoznaje o tome što u očima javnosti izaziva najviše zabrinutosti i čemu se trebaju posvetiti napori u približavanju toj istoj javnosti. Budući da je anketa zamišljena i kao opći putokaz za buduće aktivnosti Mreže mlade generacije, rezultati ispitivanja dali su jasnu sliku postojećeg javnog mišljenja o nuklearnim temama i postavili su dobru polaznu točku za daljnje aktivnosti.

U ovaj su projekt anketiranja bili uključeni studenti pet fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i to:

- Fakulteta elektrotehnike i računarstva
- Medicinskog fakulteta
- Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta
- Fakulteta kemijskog inženjeringa i tehnologije
- Građevinskog fakulteta.

Ukupni broj ispitanih studenata bio je 642, od toga 351 mladić i 291 djevojka, starosne dobi između 18 i 22 godine.

Anketa se može usporediti sa sličnom koju provodi Tehnički muzej i Hrvatska elektroprivreda među učenicima srednješkolskog uzrasta (14-18 godina). Ujedno je bilo zanimljivo uočiti razlike i sličnosti u načinu razmišljanja između studenata i studentica.

Nakon sakupljanja svih anketnih listića provedena je statistička analiza.

REZULTATI

Pitanje 1:

Budući da je glavnina hidropoetncijala hrvatskih rijeka već iskorištena, za pokrivanje budućeg porasta potrošnje elekrične energije Hrvatska će morati graditi elektrane na fosilna goriva ili nuklearne elektrane. Što mislite, ima li Hrvatska dovoljno vlastitih zaliha sljedećih energenata?

a) nafte b) plina c) ugljena d) urana

nafta	da	20.90%
	ne	79.10%
plin	da	**56.23%**
	ne	43.77%
ugljen	da	25.98%
	ne	74.02%
uran	da	2.34%
	ne	**97.66%**

Primjedbe na dane odgovore:

Odgovori su više manje jednaki među studentima i studenticama. Jedino za zalihe plina obje populacije imaju mišljenje da ih Hrvatska ima dovoljno za svoje potrebe, dok joj značajno nedostaje zaliha urana.

S druge strane, prema mišljenjima stručnjaka, Hrvatska nema dovoljno niti jednog od navedenih energenata za predviđenu buduću potrošnju, dok zalihe urana uopće ne posjeduje.

Glavni cilj ovog pitanja bio je pokazati znanje studenata ili nedostatak saznanja o spomenutom problemu. Iz njihovih se odgovora može zaključiti da je ispitana grupa studenata prilično neupućena u stvarnu situaciju sa zalihama energenata.

Pitanje 2:

U slučaju prijevremenog zatvaranja Nuklearne elektrane Krško Hrvatska bi iz drugih izvora morala nadoknaditi gotovo 18% svojih sadašnjih potreba za električnom energijom. Da li bi vama umjesto NE Krško bila prihvatljiva gradnja zamjenske termoelektrane na fosilna goriva (ugljen, naftu, plin)?

da	25.48%
ne	**52.24%**
ne znam	22.28%

Primjedbe na dane odgovore:

Kao i u prethodnom odgovoru nema razlika između mišljenja studenata i studentica.

Općenito, većina odgovora indicira da se NE Krško ne bi trebala zamijeniti termoelektranom na fosilna goriva, čime se pokazuje da su postojeće nuklearne elektrane prihvatljivije od novih termoelektrana.

Indirektno, studenti su dali glas za "čišće" izvore energije.

Pitanje 3:

Prema očekivanom porastu potrošnje električne energije Hrvatska će do 2010. godine morati izgraditi dodatne izvore električne energije ukupne snage 1440 MW. Biste li pristali da se u vašoj blizini gradi:

a) termoelektrana na plin
b) termoelektrana na ugljen
c) nuklearna elektrana

		mladići	djevojke	ukupno
termoelektrana na plin	da	50.84%	29.08%	41.22%
	ne	49.16%	70.92%	58.78%
termoelektrana na ugljen	da	6.78%	12.14%	9.15%
	ne	93.22%	87.86%	**90.85%**
nuklearna elektrana	da	19.55%	8.16%	14.53%
	ne	80.45%	91.84	**85.47%**

Primjedbe na dane odgovore:

Postoje značajne razlike u odgovorima između dviju populacija.

Općenito, studentice ne podupiru izgradnju niti jednog energetskog postrojenja u svojem susjedstvu. Studenti pak nisu toliko strogi prema izgradnji termoelektrana na plin.

Međutim, obje su populacije izričito protiv izgradnje termoelektrana na ugljen i nuklearnih elektrana u svojoj blizini. Unatoč tome, postoji mala ali indikativna razlika između prihvatljivosti termoelektrana na ugljen i nuklearnih elektrana.

Pitanje 4:

Vaše povjerenje u stručnjake koji upravljaju radom NE Krško?

a) visoko b) srednje c) nisko

	mladići	djevojke	ukupno
visoko	**37.60%**	22.54%	30.95%
srednje	53.20%	69.37%	**60.34%**
nisko	9.19%	8.10%	8.71%

Primjedbe na dane odgovore:

Ponovno postoje razlike u odgovorima između populacija.

Općenito je povjerenje u stručnjake koji upravljaju radom NE Krško osrednje.

Pitanje 5:

Kolika je vaša zabrinutost zbog sveprisutne prirodne radioaktivnosti (prirodni kalij u ljudskom tijelu, zračenje tla, prirodni plin radon, svemirsko zračenje...)?

a) velika b) osrednja
c) nikakva d) ne znam ništa o tome

	mladići	djevojke	ukupno
velika	**15.00%**	**29.08%**	21.18%
osrednja	46.67%	48.58%	**47.51%**
nikakva	33.06%	20.57%	27.57%
ne znam ništa o tome	5.28%	1.77%	3.74%

Primjedbe na dane odgovore:

Postoje male razlike u odgovorima između studenata i studentica, ali općenito zabrinutost postoji. Samo oko jedne četvrtine ispitanika nije uopće zabrinuto zbog prirodne radioaktivnosti (vjerojatno što su svjesni činjenice da se život razvija u prirodno radioaktivnoj okolini).

Pitanje 6:

S obzirom da se na Zemlji povećava broj stanovnika i njihov standard, rastu i potrebe za energijom. Kad rezerve ugljena, plina i nafte budu potrošene, energetska budućnost ostaje uglavnom na:

a) nuklearnoj fisiji i fuziji b) energiji morskih valova
c) energiji sunca i vjetra d) hidroenergiji
e) nekom novom izvoru

	mladići	djevojke	ukupno
nuklearna fisija i fuzija	**25.44%**	18.05%	**22.15%**
energija morskih valova	11.39%	14.55%	12.80%
energija sunca i vjetra	25.74%	27.26%	**26.42%**
hidroenergija	18.05%	19.34%	18.62%
neki novi izvor energije	19.38%	20.81%	20.02%

Primjedbe na dane odgovore:

Budućnost je u energiji sunca i vjetra, ali je i značajan broj "glasova" dan nuklearnoj fisiji i fuziji.

Pitanje 7:

Jeste li radi zaštite okoliša spremni manje se voziti automobilom, koristiti racionalnije sustave grijanja i rasvjete i slično?

	mladići	djevojke	ukupno
da	50.56%	67.84%	58.16%
ne	31.94%	16.25%	25.04%
ne znam	17.50%	15.90%16.80 %	

Primjedbe na dane odgovore:

Većina ispitanika spremna je na neki oblik odricanja, ali tu postoje velike razlike između muške i ženske populacije. Po našem mišljenju, studenti imaju nešto racionalnije poglede i manje su spremni odreći se dostignuća modernog doba.

Pitanje 8:

Povećano ispuštanje ugljičnog dioksida (CO_2) u atmosferu glavni je uzrok globalnoga zatopljenja Zemlje. Što mislite koliko tome doprinose termoelektrane?

	mladići	djevojke	ukupno
mnogo	**77.22%**	**80.07%**	**78.48%**
malo	22.78%	19.93%	21.52%

Primjedbe na dane odgovore:

Prema pokazateljima, obje populacije imaju isto mišljenje - mnogo.

Pitanje 9:

Smatrate li da je iz razloga smanjenja globalnog ispuštanja CO_2 opravdano intenzivnije graditi nuklearne elektrane (koje ne ispuštaju ugljični dioksid) umjesto klasičnih termoelektrana na fosilna goriva?

	mladići	djevojke	ukupno
da	**40.11%**	24.19%	33.18%
ne	35.10%	**41.16%**	37.74%
ne znam	24.79%	34.66%	29.09%

Primjedbe na dane odgovore:

Dok studenti smatraju kako je izgradnja nuklearnih elektrana prihvatljiva iz gore navedenog razloga, studentice imaju nešto drukčije mišljenje.

Pitanje 10:

Prema vašem mišljenju, koji je glavni razlog male zastupljenosti solarnih elektrana te elektrana na vjetar u ukupnoj svjetskoj proizvodnji električne energije:

a) otežana nabava opreme
b) visoka cijena električne energije iz njih i ovisnost snage o intenzitetu vjetra i sunca
c) interesi velikih monopolista u energetici
d) strogi zakonski propisi
e) ne znam ništa o tome

	mladići	djevojke	ukupno
otežana nabava opreme	11.26%	9.78%	10.60%
visoka cijena električne energije	49.45%	50.56%	**49.94%**
interesi velikih monopolista	32.01%	30.45%	**31.32%**
strogi zakonski propisi	0.00%	0.56%	0.25%
ne znam ništa o tome	7.28%	8.66%	7.89%

Primjedbe na dane odgovore:

Glavni je razlog visoka cijena električne energije iz tih elektrana. Prema mišljenju ispitane populacije, jedan od glavnih razloga leži i u interesima monopolista.

Pitanje 11:

Vaše stajalište o nuklearnim elektranama je:

a) pozitivno b) negativno
c) niti pozitivno, niti negativno

	mladići	djevojke	ukupno
pozitivno	**25.77%**	13.48%	20.34%
negativno	26.89%	43.97%	**34.43%**
niti pozitivno, niti negativno	47.34%	42.55%	**45.23%**

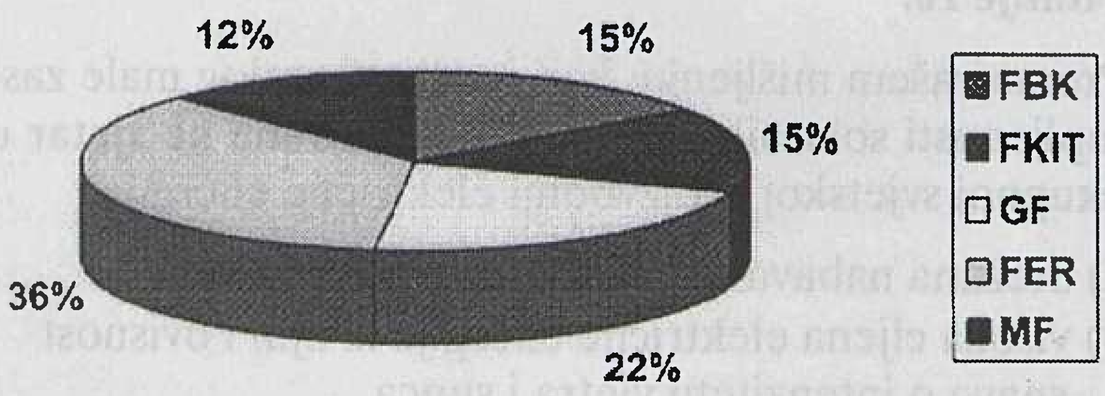
Primjedbe na dane odgovore:

Ponovno, nuklearna je tehnologija prihvatljivija muškoj populaciji. Većina ispitanika nema formalno čvrsto mišljenje. Općenito, stav o nuklearnim elektranama više je negativan nego pozitivan.

Zanimljivo je promotriti disperziju mišljenja o nuklearnim elektranama prema studentima pojedinih fakulteta:

	FER	MF	FBK	FKIT	GF
pozitivno	28.44%	10.00%	12.10%	12.24%	17.39%
negativno	25.31%	52.00%	37.90%	51.02%	32.61%
niti pozitivno, niti negativno	46.25%	38.00%	50.00%	36.73%	50.00%

FER = Fakultet elektrotehnike i računarstva
MF = Medicinski fakultet
FBK = Prehrambeno-biotehnološki fakultet
FKIT = Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
GF = Građevinski fakultet



Disperzija pozitivnog mišljenja

Rezultati su prilično očekivani. Populacija s "tehničkih" fakulteta, posebice Fakulteta elektrotehnike i računarstva pokazuje najveće prihvaćanje nuklearne energije (i nuklearnih elektrana). To se može razjasniti činjenicom da ti studenti tijekom svog studija pohađaju neka predavanja na kojima im se objašnjava uporaba nuklearne energije (između ostalog). Oni jednostavno raspolažu s nešto više informacija od drugih.

Pitanje 12:

Ako imate pozitivno mišljenje o nuklearnim elektranama, ono je izgrađeno na temelju:

a) predavanja u školi
b) utjecaja javnih medija
c) utjecaja roditelja, prijatelja
d) činjenice da nuklearne elektrane ne onečišćuju okoliš u tolikoj mjeri kao elektrane na fosilna goriva
e) ostalog

	mladići	djevojke	ukupno
predavanja u školi	14.22%	12.28%	13.57%
utjecaj javnih medija	9.78%	6.14%	8.55%
utjecaj roditelja, prijatelja	4.89%	4.39%	4.72%
nuklearne elektrane ne onečišćuju okoliš u tolikoj mjeri kao elektrane na fosilna goriva	48.89%	57.89%	**51.92%**
ostalo	22.22%	19.30%	21.24%

Primjedbe na dane odgovore:
Ispitivani uzorak, koji ima pozitivno stajalište o nuklearnim elektranama, najviše ga bazira na činjenici da nuklearne elektrane ne onečišćuju okoliš u tolikoj mjeri kao elektrane na fosilna goriva.

Pitanje 13:

Ako imate negativno stajalište prema nuklearnim elektranama, ono je izgrađeno na temelju:

a) predavanja u školi
b) utjecaja javnih medija
c) utjecaja roditelja, prijatelja
d) nepoznavanja rada nuklearne elektrane
e) mišljenja da nuklearka može eksplodirati kao atomska bomba
f) nelagode koju asocira pojam "nuklearna energija"
g) ostalog

	mladići	djevojke	ukupno
predavanja u školi	8.85%	7.86%	8.33%
utjecaj javnih medija	28.08%	18.93%	**23.33%**
utjecaj roditelja, prijatelja	1.15%	2.86%	2.04%
nepoznavanje rada nuklearne elektrane	5.38%	8.93%	7.22%
mišljenje da nuklearka može eksplodirati kao atomska bomba	25.77%	31.43%	**28.70%**
nelagoda koju asocira pojam "nuklearna energija	10.38%	17.50%	14.07%
ostalo	20.38%	12.50%	16.30%

Primjedbe na dane odgovore:
Glavni razlog za negativno stajalište prema nuklearnim elektranama je mišljenje da nuklearna elektrana može eksplodirati kao nuklearna (atomska) bomba. To pokazuje klasični uzrok neprhivaćanja bilo koje nove tehnologije - slabo obrazovanje i nepoznavanje osnova.
U uskoj je vezi s negativnim stajalištem i utjecaj javnih medija.

Pitanje 14:

Mjereno po radioaktivosti, najviše radioaktivnog otpada danas proizvode nuklearni reaktori, a mjereno po volumenu najviše radioaktivnog otpada proizvode termoelektrane na ugljen. Po vašem mišljenju, koji otpad je teže zbrinuti?

	mladići	djevojke	ukupno
otpad iz termoelektrana	25.91%	21.99%	24.18%
otpad iz nuklearnih elektrana	74.09%	78.01%	**75.82%**

Primjedbe na dane odgovore:

Stav obiju populacija je jednak - teže je zbrinuti otpad iz nuklearnih elektrana.

Pitanje 15:

Što mislite, je li potrebno graditi odlagalište radioaktivnog otpada u Hrvatskoj?

	mladići	djevojke	ukupno
da	25.35%	28.62%	26.79%
ne	56.55%	45.58%	**51.71%**
ne znam	18.11%	25.80%	21.50%

Primjedbe na dane odgovore:

Općenito je stav negativan.

ZAKLJUČAK

Kratka analiza rezultata upućuje kako većina ispitanih osoba nije toliko protiv nuklearnih elektrana koliko je protiv odlagališta nuklearnog otpada.

Konačni rezultati pokazuju da su ispitanici svjesni činjenice kako Hrvatska nema dovoljno vlastitih izvora energije, ali većina ih je protiv termoelektrana na ugljen i naftu, te nuklearnih elektrana. Jedino su termoelektrane na plin donekle prihvatljive.

Prilično pozitivni stavovi među studentskom populacijom vidljivi su kod pitanja postojećih nuklearnih elektrana. Kao što to pokazuju sakupljeni podaci, mišljenje je uglavnom izgrađeno na svjesnosti o nuklearnim elektranama kao čistim izvorima energije.

Budući da izgleda kako studentska populacija i nije previše zainteresirana za nuklearnu problematiku, kao generalni zaključak na prvom se mjestu nameće potreba za privlačenjem veće pažnje. Nakon što se pokaže određeni interes, informacije imaju veće izglede prodrijeti do ciljanih grupa. To kao posljedica može povećati vjerojatnost promjene negativnog stajališta o nuklearnim pitanjima prema pozitivnijim gledištima.

Odabrana pitanja i dobiveni odgovori upućuju koja problematika izaziva najviše zabrinutosti u javnosti i traži veće angažiranje u detaljnijem predstavljanju. Na određeni način daju i dobro polazište za daljnje aktivnosti hrvatske Mreže mlade generacije.

LITERATURA

[1] P. CVEKAN: "Srednjoškolci su za nuklearke, ali ne u svom dvorištu", *Večernji list,* 12, 1999.

[2] M. PRAH, I.-A. JURKOVIĆ, R. MATANIĆ, J. LEBEGNER: "Public Opinion Survey Nuclear Energy - the present and the future", International Youth Nuclear Congress 2000, April 9-14, Bratislava, Slovakia, 2000.

[3] M. PRAH, I.-A. JURKOVIĆ, R. MATANIĆ, J. LEBEGNER: "Public Opinion Survey Nuclear Energy - the present and the future", Međunarodna konferencija "Nuklearna opcija u zemljama s malim i srednjim elektroenergetskim mrežama", Dubrovnik, 19.-22. lipnja 2000.

PUBLIC OPINION TESTING "NUCLEAR ENERGY – TODAY AND TOMORROW"

As a part of general intention to ameliorate public relations the Young Generation Network of the Croatian Nuclear Society planned to realise a questionnaire among the students of the Zagreb University related to nuclear energy. The questionnaire is based on a similar one held ten years ago within the educational programme "Nuclear Physics Application Yesterday- Today- Tomorrow" and organised visits to the Nuclear Power Plant Krško by the Technical Museum together with the Croatian Electric Supply Company.

NACHFORSCHEN DER ÖFFENTLICHEN MEINUNG "KERNENERGIE - HEUTE UND MORGEN"

Als einen Teil allgemeiner Bestrebungen die Beziehungen zur Öffentlichkeit zu verbessern, hat das Geflecht der jungen Generation der Kroatischen Kernenergiegesellschaft eine Umfrage über die an die Kernenergie gekoppelten Schwierigkeiten innerhalb der Population der Zagreber Universität durchzuführen geplant. Geplantes Unterfangen beruht auf einer ähnlichen, seit 10 Jahren laufenden Umfrage, die im Rahmen des Erziehungsprogrammes "Die Anwendung der Kernphysik Gestern, Heute und Morgen" und der organisierten Besuche dem Kernkraftwerk "Krško" von Mittelschulen seitens des Technischen Museums in Zusammenarbeit mit der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft durchgeführt wird.

Naslov pisaca:

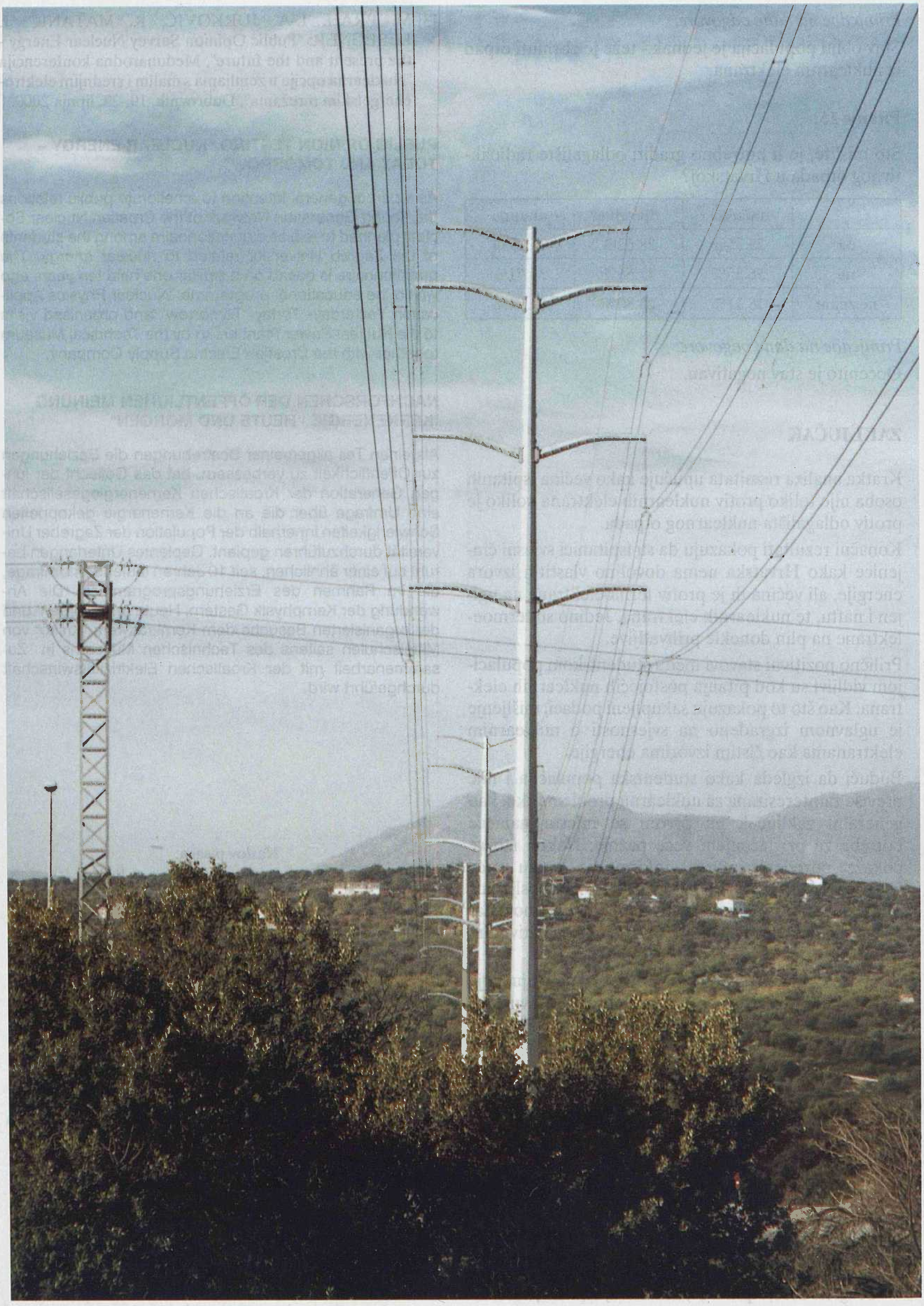
Mr. sc. Renata Matanić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Direkcija za proizvodnju
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

mr. sc. Josip Lebegner, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Direkcija za proizvodnju
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

mr. sc. Ines-Ana Jurković, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 2
10000 Zagreb, Hrvatska

mr. sc. Matjaž Prah, dipl. ing.
ENTEKO
Zelengaj 14
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2000-11-20.



SPECIFIČNI POREMEĆAJI POTROŠNJE U ELEKTROENERGETSKIM SUSTAVIMA

Niko Mandić - Ante Ćurić, Zagreb

UDK 621.31:621.311
STRUČNI ČLANAK

Televizijski prijenosi različitih zanimljivih događaja značajno mijenjaju izgled dijagrama dnevne potrošnje električne energije. Taj utjecaj može biti različitih osobina i intenziteta. Sadašnji vremenski interval obračuna i prikupljanja podataka je jedan sat. Takva gruba vremenska skala može zadovoljavati osnovne potrebe. U ovoj i sličnim situacijama prikladniji je kraći (15 minuta) obračunski interval. On daje točniji uvid u ostvarenu i planiranu potrošnju tijekom jednog sata.

Ključne riječi: potrošnja, poremećaj, televizija, vremenska skala.

1. UVOD

Uzroci poremećaja ponašanja konzuma mogu biti različiti. To mogu biti različiti tehnički kvarovi na nekom od dijelova proizvodnog ili prijenosnog lanca. Zbog toga veća ili manja skupina potrošača nije u stanju preuzeti predviđenu elergiju. U drugu skupinu poremećaja spadaju poremećaji prouzročeni meteorološkim razlozima. To su ne električke veličine koje su izražene djelovanjem vjetra (posebno bure) temperaturne promjene, utjecaj naglog naoblačenja. Ovi meteorološki parametri utječu na potrošnju uže regije, ali i na potrošnju cijelog sustava.

Radi ilustracije navodim činjenicu da jaka bura na području Dalmacije povećava potrošnju električne energije za približno stotinjak megavata*. Prestankom tog vjetra potrošnja se polako svodi na uobičajene vrijednosti.

Izrazito naoblačenje u podnevnim satima (kojeg proteklih dana nije bilo) povećava potrošnju. To povećanje potrošnje iskazano je neuobičajenim "grbom" u dijagramu potrošnje.

Ovakvi i slični poremećaji izazvani lokalnim meteorološkim promjenama imaju veći utjecaj na užu regiju. U velikim sustavima njihov utjecaj je manji. Samo poremećaj koji djeluje istodobno na cijeli sustav ima osjetan utjecaj.

U posebnu skupinu poremećaja spadaju poremećaji koji nisu izazvani navedenim uzrocima.

To su poremećaji nastali za vrijeme TV prijenosa zanimljivih događaja.

Krivulja dijagrama potrošnje oslikava ponašanje konzuma. Ona je za svaki dan različitog oblika. Na izgled te krivulje utječu mnogi čimbenici. U ovom slučaju to su televizijski prijenosi športskih, kulturnih i sličnih manifestacija. Sva viđenja i zaključci odnose se na visokonaponsku mrežu Hrvatske praćenu iz NDC Zagreb (ne distribuciju).

Prema dužini ovi poremećaji mogu biti dugi i kratki. Relativno duge poremećaje pratimo u okviru promjene srednjesatnih vrijednosti. Kratkotrajne poremećaje u uvjetima rada sa srednjesatnim vrijednostima ne zapažamo. Oni "nestanu" u brojčanom srednjesatnom iznosu potrošnje. Pokušaj praćenja kratkotrajnih poremećaja svodi se na improvizirani zapis potrošnje u što kraćim vremenskim intervalima.

U nastavku su dani primjeri poremećaja u našem i inozemnim sustavima. Svi niže opisani su uzrokovani poznatim razlogom, televizijskim prijenosom zanimljivog događaja. Ovdje opisani poremećaji praćeni su intenzivno od 1996. godine.

1.1. Primjeri poremećaja u našem EES-u

Brojčani iznos potrošnje u EES-u ne možemo dobiti izravnim mjerenjem. On je algebarski zbroj proizvodnje, nabave električne energije i gubitaka u svakom trenutku. Sve tri veličine su promjenljive, a iskazane u trenutačnim vrijednostima približno točne. Ostvarena točnost je u funkciji točnosti prikupljenih i distribuiranih vrijednosti. Stoga je kod uporabe trenutačnih vrijednosti bolje koristiti pojmove trend rasta / pada potrošnje nego brojčane iznose.

Sadašnji način prognoze i praćenja ostvarene potrošnje omogućava zapažanje samo dugih poremećaja. Kratkotrajni ostaju jedino posredno zabilježeni u dijagramu regulacijskog zahtjeva. Za analizu i prikaz različitih poremećaja uzete su tri grupe suštinski različitih događaja-poremećaja. Najbolji prikaz

poremećaja je grafički prikaz, koji uz komentar može predočiti sve promjene.

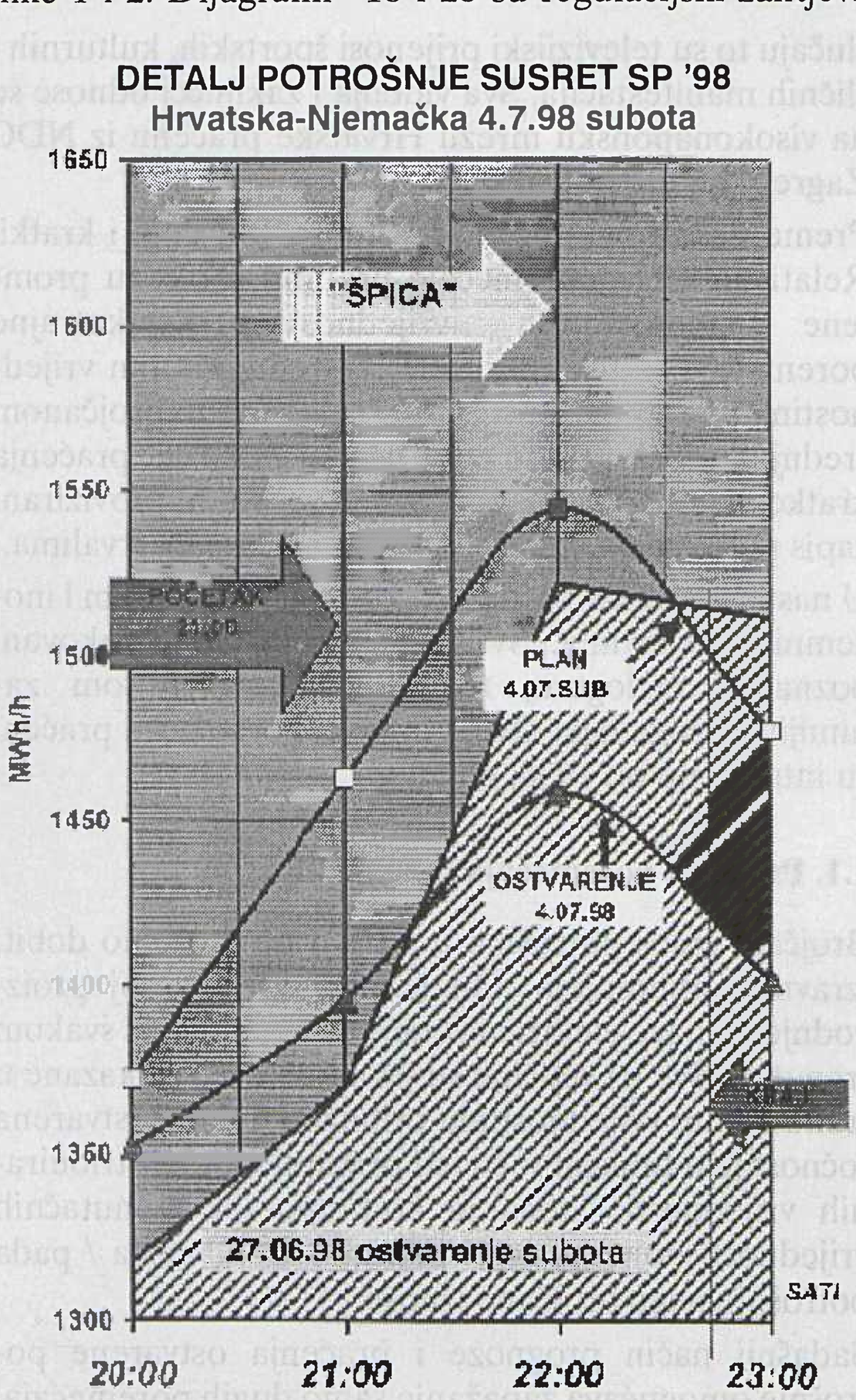
Zašto su odabrani baš ovi događaji? Jedan od razloga njihovog odabira je njihov intenzitet i posebnost.

Poremećaji nastali tijekom nogometnih utakmica, boksa, posjeta Pape Hrvatskoj će ilustrirati te neobične promjene.

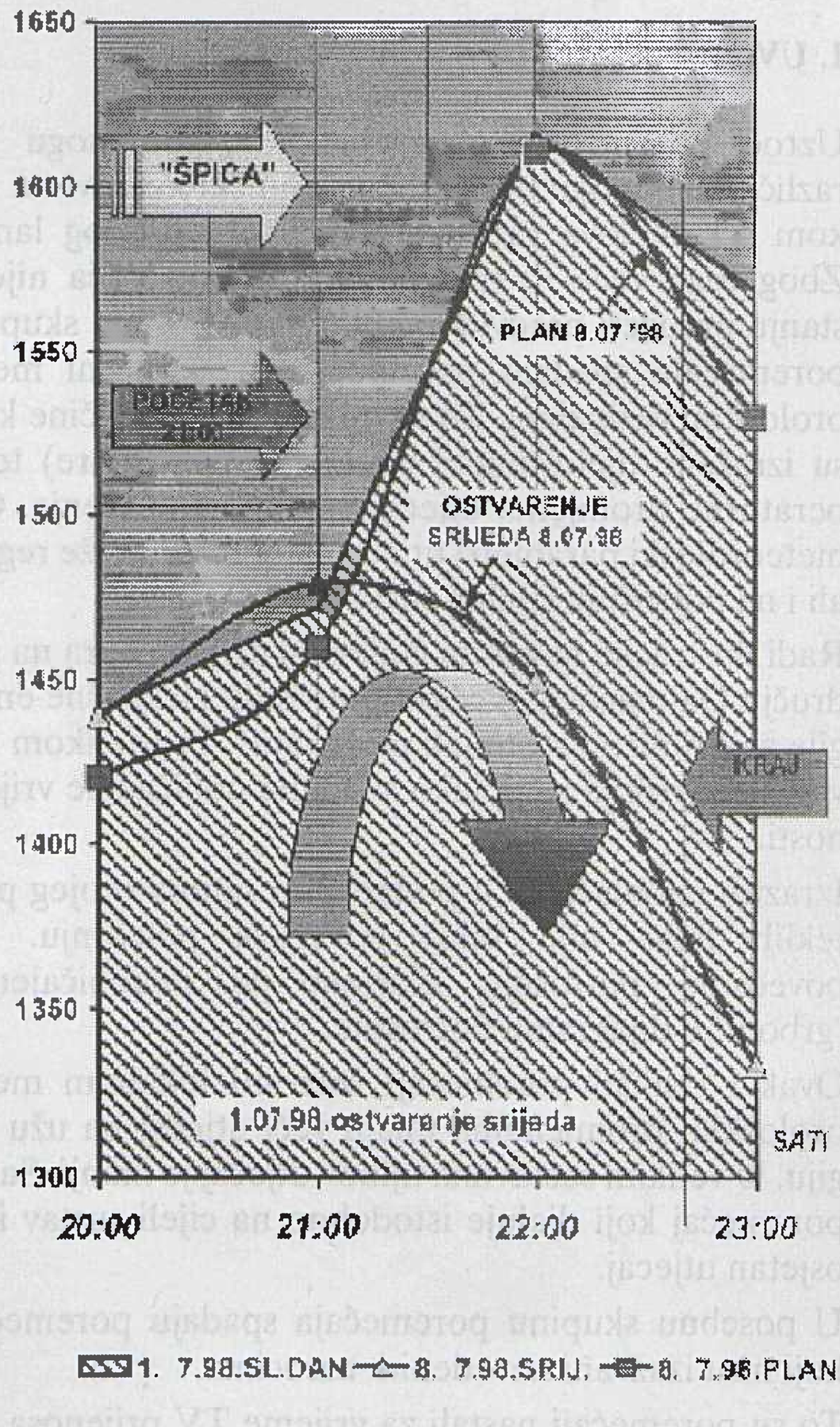
Neki od tih, sadrže obje vrste poremećaja. Nogometni susreti su brojni, ali su ovom prigodom birani prema kriteriju važnosti susreta i sličnosti uvjeta u kojima su utakmice igrane po svim stavkama (dan u tjednu, sat itd.). Na taj način, i uz maksmimalno slične uvjete, moguće je uočiti razlike.

Za praćenje prve grupe poremećaja (izazvane televizijskim prijenosima) iskorišteno je SP FRANCE '98. U okviru ovog odigrano je mnogo susreta. Kvalifikacijski susreti su poslužili za praćenje i uočavanje općih pojava tijekom susreta. Udio našeg tima u završnici proizveo je najveće poremećaje potrošnje u Hrvatskoj. Iz velikog broja uzoraka uzeta su dva značajna susreta našeg tima. Prvi 4. 7. 98. godine i 8. 7. 98. u dane kad je igrao naš tim. Od srednjesatnih vrijednosti urađene su slike 1 i 2. Dijagrami* 1b i 2b su regulacijski zahtjevi tijekom navedenih susreta. Dijagram 3b je dijagram regulacijskog zahtjeva finalnog susreta, kad naš tim nije igrao. On predočava bitnu razliku ponašanja potrošnje unutar jednog sata za ovaj finalni susret u odnosu na dijagrame 1b i 2b. Sva tri dijagrama regulacijskog zahtjeva ostvarena su pri maksimalno mogućim sličnim uvjetima. U razmatranim trosatnim vremenskim intervalima nije bilo značajnih ispada mjerenja, promjena totala i sličnih vanjskih utjecaja.

Na slici 1 prikazane su potrošnje tri subote. Plošnim dijagramom ocrtan je referentni dan subota 27. 6. '98. godine. Ostale krivulje predstavljaju plan i ostvarenje potrošnje za 4. 7. '98. Slika 2 drugog susreta urađena je na identičan način. Razlika između ovih slika je što prva ne pokazuje nikakav poremećaj, za razliku od druge. Poremećaj na slici 2 vidljiv je zbog prevoja i diskontinuiteta krivulje ostvarene potrošnje. Ovaj poremećaj je "špicu" sa 22-og sata pomakao na 21 sat. To je najjači poremećaj izazvan ovakvim povodom.

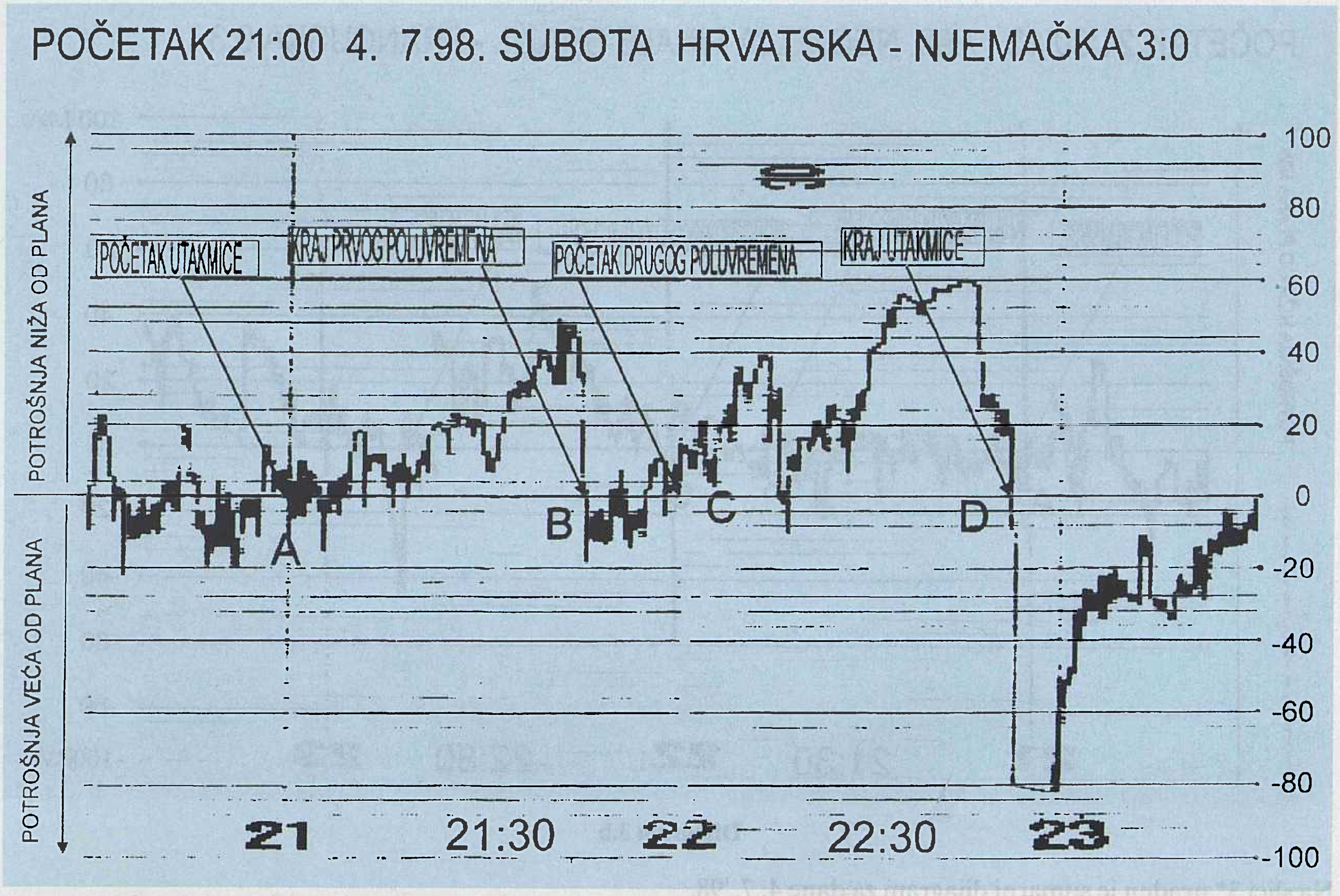


Slika 1.

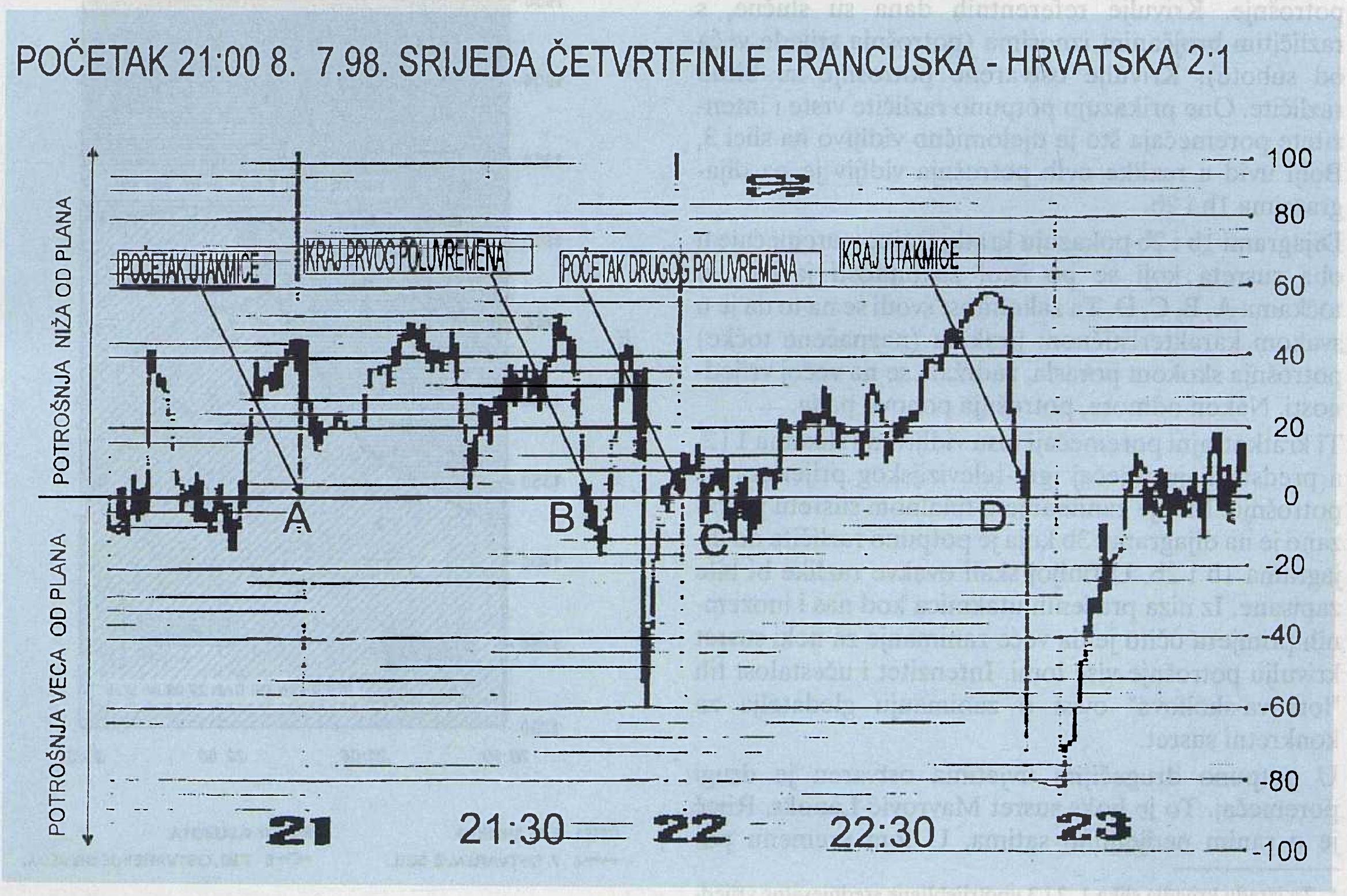


Slika 2.

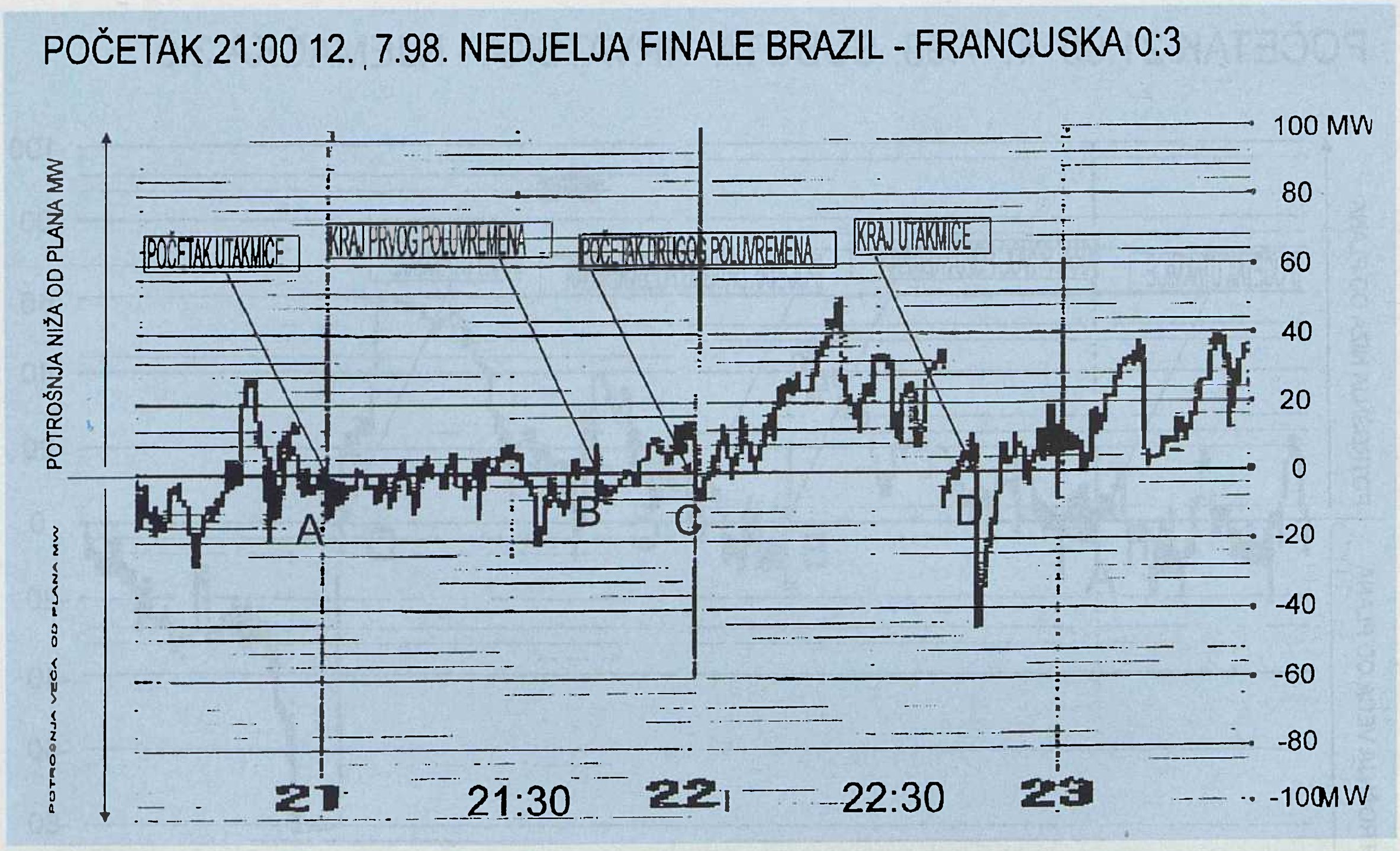
* Riječ dijagram u ovom tekstu upotrijebljen je pojmovno kako bi ukazao na izvor, tj. originalnu traku s registrirajućeg instrumenta.



Dijagram 1.b



Dijagram 2.b



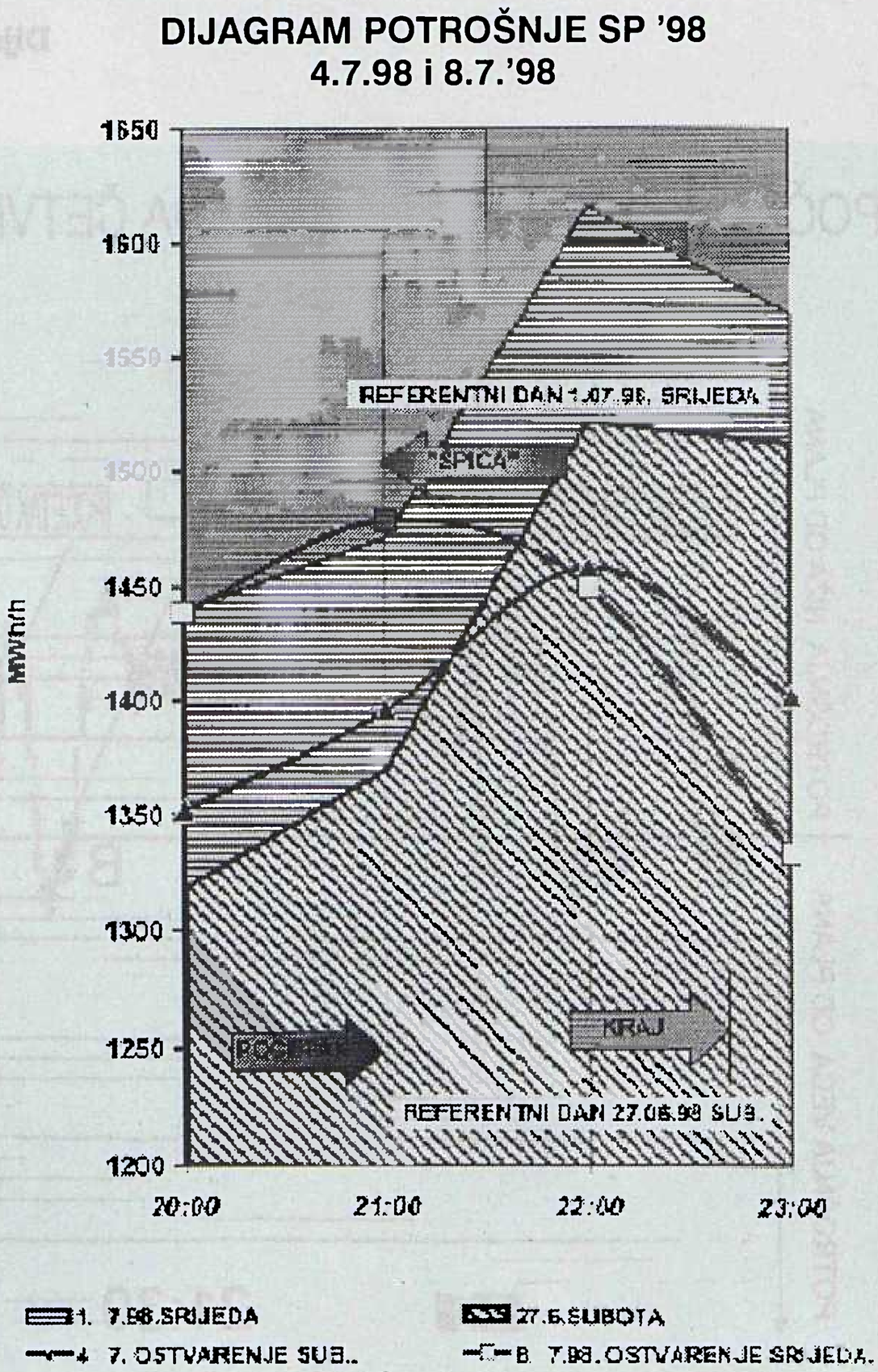
Dijagram 3.b

Na slici 3* urađen je sumarni dijagram za dane 4. 7. '98. i 8. 7. '98. godine. U trosatnom vremenskom intervalu prikazani su referentni dani i odgovarajuća ostvarenja potrošnje. Krivulje referentnih dana su slučne, s različitim brojčanim iznosima (potrošnja srijede veća od subote). Krivulje ostvarene potrošnje su bitno različite. One prikazuju potpuno različite vrste i intenzitete poremećaja što je djelomično vidljivo na slici 3. Bolji uvid u razlike ovih potrošnja vidljiv je na dijagramima 1b i 2b.

Dijagrami 1b i 2b pokazuju kratkotrajne poremećaje u oba susreta . koji se po istoj zakonitosti javljaju u točkama A, B, C, D. Ta zakonitost svodi se na to da je u svakom karakterističnom prekidu (naznačene točke) potrošnja skokom porasla, zadržala se na većoj vrijednosti. Nakon odmora, potrošnja ponovo pada.

Ti kratkotrajni poremećaji nisu vidljivi na slikama 1 i 2, a predstavljaju utjecaj igre-televizijskog prijenosa na potrošnju. Manje zanimanje u finalnom susretu prikazano je na dijagramu 3b koja je potpuno različita od dijagrama 1b i 2b. U finijoj skali ovakve razlike bi bile zapisane. Iz niza praćenih utakmica kod nas i inozemnih primjera očito je da veće zanimanje za neki susret krivulju potrošnje više lomi. Intenzitet i učestalost tih "lomova-skokova" ovisi o zanimanju gledatelja za konkretni susret.

U potpuno drugačijim uvjetima ostvaren je drugi poremećaj. To je boks susret Mavrović-Lenoks. Riječ je o ranim nedjeljnim satima. U tom vremenu po-

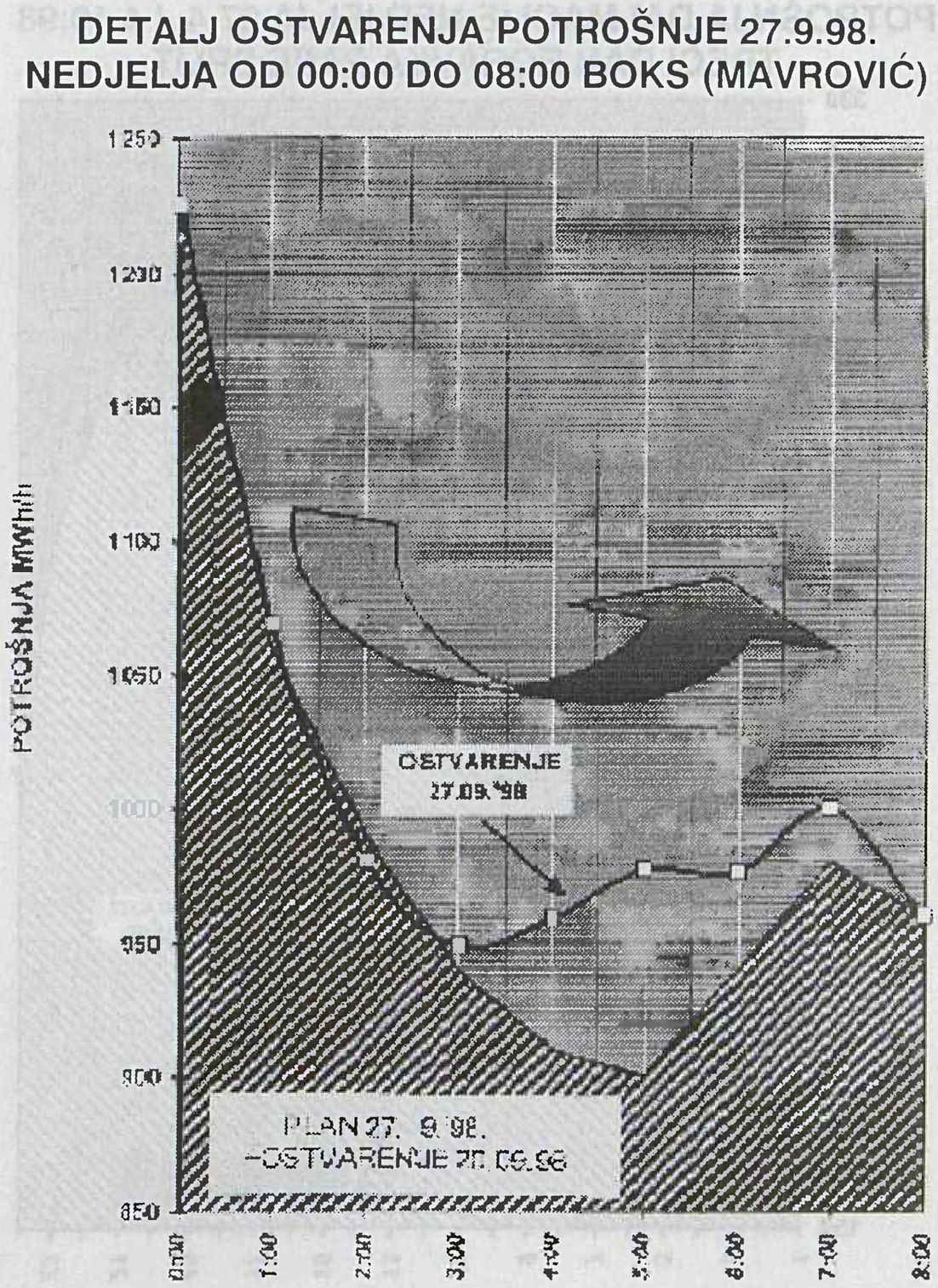


Slika 3.

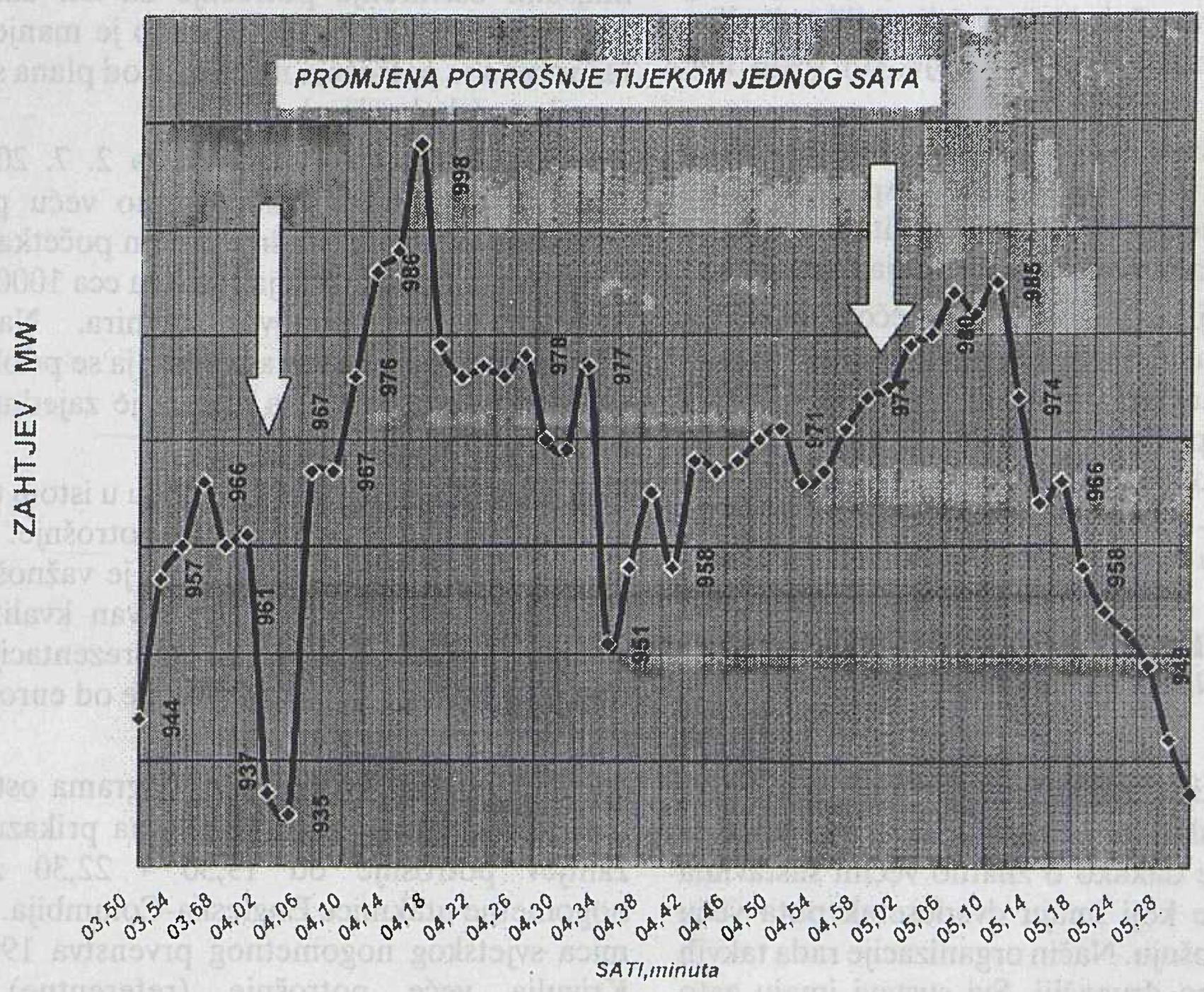
* Za izradu krivulja slika 1, 2 i 3 upotrijebljene srednjesatne vrijednosti potrošnje.

trošnja je minimalna. Ovaj poremećaj izazvao je rast potrošnje, što je očito i na srednjesatim vrijednostima grafikona, slika 4. Za kompenzaciju ovog dugotrajnog poremećaja nije bila dovoljna regulacijska rezerva, nego je angažirana dodatna proizvodnja. Ovo je bio ponovno snažan dugotrajni poremećaj. On je imao suprotan efekt od događaja prikazanog na slici 2. Povećanje proizvodnje ovdje je bilo potrebno zbog neobično povećane potrošnje. Slika 5 dvominutnih vrijednosti zahtjeva potrošnje (boks susreta) od 04,00-05,00 oslikava što se događa u jednom satu rasta potrošnje. Srednjesatni podatak potrošnje iskazan brojem 970 MW pokazuje malo, ali slika 5 plastično prikazuje veliku dinamiku zahtjeva EES-a unutar jednog sata.

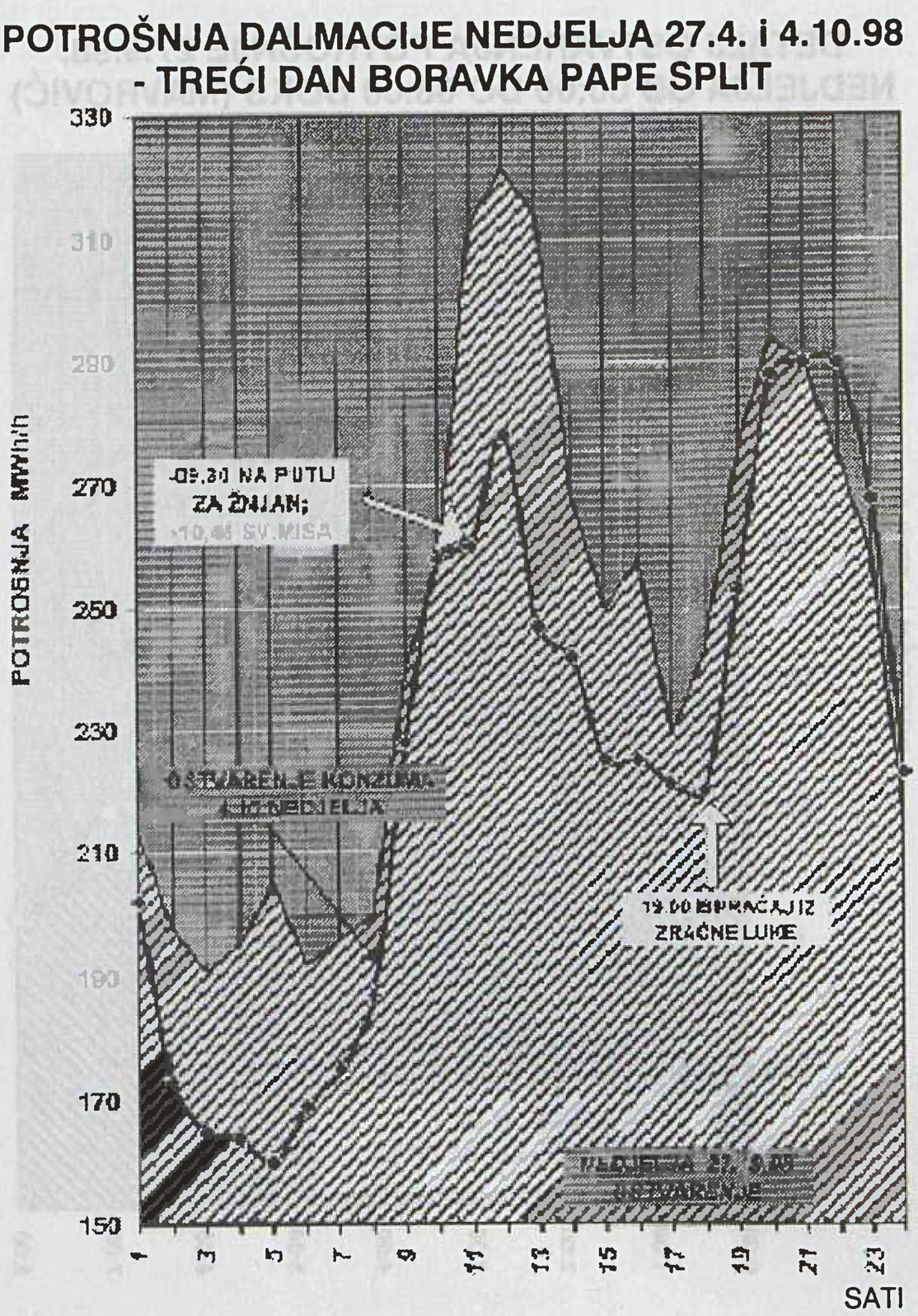
Idući poremećaj nije uzrokovan prijenosom športskog susreta. On je nastao kao posljedica televizijskog prijenosa i prisustva velikog broja ljudi na lokaciji Žnjan (Split) za vrijeme Papinog posjeta. Slika 6 prikazuje dnevnu potrošnju šire regije Splita za vrijeme Papinog boravka. Plošnim grafikonom je prikazano ostvarenje potrošnje u nedjelju 27. 9. '98., a linijskim grafikonom ostvarenje potrošnje 4. 10. '98. Ovdje ukazujem na bitnu razliku formi grafikona a ne toliko brojčanu vrijednost. Sam boravak je trajao tri dana, ali najveći poremećaj se dogodio baš trećeg dana za boravka u Splitu. Planirana potrošnja električne energije nije ostvarena u prvom redu zbog odlaska velikog broja ljudi sa šire Splitske regije na Žnjan. Znatno manji utjecaj



Slika 4.



Slika 5.



Slika 6.

na ovaj poremećaj je imao televizijski prijenos. Sam odlazak ljudi je počeo dvadeset sati prije ključnog događaja na Žnjanu. Ova činjenica je vidljiva iz dijagrama potrošnje snimljenog dan ranije, koji ovdje nije prikazan.

Predviđenu potrošnju nije fizički imao tko ostvariti u puno iznosu. Ovaj poremećaj ponovo spada u grupu dugotrajnih poremećaja srednjeg intenziteta. U okviru odabranih primjera poremećaja mjerenja nije bilo.

Opisani poremećaji su praćeni u postojećoj gruboj vremenskoj skali. U takvim uvjetima srednjesatnih vrijednosti podataka praćenje poremećaja je otežano. Finija vremenska skala praćenja i obračuna podataka (pa makar u kontrolnoj funkciji) dala bi bolji uvid u opisane poremećaje. Ona bi omogućila uočavanje poremećaja koji su ovom prilikom ostali nezapaženi.

2. INOZEMNA ISKUSTVA POREMEĆAJA PROUZROČENIH TELEVIZIJSKIM PRIJENOSOM

Poremećaji ovog tipa zabilježeni su i u drugim sustavima. Inozemna iskustva pokazuju slične poremećaje potrošnje. Riječ je dakako o znatno većim sustavima Enegleske i Italije koji imaju dvadesetak puta veću proizvodnju i potrošnju. Način organizacije rada takvih sustava su potpuno drugačiji. Svi sustavi imaju zato vrlo jednostavnu zajedničku potrebu. To je stalna ravnoteža proizvodnje i potrošnje. Zapravo dijagram dnevne potrošnje je skup pojedinačnih istodobnih ostvarenih potreba za energijom. On vizualno iskazuje potrebu potrošnje od minimuma do maksimuma. Ovdje opisani poremećaji potrošnje su zapravo izraz većeg broja potrošača za nešto nižom / višom neplaniranom potrošnjom. Trenutni iznos potrošnje je suma trenutačnih pojedinačnih potreba. Te trenutačne potrebe su ponekad različite od uobičajenih vrijednosti za konkretni dan i sat.

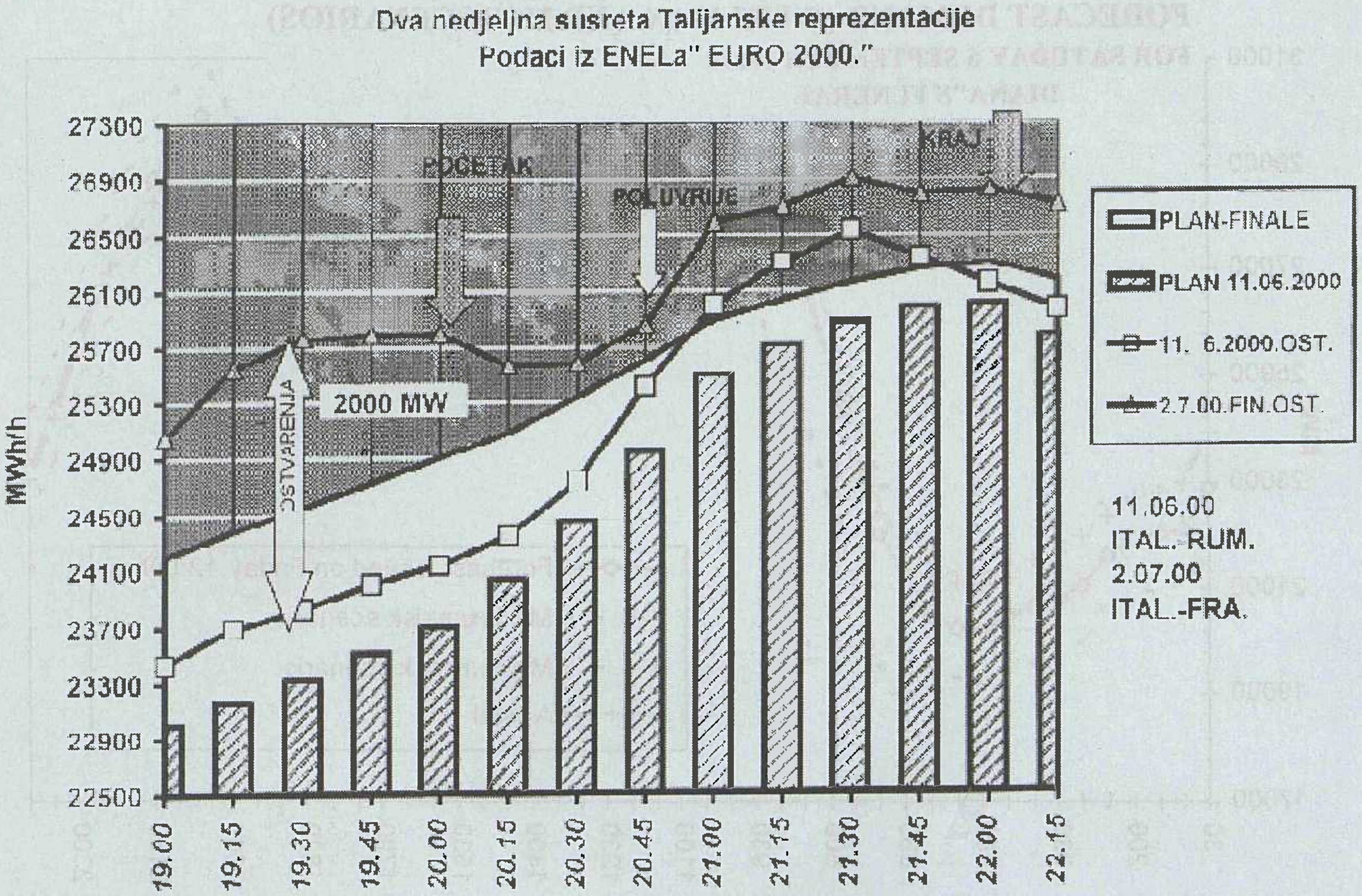
U ovako velikim sustavima prognoza potrošnje ima posebnu važnost. Polazna osnovica prognoze i metodologija su slični načinu planiranja u našem sustavu. Prognoza, naprimjer, za četvrtak ima osnovicu u ostvarenju potrošnje prošlog (ili prošlih bliskih) četvrtaka. Potrošnja tog četvrtka, ima funkciju referentnog dana, jer najvjernije opisuje taj dan. Na njega se ukomponiraju sva nova saznanja. Tako obrađen dan predstavlja prognozu, odnosno najvjerovatniju moguću potrošnju sljedećeg četvrtka.

Slika 7 predstavlja detalj dijagrama potrošnje električne energije u talijanskom sustavu (ENEL). Prikazana su tri sata potrošnje za vrijeme nogometnog susreta domaće reprezentacije. To su nedjeljni nogometni susreti 11. 6. 2000. i 2. 7. 2000. u okviru EURA 2000. Različite su važnosti za talijansku reprezentaciju ove dvije utakmice. Ovaj posljednji susret je polufinalni (važniji!). On je ostvario veći interes gledatelja. Taj veći interes je vidljiv na liniji označenoj trokutićima koja ima veću dinamiku. Plošnim dijagramima u oba slučaja predstavljeni su planovi, a linijskim ostvarenja potrošnje za isti dan. Prijenos prvog susreta (26. 6. 2000.) imao je manje oscilacije. Ostvarena je potrošnja nešto više od plana s malom dinamikom (skokovima).

Dijagram ostvarene potrošnje za 2. 7. 2000. godine (crta sa Δ) pokazuje konstantno veću potrošnju s izraženim padom potrošnje nakon početka susreta. U poluvremenu ta potrošnja raste za cca 1000 MW za 15 minuta, potom ponovo stagnira. Nakon ovog poremećaja u oba susreta potrošnja se približava planskim vrijednostima. Ova pojava je zajednička za naš sustav, engleski i talijanski.

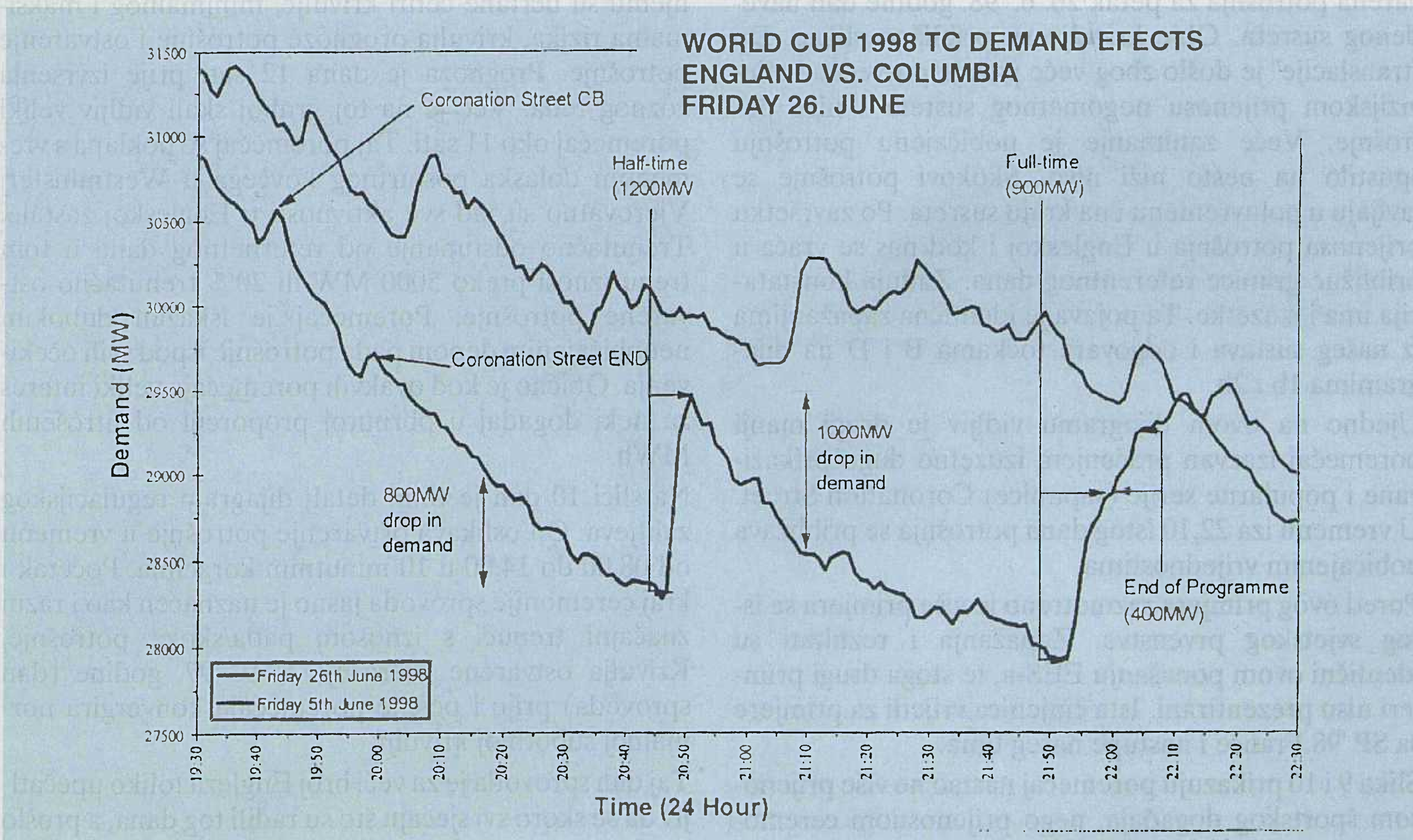
Oba susreta su odigrana u nedjelju u istom terminu, ali s bitno različitim ponašanjem potrošnje. Različitost ponašanja potrošnje uzrokovana je važnošću susreta. Polufinalni susret nikad nije ravan kvalifikacijskom susretu. Susreti nogometne reprezentacije u Italiji obično pobuđuju manje zanimanje od europskih klupskih susreta talijanskih timova.

Na slici 8 prikazan je detalj dijagrama ostvarene potrošnje u engleskom sustavu. Ona prikazuje trosatni zahtjev potrošnje od 19,30 - 22,30 za vrijeme nogometne utakmice Engleska-Columbija. To je utakmica svjetskog nogometnog prvenstva 1998. godine. Krivulja veće potrošnje (referentne) odgovara običnom danu petku 5. 6. '98. godine. Ispod nje je ost-



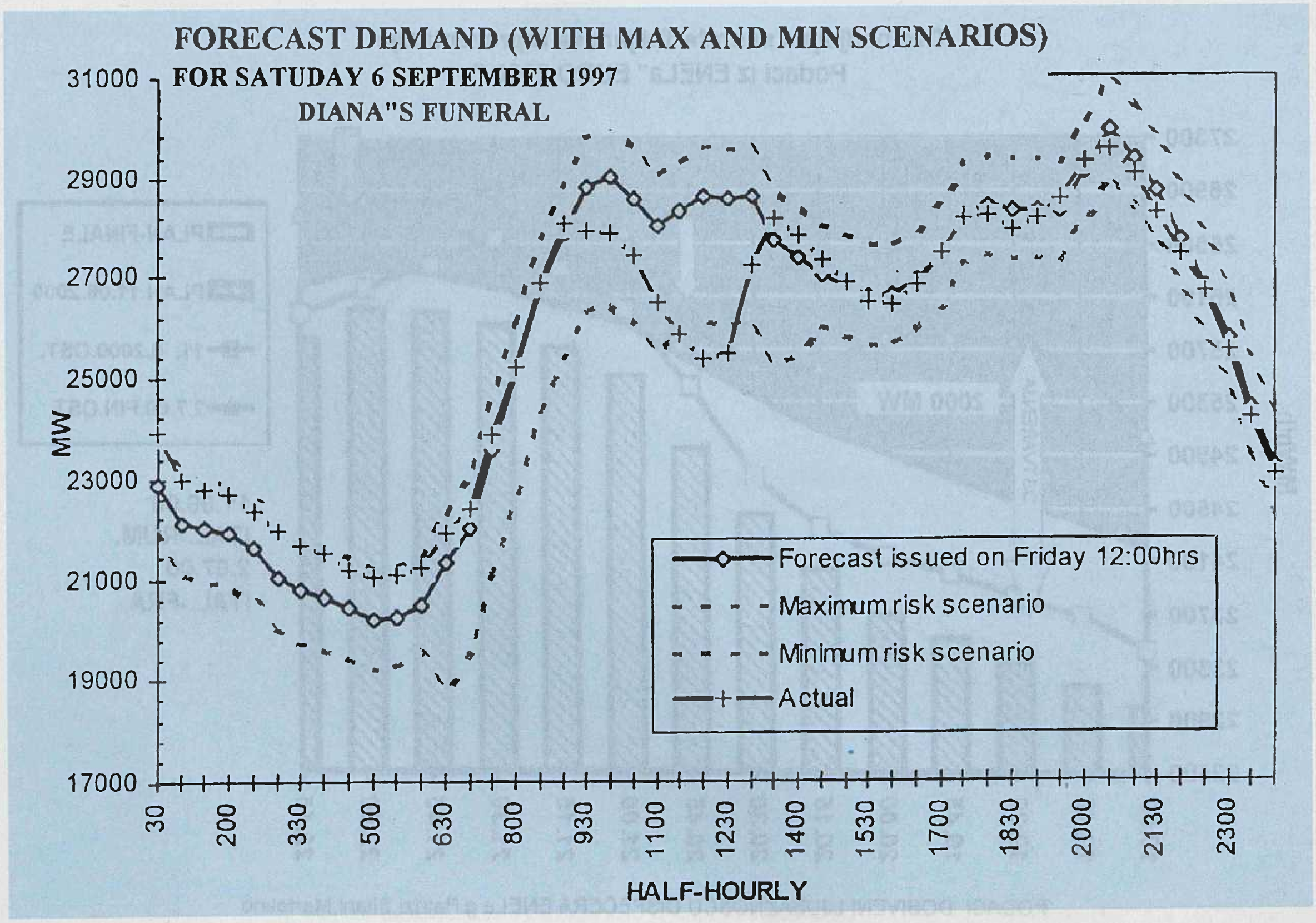
PODACI DOBIVENI LJUBAZNOŠĆU DISPEČERA ENELa g.Patrizi,Silani,Martelino

Slika 7.



DOBIVENO LJUBAZNOŠĆU GOSPODINA Z. TONKOVIĆA TE GOSPODINA L.C.CLARKA (NG-ENGLESKA)

Slika 8.



Slika 9.

varena potrošnja za petak 26. 6. '98. godine dan navedenog susreta. Obje krivulje su približno slične. Do "translacije" je došlo zbog veće pažnje posvećene televizijskom prijenosu nogometnog susreta - niže potrošnje. Veće zanimanje je uobičajenu potrošnju spustilo na nešto niži nivo. Skokovi potrošnje se javljaju u poluvremenu i na kraju susreta. Po završetku prijenosa potrošnja u Engleskoj i kod nas se vraća u približne granice referentnog dana. Zadnja konstatacija ima i izuzetke. Ta pojava je identična zapažanjima iz našeg sustava i odgovara točkama B i D na dijagramima 1b i 2b.

Ujedno na ovom dijagramu vidljiv je drugi manji poremećaj izazvan praćenjem izuzetno dugo prikazivane i popularne serije (sapunice) Coronation Street. U vremenu iza 22,10 istog dana potrošnja se približava uobičajenim vrijednostima.

Pored ovog primjera razmotreno je više primjera sa istog svjetskog prvenstva. Zapažanja i rezultati su identični ovom ponašanju EES-a, te stoga drugi primjeri nisu prezentirani. Ista činjenica vrijedi za primjere sa SP '98 France i nastupe našeg tima.

Slika 9 i 10 prikazuju poremećaj nastao ne više prijenosom športskog događaja, nego prijenosnom ceremonije sprovoda princeze Diane u subotu 6. 9. '97. godine.

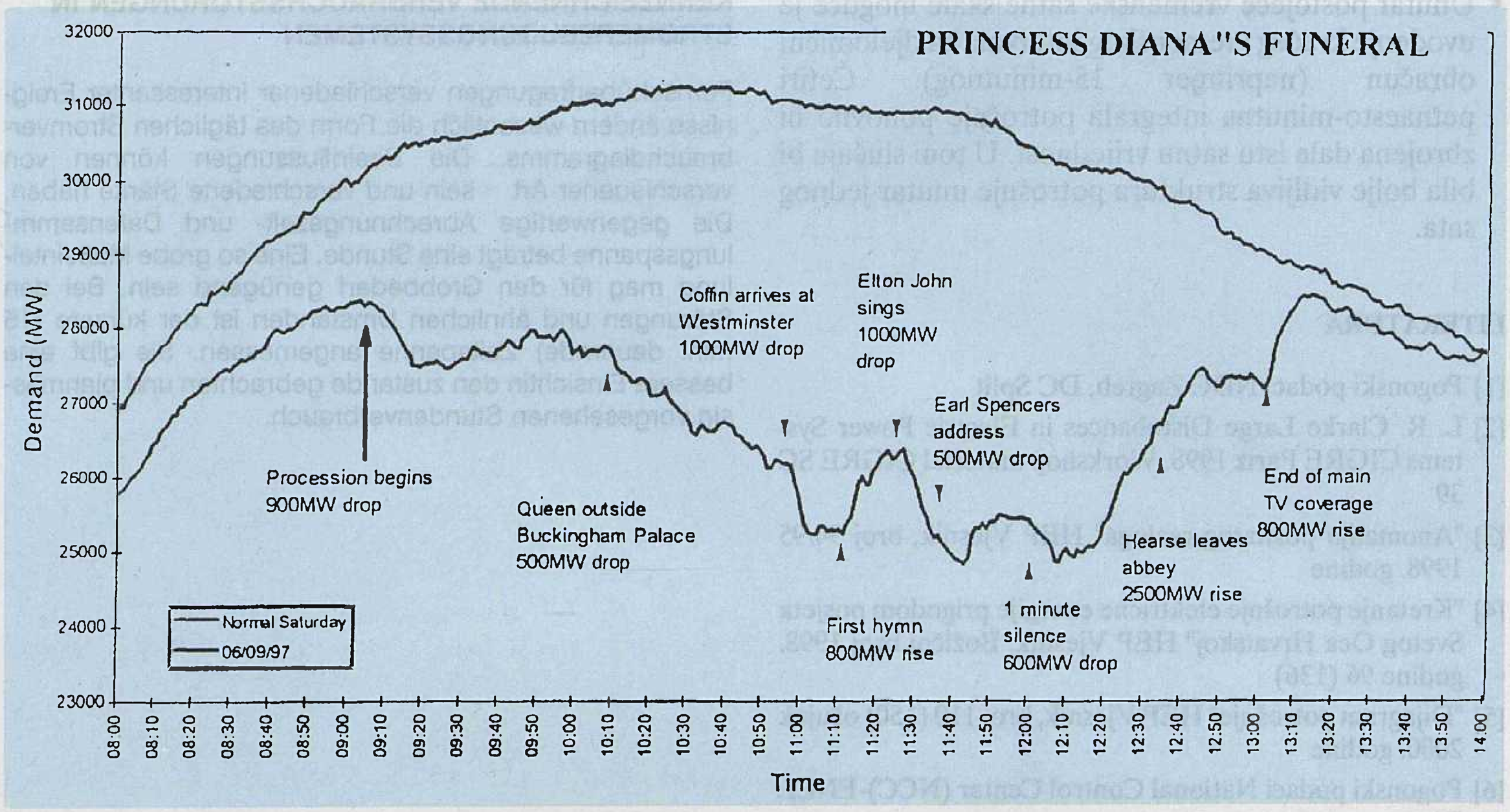
Na slici 9 prikazan je cjelodnevni dijagram potrošnje u 30 minutnim intervalima - grublja vremenska skala. Na njemu su ucrtane četiri krivulje, minimalnog i maksimalna rizika, krivulja prognoze potrošnje i ostvarenje potrošnje. Prognoza je dana 12 sati prije izvršenja voznog reda. Već je na toj gruboj skali vidljiv veliki poremećaj oko 11 sati. Taj poremećaj se poklapa s vremenom dolaska posmrtnog kovčega u Westminster. Vjerovatno su tad sve aktivnosti u Engleskoj zastale. Trenutačno odstupanje od refernetnog dana u tom trenu iznosi preko 5000 MW ili 20% trenutačno ostvarene potrošnje. Poremećaj je iskazan dubokim neuobičajenim đepom pada potrošnje ispod svih očekivanja. Obično je kod ovakvih poremećaja veliki interes za neki događaj u obrnutoj proporciji od utrošenih MWh.

Na slici 10 dan je finiji detalj dijagram regulacijskog zahtjeva. On oslikava ostvarenje potrošnje u vremenu od 08,00 do 14,00 u 10 minutnim koracima. Početak i kraj ceremonije sprovoda jasno je naznačen kao i razni značajni trenuci s iznosom pada/skoka potrošnje. Krivulja ostvarene potrošnje 6. 9. '97. godine (dan sprovoda) prije i poslije poremećaja konvergira normalnoj subotnjoj krivulji.

Taj dan sprovoda je za veći broj Engleza toliko upečatljiv da se skoro svi sjećaju što su radili tog dana, a prošlo

---

Posebnu pažnju želim skrenuti na deformiranu krivulju zahtjeva (MW) a tek potom na brojne vrijednosti.



Slika 10.

je tri godine od tog događaja. To je još jedna ilustracija veličine interesa građana za sam događaj i televizijski prijenos.

U sljedećem tabličnom pregledu dani su neki od najvećih poremećaja potrošnje električne energije za vrijeme televizijskih prijenosa u Engleskoj.

Slike 8, 9, 10 dobivene su ljubaznošću gospodina Z. Tonkovića (El-Zagreb) i L. R. Clarka (NG Engleska), slika 7 ljubaznošću gospode Patrici, Silani, Martelino (GRTN-Roma) te su prezentirani u ovom radu.

DATUM DOGAĐAJA		NAZIV DOGAĐAJA-POREMEĆAJA zbog tv prijenosa	VRH-ŠPIC M W
29. 7. 1981.	srijeda	Royal Wedding: Charles&Diana	1800
2. 4. 1984.	poned.	Coronation Street / Film: Blue Thunder	2000
4. 7. 1990.	srijeda	World Cup Semi Final England-W. Germany	2800
1. 4. 1991.	poned.	tv serija "Coronation Street"	2000
28. 4. 1991.	nedj.	tv serija: "The Darling Buds of May"	2200
12. 5. 1991.	nedj.	tv serija: "The Darling Buds of May"	2200
17. 4. 1997.	utorak	tv serija: "Eastenders"	1830
6. 9. 1997.	subota	Princess Diana "s Funeral**"	2500
30. 6. 1998.	subota	World Cup Semi Final: England-Argentina*"	2200

Iz tabelarnog pregleda vidljivo je da nogometni susreti pobuđuju najveću pažnju. Ova efekat je posebno izražen za prijenose iza 19 sati. Tom se događaju jedino približava dan sprovoda princeze Diane. Za praćenje ovakvih i sličnih događaja podesnija je finija vremenska skala. U tom slučaju, ugradnja algoritma u program prognoze potrošnje koji će obuhvatiti ovakva i slična stanja je dobro došla.

Povećanje broja gledanih TV programa na nekom geografskom području, smanjuje se brojnost i intenzitet ovakvih poremećaja.

ZAKLJUČCI

- Svaka neuobičajena aktivnost velikog broja ljudi tijekom dana izaziva poremećaje u dnevnom dijagramu potrošnje, posebno ako se događa iza 19 sati.
- U takvim situacijama potrebno je osigurati veći broj regulacijskih elektrana ili imati veću ratacijsku rezervu.
- Najveći broj korekcija u EES-u obavlja operativno osoblje na osnovi vizuelnog signala ili monitorskog prikaza. Stoga bi pored postojeće uvođenje preciznije-finije vremenske skale u planiranju i praćenju ostvarenja pridonijelo poboljšanju rada sustava.

- Unutar postojeće vremenske satne skale moguće je uvođenje kraćeg vremenskog intervala za djelomični obračun (naprimjer 15-minutnog). Četiri petnaesto-minutna integrala potrošnje ponovno bi zbrojena dala istu satnu vrijednost. U tom slučaju bi bila bolje vidljiva struktura potrošnje unutar jednog sata.

LITERATURA

[1] Pogonski podaci NDC Zagreb, DC Split

[2] L. R. Clarke Large Distubances in Electric Power Systems CIGRE Pariz 1998. Workshop material CIGRE SC 39

[3] "Anomalija poznatog razloga" HEP Vjesnik, broj 94/95 1998. godine

[4] "Kretanje potrošnje električne energije prigodom posjeta Svetog Oca Hrvatskoj" HEP Vjesnik, Božićni broj 1998. godine 96 (136)

[5] "Dijagram potrošnje" HEP Vjesnik, broj 110 (150) ožujak 2000. godine

[6] Pogonski podaci National Control Centar (NCC)-ENEL Rim

[7] Dr. sc. M. OŽEGOVIĆ i K. OŽEGOVIĆ: "Električne energetske mreže I i II"

[8] J. MOSER: "Elektroenergetički pojmovnik", Inačica 1997. Zagreb

SPECIFIC CONSUMPTION DISTURBANCES IN ELECTRIC POWER SYSTEMS

Television transmissions of different interesting events significantly change the daily load diagram of electric energy. This influence can be of different characteristics and intensity. Current time interval for settlement of accounts and data acquisition is one hour. That rough time scale can accommodate only basic needs. In this and similar situations, more suitable is a shorter (15-minute) account interval. It gives better insight into planned and realised consumption during an hour.

KENNZEICHNENDE VERBRAUCHSSTÖRUNGEN IN STROMERZEUGUNGSSYSTEMEN

Fernsehübertragungen verschiedener interessanter Ereignisse ändern wesentlich die Form des täglichen Stromverbrauchdiagramms. Die Beeinflussungen können von verschiedener Art sein und verschiedene Stärke haben. Die gegenwertige Abrechnungszeit- und Datensammlungsspanne beträgt eine Stunde. Eine so grobe Maßeinteilung mag für den Grobbedarf genügend sein. Bei den Störungen und ähnlichen Umständen ist der kürzere (15 min. dauernde) Zeitspanne angemessen. Sie gibt eine bessere Einsichtin den zustande gebrachten und planmässig vorgesehenen Stundenverbrauch.

Naslov pisaca:

Niko Mandić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d. d.
Sektor za upravljanje
i prijenos NDC Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Ante Ćurić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d. d.
Sektor za upravljanje
i prijenos NDC Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2000-11-30

PROCESNI SUSTAV U NDC-u

Gordana D o n k o v i ć, Zagreb

UDK 621.31:621.398
PREGLEDNI ČLANAK

Opisana je organizacija programskih komponenti i protok podataka koji predstavljaju platformu za upravljanje elektroenergetskim sustavom. Dan je pregled osnovngo sustava za nadzor i upravljanje u stvarnom vremenu, podsustava sekundarne regulacije snage i frekvencije te podsustava za dispečersku analizu mreže.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, sustav daljinskog vođenja, sekundarna regulacija snage i frekvencije, procesno računalo PDP, sustav za nadzor i prikupljanje podataka u stvarnom vremenu SCADA, konverter izlaznih podataka KIP.

1. UVOD

Zbog postizanja Y2K kompatibilnosti cjelokupne računalske i programske opreme Nacionalnog dispečerskog centra (NDC) izvršena je tijekom druge polovice 1999. godine promjena sklopovske i programske potpore sustava za nadzor i upravljanje EES-om. Zamjenu je bilo potrebno provesti uz zadržavanje veze sa svim vanjskim sustavima koji su bili povezani na prethodnu opremu: sekundarna regulacija snage i frekvencije, dispečerska analiza mreže (DAM) i izvještajnim sustavom poslovne informatike, te zadržati ili povećati funkcionalnost sustava i osigurati operativnost u prijelaznom razdoblju uz minimalno narušavanje raspoloživosti sustava. U NDC-u je bila instalirana "unikatna" programska platforma francuskog isporučitelja - tvrtke SODETEG T. A. I.

Instaliranjem novog SCADA sustava *(engl. Supervisory Control And Data Acquistion* = sustav za prikupljanje procesnih podataka te nadzor i upravljanje EES-om u realnom vremenu) **PROZA 11D/R,** proizvođača Končar KET Zagreb, postignuto je: izjednačavanje sklopovske i programske opreme NDC-a s onom u prijenosnim i distribucijskim dispečerskim centrima; elimininiranje ograničenja prijašnjeg sustava glede broja elemenata baze podataka te osiguranje potpore u redovitoj eksploataciji i dodavanju novih cjelina bez obzira na tehnologiju opreme.

SCADA sustav PROZA 11D/R u NDC Zagreb omogućava vođenje elektroenergetskog sustava (EES), te brzo i potpuno informiranje o svim događajima u procesu. Komunikacijske funkcije podrazumijevaju u prvom redu razmjenu podataka s procesom uz osiguravanje točnosti prikupljenih podataka upravljačkih signala, pravodobnog prijenosa i mehanizama zaštite. Komunikacija s procesom ostvaruje se preko FEP *(engl. front-end processor)* računala s CDU-ovima, koji komuniciraju s daljinskim stanicama (DAS). U CDU su implementirani postupci komuniciranja s mrežom daljinskih stanica, kao i postupci komuniciranja s drugim centrima (računalska mreža). Uz podatke iz procesa koji se prikupljaju preko DAS-ova, te FEP-a u CDU, u NDC-u postoje podaci o stanju SDV-a (sustav daljinskog vođenja).

Zbog specifičnosti upravljačkih i komunikacijskih funkcija sustav u NDC-u je podijeljen u:

- upravljački računalni sustav
- podsustav komunikacije čovjek - sustav
- komunikacijski podsustav.

U NDC Zagreb postoji veza SCADA sustava PROZA 11D/R i sljedećih sustava koji koriste podatke u stvarnom vremenu, ostvarena preko konvertera izlaznih podataka (KIP):

- sustav sekundarne regulacije snage i frekvencije
- dispečerska analiza mreža (DAM)
- PROZA OPEN sustav.

1.1. SCADA sustav PROZA 11D/R

Upravljački računalni sustav sastoji se od procesnih računala PDP 11/94 proizvodnje DEC, SAD u dvostrukoj konfiguraciji. Implementirani sustavi: operacijski sustav RSX11-M i sustav za vođenje procesa u stvarnom vremenu PROZA 11D/R - SCADA, predstavljaju kompletnu programsku potporu za rad sustava.

Podsustav komunikacije čovjek-sustav sastoji se od dva dvostruka i jednog jednostrukog upravljačkog

mjesta. Dvostruka upravljačka mjesta smještena su u dispečerskoj prostoriji, a jedno jednostruko mjesto instalirano je u prostoriji za edukaciju. Svako je mjesto opremljeno: osobnim računalom s ugrađenim programskim emulatorom semigrafičkog terminala, prikaznom jedinicom (2 monitora 20"), alfanumeričkom tipkovnicom i mišem.

Komunikacijski podsustav sadrži opremu za komunikaciju s drugim čvorovima računalne mreže.

1.2. Sustav sekundarne regulacije snage i frekvencije

Ovaj sustav se sastoji od slijedećih cjelina:

- sustava za komunikaciju čovjek-sustav
- uređaja regulatora.

Komunikacija čovjek-sustav odvija se na stroju koji je upravljačko mjesto SCADA sustava PROZA 11D/R. Sustav sekundarne regulacije snage i frekvencije u području komunikacije čovjek-sustav sastoji se od dvostruke konfiguracije računala sa SCADA sustavom PROZA R/F (tzv. ASR1 i ASR2 računala), NCM računala *(engl. Network Communication Module)* za vezu sustava PROZA R/F s MS Windows okruženjem za prikazno-upravljački dio sustava sekundarne regulacije snage i frekvencije koji je instaliran na upravljačkim mjestima SCADA sustava. Proizvođač ovog programskog sustava je Konačr KET Zagreb.

1.3. Dispečerska analiza mreže (DAM)

Dispečerska analiza mreže je programski sustav za analizu elektroenergetskih mreža, prilagođen dispečerskim potrebama. Proizvođač programskog sustava je Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku u suradnji s tvrtkom Iskra SYSEN d.o.o. Zagreb. Izvorni mjerni podaci i podaci uklopnog stanja EES-a prikupljaju se u procesnom računalu PDP-11 i prenose se putem serijske veze na računalo - konverter iz izlaznih podataka (KIP), koje podatke iz SCADA sustava PROZA 11D/R konvertira u format podataka prepoznatljiv sustavu DAM. Programski sustav DAM omogućava procjenu stanja mreže, računanje tokova snaga i analizu sigurnosti N-1. Sva mjerenja, uklopna stanja i svi rezultati proračuna prikazuju se pomoću grafičkog modela mreže, a podaci o vodovima, transformatorima i ostalim objektima u stanici (rastavljači, prekidači, sabirnice) nalaze se u *Raima* bazi podataka.

1.4. PROZA Open sustav

Za obradu podataka izvan stvarnog vremena instaliran je PROZA Open sustav. Sustav sklopovski sadrži komunikacijski server (KOM), mrežni poslužitelj (Novell NetWare ver. 5.0) i radnu stanicu. Komunikacijski server komunicira serijskom linijom s računalom za konverziju podataka (KIP) i dobiva od njega podatke stvarnog vremena iz SCADA sustava PROZA 11D/R. Podaci se s KIP-a šalju na komunikacijski server, koji uz obrade mjerenja, pohranjuje podatke u bazu podataka na mrežnom poslužitelju. Na radnoj stanici su instalirani programi za obradu podataka i kreiranje izvješća. Platforma na kojoj je razvijen PROZA OPEN sustav čine Novell Netware 5.0 mrežni operacijski sustav i Borland PARADOX v. 4.5. relacijska baza. Proizvođač ovog programskog sustava je Končar KET Zagreb.

1.5. Konverter izlaznih podataka (KIP)

Izvoz podataka iz SCADA sustava PROZA 11D/R prema ostalim podsustavima koji koriste podatke stvarnog vremena riješen je instalacijom posebnog komunikacijskog računala, tzv. konvertera izlaznih podataka - KIP. KIP je povezan serijskom RS232 vezom s PDP računalom, i osigurava prijenos procesnih podataka za programski sustav DAM, sustav PROZA OPEN i sekundarnu regulaciju snage i frekvencije.

1.6. Sustav za prijenos mjerenja nezavisno od SDV-a

U NDC-u Zagreb koristi se sustav daljinskog vođenja (SDV) u kojeg se uvode informacije o stanju EES-a iz većine elektroenergetskih postrojenja. Zbog zahtjeva za visokom raspoloživošću mjerenih veličina, osim postojećeg SDV-a uvodi se i jedan redundantni sustav za prikupljanje i prijenos mjerenja. Realizacija sustava je predviđena u dvije etape: u prvoj etapi realiziraju se mjerenja snage na vodovima razmjene i hidroelektranama koje se uključuju u sustav sekundarne regulacije (implementirano u NDC-u i u fazi je ispitivanja), a u drugoj etapi preostali dio sustava. Proizvođač ovog sustava je Konačr INEM Zagreb.

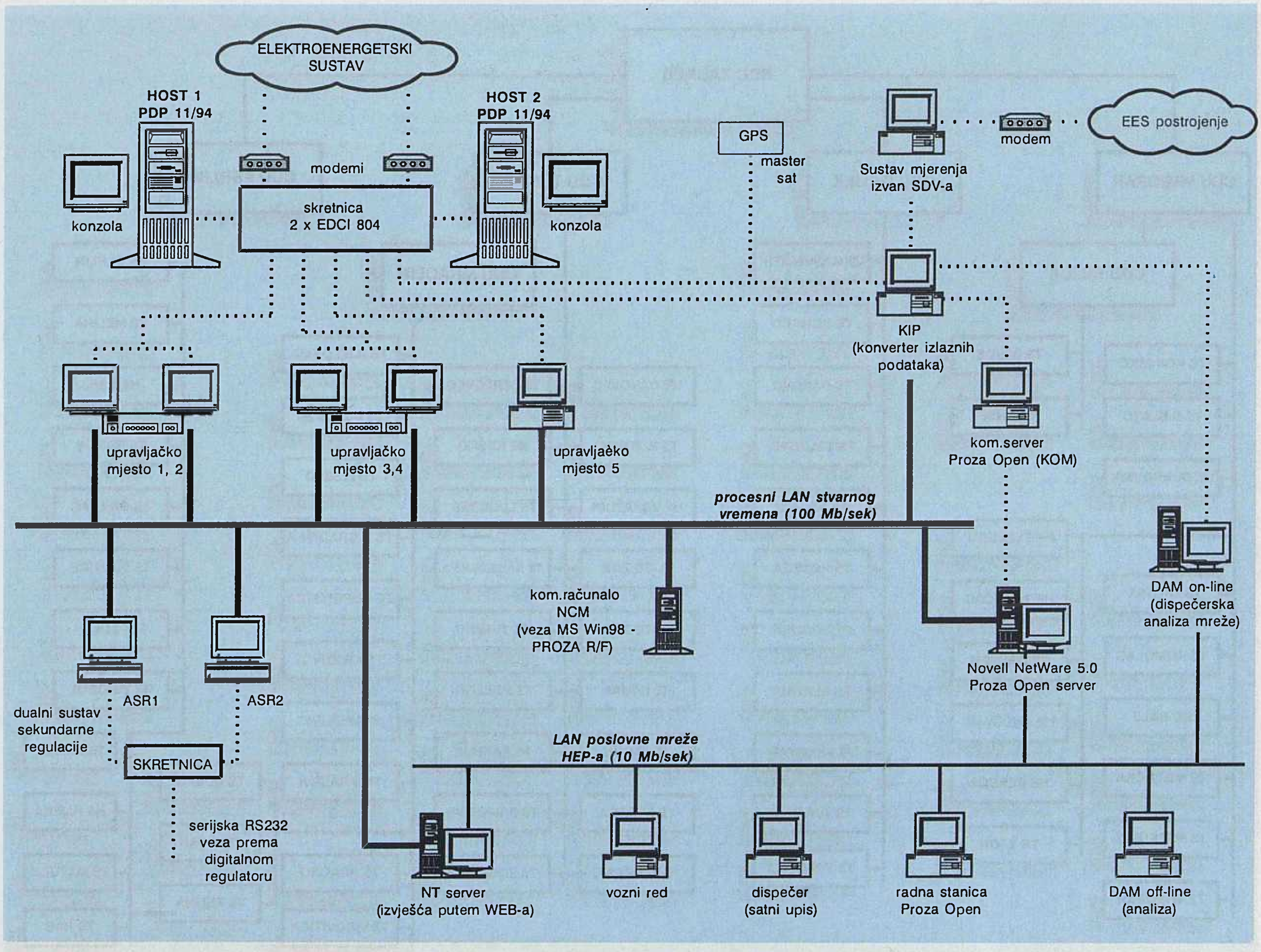
U elektroenergetskom postrojenju je lokalna jedinica (LPJ) koja prikuplja mjerne veličine i prosljeđuje podatke područnom komunikacijskom koncentratoru (PKK) koji šalje podatke u glavni komunikacijski koncentrator (GKK) smješten u NDC-u Zagreb. GKK je PC računalo s MS Win NT 4,0 operacijskim sustavom koje prosljeđuje podatke u sustav sekundarne regulacije preko konvertera izlaznih podataka (KIP).

Konfiguracija računalne opreme u NDC-u Zagreb prikazana je na slici 1.

2. SCADA SUSTAV PROZA 11D/R

2.1. Programska potpora sustava PROZA 11D/R

SCADA sustav PROZA 11D/R u NDC Zagreb omogućava vođenje elektroenergetskog sustava u stvarnom vremenu. PROZA 11D/R podržana je operacijskim sustavom RSX 11M. To je višekorisnički operacijski sustav DIGITAL-ovih računala serije PDP-11. Osnovu sustava čini skup programa trajno smještenih u memoriji računala u vrijeme njegova rada, dok se veći broj dodatnih funkcija realizira



Slika 1. Konfiguracija mreže računala u NDC-u Zagreb

izvođenjem programa koji su trajno smješteni na disku, a u memoriju se pune po pozivu. Komunikacija među programima vrši se pomoću programskih zahtjeva. PROZA 11D/R podržava funkcije prikupljanja, primarne obrade, prikaza i upravljanja. Sustav podržava uključenje različitih korisničkih programa i izgrađen je od nezavisnih programskih modula. Modularnost, kao i mehanizmi vođenja kroz program omogućuju jednostavno generiranje i inicijalizaciju sustava.

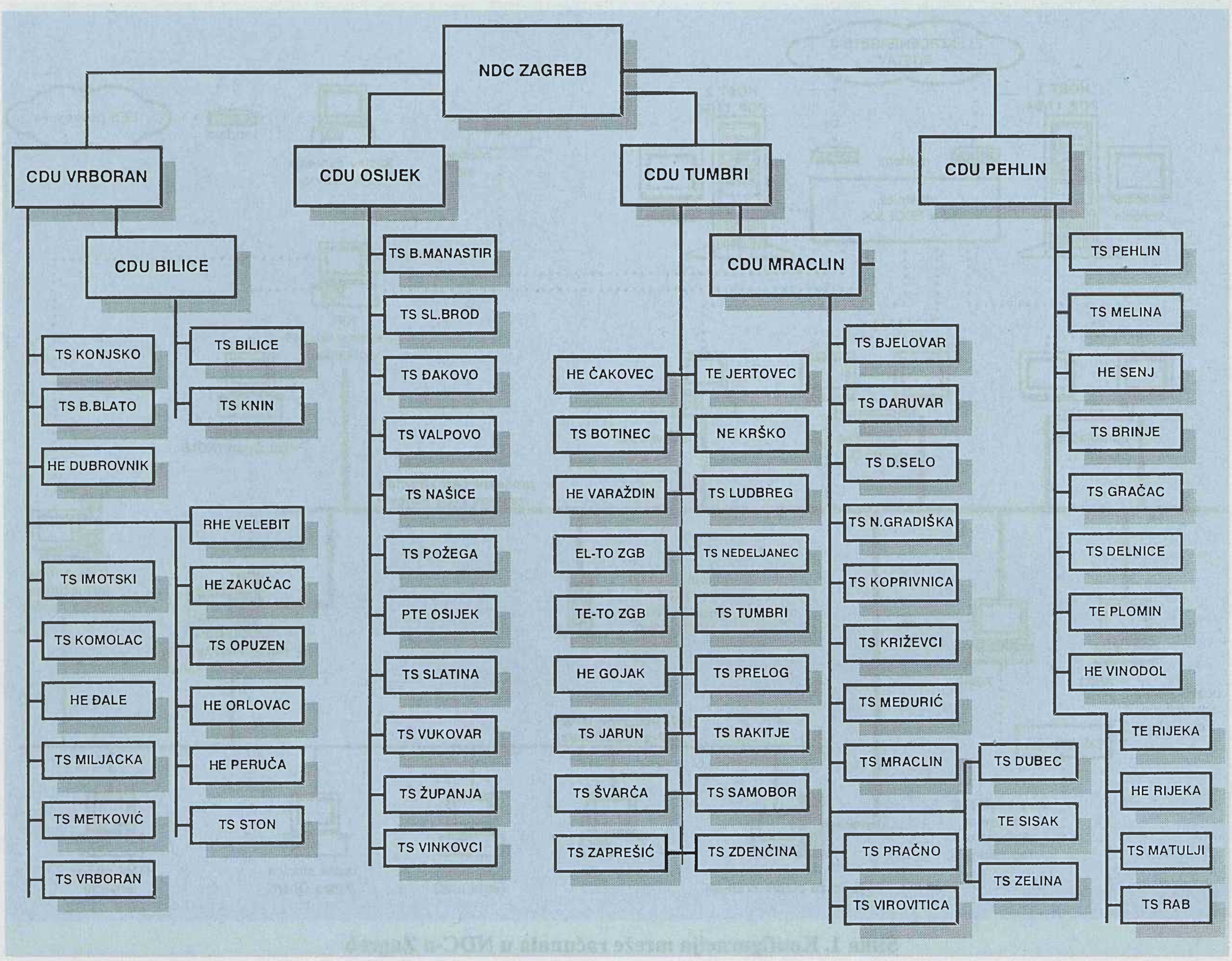
Komunikacija operatera sa sustavom definirana je kroz niz određenih pravila, a ona omogućuju obavještavanje operatera, prikaz podataka i intervencije u procesu. Operater komunicira sa sustavom preko upravljačkog mjesta. Zbivanja u procesu mogu se dokumentirati na pisaču, no u NDC-u je pohranjivanje listi događaja riješeno arhiviranjem listi na KIP-u (konverter izlaznih podataka). Komunicira se putem nekoliko tipova dijaloga i dva režima rada: vođenje i planiranje.

2.1.1. *Razmjena podataka CDU - NDC*

Razmjena podataka ostvaruje se između CDU-ova i NDC-a prema slici 2. Komunikacija s daljinskim stanicama vrši se preko FEP računala u CDU-ovima. Daljinske stanice se grupiraju i svaka grupa je preko sustava veza i skretnica vezana na jednu komunikacijsku jedinicu. Svaka komunikacijska jedinica komunicira nezavisno. Razmjena podataka s daljinskim stanicama vrši se po *SINDAC (engl. System for Integrated Network Dispatch And Control)* komunikacijskom protokolu koji određuje tipove poruka, kriterije prijenosa i postupke u slučaju kvarova i smetnji. U sve čvorove računalne mreže implementirani su programi za međuračunalsku komunikaciju. Pravci te komunikacije su slijedeći:

- CDU Mraclin - CDU Tumbri, CDU Tumbri - NDC
- CDU Bilice - CDU Vrboran, CDU Vrboran - NDC
- CDU Pehlin - NDC
- CDU Osijek - NDC.

Komunikacija se vrši pod kontrolom DDCMP fizičkog protokola, a razmjena podataka određena je mrežnim protokolom. DDCMP protokol se brine o zaštiti poruka te ispituje ispravnost primljenih poruka, a mrežni protokol usmjeruje poruke, određuje tip poruka i kriterij prijenosa. U međuračunalskoj komunikaciji razmjenjuju se podaci iz procesa, upravljački signali, vremenska sinkronizacija, raspodjela nadležnosti i sl. Uz procesne podatke koji se prikupljaju u CDU-ovima i prosljeđuju u NDC, u NDC-u postoje podaci o stanju SDV-a.



Slika 2. SDV Hrvatske

Procesni podaci uvode se u sustav preko podsustava DAS-ova (daljinskih stanica) i FEP računala u CDU-ovima prosljeđuju u NDC. Uvedeni su sljedeći tipovi procesnih podataka:

- digitalne indikacije (položaj aparata, zaštite, alarmi): jednostruke, dvostruke signalizacije
- analogna mjerenja (napon, snaga, frekvencija): jednosmjerna, dvosmjerna
- impulsna mjerenja energije
- digitalna mjerenja (položaj regulacione preklopke)
- komande.

U NDC se prenose:

- informacije iz svih vodnih polja 400 kV i 220 kV te vodnih polja 110 kV međudržavne i međuregionalne razmjene koji su nužni dispečerima zbog cjelovitog pregleda energetskih prilika u mreži 110 kV, te dvije vrste grupnih alarma;
- uklopna stanja svih aparata na spojnim poljima 400 kV, 220 kV i 110 kV, te dvije vrste grupnih alarma;
- uklopna stanja prekidača i sabirničkih rastavljača s primara i sekundara na transformatorskim poljima 400 kV, 220 kV i 110 kV, te četiri alarma;
- mjerenja radne i mjerenja jalove snage;
- informacije iz generatorskog polja 400 kV i 110 kV (digitalne indikacije, analogna mjerenja, impulsna mjerenja radne i jalove snage svakog generatora na pragu elektrane);
- uklopna stanja sabirničkih i sekcijskih rastavljača na sabirnicama 400 kV, 220 kV i 110 kV;
- mjerenja napona na sabirnicama;
- opća globalizacija (signal: lokalno upravljanje, daljinsko upravljanje).

Podaci o stanju SDV-a predstavljaju čitav niz kontrolnih informacija potrebnih za ispravan rad sustava i ispravnu razmjenu procesnih podataka. Većinu SDV podataka sustav dobiva analizom razmjene podataka, dok neki elementi SDV-a, u prvom redu računalski sustavi, imaju ugrađenu dijagnostiku.

Analiziraju se slijedeći elementi SDV-a:

- dualni rad računalskog sustava
- dualni rad međuračunalske veze
- međuračunalske komunikacijske jedinice
- međuračunalska komunikacija HOST NDC - FEP NDC
- komunikacijske jedinice za vezu DAS - FEP
- daljinska stanica i veza stanica - FEP
- jedinica za izbor prijenosnog puta.

2.1.2. *Funkcije SCADA sustava u NDC-u*

Funkcije NDC-a moguće je podijeliti na:

- upravljačke i nadzorne funkcije,
- prijenos podataka iz vanjskog EES-a u NDC,
- sinkronizacija vremena,
- izvoz podataka stvarnog vremena u ostale podsustave.

Vođenje EES-a Hrvatske organizirano je na više hijerarhijskih nivoa (TS, CDU, NDC) što uz pretpostavku uske međusobne koordinacije, zahtijeva i jasno definira opseg operativne nadležnosti pojedinih razina. Međutim, to podrazumijeva mogućnost brze i pouzdane preraspodjele nadležnosti kada to pogonske prilike i okolnosti zahtijevaju. Nadležnost je inicijalno pridjeljena CDU-u, a u slučaju kvara automatski se prenosi u NDC. CDU i u normalnim pogonskim prilikama može predati nadležnost NDC-u na zahtjev dispečera. Putem upravljačkog dijela komunikacije čovjek-sustav, ostvaruju se sljedeće funkcije:

- obrada, prikaz i nadzor analognih, digitalnih i impulsnih mjerenja;
- signalizacija uklopnih stanja aparata;
- signalizacija prorada zaštita i ostalih alarmnih stanja u EES-u i SDV-u;
- tretiranje pojedinih događaja i prelazak pragova mjerenja kao alarm i/ili kvar;
- daljinsko upravljanje dvopoložajnim aparatima (ako NDC ima nadležnost);
- distribucija točnog vremena unutar SDV-a;
- sudjelovanje u razmjeni nadležnosti;
- nadzor pripadnog SDV-a;
- funkcije planiranja (on-line promjene parametara i konstantni sustav).[1]

Prikupljanje podataka iz daljinske stanice izvodi se paralelno preko svih komunikacijskih jedinica na razini CDU-a, a zatim preko FEP računala prosljeđuju u NDC. Prikupljaju se procesni podaci (digitalni signali, analogna, digitalna i impulsna mjerenja) i podaci o stanju SDV-a (stanje daljinskih stanica, prijenosnih puteva i komunikacijskih jedinica). Svi procesni podaci osim impulsnih mjerenja prenose se spntano. Za digitalne signale i mjerenja prenosi se svaka **promjena** stanja. Analogna mjerenja se prenose u slučaju kad se njihova vrijednost promijeni iznad iznosa mrtve zone. Energetska mjerenja prenose se u određenim periodičkim razmacima. Upravljanje procesom izvodi se preko dvopoložajnih aparata. Dvopoložajnim aparatima upravlja se jednostrukim impulsnim signalima. Distribucija poruka s procesnim podacima u različite centre obrade (CDU, NDC) vrši se na temelju podataka o sklopvskoj konfiguraciji daljinskih stanica i logičke povezanosti DAS-ova s pojedinim centrima obrade. Nakon procesnih podataka dobivenih iz različitih DAS-ova na isti format, adresnom dijelu poruke dodaje se još broj stanice koja je poslala poruku, broj komunikacijske jedinice na koju je vezana stanica i broj računalnog čvora. Time se dobija **jedinstvena adresa** za bilo koji procesni podatak unutar kompletne mreže računala SDV-a koji se naziva **ključ podataka.**

Vremenski vezane funkcije čine posebnu cjelinu programskog sustava, a odnose se na:

- vremensku sinkronizaciju sata u računalima
- vremensku sinkronizaciju satova realnog vremena u daljinskim stanicama
- pokretanje prikupljanja (zamrzavanja) vrijednosti akumuliranih impulsnih veličina (iz CDU-ova).

Vremenska sinkroniziranost satova u svim računalima povezanim u mrežu predstavlja jedan od osnovnih preduvjeta za ispravno nadziranje procesa pomoću informacijskog sustava. Računala su povezana sa stabilnim satom koji je satelitski sinkroniziran (GPS, *engl. Global Position System),* a na izlazu daje na serijskom portu (RS 485) apsolutno vrijeme i beznaponski kontakt sa sinkro impulsima. Sustav za očitanje točnog vremena ima funkciju automatskog upisa vremena kod pokretanja računala. Time se izbjegava pogreška upisa operativnog osoblja.

Veza između PDP 11/94 računala i konvertera izlaznih podataka (KIP) prema vanjskoj mreži računala ostvarena je serijskom asinkronom vezom, brzine prijenosa 9600 b/sek. Gubitak informacija pri prijenosu onemogućen je odgovarajućim komunikacijskim protokolom. Na KIP-u postoje programski moduli zaduženi za komunikaciju prema SCADA računalu: komunikacijski program (driver) koji obavlja osnovni nivo komunikacije i priprema cjelovite, ispravne poruke dobivene od PDP 11/94; i modul za održavanje baze podataka koji svaku primljenu poruku pohranjuje na jedno ili više mjesta u memorijskoj bazi. Zadaća komunikacijskog programa na KIP-u je uspostavljanje i održavanje komunikacije prema PDP 11/94, prikupljanje i prepoznavanje poruka koje stižu od PDP 11/94, te odašiljanje poruka namijenjenih sustavima DAM, PROZA OPEN i sekundarna regulacija snage i frekvencije.

2.2. Sklopovska konfiguracija NDC-a

Centralna jedinica je konfigurirana kao dvostruki računalski sustav DEC-ovog procesnog računala PDP 11/94. Rad dvostrukih računala osniva se na principu "vodeći - prateći" u modu vruće rezerve. Vodeći računalni sustav u potpunosti upravlja radom SDV-a, a međuračunalnom komunikacijom neprekidno održava istovjetnost baze podataka i internih programskih stanja s pratećim računalom. Računala stalno ispituju međusobnu ispravnost, a u slučaju kvara prateće preuzima ulogu vodećeg. Sve podatke vodeće i prateće računalo razmjenjuju brzom interprocesorskom vezom kapaciteta kanala 2 Mb/sek. Konfiguracija HOST računala sastoji se od:

- upravljačkog (HOST) računalskog dijela;
- podsustava komunikacije čovjek-sustav;
- komunikacijskog podsustava.

Izvršeno je udvostručenje kritičnih prijenosnih puteva, računalskih sustava (HOST računalo PDP 11/94), komunikacijskih jedinica te medija komunikacije čovjek-sustav (upravljačko-prezentacijskih mjesta). Svako PDP 11/94 računalo opremljeno je s:

- centralnom procesorskom jedinicom (16-bitni proces) na kojoj su 2 MB operativne memorije
- satom realnog vremena KW 11-P
- fiksnom disk jedinicom kapaciteta 512 MB, SCSI tipa
- magnetooptičkim diskom 3,5" kapaciteta 230 MB, SCSI tipa
- alfanumeričkim konzolnim videoterminalom s matričnim pisačem za servisne potrebe tip VT220/FX300
- asinkronim 16-linijskim multiplekserom tipa DHU11-V brzine prijenosa do 14,4 kb/sek
- jedinicom za međuračunalsku komunikaciju.[1]

Značajka arhitekture računalskih sustava je sustav dvosmjernih asinkronih sabirnica UNIBUS koji povezuje sve jednice sustava.

Dodirnu točku SDV-a i operativnog osoblja (dispečera) predstavlja podsustav komunikacije čovjek-sustav. Funkcije koje ostvaruje ovaj podsustav su: prezentacija trenutnog stanja EES-a i SDV-a, upozoravanje operatera na događaje u sustavu i njihovo dokumentiranje te izvršavanje operativnih zahvata dispečera. Komunikacija operatera sa sustavom vrši se putem dva pogonska upravljačka mjesta, i jednog edukacijskog upravljačkog mjesta. Svako upravljačko mjesto opremljeno je osobnim računalom s ugrađenim programom za emulaciju terminala na MS Windows platformi ("Semulwin 95"); 2 color 20" monitora, tipkovnicom i mišem. Svako upravljačko mjesto spojeno je s PDP računalom preko serijske RS232 veze i razmjenjuju podatke brzinom od 9600 b/sek.Š1Ć

Za razmjenu podataka NDC-a s pripadnom mrežom FEP računala u CDU-ovima koristi se vlastiti sustav veza Hrvatske elektroprivrede i sustav veza HT-a. Brzina prijenosa podataka između daljinskih stanica i komunikacijskog podsustava FEP-a iznosi 200 b/sek ili 600 b/sek. Za razmjenu se koriste VF, UKV i kabelske veze. Sinkroni komunikacijski međuskopovi DMC 11 smješteni su u okvirima računala PDP 11/94 i kabelima su spojeni na komunikacijske skretnice EDCI 302 odnosno EDCI 104 u DS-8 komunikacijskom podsustavu. Skretnice se vezuju na uređaje radio veze preko sinkronih modema IBM 3863. Brzina komunikacije na vezama NDC - CDU Pehlin, NDC - CDU Vrboran i NDC - CDU Pehlin je 2400 b/sek, a na vezi NDC - CDU Tumbri je 4800 b/sek.

3. KONVERTER IZLAZNIH PODATAKA (KIP)

3.1. Sklopovska konfiguracija KIP-a

Konverter izlaznih podataka je računalo na kojem se nalazi paralelna baza podataka SCADA sustava PROZA 11D/R, a zadaća mu je da istodobno proslijedi podatke iz stvarnog vremena svim drugim sustavima kojima su ti ili dio tih podataka potrebni. KIP je povezan serijskom RS232 vezom s PDP računalom, i osigurava prijenos procesnih podataka za programski sustav DAM, sustav PROZA Open, sekundarnu regulaciju snage i frekvencije te za izvoz podataka na WEB server.

KIP je jedno od četiri računala na procesnoj mreži NDC-a koja imaju instaliran QNX operativni sustav. Ostala tri računala su: serveri za sekundarnu regulaciju snage i frekvencije u dual modu ("vodeći - prateći"): ASR1 i ASR2; komunikacijsko računalo za vezu Proza R/F sustava i MS Windows okruženja: NCM *(engl. Network Communication Module);* vidi sliku 1.

Lokalna računalna mreža u NDC-u podijeljena je u dva dijela: procesna mreža (100 Mb/sek) na kojoj se nalaze sva upravljačka mjesta, KIP, računala sekundarne regulacije; i poslovna mreža HEP-a (10 Mb/sek) na kojoj su WEB server, DAM računala i ostali korisnici. Na pojedinim točkama (računalima) mreže se "dodiruju" zbog izvoza podataka iz jedne mreže u drugu, ali kontrolom i dozvolom pristupa osigurana je zaštita podataka.

3.2. Programska potpora na KIP-u i opis podataka

Program baze podataka *(KIP_db)* je glavni programski modul KIP-a kojem je zadaća da prihvaća svaku novu vrijednost elemenata iz PROZA 11D/R sustava, provodi primarnu obradu podataka, pohranjuje u memorijske strukture i potom prosljeđuje podatak drugim sustavima formiranjem poruke u formatu prilagođenom baš za taj sustav i stavlja u odgovarajući rep. Drugi način isporuke podataka je na diskretan zahtjev drugog sustava: program za komunikaciju s drugim sustavom dobije od njega zahtjev i proslijedi ga programu baze podataka *KIP_db,* na što će on formirati poruku od elemenata koji se definiraju baš za taj sustav. Programska podrška KIP-a sastoji se od nekoliko programskih modula:

- Program *KIP_in)* dobiva na komunikacijskom portu poruke od PDP računala.
- Program za vezu s DAM sustavom *(KIPtoDAM)* komunicira putem serijskog porta koristeći "master-slave" protokol IEC 60870. DAM strana je master, a KIP strana slave. Program *KIPtoDAM* sluša zahtjeve DAM strane, te na svaki zahtjev daje odgovor. Na početku komunikacije DAM traži verziju baze, te ako je različita od njegove, zahtijeva se prijenos svih opisa elemenata (signala, mjerenja i regulatora) s pripadajućim brzim ključevima. Nove - promijenjene vrijednosti signala, mjerenja i regulatora, program *KIPtoDAM* dobiva od programa baze podataka *KIP_db* u tri repa.
- Program za vezu s PROZA OPEN sustavom distribuiran je na tri lokacije (računala): na samom KIP računalu, zatim na komunikacijskom serveru (tzv. KOM) i na Novell serveru. PROZA OPEN sustav

služi za pohranjivanje i prikazivanje trenutnih i povijesnih podataka PROZA 11D/R sustava.

- Program za izvoz podataka proizvodnje *(KIPtoWEB)* omogućava nekim korisnicima izvan procesnog sustava predočavanje dijela procesnih podataka kao što je trenutna proizvodnja električne energije na pojedinim agregatima elektrana. Na KIP-u je dignut protokol TCP/IP i ftp server, pa računalo na kojem se nalazi WEB server periodički uzima putem ftp protokola datoteku s trenutnim vrijednostima proizvodnje i prezentira korisnicima.
- Program za arhiviranje listi *(Klista)* prima sa serijskog porta KIP-a poruka sa PDP računala, eliminira znakove za kontrolu pisača i pohranjuje poruke u datoteku.

Na KIP-u još postoje: program za nadgledanje rada KIP-a: *KIPmon,* program za provjeru baze podataka *KIPview,* program za sinkronizaciju vremena sa GPS-a: *Kgpsclock* i drugi.

Tokove podatka na ulazu i izlazu KIP-a najbolje ilustrira slika 3. Komunikacijske veze između KIP-a i ostalih računala prikazane su na slici 4.

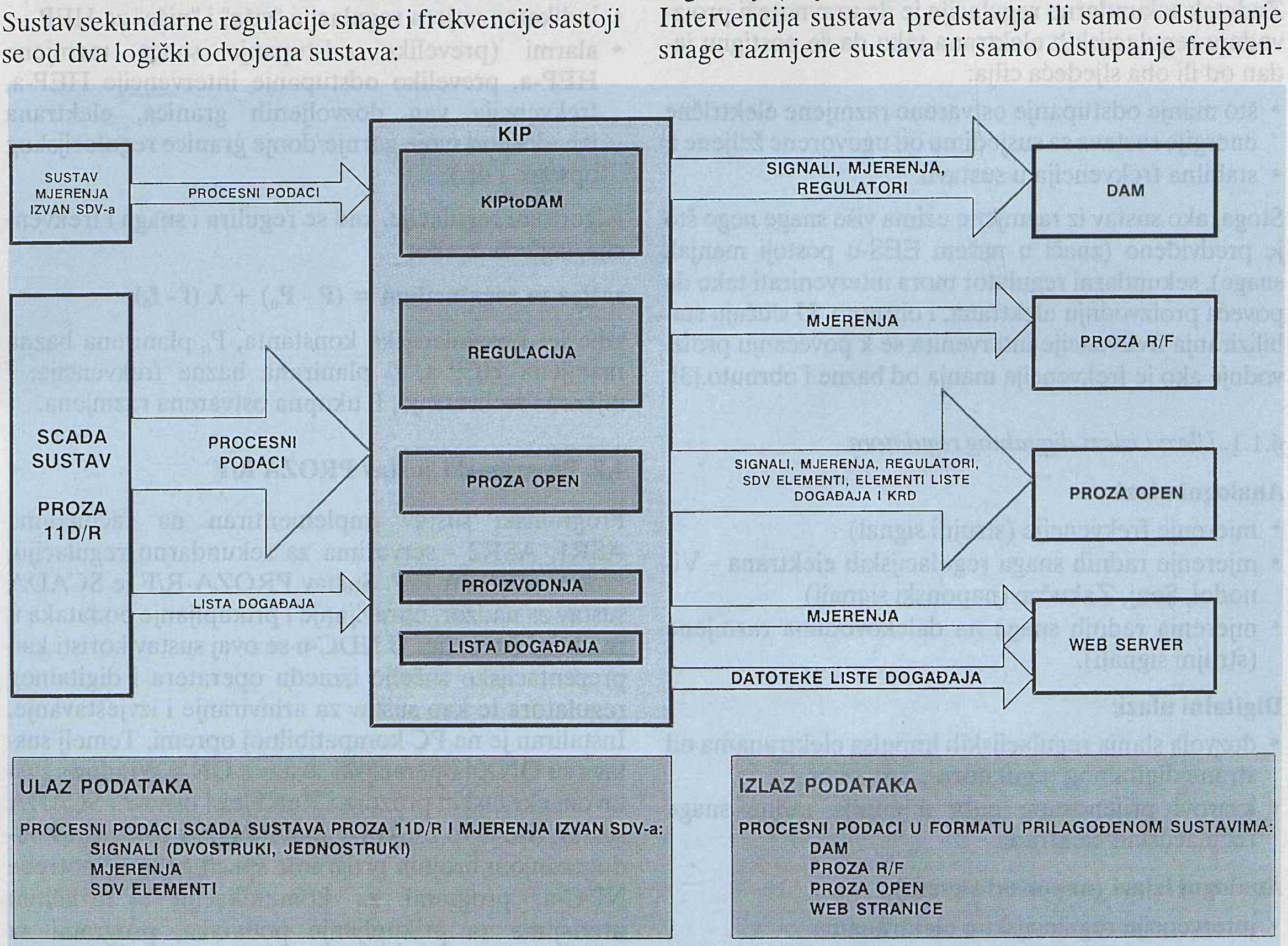
4. SUSTAV SEKUNDARNE REGULACIJE SNAGE I FREKVENCIJE

Sustav sekundarne regulacije snage i frekvencije sastoji se od dva logički odvojena sustava:

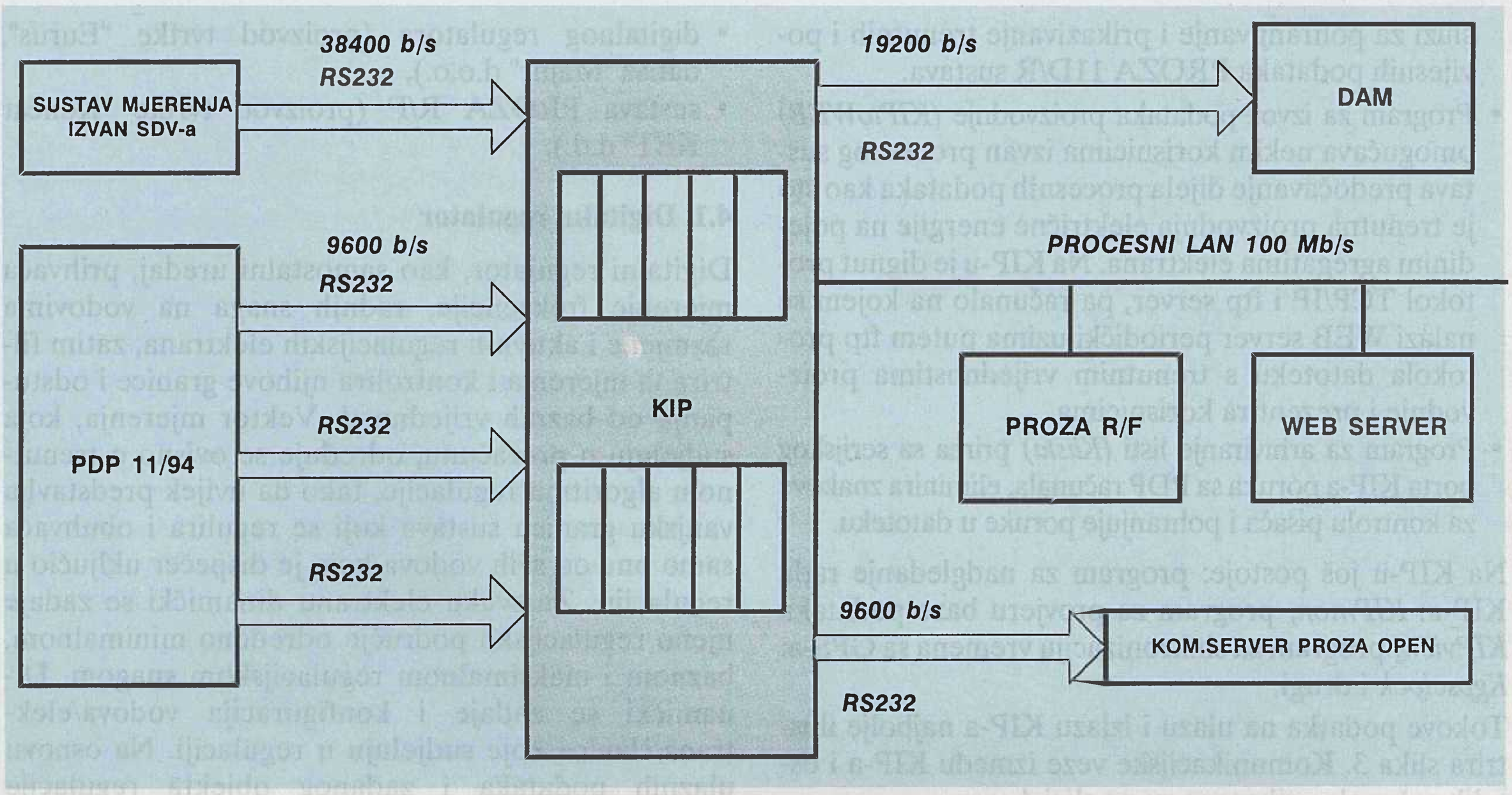
- digitalnog regulatora (proizvod tvrtke "Eurus", danas "Majur" d.o.o.),
- sustava PROZA R/F (proizvod tvrtke "Končar KET" d.d.).

4.1. Digitalni regulator

Digitalni regulator, kao samostalni uređaj, prihvaća mjerenje frekvencije, radnih snaga na vodovima razmjene i aktivnih regulacijskih elektrana, zatim filtrira ta mjerenja i kontrolira njihove granice i odstupanja od baznih vrijednosti. Vektor mjerenja, koja sudjeluju u proračunu, određuje se ovisno o trenutnom algoritmu regulacije, tako da uvijek predstavlja vanjsku granicu sustava koji se regulira i obuhvaća samo one od svih vodova koje je dispečer uključio u regulaciju. Za svaku elektranu dinamički se zadaje njeno regulacijsko područje određeno minimalnom, baznom i maksimalnom regulacijskom snagom. Dinamički se zadaje i konfiguracija vodova/elektrana/članica koje sudjeluju u regulaciji. Na osnovu ulaznih podataka i zadanog objekta regulacije (frekvencija i/ili razmjena), izračunava se i integrira u vremenu intervencija za cijeli sustav. Intervencija sustava, odnosno zahtjev za regulacijom, se zatim raspodjeljuje na sve elektrane koje trenutno sudjeluju u regulaciji (šalju im se regulacijski impulsi "više-niže"). Intervencija sustava predstavlja ili samo odstupanje snage razmjene sustava ili samo odstupanje frekven-



Slika 3. Tokovi podataka u KIP-u



Slika 4. Komunikacijske veze KIP – drugi sustavi

cije sustava ili sumarno oba odstupanja ovisno o tome da li se regulira samo razmjena, samo frekvencija ili oboje.

Zadatak sekundarne regulacije je da uravnoteži proizvodnju regulacijskih elektrana tako da se postignu jedan od ili oba sljedeća cilja:

- što manje odstupanje ostvarene razmjene električne energije sustava sa susjedima od ugovorene željene i
- stabilna frekvencija u sustavu.

Stoga, ako sustav iz razmjene uzima više snage nego što je predviđeno (znači u našem EES-u postoji manjak snage), sekundarni regulator mora intervenirati tako da poveća proizvodnju elektrana, i obrnuto. U slučaju stabiliziranja frekvencije intervenira se k povećanju proizvodnje ako je frekvencija manja od bazne i obrnuto.[3]

4.1.1. *Ulazi i izlazi digitalnog regulatora*

Analogni ulazi:

- mjerenje frekvencije (strujni signal)
- mjerenje radnih snaga regulacijskih elektrana - Vinodol, Senj, Zakučac (naponski signali)
- mjerenja radnih snaga na dalekovodima razmjene (strujni signali).

Digitalni ulazi:

- dozvola slanja regulacijskih impulsa elektranama od strane digitalnog regulatora
- kvarovi prijenosnog puta mjerenja radne snage regulacijskih elektrana.

Analogni izlazi (naponski signali):

- intervencije regulacijskim elektranama
- intervencija HEP-a
- razmjena HEP-a.

Digitalni izlazi:

- regulacijski impulsi "više" i "niže" elektranama koje sudjeluju u regulaciji
- indikator smjera regulacije "više" i "niže" za HEP
- alarmi (preveliko odstupanje snage razmjene HEP-a, preveliko odstupanje intervencije HEP-a, frekvencija van dozvoljenih granica, elektrana iznad/ispod svoje gornje/donje granice regulacijskog opsega, i dr.).

Algoritam regulacije, kad se regulira i snaga i frekvencija, izgleda ovako:

$$\textbf{zatjev za regulacijom} = (P - P_0) + \lambda\,(f - f_0)$$

gdje je: λ regulacijska konstanta, P_0 planirana bazna razmjena HEP-a, f_0 planirana bazna frekvencija, f mjerena frekvencija, P ukupna ostvarena razmjena.

4.2. Programski sustav PROZA R/F

Programski sustav implementiran na računalima ASR1, ASR2 - serverima za sekundarnu regulaciju, zvoe se **PROZA R/F.** Sustav PROZA R/F je SCADA sustav za nadzor, upravljanje i prikupljanje podataka u realnom vremenu. U NDC-u se ovaj sustav koristi kao prezentacijsko sučelje između operatera i digitalnog regulatora te kao sustav za arhiviranje i izvještavanje. Instaliran je na PC kompatibilnoj opremi. Temelj sustava su QNX4 operacijski sustav s QNX Windows sustavom ekranskih prozora i RealFlex4 osnovni SCADA sustav. Sve je to zaokruženo u PROZA R/F sustav nadogradnjom brojnih programa specifičnim za potrebe NDC-a: programi za komunikaciju s različitim uređajima za prikupljanje podataka, programi za bilježenje kronologije procesa, programi za manipuliranje arhiviranim listama i izvještajima, te prijevodi

većine tekstova s kojima se operater susreće na hrvatski jezik. PROZA R/F omogućava definiranje i održavanje podataka poslanih iz procesa, povijesno praćenje procesnih podataka, kreiranje grafičkih prikaza postrojenja i procesa kao i definiranje i izdavanje izvještaja.

Sve funkcije PROZA R/F sustava, uključujući i promjene elemenata u bazi podataka, mogu se obavljati za vrijeme rada sustava (on-line), neovisno o prikupljanju podataka i osnovnim obradama. Skupovi procesa odvijaju se istodobno (što omogućuje višezadaćni rad QNX-a) i utječu jedan na drugi samo kad je to određeno programskom logikom. Većina procesa djeluje asinkrono, tj. obrada se pokreće nekim događajem, tako da nema bespotrebnog kontinuiranog opterećenja sustava.

Funkcije PROZA R/F mogu se podijeliti na:

- prikupljanje procesnih podataka i njihova primarna obrada (postoje 3 vrste procesnih podataka: statusne veličine, analogne veličine i brojila)
- formiranje izvedenih, tj. izračunatih podataka i reakcija na alarme
- upravljanje procesnim elementima
- obradu kronoloških podataka (spremanje u tzv. *Raima* bazu podataka)
- liste alarma i događaja (spremaju se poruke o promjenama stanja elemenata, rezultatima upravljanja, ručnim upisima, zbivanjem u mreči i sl.)
- vremensko praćenje podataka (spremanje podataka u povijesnu bazu)
- obrade trendova (grafičko praćenje nekog mjerenja u vremenu) i generiranje izvještaja
- zahvate u bazi podataka: dodavanje novih elemenata ili promjene postojećih
- izvoz podataka na druge platforme (npr. izvoz podataka na MS Windows platformu: Excel, Access i sl.).

S vremenskog aspekta funkcije PROZE R/F sustava mogu se podijeliti na funkcije:

- **nadzora** - odvijaju se u sadašnjosti - nadzor proizvodnje, razmjene, regulacije i nadzor sustava
- **planiranja** - za budućnost - kreiranje voznog reda i primjena voznog reda na regulaciju
- **dokumentiranja** - prate povijesne podatke iz prošlosti - nastajanje, pristup i pohrana dokumenata.[4]

4.2.1. *ONX operacijski sustav*

ONX RTOS (real time) operacijski sustav je 32-bitni operacijski sustav za osobna računala sa certificiranom POSIX kompatibilnošću, što znači da u potpunosti odgovara standardu za operacijske sustave stvarnog vremena. Omogućava obrade u stvarnom vremenu zbog visoke brzine odziva na događaje. Podržava višezadaćni i višekorisnički rad s razinama prioriteta (vrijeme procesora se pridjeljuje procesima s višim prioritetom). Za visoku brzinu obrada, važna je i činjenica da se svi pokrenuti procesi mogu smjestiti u RAM memoriju u svoje zaštićeno područje (za razliku od operacijskih sustava koji koriste i virtualnu memoriju na tvrdom disku, što usporava izmjene procesa). Zbog ovih svojstava QNX-a, PROZA R/F ima mogućnost obrade više desetaka tisuća procesnih elemenata bez gubitka na brzini. Propusnost događaja i alarma koji pristužu u sustav je 100-200 u sekundi.Š2Ć

4.2.2. *Mrežni sustav: Fleet i TCP/IP*

Operacijski sustav QNX pruža transparentnost lokalne mreže, tj. vidljivost cjelokupnog file sustava čvora na bilo kojem drugom čvoru. To svojstvo je inherentno operacijskom sustavu i ostvaruje se zaštićenom *Fleet* protokolom. Svaki čvor je na neki način server svih svojih podataka drugim čvorovima, naravno uz sigurnost pristupa svakoj pojedinoj datoteci i procesu. Četiri čvora predstavljaju već spominjana četiri računala: ASR1, ASR2, NCM i KIP. Inherentnost Fleet protokola osigurava najveću moguću brzinu povezivanja procesa i izvršavanja mrežnih poslova.[2]

U skladu s POSIX standardom, potpuno je podržan TCP/IP protokol. Vodeće PROZA R/F računalo može služiti kao TCP/IP server, pa je time osigurana otvorenost sustava za dohvat arhivskih datoteka i ostalih dokumenata koji nastaju tijekom redovitog rada. Osim toga omogućen je i obosmjerni prijenos podataka: na nivou datotečnog sustava i na nivou komunikacije između procesa.

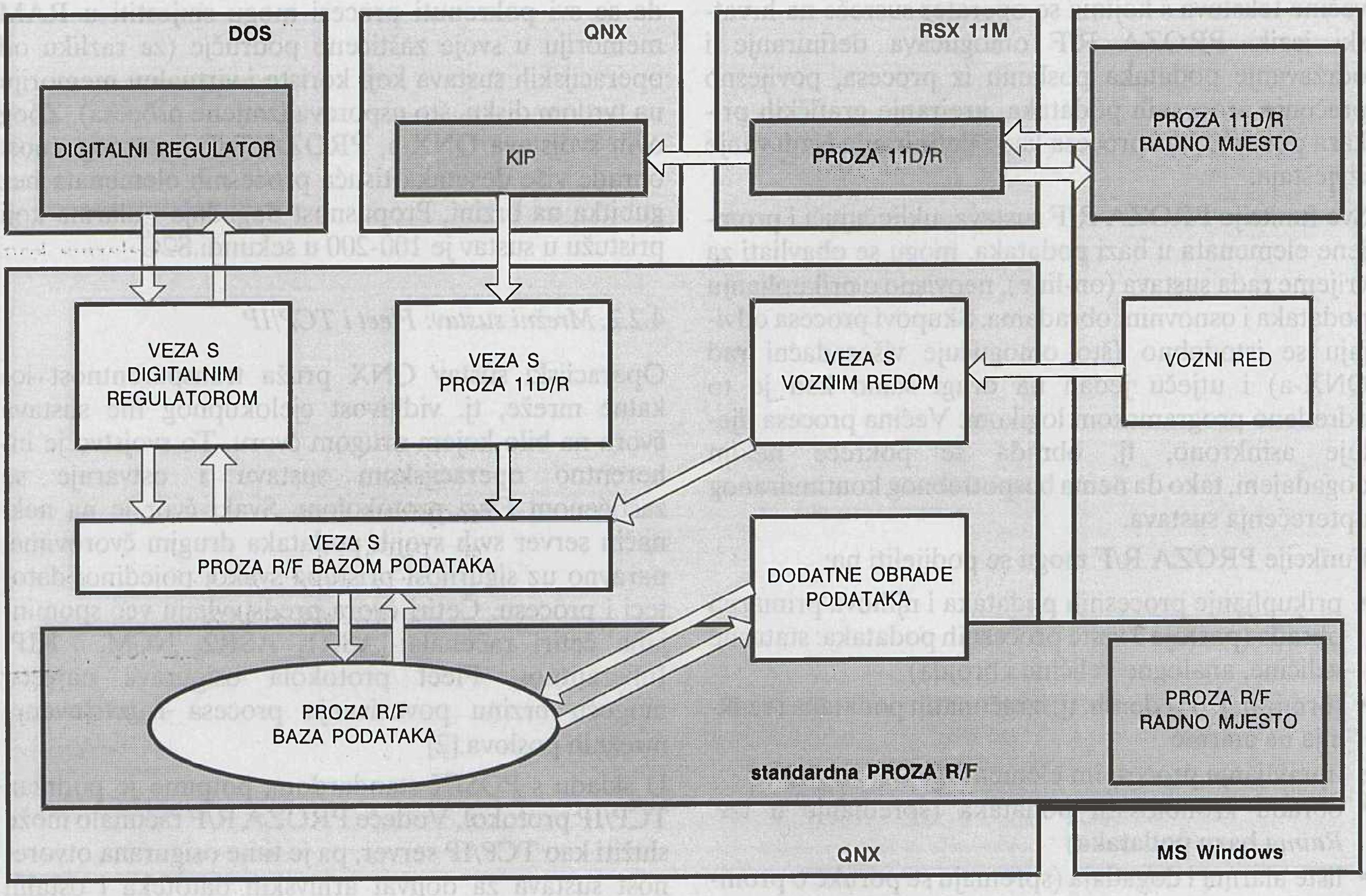
Kombiniranjem oba opisana protokola: *Fleet-a* za vezu prema PROZA R/F SCAD-e i TCP/IP za povezivanje s vanjskim svijetom (tj. drugim lokalnim mrežama), iskorištena su najbolja svojstva tih protokola i uz to potpuno osiguran procesni dio od utjecaja ostalih protokola s kojima eventualno dijeli istu fizičku mrežu.

4.2.3. *Opis programskih komponenti*

Slika 5 prikazuje organizaciju programskih komponenti u sustavu PROZA R/F.

Za potrebe sekundarne regulacije razvijena je dodatna programska potpora koja osigurava **prijam podataka** iz PROZA 11D/R SCADA sustava preko konvertera izlaznih podataka (KIP). Od ulaznih podataka PROZA R/F koristi procesne podatke, odnosno mjerenja snage generatora i mjerenja snage na vodovima razmjene. Ta mjerenja služe za: prikaz na slikama, kao argumenti izračuna složenih mjerenja i/ili nadomjesna mjerenja za algoritam regulacije (umjesto onih dobivenih preko digitalnih regulatora).

Vozni red za regulaciju se kreira i modificira programom, izvan sustava PROZA R/F, koji se aktivira na PROZA 11D/R upravljačkom radnom mjestu u MS Windows okruženju. Vozni red predstavlja tablicu od 24 retka, svaki redak odgovara jednom satu u danu, a stupci sadrže sve potrebne podatke za planiranje rada



Slika 5. Organizacija programskih komponenti u sustavu sekundarne regulacije

regulacije. Nakon pokretanja omogućava se izbor datuma i dohvat i pregled datoteka za izabrani datum, ili se kreira nova datoteka ukoliko već ne postoji. Nakon dovršenih upisa/izmjena voznog reda datoteka se kopira na trenutno vodeće PROZA R/F računalo (ASR računalo). Satno planirane vrijednosti iz voznog reda se prosljeđuju u bazu podataka sustava i u digitalni regulator. Primjena voznog reda na regulaciju aktivira se na dva načina: automatski u svaki puni sat ili komandom dispečera za učitavanje voznog reda.

Digitalni regulator, u sklopu svojih funkcija, osim autonomnih mogućnosti za parametriranje i prikaz rezultata, komunicira s vodećim PROZA R/F (ASR1) računalom. S tom svrhom programski dio PROZA R/F za **komunikaciju s digitalnim regulatorom,** preko serijske veze, periodički razmjenjuje parametre i rezultate regulacije i povezuje regulator s ostalim dijelovima sustava (ekranskim prikazima na radnom mjestu dispečera, podsustavom za vozni red, podsustavom za izvještavanje).

Svi programi koji povezuju PROZA R/F sustav s ostalim podsustavima trebaju svoje primljene podatke pohraniti u **bazu podataka** ili dohvatiti iz nje vrijednosti. Programi pohranjuju podatke tako da ih proslijede programu "agentu" koji ih tada sprema u odgovarajuće elemente baze podataka.

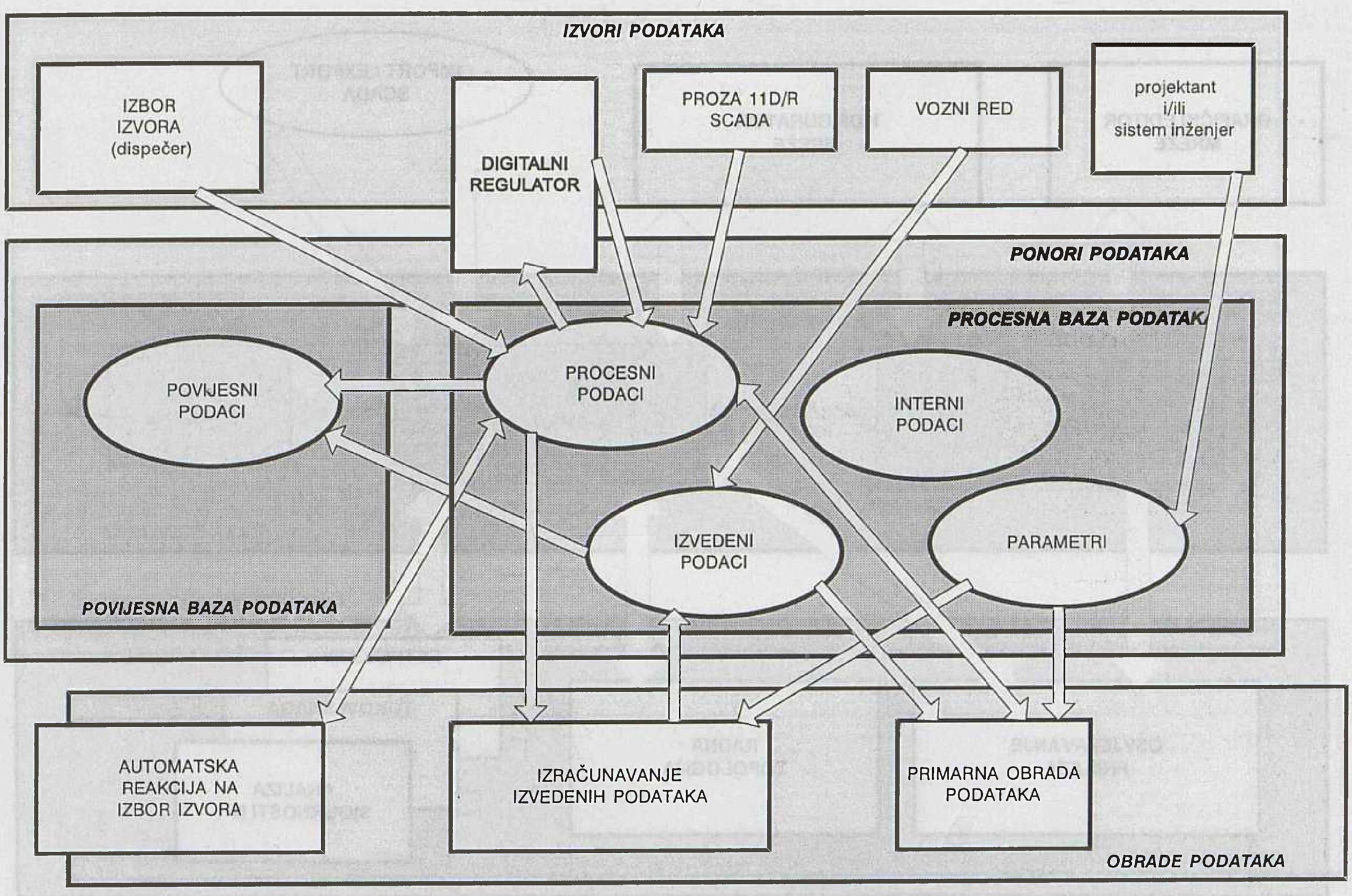
Postoje i programi za **dodatne obrade** podataka: izračunavanje ukupnih snaga elektrana, satni prikaz ukupno ostvarene razmjene HEP-a, odstupanja razmjene i računanje srednje snage razmjene i sl.

4.2.4. *Opis podataka*

Podaci u sklopu PROZA R/F sustava mogu se podijeliti na sljedeće glavne tipove:

- **procesni** podaci (tj. podaci stvarnog vremena) - trenutne vrijednosti i stanja realnih procesnih elemenata koji se mijenjaju dinamički u skladu s promjenama u procesu. Izvor za procesne podatke može biti: "ASR" - digitalni regulator", "PDP" - PROZA 11 D/R SCADA sustav preko KIP-a te "SM" sustav mjerenja izvan SDV-a;
- **izvedeni** podaci (tj. složeni ili izračunati podaci) - trenutne vrijednosti rezultata analiza i izračuna izvedenih iz procesnih i ostalih izvedenih podataka koji se mijenjaju dinamički u skladu s rezultatom. Za izvedene podatke jedini izvor je vozni red;
- **povijesni** podaci (tj. podaci s vremenskom dimenzijom) - pohranjeni uzorci procesnih i izvedenih podataka u nekom trenutku ili vremenskom intervalu, jednom kad nastanu ne mijenjaju se;
- **parametri** - podaci koji definiraju način prijama, obrade i pohrane svih procesnih, izvedenih i povijesnih podataka u sustavu, nastaju i mijenjaju se isključivo za vrijeme projektiranja i razvoja sustava;
- **interni** podaci (tj. pomoćni i sistemski podaci) - trenutne vrijednosti elemenata koji služe za nadzor rada samog sustava i mijenjaju se u skladu s radom sustava.[4]

Slika 6 pokazuje tipove, izvore i ponore podataka vezanih uz sekundarnu regulaciju.



Slika 6. Tipovi i organizacija protoka podataka u sekundarnoj regulaciji

5. DISPEČERSKA ANALIZA MREŽE (DAM)

5.1. Uvod

Dispečerska analiza mreže (DAM) je složeni programski sustav koji služi za analizu elektroenergetskih mreža. Sastoji se od baze podataka i grafičkog korisničkog sučelja. Izvorni mjerni podaci i podaci uklopnog stanja iz EES-a prikupljaju se u procesnom računalu PDP-11/94 i prenose se putem serijske RS232 veze u računalo - konverter izlaznih podataka (KIP) i dalje u lokalnu mrežu. Taj prijenos omogućava novi komunikacijski modul program *KIP2PC.* Programski sustav DAM omogućava procjenu stanja mreže, računanje tokova snage i analizu sigurnosti N-1. Sva mjerenja, uklopna stanja, položaji regulacijskih preklopki na transformatoru i svi rezultati proračuna prikazuju se pomoću grafičkog modela mreže, a podaci o vodovima, transformatorima i ostalim objektima u stanici (rastavljači, prekidači, sabirnice) nalaze se u *Raima* bazi podataka.[5]

Strojnu opremu DAM sustava čine dva računala (vidi sliku 1.):

- mosno (bridge) računalo na kojem se prikupljaju podaci iz KIP-a, periodički računa estimacija i pohranjuju stanja mreže (arhiva) - sve to u realnom vremenu tzv. on-line računalo,
- radna stanica tj. off-line računalo na kojem se može izvoditi studijska analiza mreže (proračun tokova snaga, analiza sigurnosti N-1) na osnovi pohranjenih podataka.

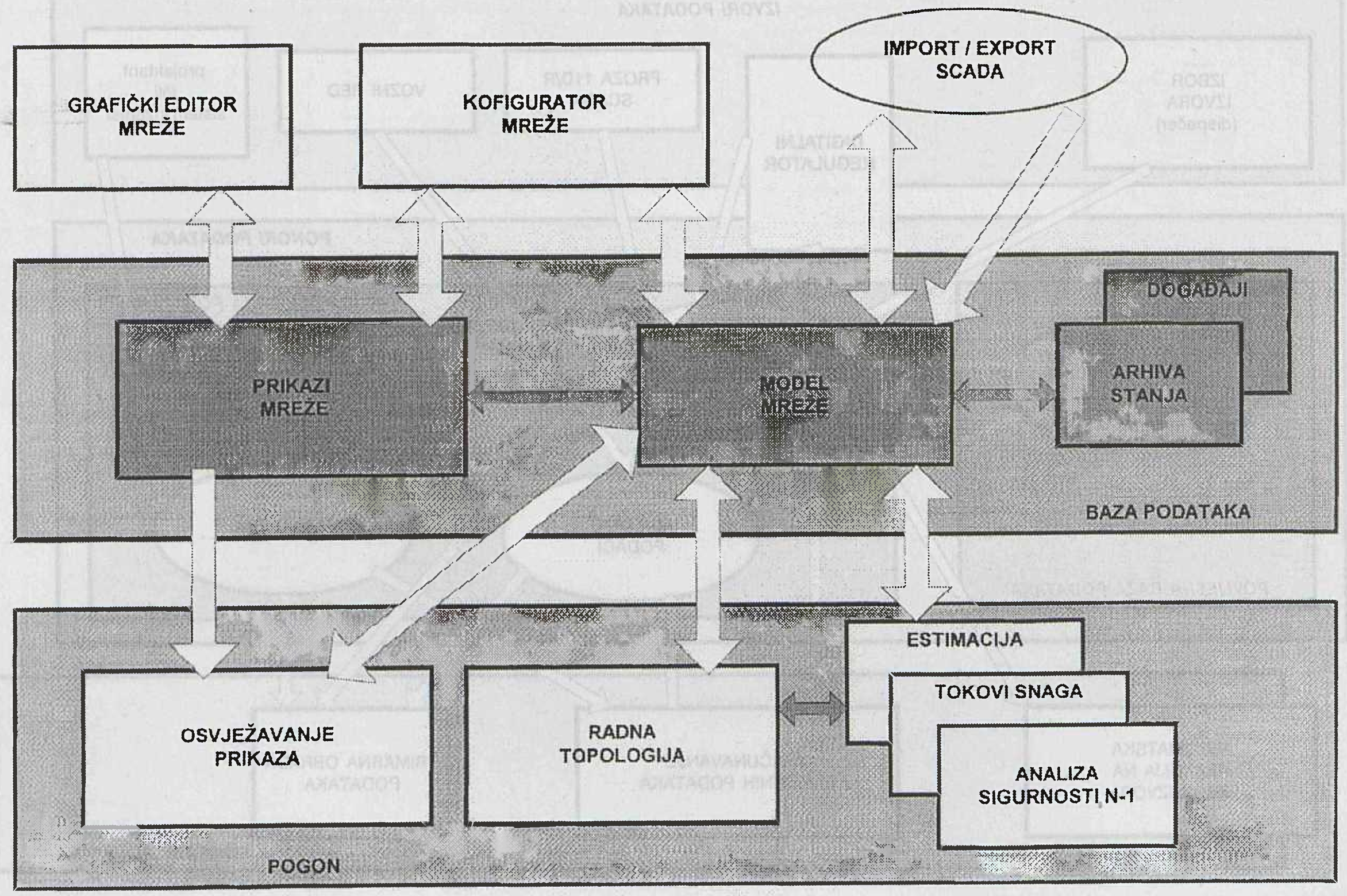
5.2. Programska struktura DAM sustava

DAM je programski sustav implementiran u MS Windows okruženju kao MDI aplikacija *(engl. Multiple Document Interface)* što znači da se komunikacija između korisnika i sustava DAM odvija preko većeg broja otvorenih dijalog prozora. Sastoji se iz više modula (programa) pisanih u objektno orijentiranom C++ programskom alatu. Topologiju i grafički prikaz rezultata izvodi program *NETSY,* dok procjenu stanja *(engl. estimation)* vrši program *ESTHER.* Rezultati *ESTHER-a* omogućavaju računanje tokova snaga uz eventualnu promjenu uklopnog ili pogonskog stanja mreže. Proračun tokova snaga i analiza sigurnosti N-1 izvodi se pomoću programa *SIDECA.* Prijenos podataka iz SCADA sustava preko KIP računala omogućava komunikacijski modul - program *KIP2PC.*

5.2.1. *Program NETSY*

Slika 7 prikazuje strukturu NETSY programa.

NETSY koristi mrežnu bazu podataka s prikazima mreže i modelom mreže međusobno povezanim. Dinamički podaci o uklopnom stanju prekidača i rastavljača te mjerenja preuzimaju se iz PROZA 11D/R SCADA sustava. Program određuje topološku povezanost mreže, te stvara uvjete za proračun mreže. Prikaz mreže je organiziran u više slojeva *(engl. layers)* koji se međusobno preklapaju kao prozirne folije, a generira se crtanjem pomoću grafičkog editora mreže.



Slika 7. Programska struktura DAM paketa

Grafički editor posjeduje gotove simbole za pojedine objekte mreže (prekidač, rastavljač, vod i sl.). Crtanjem se automatski formira topološka povezanost objekata. Svakom objektu mreže može biti pridruženo više dinamičkih podataka koji mogu biti:

- prikazani i osvježavani na prikazu,
- modificirani/upisani od operatera,
- rezultati proračuna,
- primljeni iz SCADA sustava povezanog na NETSY.

Visokonaponska energetska mreža je prikazana u vektorskoj grafici u boji s podacima:

- jednopolna shema stanice
- mrežna shema koja sadrži više jednopolnih ili bloh shema stanica povezanih vodovima i transformatorima
- globalni prikaz mreže.

Model mreže je slika mreže u bazi podataka i sadrži:

- parametre objekata mreže
- strukturu mreže
- topološke odnose među objektima
- dinamičke podatke (ručno upisane, primljene iz SCADA sustava ili izračunate)
- uklopna stanja
- numeričke veličine
- promjena boje čvorova u ovisnosti o statusu čvora i topološkoj povezanosti.

Model mreže nastaje iz prikaza pomoću konfiguratora mreže koji se brine o konzistenciji podataka. Objekti u modelu mreže povezani su s prikazima mreže. Jedan te isti objekt u modelu mreže može biti prikazan na više prikaza. Do podataka o objektu mreže može se doći preko prikaza objekta ili direktno iz konfiguracije preko dijaloga. Na zahtjev operatora, mogu se generirati niz izvješća o strukturi mreže koji čine dokumentaciju mreže u obliku popisa objekata s podacima o topološkim vezama među njima.

Konfigurator mreže automatski iz crteža mreže formira **potencijalnu topologiju.** Ona definira kako su objekti mreže međusobno povezani. Kompletna povezanost mreže definirana je: potencijalnom topologijom stanica i potencijalnom topologijom mreže. Potencijalna topologija stanice nastaje iz crteža **jednopone sheme stanice** i definira kako su međusobno povezani **čvorovi stanice** (vanjski priključci, sabirnice, uzemljenja) s **aparatima** u stanici. Potencijalna topologija mreže definira povezanost **polova** mrežnih objekata (vodova, transformatora i regulacijskih transformatora) s **vanjskim priključcima** stanica. Naprimjer, jedno postrojenje (220/110 kV) sadrži u NETSY-modelu mreže dvije VN stanice (220 kV i 110 kV) - jednopolne sheme - povezane transformatorom 220/110 kV.

Za razliku od potencijalne topologije koja je fiksna, **radna topologija** mreže ovisi o uklopnim stanjima apa-

rata u stanicama i mijenja se promjenom uklopnog stanja. Radna topologija definira kako su polovi vodova i transformatora međusobno povezani unutar stanice zbog uključenosti nekih aparata (prekidača, rastavljača). Grupa čvorova stanice međusobno električki povezanih zbog uključenosti aparata čini **mrežni čvor.** Ako takav čvor sadrži i vanjske priključke na koje su spojeni polovi vodova i transformatora (preko potencijalne topologije mreže), tada su i ti polovi spojeni na taj mrežni čvor. Kako se uklopna stanja preuzimaju u realnom vremenu iz SCADA sustava, tada NETSY paket radnu topologiju mreže izračunava također u realnom vremenu spontano kod promjene uklopa.[5]

5.2.2. *Proračuni mreže ugrađeni u DAM paket*

U programski paket DAM implementirana su tri osnovna proračuna nužna za kvalitetno vođenje pogona i analizu rada EES-a:

- procjena (estimacija) stanja mreže - program *ESTHER*
- proračun tokova snage - program *SIDECA*
- analiza sigurnosti N-1 - program *SIDECA.*

Program *ESTHER* za proračun koristi ulazne podatke: primljena uklopna stanja aparata, NETSY određenu radnu topologiju, primljena mjerenja djelatnih i jalovih snaga u granama i napone čvorišta. Na temelju tih podataka izračunava u realnom vremenu (on-line mod rada), najvjerojatnije tokove snaga, pronalazi eventualne greške u mjerenjima, odbacuje ih te metodom minimalnog kvadrata odstupanja od mjerenih veličina određuje naponske prilike u mreži. Iz naponskih prilika slijede tokovi snaga po granama i snage u čvorištima. Izlazni rezultati estimacije (snage opterećenja po čvorištima i naponi generatorskih čvorišta) osnova su za određivanje opterećenja u čvorištima. Program *ESTHER* se izvršava ciklički svake dvije minute i nakon svake promjne uklopnog stanja mreže. Period izvršenja se zadaje parametarski i može se po potrebi mijenjati. Rezultati programa za estimaciju stanja prikazuju se na grafičkom prikazu mreže, a pogrešna mjerenja označena su crvenom bojom. Rezultati estimacije se, zajedno s uklopnim stanjem mreže, pohranjuju na on-line računalu i mogu se koristiti u daljnjim analizama mreže u off-line modu rada.

Na temelju rezultata estimacije moguće je izvesti proračun tokova snaga i analizu sigurnosti N-1. Ti proračuni izvode se na off-line računalu. Ulazni podaci za proračun tokova snaga su podaci spremljeni na on-line DAM računalu kao arhivni file-ovi i mogu se dohvatiti putem lokalne mreže. *SIDECA* je program za proračun tokova snaga. Rezultati proračuna tokova snaga daju se u dijalog prozoru, prikazuju se na grafičkom prikazu mreže i mogu se po potrebi arhivirati i koristiti za neke druge analize.

Analiza sigurnosti N-1 određuje stupanj sigurnosti EES-a na temelju stanja nastalog ispadom jednog elementa EES-a (vod, transformator ili agregat). Izbor elemenata pripremljenih za isključenje zadaju se prema pragu opterećenja ili prema unaprijed zadanoj listi isključenih vodova, transformatora ili generatora. U slučaju preopterećenja u mreži (snage grana veće od graničnih ili naponi čvorišta izvan propisanih granica) za pretpostavljene ispade formira se lista preopterećenih elemenata i dodatno se ti elementi na grafičkom prikazu mreže označavaju drugom (ljubičastom) bojom. Takvom analizom dispečer je u mogućnosti predvidjeti neka karakteristična stanja u mreži, isplanirati akcije koje će poduzeti u takvim prilikama i u stvarnoj situaciji brzo donijeti kvalitetnu odluku.

5.2.3. *Komunikacija KIP - DAM*

Komunikacija je razvijena kao zasebni programski modul *KIP2PC* napisan u MS Visual C ++ programskom alatu.[6]. Za komunikaciju između KIP-a i DAM-a koristi se "master-slave" protokol IEC 60870. On-line DAM računalo je "master" strana, a KIP je "slave" strana protokola te komunikacija započinje provjerom da li se KIP odaziva. Zbog konzistentnosti podataka u KIP-u i DAM-u potrebno je provjeriti vezriju baze u KIP-u. Ako je verzija baze na KIP-u promijenjena, u DAM se prenosi baza podataka s ključevima mjerenja, signalizacije i regulatora. Time je osigurana sinkronizacija s bazom u KIP-u. Zbog optimizacije opterećenja komunikacije u svakom ciklusu se prenose samo **promjene** mjerenja, signala i regulatora.

6. PROGRAMSKI SUSTAV PROZA OPEN

Programski paket PROZA OPEN povezuje SCADA sustav (PROZA 11D/R) implementiran na PDP računalima, s mrežom osobnih računala (PC računala) i prezentira podatke potrebne za analize i izvještavanje izvan stvarnog vremena. Na ovaj način SCADA sustav je otvoren prema mreži osobnih računala i omogućena je izvedba različitih korisničkih aplikacija i naknadnih obrada arhivskih podataka iz stvarnog vremena. Sustav PROZA OPEN se koristi u Prijenosima HEP-a, a za potrebe NDC-a razvijene su dodatne aplikacije.

Sustav sklopovski sadrži komunikacijski server (KOM), mrežni poslužitelj (Novell NetWare ver. 5.0) i radnu stanicu. Komunikacijski server komunicira serijskom linijom s računalom za konverziju podataka (KIP) i dobiva od njega podatke stvarnog vremena iz SCADA sustava PROZA 11D/R. Podaci se s KIP-a šalju na komunikacijski server, koji uz obrade mjerenja, pohranjuje podatke u bazu podataka na mrežnom poslužitelju. Na radnoj stanici su instalirani programi za obradu podataka i kreiranje izvještaja. Platforma na kojoj je razvijen PROZA OPEN sustav čine Novell Netware 5.0 mrežni operacijski sustav i Borland PARADOX v.4.5 relacijska baza.

PARADOX je relacijska baza podataka. Podaci su pohranjeni u tablice koje sadrže retke i stupce. Pri tom

redak označava jedan zapis (jedno mjerenje, jedan element KRD liste i sl.), a stupac je polje u tom zapsiu. PARADOX je baziran na MS Windows okruženju pa čini vrlo ugodnu grafičku radnu okolinu.

Funkcije programskog paketa PROZA OPEN mogu se podijeliti na: osnovne funkcije, aplikacije, funkcije održavanja sustava.[7] Osnovne funkcije i funkcije održavanja sustava su nezavisne od korisnika. U okviru osnovnih funkcija moguće je dohvaćati, prikazivati i pretraživati liste događaja i mjerenja, pojedinim zapisima dodavati komentare, kreirati izvješća i ispisivati ih na pisaču, zapisivati komentare globalnog značenja, modificirati tekstove ključeva signala, mjerenja, brojeva i SDV elemenata i pregledavati parametre sustava. Moguće je podatke, osim putem izvješća prezentirati i grafički - raznim dijagramima.

Podaci koji se prenose i pohranjuju na file serveru, nalaze se u PARADOX tablicama i logički su podijeljeni u cjeline: procesni ključevi i tekstovi, trenutne vrijednosti, arhivske vrijednosti i obrađene vrijednosti. U okviru funkcija za održavanje sustava moguće je arhivirati podatke (komprimirati ih), spremati na drugi medij (tj. raditi "backup" podataka) i pregledavati parametre sustava.

7. ZAKLJUČAK

Procesni sustav u Nacionalnom dispečerskom centru je vrlo složen i opsežan. Sastoji se od programskih modula razvijenih pomoću različitih programskih alata i implementiranim na različitim platformama (operacijskim sustavima). Sklopovska oprema je također raznolika. To zahtijeva razvoj dodatnih rutina za povezivanje komponenti procesnog sustava: prilagodbu formata podataka, komunikacijskih protokola te stručnu obuku korisnika sustava (operatera, administratora, sistem-inženjera).

Podaci koji pristižu u NDC (mjerenja, signalizacije i dr.) trebaju biti stalno dostupni i sa što manje odstupanja u mjerenju. Točnosti ulaznih podataka u procesni sustav NDC-a trebalo bi posvetiti više pažnje u budućnosti (ulaganje u kvalitetniju mjernu opremu, poboljšanje kvalitete prijenosnih veza) jer se samo na osnovi točnih i konzistentnih podataka može sigurno upravljati EES-om.

Raznolikost programskih alata (sistemskih i korisničkih) i novi zahtjevi svih korisnika procesnog sustava (u NDC-u i izvan njega) traže kontinuirano osuvremenjivanje postojećeg i izgradnju novog sustava procesne informatike, kao dijela informacijske tehnologije HEP-a, sukladno programu restruktuiranja poslovog sustava HEP-a.

Popis kratica korištenih u tekstu:

- NDC nacionalni dispečerski centar
- EES elektroprivredni sustav
- SDV sustav daljinskog vođenja
- CDU centar daljinskog upravljanja
- DAS daljinska stanica
- FEP *Front End Processor,* komunikacijsko računalo u CDU-ovima
- SCADA *Supervisory Control And Data Acquisition;* sustav za prikupljanje podataka, nadzor i upravljanje EES-om u realnom vremenu
- KIP konverter izlaznih podataka
- DAM dispečerska analiza mreže
- ASR računalo za sekundarnu regulaciju snage i frekvencije
- NCM *Network Communication Module,* računalo za vezu QNX - MS Windows platforma
- KOM komunikacijski server za Prozu Open

LITERATURA

[1] "SCADA sustav PROZA 11D/R", tehnička dokumentacija br. 8340-56-00-0001, Končar KET, Zagreb 2000.

[2] "Konverter izlaznih podataka", tehnička dokumentacija br. 8340-56-00-0002, Končar KET, Zagreb 2000.

[3 V. ZADRAVEC: "Tehnički opis digitalnih regulatora za sekundarnu regulaciju frekvencije i snaga razmjene u EES HEP", Eurus, Zagreb 1993.

[4] "Sekundarna regulacija snage i frekvencije", tehnička dokumentacija br. 8340-56-00-0003, Končar KET, Zagreb 2000.

[5] "Programski paket NETSY V 2.0", upute za rukovanje, Iskra SYSEN d.o.o., Zagreb 1996.

[6] B. KAJGANIĆ, A. BARTA: "Opis komunikacije KIP - DAM", Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb, Zavod za visoki napon, Zagreb 2000.

[7] "Programski sustav PROZA OPEN", tehnička dokumentacija br. 8340-56-00-0004, Končar KET, Zagreb 2000.

NDC PROCESS SYSTEM

The paper describes the organisation of programme components together with data flows that make a platform for electric power system control. An overview of the basic system for control and management in a real time is given, as well as a subsystem of secondary power and frequency regulation and a subsystem for the dispatchers' network analysis.

VERFAHRENSGEFÜGE IM HAUPTLASTVERTEILER

Im Artikel werden die Steuerungsplattform des Stromversorgungssystems darstellende Gestaltung von Programmbestandteilen und der Datenfluß beschrieben. Gegeben ist die Übersicht des Grundgefüges der Überwachungs- und Steuerungsanlage in der Echtzeit, des Teilsystems der sekundären Leistung/Frequenz - Regelung und des Teilsystems für die Untersuchung der Lastverteilung.

Naslov pisca:

Gordana Donković, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Sektor za vođenje
i gospodarenje EES-om
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2000-01-17.

UZ PRIGODU STOTE OBLJETNICE MREŽNOG TONFREKVENTNOG UPRAVLJANJA - PRIJAMNICI

Krešimir Šimleša, Rijeka

Dana 31.12.1899. Cesar Rene Loubery patentirao je sustav telekomande. Za prijenos komandi korišteni su postojeći vodovi električne energije kojima se istodobno nesmetano isporučuje električna energija. Danas se za to koriste nazivi: Rundsteuerung, Ripple control i kod nas mrežno tonfrekventno upravljanje (MTU).

Od tada do danas izgrađeni su brojni MTU sustavi. Za sve njih zajedničko je da se sastoje od tri funkcionalne cjeline:

- Centrala MTU koja se obično nalazi u centru vođenja distributivnog poduzeća.
- Odašiljači MTU koji su smješteni u ključnim energetskim objektima.
- Prijamnici MTU smješteni kod krajnjih potrošača el. energije.

Ove tri cjeline čine harmonizirani lanac upravljanja kojim se distributer služi sa svrhom masovnog upravljanja tarifama funkcijom opće potrošnje, javnom rasvjetom komunalnom funkcijom i dirigiranom termičkom potrošnjom kao funkcijom namjenskog tarifiranja potrošnje el.energije.

Stogodišnja uporaba mrežnog tonfrekventnog upravljanja u distribuciji el. energije obilovala je brojnim migracijama MTU tehnologije ali je temeljna "ideja masovnog upravljanja u jednome smjeru" sačuvala svoj prvotni oblik (slično ideji radija i slično ideji televizije).

Danas razlikujemo pet generacija prijamnika mrežnog tonfrekventnog upravljanja. Kako u praksi možemo sresti i pet generacija centrala i pet generacija odašiljača, to možemo shvatiti složenost međusobnih utjecaja kada u jednom MTU sustavu koristimo uređaje različitih generacija. Migracija tehnologije MTU čini na razini sustava ograničenja takve vrste da ukupno gledano takav sustav efektivno djeluje kao njegov dio najniže generacije. Optimalno je da MTU sustav bude građen od elemenata iste generacijske skupine. Stare MTU sustave nužno je dograđivati elementima novih generacija i u tim zahvatima je potrebno posebno umijeće.

Prva generacija prijemnika za MTU je prepoznatljiva po tome što je bila elektromehanička. Dekoder je bio realiziran uz pomoć sinkronog motorića i satnog mehanizma, bregaste osovine i konvolucijskog principa. Sinkronizam prijema se oslanjao na frekvenciju ED mreže i sinkroni motor. Ulazni filter je bio elektromehanički LC tipa s izlaznim Reed-releom. Kontaktna tehnika prijamnika je favorizirala duge telegrame s dugim impulsima i dugim pauzama cca 3 do 7 sekundi. LC elektromehanički filtar nije mogao postići dobru selektivnost na niskim frekvencijama pa su MTU sustavi inklinirali višim frekvencijama. Filter nije bio univerzalan za različite frekvencije pa je proizvodnja prijemnika bila malo serijska i skupa. Istodobno u elektroenergetskome sustavu se kao zaštitni elementi upotrebljavala primarna relejna zaštita i taljivi osigurač te direktno mjerenje struje. Ovi relativno loši zaštitni elementi nisu bili dobra pretpostavka za serijski način utiskivanja signala pa se koristi uglavnom paralelni način utiskivanja koji nije osjetljiv na struje kratkog spoja EE sustava, a također je optimalniji na višim frekvencijama. Uz siromašne programske mogućnosti prijamnik se odlikovao izvanrednom neosjetljivošću na pogonske i atmosferske prenapone. Za ispravan rad prijamnik ove generacije tražio je za današnje pojmove višu razinu MTU signala. Ovakav prijamnik koristio se za upravljanje javnom rasvjetom i tarifom na način DDK direktnih duplih komandi. Tehnologija kojom je izvedena ova generacija MTU prijamnika nije bila pogodna za adresni sustav komandi, pa su mogućnosti cijelog sustava bile male. Razinom sigurnosti i složenosti ove tehnike nije bilo moguće realizirati zahtjevniju funkciju upravljanja termičkom potrošnjom. Danas za ovu fazu razvoja MTU-a možemo reći da je eksperimentalna i obilježena nepostojanjem bilo kakvih standarda. Prvu generaciju MTU prijamnika danas možemo vidjeti u muzeju ali i u pogonu npr. Zagreb ima znatan broj ovakvih prijamnika još i danas.

Druga generacija prijemnika MTU prepoznatljiva je po LC ulaznom filtru i elektroničkom dekoderu. To je omogućavalo nastanak nešto kraćih telegrama s tipičnim trajanjem impulsa i pauze cca 1 sekunde. Sinkroinizam centrala-predajnik-prijamnik ostvaren je uz pomoć mrežne frekvencije 50 Hz. Filtra je pogodan

za prijam samo jedne frekvencije ali dobre je selektivnosti i na nižim i na višim frekvencijama. Elektronički dekoder omogućuje korištenje znatno većeg broja adresnih komandi. Ovakav dekoder je pogodniji za masovnu proizvodnju uz manje troškove. Hardverski je programabilan uz pomoć kratkospojnika, ali orijentiran samo jednome tipu telegrama. Za njegovu izradu su korišteni tranzistori i IC niskoga stupnja integracije. Ovom vrstom prijamnika je napravljen prvi korak u realizaciji upravljanja teretom u elektroenergetici. Pripada konceptu tipično centraliziranog MTU sustava gdje je rad prijamnika potpuno ovisan o ispravnosti i centrale ili odašiljača. U slučaju kvara bilo kojeg od njih prijemnik neće izvršiti potrebnu komandu. Nastaju prvi standardi pretežno hardwerske strukture. Dominantni proizvođači MTU prijamnika su: Landis & Gyr, Siemens, Zellweger, AEG, Schlumberger, Tilscher electronic, Uher, Kovo. Prijamnici ove generacije se više ne proizvode ali se još uvijek mogu naći u uporabi.

Treća generacija prijamnika za MTU je prepoznatljiva po tome što su oni sada isključivo statički, elektronički. Pojava tiristorskog odašiljača je omogućila nastanak kratkog telegrama s tipičnim trajanjem impulsa cca 110 milisekundi. Filtar prijamnika realizira se aktivnim filterom baziranim na, OPAMP-u, operacijskom pojačalu tipično 741. Ovakav filter je lako prilagodljiv za svaku frekvenciju i pogodan za masovnu proizvodnju. Dekoder je realiziran kao namjenski 40 pinski čip VLSI tehnologije što je znatno pojednostavilo proizvodnju, povećalo pouzdanost i snizilo troškove. Ipak frekvencija prijamnika se mogla podesiti samo hardverski u tvornici a jedan čip dekodera bio je namijenjen samo jednome telegram rasteru. Ova generacija prijamnika također pripada konceptu tipično centraliziranog MTU sustava gdje je rad prijamnika potpuno ovisan o ispravnosti i centrale ili odašijača. U slučaju kvara bilo kojeg od njih prijemnik neće izvršiti potrebnu komandu. Pri tome je načinjena iznimka sa funkcijom 15 min. maksigrafa koja je realizirana kao autonomna funkcija prijemnika bez daljinske sinkronizacije. U slučaju prekida telekomunikacijske veze s centralom odašiljač je mogao nastaviti rad uz dogradnju prijenosne pomoćne centrale način tipčan centraliziranom konceptu funkcija. Kučište prijemnika za vanjsku ugradnju dobiva normiranu definiciju a također i električne i funkcionalne karakteristike MTU prijamnika. Počinje trend integriranja prijamnika u kućište brojila el.energije. MTU telegram dobiva konačnu formu naglašenoga standarda. Dominantni proizvođači MTU prijamnika su: Landis & Gyr, BBC, Zellweger, Siemens i više domaćih. Većina MTU prijamnika u Hrvatskoj je treće generacije.

Četvrta generacija prijamnika za MTU prepoznatljiva je po tome što su isključivo statički, elektronički univerzalni za sve frekvencije i sve telegrame. Filtar prijamnika realizira se aktivnim filterom baziranim na SC principu, Switch Capacitors IC-s. Ovakav filtar je analogni ali sa digitalnom kontrolom parametara odličnih karakteristika i stabilan prilikom starenja.

Dekoder je realiziran mikroprocesorom i ROM ili EPROM ili EEROM memorijom tako da je svaki proizvedeni prijamnik isti, a konačnu definiciju frekvencije, telegram rastera i funkcija dobiva softverski ili u završnoj fazi proizvodnje u tvornici ili kod korisnika. Veoma je pogodan za masovnu proizvodnju. Univerzalnost je rezultirala tipizacijom i snižavanjem cijena s jedne strane, i porastom kvalitete sa druge strane.

Komunikacija centrale ka odašiljačima je modemskog tipa a u slučaju prekida komunikacijskog kanala prema jednoj od odašiljačkih stanica lokalna automatika odašiljača nastavlja interpretaciju memoriranih vremenskih funkcija po dnevnom i mjesečnome planu. Distribuirane funkcije centrale ka odašiljačima početni je korak u realizaciji distribuiranog MTU sustva u današnjem smislu. U ovoj situaciji odašiljač obično ne radi u lokalnome režimu regulacije tereta, nego samo u vremenskome režimu, gubi vremenski i fazni sinkronizam s ostatkom MTU sustava. Kvarcna vremenska baza mikroprocesora omogućuje niz decentraliziranih autonomnih funkcija MTU prijamnika kao što su funkcija 15 minutnog maksigrafa ili uklopnog sata sa sa daljinskom sinkronizacijom. MTU telegram je tipično 50 bitni s adresnim komandama bez logičke zaštite podataka.

Upravljanje opterećenjem je masovno i definirano kao LMS. Dominantni proizvođači MTU prijamnika su: ABB, Landis & Gyr, Zellweger, Siemens i više domaćih. U Hrvatskoj postoji veći broj ovakvih prijamnika.

Peta generacija prijemnika MTU prepoznatljiva je po digitalnome filtru, neovsnom o starenju, i daljinskom parametriranju. AD analogno digitalni konvertor mikroprocesorski dekoder i potrebna memorija su pakirane u jedan općenamjenski čip, signalprocesor. Prijamnik je tako realiziran s vrlo malo komponenata visokog stupnja integracije i vrlo visokog stupnja pouzdanosti što tehnološki izuzetno pogoduje masovnoj proizvodnji danas. Svi parametri i funkcija prijamnika se određuju softverski i tijekom uporabe prijamnika se mogu mijenjati lokalno uz pomoć PC računala RS232 priključka i daljinski preko energetskih napojnih vodova uz pomoć MTU telegrama koji je sada protokol s više od 50 bita definiran standardom DIN 43861-3. Ovaj komunikacijski protokol sadrži ciklički redundantni kod (CRC). Funkcije centrale su distribuirane na bazi standarda, dijelom u odašiljače a dijelom u prijamnike, tako da se u slučaju prekida telekomunikacijske veze odašiljača s centralom ili odašiljača s prijamnikom nastavljaju sve funkcije pa i one složene poput regulacije i LMS. Prijamnici se mogu svakodnevno sinkronizirati. Prijamnici s ugrađenim Super Cap kondenzatorom velikog kapaciteta ne gube sinkronizam niti prilikom nestanka

napajanja u trajanju preko tri dana tako da su sve autonomne funkcije realizirane tim prijamnikom ravne uklopnom satu s tim da se one po potrebi mogu daljinski promijeniti uz pomoć standardiziranoga MTU telegrama. Peta generacija prijamnika ima pored niza standardni korisničkih funcija i niz servisnih funkcija koje olakšavaju održavanje MTU sustava kao što su: pamćenje zadnjeg primljenog telegrama svih primljenih bitova, pamčenje razine signala zadnjeg primljenog telegrama, kumulativne brojače prorada za svaki izlazni rele, brojač izostalih emisija i slično, što temeljito mijenja pristup održavanju modernog MTU sustava. Redundantnost funkcija veoma smanjuje vrijeme zastoja kod potrošača zbog otklanjanja kvarova unutar sustava. Redundantnost funkcija MTU sustava najznačajnija je odlika MTU sustava pete generacije. Redundancijom funkcija na software razini istih jednostukih komponenata sustava pete generacije postižemo istu ili višu pouzdanost nego konceptom hardverskog dupliranja kritičnih elemenata sustava izvedenih starijim generacijama opreme. Ovo se dakako odražava u končnici na nižu cijenu MTU sustava.

Novim standardom DIN 43861-T3 definiran je protokol za daljinsko parametriranje prijamnika pete generacije na takav način da omogućuje nesmetan rad starih prijamnika nižih generacija, 50 bitnih telegram, u postojećim ED mrežama uz dogradnju sustava novim prijemnicima koji rade u 180 bitnom protokol modu.

U prijelaznom razdoblju prijamnici pete generacije rade paralelno i istodobno u oba moda. Protokol za daljinsko parametriranje prijamnika pete generacije danas se primjenjuje na dva načina. Jedan način je da se kompletan sadržaj protokola odašalje u jednome telegramu do 180 bitova, a drugi da se sličan sadržaj odašalje u više sukcesivnih telegrama paketiranih do 50 bita.

Druga važna osobina MTU prijamnika pete generacije jest njihova kompatibilnost ostalim uređajima mjernog mjesta na dereguliranom tržištu el.energije i zahtjevu takvog tržišta da se ostvari pojedinačni pristup potrošaču. Adresne sposobnosti ovakvih prijamnika su adresiranje grupa i podgrupa u četiri razine i pojedinačno adresiranje prijamnika za selektivan pristup jednoj od 16.000.000 mogućih adresa. Ovo posljednje omogućuje jednostavnu realizaciju, npr. daljinskog iskopčanja neurednog platiše uz pomoć njegove šifre potrošača i njegovog MTU prijamnika koji ima jedinstvenu adresu jednaku šifri potrošača.



Dominantni proizvođači MTU prijamnika su: ABB, Zellweger-Enermet, Siemens i Landis & Gyr. U Hrvatskoj prijamnici pete generacije rade u Rijeci a u Splitu je sustav u gradnji.

Danas su kod nas u uporabi prijamnici prve, druge, treće, četvrte i pete generacije.

U funkcionalnome smislu prijamnici MTU-a u Hrvatskoj ne zaostaju bitno za onima u Evropi. Bitni zaostatak se očituje u starosti opreme i održavanju.



PREGLED ČLANAKA OBJAVLJENIH U „ENERGIJI" OD 1981. DO 1990. GODINE

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Aksin Miroslav:	Za brže iskorištenje hidroenergetskog potencijala	6/88	627
Alerić Slavko:	Ovisnost moguće proizvodnje hidroelektrana o dužini trajanja osnovne vremenske jedinice	5/87	429
	Metoda za izbor broja agregata (proizvodnih grupa) u hidroelektranama	4/89	289
Arnold Marijan:	Karakteristike raznih shema automatske regulacije napajanja generatora pare s bubnjem	3-4/81	107
Arsenov Arsen:	Matrična metoda za određivanje optimalne raspodjele snaga u elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana	1-2/80	15
	Utjecaj pogonskih ograničenja na optimalnu raspodjelu snaga u složenom elektroenergetskom sistemu	4/85	259
Babić Srđan – Tešnjak Sejid – Pavić Ivica:	Istraživanje prijelazne stabilnosti hidroelektrana u lancu	4/90	275
Bajić Alica:	Numerička simulacija	6/86	455
Baldasari Dasenko:	Planiranje globalnog rasta distributivne električne mreže s obzirom na prognoziranu potrošnju električne energije	6/83	449
Balog Marino:	Plinskoturbinska elektrana Osijek – izgradnja i rad	5-6/80	201
	Teoretski životni vijek i stupanj iscrpljenosti visokooptere ćenih parovoda u termoenergetskom postrojenju	3-4/81	95
Balog Marino – Bradač Vladimir:	Doprinosi sigurnosti i raspoloživosti NE Krško provedbom pogonskih ispitivanja	5/88	577
Barta-Koštrun Slavica – Čauš Ivan:	Organizacija planiranja i praćenja studijsko-istražnih radova elektroprivrede Hrvatske korištenjem kompjutora	3/86	205
Begović Krunoslav:	Osnovna tehnička koncepcija pumpne hidroelektrane Vinodol	2/83	113
	Izbor tipa proizvodnih grupa VS Đurđevac	3/88	239
Bilčar Nikola:	Uloga NE Krško u elektroenergetskom sistemu zapadnog dijela Jugoslavije	3-4/82	87
	Potrebe, raspoloživi izvori i aktualni problemi opskrbe energijom u Jugoslaviji	6/83	417
Bilić Stjepan:	Univerzalna rješenja stupova u okviru tipizacije srednjonaponskih stupova	1/83	35
Bobetko Milan:	Modeliranje vanjskih mreža "ON-LINE" obrade dispečerskog centra	5/83	359
Boinović Vesna – Trbojević Slobodanka:	Uloga nekonvencionalnih izvora energije u energetici Jugoslavije	3/84	227

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Bojić Srećko i grupa autora:	Suvremeni pristup održavanju grupe hidroelektrana u slivu	5/88	573
Bošnjaković Radivoj – Gostović Branko – Komadina Ratko:	Redukcija buke u HE Senj	5-6/82	213
Božin Ivan:	Razvoj Instituta za elektroprivredu i današnji elektroenergetski problemi	1/84	3
Brščić Anton. – Delbianco Luciano:	Korištenje tercijara u 10/20 kV mreži Pule i Poreča	2/85	113
Ciganović Branko – Debeljuh Vlatko:	Prikaz dinamičnog stanja električne mreže na višebojnom videoterminalu	5-6/81	195
Crnogorac Željko:	Odabiranje regulacije napona pomoću računala	3/87	247
	Analiza rastalne karakteristike visokoučinskih osigurača	6/88	641
Crnogorac Željko – Mikac Marijan:	Prikaz upotrebe mikroračunala ZH spectrum za tehničke proračune	1/86	55
Cvetković Zorko:	Neke dileme vezane uz raspad sistema 1. kolovoza 1986.	2/87	121
	Elektroprivreda na tržištu	3/89	187
	Osvrt na Savjetovanje o razvoju elektroprivrede Jugoslavije od 1991. do 2000. godine	4/90	303
Cvitan Ivan – Fiala Marija:	Organizacija rada i održavanje elektrodistributivnih postrojenja	11-12/81	499
Čavlina Nikola:	Novi aspekti u analizi posljedica loma cijevi napojne vode u nuklearnoj elektrani	1/90	31
Čerina Petar – Šaina Bruno:	110 kV-na kabelska veza otok Krk – otok Rab	4/88	363
Černohous Franjo:	Toplinsko energetski sistem	1/83	23
Černohous Franjo – Stanković Đuro:	Podsinhrone kaskade	11-12/81	489
Čorak Dušan:	Uloga termoelektrana-toplana u razvitku energetike Jugoslavije	3-4/80	121
	Mogućnost i ekonomska opravdanost izgradnje blokova spojnog procesa	1-2/82	1
	Opskrba Zagreba ogrjevnom toplinom iz NE Prevlaka	5/83	339
	Stanje i perspektive razvoja energetske opskrbe Zagreba	6/83	459
Čorak Dušan – Jelavić Vladimir – Mužek Zdravko:	Matematički model za optimizaciju energetske opskrbe urbanih sredina	1/84	19
Čorak Dušan – Mužek Zdravko:	Mogućnosti racionalizacije energije izborom energetske strukture primjerene strukturi stanovanja	1/87	13
Čorak Dušan – Mužek Zdravko – Jelavić Vladimir:	Metodolgija za usmjeravanje elektroenergetske opskrbe urbane sredine	5/85	355
Čorak Dušan – Mužek Zdravko – Jelavić Vladimir:	Usmjeravanje energetske opskrbe urbane sredine	5/88	447
Čubrić Srećko:	Procjena rezervi geotermalne energije u dijelu geotermalnog ležišta	2/84	131
Čulo Vlado:	Kakav status dispečerskoj funkciji	1-2/81	37
Čupin Nikola:	Primjena teorije pouzdanosti u nalaženju optimalne sheme električnih postrojenja - III dio	3-4/80	147

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Čurković Jure:	Radiološki utjecaj na okolinu zbog ispuštanja plinovitih enfluenata u akcidentalnim situacijama NE	2/83	89
Ćurković Jure – Bradač Vladimir:	Radioaktivna tekuća ispuštanja iz nuklearnih elektrana PWR tipa	6/84	483
Ćurković Jure – Carević Mislav:	Kontinuirani i diskontinuirani monitoring u području utjecaja termoelektrane Plomin	2/85	141
Ćurković Jure – Jelavić Vladimir:	Metode za evakuaciju demografskih, meteoroloških i radioloških karakteristika lokacija nuklearnih elektrana	3/84	211
Ćurković Jure i grupa autora:	Procjena prizemnih koncentracija SO2 u okolini TE Plomin 1 i 2	3/87	255
Ćurković Jure – Varaždinec Zlatko:	Pregled i usporedba postojećih standarda emisije i imisije SO2 u svijetu i kod nas s posebnim osvrtom na TE Plomin	2/87	133
	Analiza postojećeg stanja zagađenja atmosfere sumpornim dioksidom na području Istre i kvarnerskog zaljeva	1/87	35
Damjanović Branko:	Rekonstrukcija dalekovoda 35 kV za napon 110 kV bez većih investicijskih ulaganja	1-2/80	51
	Prijedlog pojednostavljenja distributivne električne mreže grada Rijeka	5-6/81	227
Darveniza Mat:	Lighting and overvoltage protection	5/89	407
Defang Chen:	Kineska visokonaponska prijenosna mreža	1-2/82	45
Delbianco Luciano:	Upotreba betonskih stupova u električnoj mreži "Elektroistre" Pula	3-4/81	137
	Prelazak razdjelne mreže "Elektroistre" Pula na uzemljenje zvjezdišta preko djelatnog otpora niske vrijednosti	3/83	179
	Uzemljivači TS 10/20/0,4 kV u uvjetima otpornog uzemljenja zvjezdišta	4/83	271
	Metode proračuna uzemljivača razdjelnih mreža	5/83	351
Delbianco Luciano – Rosanda Livio:	Utjecaj otpornog uzemljenja zvjezdišta u mreži Elektroistre Pula	1-2/81	27
Dragičević Drago:	Izvori urana i njegove ekonomske značajke kao uporabnog goriva u nuklearnim elektranama	11-12/81	471
Drezga Irislav:	Financijsko vrednovanje mjera za racionalno korištenje energije	5/90	371
Dvornik Vojmir:	Izbor srednjonaponskih podzemnih kabela za upotrebu u distributivnoj mreži srednje Dalmacije	1-2/80	27
	Strojno polaganje kabela u distributivnim mrežama srednje Dalmacije	11-12/82	421
	Izgradnja kabelskih mreža 10 kV u modernim gradskim aglomeracijama srednje Dalmacije	3/83	167
Đordan Nedjeljko:	Planiranje mjera zaštite na radu u elektroenergetskim postrojenjima (iskustva iz BiH)	1-2/82	49
Fagarazzi Antun:	Tri generacije srednjenaponskih postrojenja u TS 110/20 kV na području Zagreba	2/85	123
	Transformatorske stanice 35/10 kV u Srednjoj Dalmaciji	3/87	241
Feretić Danilo:	Nuklearne elektrane i njihov utjecaj na okolinu	6/87	471
Filipović Božidar:	O pouzdanosti relejne zaštite	11-12/80	415
Filipović Božidar – Žutobradić Srđan – Kostadinović D.:	Model za analizu dinamičkih karakteristika distantnih releja	1/83	11

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Filipović Veljko – Drezga Irislav:	Aproksimacija dnevnog dijagrama opterećenja elektroenergetskog sustava	2/89	91
Filipović-Grčić Božidar:	O asinhronom uklapanju generatora kod brzog automatskog ponovnog uklapanja	1/84	41
	Novi pristup proračunu podešenja i analizi rada relejne zaštite u visokonaponskim mrežama	5/88	527
Filipović-Grčić Božidar. – Čauš Ivan:	Interaktivni proračun podešenja distantne zaštite u visokonaponskim mrežama	3/85	187
Filipović-Grčić Božidar – Hrs Ivo:	Osvrt na problematiku rada pod naponom	1/86	41
Filipović-Grčić Božidar – Žutobradić Srđan:	Slom napona u EES-u – uzroci i posljedice	6/89	467
Flipović-Grčić Božidar – Žutobradić Srđan:	Opravdanost uvođenja zaštite sabirnica u gradskim TS 110/20/10 kV	2/84	107
Fuštar Stipe:	Optimalni raspored remonta termoagregata u godišnjoj bilanci	5/84	377
	Razvoj heurističke metode za određivanje rasporeda remonta agregata u elektranama	1/90	3
	Ekspertni sustav za određivanje rasporeda remonta agregata elektroenergetskog sustava	2/91	65
Gajić-Čapka Marjana:	Ekstremne meteorološke prilike na lokaciji nuklearne elektrane	1/85	13
Granić Goran:	Potrošnja električne energije u SRH do 1990. godine	1/83	55
	Potrošnja električne energije u SRH od 1991.- 2000. Godine	2/83	103
Granić Goran – Alerić Slavko:	Metoda valorizacije doprinosa konstantnih potrošača elektroenergetskom sistemu koji proizlazi iz njihove mogućnosti prilagođavanja potrebama sistema	6/84	455
Granić Goran – Bradarić Miljenko:	Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema	6/85	427
	Energetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (II. dio)	1/86	5
Granić Goran – Pešut Damir:	Metoda predviđanja krivulje trajanja opterećenja	5/83	363
	Primjena metode linearnog programiranja s metodom grana i granica u planiranju EES-a	3/85	179
	Energetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (III. dio	2/86	99
Granić Goran – Zeljko Mladen:	Karakteristike krivulje trajanja opterećenja u elektroenergetskom sistemu SRH u razdoblju 1975.-1981.	4/83	259
	Mogući pravci razvoja potrošnje energije u SRH do 2000. godine	1/84	9
	Korištenje sezonskih akumulacijskih bazena uz upotrebu linearnog programiranja	4/84	295
GranićGoran i grupa autora:	Plariranje razvoja elektroenergetskog sustava	5/88	453
Hatić Đuro – Petričec Mladen – Mladineo Nenad:	Izbor optimalnih parametara niza vodno-energetskih stepenica primjenom dinamičkog programiranja	11-12/82	407

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Hatić Đuro – Šimundić Nediljko:	Izbor najpovoljnijeg vodoprivrednog rješenja i energetskog iskorištavanja Mure na dionici od Gibine do ušća	6/83	459
Hebel Zdravko – Mesić Miroslav:	Analiza elektroenergetskog konzuma na području elektroprivrede Zagreb pomoću elektroničkog računala UNIVAC 1100	2/84	115
Hebel Zdravko – Pavić Ivan:	Proračun tokova snaga u elektroenergetskim mrežama s nesimetričnim opterećenjem	2/89	97
Herr Stjepan:	Pregrijačka sklopka	1/83	47
Hüttl Adolf:	Ten years of experience in technology transfer for turnkey power plants	2/86	111
Ivanović Milan:	Definiranje i realizacija energetske politike na području slavonsko-baranjske regije u razdoblju od 1980. do 1985. godine	1/86	33
	Osječki časopis "Privreda" o razvoju slavonsko-baranjske energetike i o efikasnosti korištenja energije u toku svog tridesetogodišnjeg izlaženja	3/86	215
	Potrošnja električne energije u domaćinstvima izabranih zemalja Europe i Jugoslavije	4/86	257
	Komparativna analiza potrošnje električne energije za javnu rasvjetu u Europi s posebnim osvrtom na potrošnju u Jugoslaviji	2/87	127
Ivanović Milan – Rausnic Tihomir:	Studij elektrotehnike Sveučilišta u Osijeku u funkciji obrazovanja tehničkih kadrova i znanstvenoistraživačkog rada u elektroenergetici	1/89	9
Jakl Franc:	Koncepcija razvoja i izgradnje 400 kV prijenosne mreže Austrije s problematikom zaštite okoline	3/90	181
Jakšić Petar:	Trogodišnje iskustvo u korištenju računala DPP-11/70	6/83	521
	Primjer realizacije jednog ekspertnog sistema u rješavanju praktičkog problema – vođenje računala Instituta za elektroprivredu Zagreb	2/90	115
Jalušić Krunoslav:	Energetski kabel kao element mreže	11-12/82	433
Jelavić Branka:	Srednjoročno planiranje eksploatacije EES-a	6/89	477
Jelavić Branka I grupa autora:	Planiranje eksploatacije elektroenergetskog sistema	5/88	457
Jelavić Vladimir:	Uključivanje ekoloških ciljeva u matematički model za optimiranje energetske strukture urbanih sredina	2/87	147
	Komparativna analiza računskih modela disperzije polutanata iz točkastih izvora onečišćenja	2/88	105
	Odraz revizije "source Terma" na neke sigurnosne aspekte rada NE krško	6/89	481
Jelavić Vladimir – Ćurković Jure:	Matematički modeli za procjenu utjecaja termoenergetskih postrojenja na okolinu	5/88	503
Jelavić Vladimir – Tankosić Đurica – Škanata Dean:	Preliminarna provjera sigurnosti odlagališta radioaktivnog otpada niske i srednje aktivnosti NE Krško	6/90	437
Jerković Gordana – Ravlić Velimir:	Kratkospojna opterećenja komponenti postrojenja pri spojevima užetom	2/91	105
Jugovac Miljenko:	Izvještaj o havariji na nadzemnim vodovima RO "Elektroprimorje" Rijeka u siječnju 1987. godine	3/88	245
	Izolirani vodiči na srednjenaponskim vodovima napona 10 i 20 kV	6/90	453

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Jung Miroslav:	Svrsishodnost izravnih mjerenja opasnosti u dojavnim vodovima	4/86	271
Jung Miroslav i grupa autora:	Utjecaj elektroenergetskih vodova na okolinu	5/88	533
Kalan Marijan:	Zahtjevi na kvalitetu regulacije razine vode u bubnju	3/86	197
Kalan Boris:	Metoda proračuna pouzdanosti i raspoloživosti prenaponske mreže – program NEVA	5/84	373
	Karakteristike regulacije termoenergetskog bloka s obzirom na regulaciju frekvencije u elektroenergetskom sistemu	4/87	315
	Primjena mikroračunala u termoenergetskim postrojenjima	4/89	283
	Trendovi u primjeni računala za nadzor u nuklearnoj elektrani	4/90	287
Kalea Marijan:	25 godina prijenosa električne energije u Slavoniji i Baranji	5-6/82	181
	Neki aspekti prijenosne mreže Mađarske i Čehoslovačke u vezi s tipizacijom dalekovoda 110 kV	2/88	135
	Povezivanje elektroenergetskih sistema postrojenjima istosmjerne struje	2/89	135
Kandžija Vinko:	Međunarodno naftno tržište	4/86	247
	Energstska politika Europske zajednice	3/87	207
	Nuklearna energija u politici Europske zajednice	3/88	231
Kavur Vladimir:	Banke podataka - osnovno svojstvo suvremenog informacijskog sistema ugrađenog u elektroenergetski proces	5-6/81	215
Kavur Vladimir – Baranović Neven:	Raspodjela zadataka i faze podataka između centralne i periferne stanice u sistemu daljinskog vođenja	2/83	107
Knapp Vladimir:	Globalno zagrijavanje i razvoj energetike	5/90	361
Kokelj Petar:	O pisanju stručnih i znanstvenih članaka i rasprava	3/87	269
Koruza Jadranko:	Zbrinjavanja radioaktivnog otpada nuklearnih elektrana	5/88	581
Kovačević Predrag:	Neke metode analize baze podataka programskog paketa PROZA – 11D/R u centru daljinskog upravljanja Osijek	5/87	425
Krajcar Slavko:	Interaktivno optimalno planiranje razdjelnih mreža – strukturiranje prstenaste mreže	5/90	387
Krejči, Milivoj i grupa autora:	Consulting-usluge za gradnju energetskih postrojenja i osiguranje kvalitete	5/88	565
Krulc Zvonimir:	Specifični otpor tla – Geološko-geoelektrični presjeci tla	6/84	477
	Doprinos poznavanju geotermijske energije u Jugoslaviji	4/88	339
	Opasna i ćudljiva munja – neke važne spoznaje i pouke za zaštitu	5/89	431
	Prilog proučavanju ugroženosti od munje	11-12/81	522
Kunaj Hrvoje:	Pristup izradi matematičkog modela za optimizaciju hladnog kraja termoelektrane	1/89	37
Kunaj Hrvoje – Barilar Darko:	Značenje i osnovne metode optimizacije hladnog kraja termoelektrana	5/88	541
Lađević Đuro:	Prijedlog samoupravnog sporazuma o zajedničkim osnovama planova razvoja elektroprivrede SR Hrvatske u razdoblju 1981. do 1985. god.	5-6/81	181

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Lakota Josip:	Faktori opterećenja i pogonska raspoloživost nuklearnih elektrana	1-2/80	7
	Sigurnosne osobine reaktora tipa PWR i PHWR - CANDU	3-4/80	143
	Prilog upoznavanju potencijalnih partnera za realizaciju budućih nuklearnih elektrana (II dio)	11-12/82	397
	Prilog upoznavanju potencijalnih partnera za realizaciju budućih NE (dio III)	1/83	3
Lang-Kosić Neven – Radeka Irena:	Planiranje razvoja srednjenaponske mreže grada Zagreba pomoću računala	6/90	459
Lerman Tomislav – Ilakovac Goran – Bodlović Petar:	Statističko izvještavanje funkcije kompjutorskog sistema nadzora i upravljanja	5-6/81	207
Lončar Ivan – Ružinski Nikola:	Uzroci onečišćenja i tehnološka obrada turbinskog kondenzata	3-4/82	75
Lovašić Zvonko – Jurčević Marijan – Petrović Božidar:	Proračun ravnotežnih i prijelaznih gorivih ciklusa kod lakovodno-tlačnih reaktora	5/84	363
Magdić Marijan – Staničić Luka – Jurišić Smiljana:	Investicije, financiranje, cijena električne energije	5/88	483
Mahmučehajić Rusmir:	Frekventna ovisnost parametara podzemnih kabela	2/89	103
	Vakuumski prekidač	3/90	199
Mahmutčehajić Rusmir – Hajdin S.:	Osvrt na povijest razvoja i primjene visokonaponskih i pneumatskih prekidača	2/88	127
	Fizika električnog luka u sklopnim aparatima	4/90	297
	Sklopne pojave	6/90	475
	Osvrt na razvoj i primjenu SF6 prekidača	4/89	313
	Osvrt na primjenu malouljnih prekidača	6/89	509
Mahmutčehajić Rusmir – Scott Meyer W.:	EMTP – Program za simuliranje elektroenergetskih prijelaznih pojava u elektroenergetskim sistemima	3/89	241
Majstrović Matislav:	Analiza slučajnih vrijednosti struja kratkog spoja u elektroenergetskom sistemu	5/90	381
Malbaša Niko:	Analiza lokacija za nuklearne elektrane I	11-12/80	397
	Analiza lokacija za nuklearne elektrane (II)	1-2/81	3
	Utjecaj NE na okolinu	6/83	479
	Analiza kriterija s obzirom na onečišćenje zraka u sklopu izbora lokacije za toplanu na ugljen u području Zagreba	3/86	179
	Kritički osvrt na ulogu studije o utjecaju na okolinu u rješavanju ekoloških problema	5/88	495
	Utjecaj ekoloških parametara na planiranje elektroenergetskog sistema	3/89	193
Markovčić Boris:	Problem jalovih snaga u u okviru CIGRÉ	11-12/80	411
	Razvoj i stanje kabelske tehnike visokog napona danas u svijetu	6/84	505
	35 godina časopisa Energija	1/86	3
	Naše prve javne elektrane	4/88	375
	Najviši prijenosni naponi danas	5/89	385
	Tendencija razvoja istosmjernih visokonaponskim sistema	5/90	393

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Matanić Dubravko:	Izbor parametara generatora pare za blokove na Kosovu	1/84	55
	Tendencije razvoja svjetske kotlogradnje i odraz na izgradnju termoelektrana kod nas	6/84	493
	Neki aspekti usporedbe velikih generatora pare loženih kamenim ugljenom i lignitom	1/89	3
Matanić Dubravko – Kisić Z.oran:	Veliki tranzitni vrelovodi	4/87	323
Matanić Dubravko – Krejči Milivoj:	Mogućnost domaće industrije pri građenju velikih termoenergetskih postrojenja	6/87	503
Mehmedović Muharem:	Identifikacija EES u svrhu parametriranja LFC opreme	1/88	45
Mesić Miroslav:	Neka iskustva u pripremi izgradnje transformatorskih stanica 110/x kV Elektroprenosa Zagreb	5/87	435
Mihalek Ernest:	Provedba racionalizacije u području razdiobe i potrošnje električne energije	5-6/80	207
	Potrebe i prijedlog kategorizacije distributivnih potrošača u našim mrežama s obzirom na pogonsku sigurnost opskrbe električnom energijom	5-6/82	203
	Brza i spora kolebanja napona i posljedice za dimenzioniranje niskonaponske mreže i aparata	6/89	501
	Doprinos proračunu opterećenja u niskonaponskoj mreži	1/90	19
Mihalic Drgutin:	Analiza stanja električne opreme HE Nikola Tesla	11-12/80	431
Milanović Zlatko:	Posjeta nuklearnoj elektrani toplani Gösgen (KKG) - Däniken	11-12/80	439
	Plinskomotorna toplinska pumpa s kompresorom	5-6/80	191
	Novi toplifikacioni blok električne snage 30 MW u Elektrani-Toplani Zagreb	11-12/81	479
	Povećanje energetske iskoristivosti postrojenja loženih prirodnim plinom	2/86	119
	Mogućnost pročišćavanja dimnih plinova u budućoj palionici otpada	6/86	477
	Ekološki aspekti izgradnje TE-TO na otpad u Zagrebu	4/88	327
Mileusnić Egon:	Kvarovi na prekidačima	5/86	397
	Zona štićenja oko privremenih uzemljivača	2/87	167
Milunović M.ilan:	Analiza strujnog redukcijskog faktora 110 kV kabela s paralelno položenim bakrenim užetom u zemlji	5/89	427
Moser Josip:	Usporedba gubitaka el. energije u prijenosu i distribuciji el. energije u nas i u svijetu	3-4/80	51
	Gubici električne energije na području sisačko-baranjske regije u usporedbi s ostalim područjima SR Hrvatske	5-6/80	233
	Pravilno održavanja zračne distributivne mreže kao mjera zaštite od požara	6/86	461
Mrakovčić Branko:	Rad pod naponom	11-12/80	443
Muftić Dževad – Ilijanić Velimir:	Električno dimenzioniranje glave novih 400 kV stupova	3/86	187
Mužek Zdravko:	Razvoj korištenja energije na području grada Zagreba u razdoblju 1961.-1978.	3/84	197
	Pregled opskrbe toplinom iz nuklearnih elektrana u svijetu	5/84	397
	Cijene nafte u svijetu – današnji razvitak i neke premise za budućnost	5/86	351

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
	Karakteristike kondenzacijsko-oduzimnog rada turbine za nuklearnu elektranu snage 1000 MW	3/87	215
	Racionalna upotreba energije – tendencije i poruke prakse zemalja OECD-a	3/89	221
	14. kongres Svjetske konferencije za energiju	6/89	515
Mužek Zdravko – Komerički Zlatko:	Izgradnja kotla K 500 – u loženog uvoznim kamenim ugljenom u TE-TO Zagreb	1/87	53
	Analiza društvene opravdanosti gradnje jedinice za zajedničku proizvodnju topline i električne energije u uvjetima neizvjesnosti	5/88	475
Mužek Zdravko – Kunaj Hrvoje:	Usporedba specifičnih izdataka proizvodnje električne energije u termoelektranama	5/87	413
Mužny Josip i grupa autora:	Djelotvoran način štićenja podzemnih kabelskih trasa od udara groma na nepovoljnim terenima	11-12/82	411
Mužny Josip – Sekso Ante – Mihalic Dragutin:	Karakteristike mjerne opreme i statističke metode pri ispitivanju izolacijskih sistema u visokonaponskom laboratoriju i na terenu	5/88	557
Nadinić Berislav:	Osvrt na ispitivanja energetskih karakteristika blokova TE Kosovo	5-6/82	193
	Nova metoda utvrđivanja ekspanizionih linija turbina s vlažnom parom u nuklearnim elektranama	5/86	369
	Procjena utjecaja na okolinu rashladnih tornjeva NE Krško	6/86	465
	Proračun utjecaja dozvoljenog toplinskog opterećenja rijeke Save na proizvodnju električne energije NE Krško	1/87	63
	Proračun emisija ekološki značajnih elemenata i spojeva iz TE Plomin 1 i 2 za različite postupke odsumporavanja dimnih plinova	3/87	231
	Ispitivanje ukupne propusnosti kontejmenta u NE Krško	6/87	495
	Utvrđivanje energetskih karakteristika termoenergetskih postrojenja	5/88	551
Naumovski Ivan:	Prekidanje kratkih spojeva s prekidačima visokog napona u blizini generatora	1-2/82	29
	Visokonaponski sklopni aparati izolirani plinom SF6 – sadašnjost i budućnost	4/84	317
	Prilike pri uklapanju kondenzatorskih baterija i izbor prikladnih sklopnih aparata	5/84	429
	Zahtjevi kojima mora udovoljiti visokonaponska oprema u uvjetima potresa	2/88	143
Nevečerel Davor:	Proračun kratkog spoja u mreži SR Hrvatske za 1990. godinu	1/88	11
	Proračun kratkog spoja na digitalnom elektroničkom računalu	2/83	79
	Redukcija pasivnih elektroenergetskih mreža	3/84	187
	Programski sustav RIMA za proračun kratkog spoja u elektroenergetskim mrežama	3/88	221
Nevešćanin Josip:	Metoda određivanja tehnoekonomskih podobnosti primjene i problem prijelaza na adekvatni sistem zaštite od indirektnog dodira u elektrodistribuciji i kod potrošača	2/89	117
Nikolić Branislav:	Proračun presjeka kabla niskog napona za napajanje stambenog objekta električnom energijom na osnovu srednje snage stana na nivou TS-SN/NN	3-4/82	113
	Veličine gradskog područja koje napajaju TS-VN-SN u zavisnosti od primjenjenog tipa SN mreže	1/84	46
	Položaj kablova u kablovskom rovu	4/87	331

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Nikolić Željko:	Vođenje bloka TE Sisak pri proširenju radnog opsega kotla	4/83	283
Nikolovski Srete:	Pokazatelji pouzdanosti višestrukih nadzemnih vodova	2/91	109
Nikolovski Srete – Mravak Ivan:	Tehnoekonomski pristup dimenzioniranju nadzemnih prijenosnih vodova	5/90	397
Novosel Damir:	Izbor simulacijskog modela za analizu potfrekventnog rasterećenja EES-a i njegova primjena za podešenje releja prvog stupnja	6/88	659
Obad Mustafa:	Koncept istraživanja veličine i karaktera električnih opterećenja potrošačkih grupa u elektrodistribuciji	5/89	399
Ožegović Marija:	Raspodjela trostruke nulte komponente struje kroz zemlju, dozemnu užad i uzemljenja	5-6/80	183
	Ekvivalentne sheme nultog sistema tronamotnog transformatora	1-2/82	35
	Uzemljenje zvjezdišta paralelno spojenih transformatora preko zajedničkog otpora	3-4/82	107
	Redukcija trofazne pasivne mreže u metodi grane	2/84	99
	Interpretacija rezulatata jednofazne i trofazme pi-sheme dvostrukog dalekovoda	4/84	301
	Matematički model jednopolnog kratkog spoja kada je otpor uzemljenja stanice različit od nule	6/86	449
	Projektiranje baznih i izvedenih relacija za osnovne analize mreže EES-a	2/90	81
Pašić Zijo – Imamović Fatih – Pašić Jasna:	Aspekti razvoja distantne zaštite	6/90	471
Pavičić Krešimir:	Teškoće u radu kompenzacijskog bazena Gusić Polje i njihovo otklanjanje	4/86	275
Pavišić Vesna:	Insolacija kao element procjene promjene onečišćenja zraka	3/90	175
Pavlović Jovica:	Sistem i politika cijena električne energije	3/86	163
Pavlović Tomislav:	Problematika elektrana na tekuće gorivo u SR Hrvatskoj s posebnim osvrtom na plinsku TE "Jertovec"	1-2/81	19
Pečvarac Damir:	Određivanje faktora snage kategorije domaćinstvo u Jugoslaviji	6/90	465
Pehani Andrej – Jakl Franc – Plaper Marijan:	Utjecaj interkonekcije s Austrijom na pouzdanost jugoslavenskog elektroenergetskog sistema	1/88	5
Perić Aleksandar – Plećaš Ilija – Kostadinović A.:	Ispitivanje određenih reoloških i fizičko-hemijskih osobina bitumensko-radioaktivnih otpadnih smeša, dobijenih šaržnim procesom imobilizacije RAO materijala srednjeg nivoa aktivnosti	1/90	25
	Pregled razvoja tehnika i mogućnosti primjene procesa imobilizacije radioaktivnih otpadnih materijala bitumenskim postupkom	4/88	343
Perinić Vinko:	Mogućnost primjene automatske obrade podataka u održavanju elektroenergetskih postrojenja	5-6/81	221
Pešut Damir:	Adaptivan postupak predviđanja dnevnog dijagrama opterećenja u elektroenergetskom sistemu	3/84	191
Pešut Damir – Topić Jakša:	Analiza potrošnje energije u Jugoslaviji i SR Hrvatskoj	3/88	209
Petric Nikola:	Radovi u trafostanicama sa stajališta sigurnosti	2/84	143
Petričec Mladen:	Pristup planiranju višenamjenskih hidrotehničkih objekata	5/88	467

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Petrović Božidar – Urli Natko:	Proračun i eksperimentalna provjera karakteristika jezgre lakovodnog reaktora na primjeru ne Krško	4/84	287
Petrović Mato – Špišić Zlatko – Avdagić Adnan:	Primjena računala u pripremi i u praćenju proizvodnje metalnih konstrukcija	4/87	337
Piperski Dragoljub:	Automatsko upravljanje elektromotornim pogonima u savremenim termoelektranama	3/83	191
Plećaš Ilija – Perić Aleksandar – Kostadinović A.:	Određivanje brzine procurivanja radionukleida na odlagalištu radioaktivnog otpada u realnim dinamičkim uslovima	4/90	283
Plećaš Ilija I grupa autora:	Usporedna analiza postupaka kondicioniranja taloga iz isparivača u NE Krško	1/84	65
Popović A.:	Iskustva u primjeni metodologije STATIC za potrebe studijskih analiza statičke sigurnosti EES-a Jugoslavije	4/90	259
Popović Dragan:	Prilozi metodici studijskih analiza statičke sigurnosti elektroenergetskih sistema	3/88	197
Potočnik Vladimir – Jančijev Tomislav:	Optimizacija rada energane pri proizvodnji električne i toplinske energije	6/89	491
Potočnik Vladimir:	Gradski otpaci - potencijalno gorivo iz toplane	3/83	175
	Potencijal dopunskih izvora energije SR Hrvatske	1/89	17
	Mogućnost revitalizacije termoelektrana u SR Hrvatskoj	4/89	295
Požar Hrvoje:	O dugoročnom razvoju proizvodnje električne energije u Jugoslaviji konvencionalnim energetskim izvorima	5/86	339
	Razvoj proizvodnje električne energije u nuklearnim elektranama	3/90	159
Pravdić Velimir:	Energetika i ekologija	3/87	201
Praznik Herbert:	Dokumentacijsko-informativna djelatnost u elektroprivredi	5/86	401
Puharić Milan:	Zaštita modularnih trafostanica od atmosferskih prenapona	3/90	193
Putanec Ivan:	Cijene električne energije iz nuklearnih elektrana i termoelektrana na ugljen	5/87	409
	Pouzdanost napajanja električnom energijom u nuklearnoj elektrani	6/88	635
Radmilović Božidar – Tonković Zdenko:	Poremećaji u proizvodnji električne energije i problemi prijenosa na zagrebačkom području	1/83	19
Radmilović Božidar – Vidaković Franjo:	Prilagođenje postrojenja prijenosne mreže za rad u sustavu daljinskog vođenja	5-6/81	199
Rajić Florijan:	Praktične granice automatike u termoelektranama	5/86	377
Rajić Željko:	Određivanje optimalnih konfiguracija razdjelnih mreža	2/87	157
	Nepotpuni model za određivanje optimalnih konfiguracija razdjelnih mreža	4/87	307
	Aproksimativni postupak za određivanje optimalnih konfiguracija razdjelnih mreža	6/87	509
Rajić Željko – Baldasari Dasenko:	Kompenzacija jalove snage i energije u distributivnim mrežama	5/88	517
Ravlić Velimir – Ferček Boris:	Povezivanje tropolnog, metalom oklopljenog sklopnog postrojenja izoliranog plinom SF6, tipa K8D.6, s ostalim elementima elektroenergetskog sistema	2/90	109
Ringwald Zdenko:	Reduciranje isporuke električne energije elektrolizi aluminija sa stajališta racionalnog korištenja energije	5/83	391

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Schenner Rihard:	Optimalno opterećenje gradskog distributivnog sistema s obzirom na štete zbog neisporučene električne energije	3-4/81	131
	Rješenje 110 kV i 30 kV mreže grada Zagreba za razdoblje 1980-2000. god. (II dio)	3-4/82	91
	Analiza konzuma u distribuciji	6/83	445
	Određivanje dnevnog dijagrama opterećenja grupe kućanstava pomoću modela	4/86	265
	Usporedba transformatora 10/0,4 kV smanjenih gubitaka i transformatora klasične konstrukcije	1/88	17
Sekso Ante:	Iznošenje potencijala energetskim kabelima - rezultati mjerenja i smjernice za zaštitu	5-6/82	155
Sekso Ante – Hrs Ivo:	Prenaponi sklapanja na sjevernoj magistrali mreže 400 kV	6/83	511
Sitar Ivan:	Hermetički zabrtvljeni distributivni transformatori bez konzervatora	1-2/81	33
	Ispitivanje na kratki spoj trofaznog tronamotnog transformatora 20/20/13,34 MVA	5/89	421
Soklič Aleš:	Praćenje potrošnje električne energije i vršne snage u Željezari Jesenice	5/89	391
Staničić Luka:	Izdaci za energiju u osobnoj potrošnji stanovništva	4/88	357
	Akumulativna i reproduktivna sposobnost elektroprivrede Hrvatske	4/90	251
Stanić Dragutin:	Poteškoće i slabosti u funkcioniranju elektroenergetskog sistema Hrvatske	3-4/80	105
Staniša Branko:	Sto godina proizvodnje i razvoja parnih turbina	5/84	407
Sterpin Elio:	Uzemljenje nosne konstrukcije linijskog rastavljača na drvenom stupu	11-12/82	437
Sterpin Elio – Rosanda Livio:	Dodatni teret uzrok oštećenja dalekovoda 35 kV Pazin - Pula	11-12/80	425
Subašić Damir:	Bitne značajke lokacijske dozvole za nuklearne elektrane	2/84	121
	Uloga i značaj naknade u lociranju kontraverznih objekata	5/90	355
Šander Miroslav. – Plevnik Stanko:	Turbina 70 MW u EL-TO Zagreb – primjer mogućnosti protutlačnog kondenzacijskog pogona	6/89	495
Šicel Mladen:	Osvrt na dosadašnje metode utvrđivanja fizičkih veličina potrebnih ulaganja za izradu programa razvoja ditributivne mreže	5-6/80	215
	Problematika uvođenja rada pod naponom u distribuciji ZEOH-a	6/87	515
	Današnje stanje mrežno-tonfrekventne komande u SR Hrvatskoj	1/88	49
Šimović Jure:	Nedostaci postojećeg sistema društveno-ekonomskih odnosa u okviru složenog sistema elektroprivrede Hrvatske	3-4/80	97
	Temeljna obilježja sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u planskom razdoblju 1976. do 1980. god. (I dio)	3-4/82	117
	Temeljna obilježja sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u planskom razdoblju 1976. do 1980. god. (II dio)	5-6/82	169
	Uloga i značaj udruženih sredstava društvene reprodukcije u financiranju razvoja privredne infrastrukture	3/86	171

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Šimunić Juraj:	Analiza izbora mjerenja po komponentama prijenosne mreže i daljinskog prijenosa cikličkih informacija	1-2/80	45
	Učestalost spontanih informacija u procesu prijenosne mreže	5-6/81	211
	Analiza dimenzioniranja izvora istosmjernog razvoda 220 V (110 V) u elektroenergetskim postrojenjima	3/89	235
	Trodimenzionalni prikaz skupa procesnih informacija prijenosnog elektroenergetskog sistema	2/90	75
	Prostor vjerojatnosti skupa procesnih informacija elektroenergetskog postrojenja	4/90	269
Šimurina Ivan:	Statistički pregled elektroprivrede SR Hrvatske	6/84	515
Širola Edo:	Utjecaj javne rasvjete na sigurnost pješačkog prometa	11-12/81	519
Štahan Ivan:	Da li su SF6 postrojenja tlačne posude ili ne?	2/84	137
	Neki pogledi na održavanje sklopnih aparatura visokog napona	4/89	309
	Ekološki pogledi na novi asortiman sklopnih aparatura visokog napona	6/90	447
Štajer Boris. – Pavić Ivan:	Prostorno planerski, urbanistički i građevinski aspekti vođenja trase daljinskog transporta topline	3/87	251
Štingl Hrvoje – Bradač Vladimir:	Osiguranje kvalitete pri provedbi periodičkih pogonskih ispitivanja NE	6/88	653
Tešnjak Sejid – Marušić Ante:	Digitalni simulacijski model zaštite sinkronog generatora od asinkronog rada pri nestanku uzbude	2/90	89
Tocigl Benito:	Novi tarifni sistem za prodaju električne energije	4/85	265
Tomić Slavko:	Elektroprojekt Zagreb	2/89	145
Tonković Zdenko:	Jedna perspektiva jugoslavenske superponirane mreže	6/83	504
	Prijenosna mreža SR Hrvatske u razdoblju 1990-2000. godina	1/85	21
	Dozvoljeno strujno opterećenje vodiča	4/85	273
	Analiza i izbor najpovoljnijeg uklopnog stanja TS 380/110 kV Melina	5/86	393
	Prijenosna mreža na području Elektroprivrede Rijeke u razdoblju 1986-2000. godine	6/87	519
	Odnosi potrošnje snage Hrvatske i elektroprivrednih područja Osijeka, Rijeke, Splita i Zagreba	6/87	531
	O naponskom slomu i prilikama u zapadnom dijelu jugoslavenskog elektroenergetskog sistema	5/88	513
	Sekcioniranje gradske mreže 110 kV na primjeru šireg zagrebačkog područja	6/88	631
	Razdvajanje sistema UCPTE na zagrebačkom području	4/89	301
	Nove veze 110 kV između Hrvatske i Bosne i Hercegovine	3/90	169
Tonković Zdenko – Jerbić Goran:	Raspoloživost elektroenergetskog sistema za napajanje vlastite potrošnje nuklearne elektrane na području Elektroprivrede Zagreb	1/89	31
Tonković Zdenko – Radmilović Božidar:	Povezivanje zagrebačkog područja sa prijenosnom mrežom superponiranih napona	1/86	25
Topić Jakša:	Analiza gubitaka električne energije u prijenosnoj mreži Jugoslavije	2/86	87
	Analiza gubitaka električne energije u distributivnim mrežama Jugoslavije	6/86	439

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Topić Jakša – Pešut Damir – Bilčar Nikola:	Potrebe izgradnje TS 400/110 kV Žerjavinec radi povećanja sigurnosti snabdjevanja električnom energijom grada Zagreba	5/85	341
Topić Jakša – Pešut Damir – Staničić Luka:	Analiza potrošnje energije u Jugoslaviji i SR Hrvatskoj	2/88	91
Torma Laslo – Stančić Miroslav:	Korištenje mjerenja tlaka u uljnom mjernom transformatoru za kontrolu nivoa ulja, tlaka, signalizaciju njihova stanja i zaštitu mjernog transformatora	3/88	255
Tropin Kiril:	Prilog bezbednosti održavanja nadzemnih elektroenergetskih vodova	11-12/81	468
	Tehnološka shema gasovoda Urengoj – Pomary - Užgorod	3/85	227
	Procena dejstva vrlo visokih i najviših napona na organizam čoveka	5/87	439
	Pojednostavnjene transformatorske stanice i neka naša iskustva	11-12/82	443
	Analiza snabdevanja industrijskih preduzeća električnom energijom u posebnim uslovima	4/83	291
	Električno grejanje suvremenih zgrada	5/83	373
	Razvoj električnog grejanja u nas i u svetu	3/84	241
	Napajanje industrijskih preduzeća električnom energijom putem dubokog uvađanja vodova	6/84	499
Udovičić Božo:	Mogućnosti i potrebe optimalne izgradnje elektrana u elektroenergetskom sustavu Hrvatske do 2000. godine	6/83	437
Udovičić Božo – Pešut Damir – Vuk Branko:	Planiranje razvoja elektroenergetskog sistema	5/88	439
Uglešić Ivo:	Postupak proračuna otpora električnog luka nakon proboja u plinovitim dielektricima	6/88	647
	Neka saznanja o koordinaciji izolacije oklopljenih postrojenja izoliranih plinom SF6	1/89	25
Vagić Nikola:	Kompenzacija jalovog opterećenja TS 110/20(10)kV Samobor	1/88	21
Valenčić Mirko:	Regulacija okretaja turbina za male elektrane	11-12/81	513
Vranković Ivan:	Konvencionalne elektrane s pročišćavanjem dimnih plinova – energetska opcija kraja 20. stoljeća	5/89	379
Vučetić Višnja:	Proračun maksimalnih brzina vjetra iz kratkog niza mjerenja duž trase dalekovoda	1/88	35
Vujević Dušan:	Novi referentni etaloni za volt i om od 1.1.1990.	1/90	37
Vujević Dušan – Markovinović Dragutin:	Viši harmonički članovi u mreži SR Hrvatske	6/84	465
Vukomanović Svetolik:	Zaštita čovjeka i opreme u postrojenju visokog i srednjeg napona	2/85	131
	Sistem signalizacije na bazi informacija	6/85	449
Vuković Vladimir:	Neke specifičnosti u projektiranju nuklearnih elektrana	4/86	279
	Otok Tri milje i Černobil	6/87	481
	Otok Tri milje i Černobil	4/88	317
	Otok Tri milje i Černobil	3/89	215
	Problem generatora pare u PWR sistemima	2/90	89
	Zavisnost snage reaktora od protoka rijeke Save pri niskim vodostajima	6/90	427

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Zelić Marijan:	Praćenje rada hidroenergetskih objekata	5/88	569
Žutobradić Srđan:	Uzemljenje zvijezdišta 10/20 kV mreža	6/84	469
	Doprinos tipizaciji uzemljivača TS(20)10/0,4 kV	4/85	279
	Stohastički pristup naponima dodira u elektroenergetskim postrojenjima	6/85	455
	O vjerojatnosti nastanka povratnog preskoka na elektrodistributivnim vodovima	2/86	127
	Položaj nadzemnih vodova u sustavu uzemljenja	1/87	69
	Doprinos proračunu impulsnih impedancija složenih uzemljivača	4/90	291
Žutobradić Srđan – Delbianco Luciano:	Doprinos analizi unutrašnjih prenapona u rezistantno uzemljenim razdjelnim mrežama	2/88	119
Žutobradić Srđan – Filipović-Grčić Božidar:	Proračun unutrašnjih prenapona u distributivnim mrežama uzemljenim preko otpornika	4/84	311
Žutobradić Srđan – Filipović-Grčić Božidar:	Uvod u proračun impulsnih karakteristika uzemljivača	2/85	105
Žutobradić Srđan – Filipović-Grčić Božidar:	Projektiranje uzemljivača industrijske trafostanice 110/6 kV	5/85	365
Žutobradić Srđan – Mehičić Krešo – Šimunec Rudolf:	Tehničko-informacijski sustav distributivnih mreža SR Hrvatske	5/88	523
Žutobradić Srđan – Puharić Milan:	Uloga uzemljivača stupova u zaštiti distributivnih vodova od atmosferskih prenapona	4/88	349

PRAVILNIK O OBRAČUNU I NAČINU PLAĆANJA NAKNADE ZA KORIŠTENJE VODA

Ovaj Pravilnik objavljen je u Narodnim novinama broj 29 od 4. travnja 2001. godine. Stupanjem ovog pravilnika na snagu prestaje vrijediti Pravilnik o obračunu i plaćanju nakanda za korištenje voda iz Narodnih novina broj 94/98, 108/98, 48/2000 i 93/2000.

Pravilnik je donesen na temelju Zakon o financiranju vodnog gospodarstva (Narodne novine broj 107/95, 19/96 i 88/98, članak 44).

Odnosi se prema članku 2, stavak 7 i na pravne osobe koje koriste vodnu snagu za proizvodnju električne energije.

Prema članku 2 naknada za korištenje voda za proizvodnju električne energije određuje se prema izrazu:

$N = N_2 \times E$

u kojem je:

N = ukupni iznos naknade

E = količina proizvedene električne energije u kWh u obračunskom razdoblju na pragu svih hidroelektrana obveznika

N_2 = visina naknade za 1 kWh prema Odluci.

Količina proizvedene električne energije (članak 5, točka 6, stavak 2) utvrđuje se prema ukupno evidentiranoj proizvodnji električne energije na pragu svih elektrana obveznika.

Zbog toga su prema članku 7 dužni voditi podatke o proizvodnji električne energije na pragu svih hidroelektrana i ostvarenoj ponderiranoj cijeni električne energije. Ove podatke dužni su dostavljati "Hrvatskim vodama" jednom mjesečno za prethodni mjesec i jednom godišnje do 31. ožujka za prethodnu godinu.

Ukoliko ne dostave podatke u propisanim rokovima ili dostave netočne podatke, Hrvatske vode obračunat će naknadu na temelju podataka nadzora i/ili najviše dozvoljenih količina i u vodoprivredne dozvole (članak 8).

Člancima 9 do 15 regulira se pojedinačno utvrđivanje iznosa naknade, način i rokove plaćanja.

Prema članku 13 obveznik samostalno obračunava i plaća naknadu za obračunsko razdoblje od:

- kalendarskog mjeseca, prema privremenom obračunu i
- kalendarske godine, prema konačnom obračunu.

Obveznici privremeno obračunavaju naknadu na temelju ponderirane cijene električne energije u prethodnoj godini i ukupne količine proizvedene električne energije u tijeku prethodnog mjeseca, a plaćaju je do kraja tekućeg mjeseca za prethodni mjesec.

Konačni obračun naknade obračunava se na temelju ostvarene ponderirane cijene električne energije u prethodnoj godini i ukupne količine proizvedene električne energije u obračunskoj godini, a tako obračunatu naknadu, umanjenu za iznos uplaćene naknade, plaćaju do 15. travnja tekuće godine za prethodnu godinu.

Ukoliko se tako ne učini Hrvatske vode će do 30. lipnja tekuće godine donijeti rješenje.

Članci 14 i 15 govore o rokovima plaćanja naknade, odnosno povratu preplaćenog iznosa nakande.

Članci 16 i 17 govore o obvezi vođenja očevidnika naknade, načinu provođenja nadzora nad obračunom i plaćanjem naknade, što su zadaci Hrvatskih voda i državnog vodopravnog inspektora.

SBK

LABORATORIJI ZA OVJERAVANJE BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Na temelju Zakona o mjeriteljskoj djelatnosti (Narodne novine broj 11/94) donesen je **Pravilnik o uvjetima kojima moraju udovoljiti potvrđeni mjeriteljski laboratoriji za ovjeravanje brojila električne energije i načinu njihova rada.** Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 35 od 19. travnja 2001. godine.

Primjenom ovog Pravilnka prestaje vrijediti Pravilnik o uvjetima osnivanja laboratorija za pregled brojila električne energije iz Narodnih novina broj 53/91.

Člancima 1 do 3 utvrđenene su opće odredbe, a odnose se na definiranje što je laboratorij, što on radi.

U člancima 4 do 28 utvrđeni su uvjeti kojima mora udovoljiti laboratorij. Odnosi se na radnike, prostorije i opremu za ispitivanje brojila te propisanu dokumentaciju. Prema članku 5 laboratorij mora imati najmanje 2 zaposlena radnika koji mogu imati stručnu spremu od VKV radnika, SS, VŠS i VSS s odgovarajućim brojem godina radnog staža (članak 6).

Člankom 7 do 11 utvrđuju su prostorni uvjeti koje mora ispunjavati laboratorij: odvojene prostorije za pripremu, čiste, suhe, određene temperature i vlažnosti zraka u skladu s važećim tehničkim normama.

Članci 12 do 26 određuje opremu i i elektroenergetske i elektroničke uvjete, kojima mora oprema udovoljavati te metode rada.

Članci 27 i 28 utvrđuju dokumentaciju koju laboratorj mora imati i rokove čuvanja.

Članak 29 utvrđuje obveze laboratorija, dok članci 30 do 33 utvrđuju prijelazne i završne odredbe.

SBK

PRIJEDLOG ZAKONA O ENERGIJI

U travnju ove godine objavljen je na internet stranici www.mingo.hr nacrt pet prijedloga zakona o restrukturiranju energetskog sektora u Republici Hrvatskoj.

Republika Hrvatska ratificirala je Ugovor o Energetskoj povelji (Narodne novine – Međunarodni ugovori 15/97) čija je svrha utemeljenje pravnog okvira za unaprjeđenje dugoročne suradnje na području energetike, zasnovane na dopunjavanju i uzajamnoj koristi. Energetskom poveljom uređena su sljedeća pitanja: trgovina energetskim materijalima i proizvodima, tržišno natjecanje, tranzit (prolazak) energetskih materijala i proizvoda temeljem otvorenog i objektivnog pristupa, prijenos energetske tehnologije, pristup tržištu kapitala, promicanje i zaštita investicija, suverenitet

nad energetskim dobrima, zaštita okoliša, transparentnost zakona i podzakonskih provedbenih propisa te rješavanje sporova.

Republika Hrvatska također je ratificirala Protokol Energetske povelje o energetskoj učinkovitosti i pripadajućim problemima okoliša (Narodne novine-Međunarodni ugovori 7/98) koji promovira energetsku učinkovitost i dosljedno smanjivanje negativnih utjecaja energetskih sustava na okoliš, te potiče suradnju na području energetske učinkovitosti.

Kako je opći cilj integracija u Europsku uniju, reforma energetskog sektora mora se provoditi u skladu s aktualnim procesima razvitka tržišta u Europskoj uniji na način da se zadovolje svi zahtjevi sigurnosti u najširem smislu riječi.

Pri uskladivanju postojećeg zakonodavstva s onim u Europskoj uniji, okvir daju temeljne odrednice Direktiva EU o liberalizaciji tržišta električne energije (96/92/EC) te tržišta plina (98/30/EC).

U Hrvatskoj danas zakonodavni i institucionalni okvir energetskog sektora tvori cijeli niz zakona:

- Zakon o carinskoj tarifi NN 49/96
- Zakon o državni robnim zalihama NN 68/98
- Zakon o državnom inspektoratu NN 76/99
- Zakon o eksplozivnim tvarima za gospodarsku uporabu NN 12/94
- Zakon o elektroprivredi NN 31/90, 61/91, 26/93, 78/94,105/99
- Zakon o iznimnim mjerama kontrole cijena NN 73/97
- Zakon o izvlaštenju NN 9/94, 35/94
- Zakon o kaznenom postupku NN 110/97, cl. 171.-175
- Zakon o komunalnom gospodarstvu NN 36/95, 70/97, 128/99, 57/00, 29/00
- Zakon o koncesijama NN 88/92
- Zakon o lokalnoj samoupravi i upravi NN 90/92, 94/93, 117/93, 5/97, 17/99, 128/99
- Zakon o normizaciji NN 55/96
- Zakon o obveznim odnosima NN 53/91, 73/91, 3/94, 7/96
- Zakon o određivanju poslova iz samoupravnog djelokruga jedinica lokalne samouprave i uprave NN 75/93
- Zakon o općem upravnom postupku NN 47/86, 53/91, 13/96
- Zakon o osnivanju javnog poduzeća INA -Industrija nafte NN 42/90,61/91
- Zakon o otocima NN 34/99, 149/99
- Zakon o područjima od posebne državne skrbi NN 44/96, 57/96, 124/97
- Zakon o porezu na dobit NN 35/95
- Zakon o porezu na dodanu vrijednost NN 47/95, 106/96, 164/98, 105/99, 54/00, 73/00, 127/00
- Zakon o posebnom porezu na naftne derivate NN 55/00, 101/00
- Zakon o prekršajima NN 2/73, 5/73, 21/74, 9/80, 25/84, 52/87, 27/88, 43/89, 8/90, 41/90, 59/90, 91/92, 35/95
- Zakon o prestanku važenja Zakona o osnivanju javnog poduzeća INA -Industrija nafte NN 60/93
- Zakon o prijevozu opasnih tvari NN 93/97
- Zakon o privatizaciji NN 21/96
- Zakon o privrednim prijestupima NN 53/91, 91/92, 26/93
- Zakon o računovodstvu NN 90/92
- Zakon o radu NN 38/95, 54/95, 65/95
- Zakon o rudarstvu; NN 35/95
- Zakon o sudskom registru NN 1/95
- Zakon o sustavu državne uprave NN 75/93, 48/99, 15/00
- Zakon o trgovačkim društvima NN 11/93
- Zakon o trgovini NN 11/96
- Zakon o udrugama NN 70/97, 106/97, 20/00, 28/00
- Zakon o upravnim sporovima NN 53/91, 9/92, 77/92
- Zakon o ustanovama NN 76/93,029/97,047/99
- Zakon o vodama NN 107/95
- Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima NN108/95
- Zakon o zaštiti okoliša NN 82/94,28/99
- Zakon o zaštiti tržišnog natjecanja NN 48/95
- Kazneni zakon NN 110/97 cl. 127, 263, 264, 265, 266, 268, 269, 303, 317, 318, 323, 324, 337, 339, 345, 348, 349, 351
- Opći porezni zakon NN 127/00 kao i veliki broj podzakonskih provedbenih propisa.

Da bi se omogućila integracija u jedinstveno europsko tržište, nužno je donijeti nove zakone na temelju kojih će se reformirati hrvatski energetski sustav.

Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske pristupilo je realizaciji projekta

reforme energetskog sektora predlažući paket energetskih zakona uključujući i Zakon o energiji.

Predlaže se donošenje pet zakona:

- Zakona o energiji
- Zakona o regulaciji energetskih usluga
- Zakona o tržištu električne energije
- Zakona o tržištu plina te
- Zakona o tržištu nafte i naftnih derivata.

Pojmovi koji se koriste imaju sljedeće značenje:

- **Agencija** - Agencija za regulaciju energetskih usluga – neovisni regulator energetskog tržišta, osniva se kao neovisna i neprofitna ustanova posebnim zakonom, kojim se definiraju njezin status i ovlasti
- **distribucija** – razvod energije distribucijskom mrežom/sustavom
- **distribucijska mreža / sustav** – mreža / sustav koji se koristi za distribuciju energije
- **energetski subjekt** – pravna ili fizička osoba koja temeljem rješenja Agencije obavlja jednu ili više energetskih djelatnosti
- **Fond za nacionalne energetske programe (NEP fond)** – neprofitni fond za financiranje nacionalnih energetskih programa
- **kupac** – pravna ili fizička osoba koja na temelju ugovora kupuje energiju
- **Ministar** – ministar nadležan za energetiku
- **Ministarstvo** - ministarstvo nadležno za energetiku
- **obnovljivi izvori energije** – izvori energije koji su sačuvani u prirodi i obnavljaju se u cijelosti ili djelomično, posebno energija vodotokova, vjetra, neakumulirana sunčeva energija, biomasa, bioplin, geotermalna energija itd.
- **obveza javne usluge** – obveza energetskih subjekata kojima je povjereno obavljanje usluga od općeg gospodarskog interesa kako bi se osigurala sigurna, redovita i kvalitetna opskrba energijom po razumnim cijenama uz zaštitu okoliša
- **operator tržišta** – pravna osoba određena za organizaciju djelovanja tržišta električnom energijom
- **opskrba energijom** – isporuka i/ili prodaja energije kupcu

- **organizirano energetsko tržište** – organizirano usklađivanje i posredovanje u ponudama o kupnji i prodaji energije
- **plin** – prirodni plin, miješani ukapljeni naftni plin sa zrakom, ispareni ukapljeni naftni plin te gradski plin
- **povlašteni kupac** – kupac koji može slobodno izabrati od koga će kupiti energiju
- **povlašteni proizvođač** – proizvodač koji u pojedinačnom proizvodnom objektu istodobno proizvodi električnu i toplinsku energiju, koristi otpad ili obnovljive izvore energije na gospodarski primjeren način koji je usklađen sa zaštitom okoliša
- **prijenosna mreža / transportni sustav** – mreža/sustav koji se koristi za prijenos/transport energije
- **prijenos / transport** – djelatnost kojom se omogućuje preuzimanje energije od proizvodača i iz drugih prijenosnih mreža, radi predaje te energije distribucijskoj mreži, ili kupcima priključenim neposredno na prijenosnu mrežu
- **priključak na mrežu / sustav-** fizički priključak na prijenosnu / transportnu ili distribucijsku mrežu / sustav prema propisanim uvjetima
- **proizvodnja energije -** fizikalni ili kemijski proces pretvorbe goriva ili obnovljivih izvora energije u električnu, toplinsku ili druge oblike energije
- **proizvodnja naftnih derivata** - procesi prerade nafte i/ili degazolinaže, kojima se dobivaju tekući i plinoviti proizvodi - naftni derivati, uključivo i ukapljeni naftni plin (UNP). Obuhvaća i doradu nafte
- **tranzit** – prijenos energije podrijetlom iz druge države, namijenjene trećoj državi preko Republike Hrvatske, ili prijenos energije podrijetlom iz druge države i namijenjen toj drugoj državi preko Republike Hrvatske
- **trgovac** - kupuje i prodaje energiju
- **usluge elektroenergetskog sustava -** održavanje frekvencije, održavanje napona, ponovna uspostava opskrbe i vođenja pogona elektroenergetskog sustava
- **vođenje elektroenergetskog sustava –** objedinjuje funkcije planiranja, nadzora, analize, odlučivanja i upravljanja elektroenergetskog sustava.

ZAKON O ENERGIJI, kao osnovni Zakon, regulirao bi sljedeće:

- načela energetske politike
- uvjete za obavljanje energetske djelatnosti
- organizaciju energetskog tržišta
- planiranje energetskog razvitka
- izgradnju, pogon, održavanje i nadzor energetskih postrojenja
- promicanje energetske učinkovitosti, korištenje obnovljivih izvora i zaštitu okoliša
- cijene energije, tarifini sustav i opće uvjete opskrbe energijom
- nadzor nad provođenjem zakona.

ZAKON O TRŽIŠTU ELEKTRIČNE ENERGIJE uređuje sljedeće energetske djelatnosti

- proizvodnju električne enrgije
- prijenos električne energije i vođenje elektroenergetskog sustava
- distribuciju električne energije
- opskrbu električnom energijom
- organizaciju tržišta električnom energijom
- trgovanje, zastupanje i tržišno posredovanje na tržištu električne energije.

ZAKON O REGULACIJI ENERGETSKIH USLUGA uređuje sustav energetskih usluga, osnivanje Agencije za regulaciju energetskih usluga te uređuje druga pitanja od važnosti za uspostavu i provođenje regulacije energetskih usluga.

SBK

USKLAĐIVANJE NA ZAJEDNIČKOM EUROPSKOM TRŽIŠTU

Ovo je zajednički naslov niza novih publikacija koje objavljuje Cenar za upravljanje Europskog odbora za normizaciju (CEN/MC), a koje pripremaju različite europske ustanove. To su dokumenti koji predstavljaju i prate primjenu tehničkog zakonodavstva Europske unije utemeljenu na načelima novog i općeg pristupa.

Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo (DZNM) pripremio je prijevod na hrvatski jezik jednog od dokumenata pod nazivom **Smjernice i odgovarajuće norme**. Izvorna publikacija objavljena je u rujnu prošle godine.

Publikacija sadrži osnovne obavijesti, a to su:

- opći prikaz Europske unije, njezinih institucija i pravnih dokumenta
- trgovina u Europskoj uniji i stvaranje zajedničkog europskog tržišta
- zapreke u trgovini s posebnim osvrtom na tehničke zapreke i razloge njihova uklanjanja
- "stari" i "novi" pristup tehničkom usklađivanju
- temeljna načela i prednosti novog pristupa tehničkom usklađivanju
- smjernice novog pristupa
- uloga europskih normi u potpori europskom tehničkom zakonodavstvu
- prihvaćanje europskih normi
- ocjenjivanje sukladnosti europskim smjernicama novog pristupa i CE označivanje.

Dio publikacije čine sažeci dosad objavljenih smjernica novog pristupa. Osim toga naveden je i niz drugih obavijesti o europskom sustavu koji stvaraju smjernice novog pristupa:

- različiti dokumenti Europske unije
- internetske adrese na kojima se mogu naći dodatne obavijeti o temi tehničkog usklađivanja i elektronički dostupni dokumenti
- podaci o europskim organizacijama za normizaciju CEN, CENELEC i ETSI kod kojih su dostupne usklađene europske norme nužne za primjenu smjenica novog pristupa.

Za potrebe hrvatskog gospodarstva DZNM izdao je prijevod na hrvatski jezik sljedećih dokumenata:

1 **Novi pristup** – *Rezolucija Vijeća od 7. svibnja 1985. godine. O novom pristupu tehničkom usklađivanju i normama, DZNM, Zagreb 1999.*

2 **Opći pristup** – *Rezolucija Vijeća o općem pristupu ocjeni sukladnosti; Odluka Vijeća u vezi s modulima za različite faze ocjene sukladnosti i pravilima za stavljanje i uporabu CE oznake sukladnosti namijenjenih uporabi u smjernicama o tehničkom usklađivanju, DZNM, Zagreb, 1999.*

3 **Postupak obavješćivanja** – *Smjernica 98/34/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 22. lipnja 1998. godine koja utvrđuje postupak obavješćivanja u području tehničkih norma i propisa i njezina izmjena od 20. srpnja., DZNM, Zagreb, 2000.*

4 Europsko povjerenstvo: *Upute za primjenu smjernica zajednice za usklađivanje utemeljenih na novom i općem pristupu, prvo izdanje 1994., DZNM, Zagreb, 1999.*

5 Europsko povjerenstvo: *Upute za primjenu smjernice Vijeća 73/23/EEC (Električna oprema predviđena za rad u određenim naponskim granicama), DZNM, Zagreb, 1999.*

6 **CEN/CENELEC: Novi pristup** – *Zakonodavstvo i norme o slobodnom kretanju roba u Europi, DZNM, Zagreb, 2000.*

7 **Bijela knjiga** – *Priprema pridruženih država srednje i istočne Europe za integraciju u unutarnje tržište Unije, Dodatak: Slobodno kretanje i sigurnost proizvoda, DZNM, Zagreb, 1999.*

SBK

ELEKTROENERGETIKA RUSIJE POSLIJE RASPADA SSSR-A

Raspadom Sovjetskog Saveza nastale su u Rusiji velike političke i privredne promjene i to se, naravno, osjetno odrazilo i na elektroenergetiku.

Golema se država nešto smanjila, zbog odvajanja nekih saveznih republika (6 u baltičko- crnomorskom pojasu, 3 na Kavkazu i 5 u Srednjoj Aziji), iako današnja federacija još uvijek spada među najveće države svijeta. Ona bi se mogla nazvati Ruski kontinent, jer se proteže duž 11 vremenskih zona, od Europe do Tihog oceana. Bivši se SSSR prostirao na površini od 22.275.000 km2 sa 280 000 000 stanovnika, a današnja Ruska Federacija (osnovana 1992.) ima 17 075 000 km2 i147 100 000 stanovnika.

Rusija je napustila državnu plansku privredu i uvela tržišnu ekonomiju. U elektroenergetskom kompleksu provedena je privatizacija na dioničarskom principu i osnovana je federalna energetska kompanija EES-Rusije (Edinaja energetskaja sistema Rosiji) sa 72 regionalna dionička društva.

Koncem 1998. paralelno su radili sustavi centra, Srednje Volge, Urala, Sjeverozapada, Sjevernog Kavkaza iJantarenerga. Sibirski je sustav odijeljen radi paralelno sa sustavom Kazahstana. Izolirano od EES radi energo-sustav Istoka. Osim toga, na teritoriju Rusije djeluju izolirano sustavi Jakucije, Magadama, Sahalina, Kamčatke, Norilska i Kaliningrada.

Paralelno sa EES-Rusije rade sustavi država Baltika, Belorusije, Zakavkazja i Harkovski energetski sustav u Ukrajini. U asinkronoj je vezi sustav Finske, a električna se energija prodaje u Norveškoj, Mongoliji, Kini i Bugarskoj.

Današnja Rusija, kao i bivši SSSR, vrlo su zainteresirani za jaku električnu vezu sa Zapadom, tj. povezivanje EES-Rusije vodovima velike prijenosne snage s elektrosustavima Zapadne Europe.

Sedamdesetih godina, u okviru Komiteta za električnu energiju, Europske ekonomske komisije, proučavan je problem povezivanja Zapadne i Istočne Europe. Treba spomenuti da je za ovaj projekt bio mnogo više zainteresiran bivši SSSR nego Zapad. U današnjoj Rusiji ova je ideja također vrlo aktualna. Rusija je veliki izvoznik nafte i prirodnog plina, a nastoji biti i izvoznik električne energije. Korak prema ostvarenju projekta povezivanja bilo je potpisivanje protokola o namjeni u Moskvi 1992. Protokol su potpisale, osim Rusije, Belorusija, Poljska i Njemačka (Preussen-Elektra).

Kao jaku elektroenergetsku vezu razmatrane su s tehničko-ekonomskog gledišta tri varijante:

1. Istosmjerna visokonaponska veza s odcjepima i ispravljačkim stanicama na teritoriju svakog od partnera.
2. Trofazna veza 750 kV s dva istosmjerna visokonaponska odvojka u Rusiji i Belorusiji.
3. Istosmjerna visokonaponska veza do poljske i beloruske granice, dalje trofazni sustav.

Predlagan je i tzv. Baltički prsten. Tim bi prstenom bio u Rusiji zahvaćen i grad S. Peterburg. On bi time, bio kao u povijesti, prozor u Europu, a sada time i u području elektroenergetike.

Sve mogućnosti elektroenergetskih veza predviđa i veliki razvojni projekt EES-Rusije, jedinstveni sustav od zapadnih granica Rusije do Dalekog istoka. Projekt je sredinom devedesetih godina razradila organizacija "Elektrosetprojekt" uz sudjelovanje dvadesetak lokalnih projektnih organizacija, a obuhvaća vremensko razdoblje do 2010. godine. Projekt je prihvaćen i odobren 1998. godine.

Kao što je uobičajeno, pri studiji elektroeneregetskih prognoza, razmatrane su tri mogućnosti rasta potrošnje: 1. Optimistička, 2. Srednja i 3. Pesimistička varijanta. Uzmemo li kao osnovu veliku potrošnju 1990. godine i skoro za četvrtinu manju potrošnju u 1998. godini, samo najoptimističnija varijanta prelazi tu najveću potrošnju u 1990. godini. Naprotiv sve tri varijante predižaju osjetan porast prema 1998. godini. Tablica 1 daje za sve tri varijante odgovarajuće postotke potrošnje prema 1990. odnosno 1998. godini.

Tablica 1 – Predviđena potrošnja električne energije u % prema potrošnji u 1990. i 1998. godini

Varijanta	1990.	1998.
1	105	140
2	95	127
3	87	115

Prijelazom na novu gospodarsku politiku, uzimajući uvijek samo teritorij Ruske Federacije, potrošnja električne energije drastično je pala. Dok je potrošnja godine 1990. iznosila 1073,8 TWh, ona je godine 1998. pala na 809,14 TWh, a to je 75,3% od potrošnje u godini 1990.

Kako je po godinama padala proizvodnja električne energije i koji su bili udjeli pojedinih vrsta elektrana proizlazi iz tablice 2.

Tablica 2 – Ukupna proizvodnja električne energije u Ruskoj Federaciji

Godina	1990.	1991.	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998
Proiz-vodnja									
TWh	1082,1	1068,2	1008,5	996,6	875,9	860,0	847,1	834,0	827,1
HE %	15,4	15,7	17,1	18,3	20,2	20,6	18,4	19,0	19,3
NE %	11,0	11,2	11,8	12,5	11,1	11,6	12,8	13,0	12,5
TE %	73,6	73,1	71,2	69,2	68,7	67,8	68,8	68,0	68,2

Ukupna potrošnja, specifirana po djelatnostima za 1998. dana je u tablici 3.

Tablica 3 – Ukupna potrošnja električne energije u Ruskoj Federaciji 1998. godine

Potrošnja	809,14 TWh
Od toga u %	
Industrija	43,8
Komun. potrebe	24,1
Transport	7,1
Graditeljstvo	1,1
Seosko gosp.	4,7
Gubici i vl. Pot.	19,2

Kao značajan pokazatelj elektrificiranosti i industrijalizacije u nekoj zemlji služi broj utrošenih kWh u godini po glavi stanovnika. I takav pokazatelj ukazuje koliki je pad u Ruskoj Federaciji kad je specifična potrošnja po glavi stanovnika pala od 7233 kWh/st. i god. na 5501 kWh/st. i g. za vremensko razdoblje od 1990. do 1998. godine porast udjela potrošnje električne energije u neproizvodnom području.

EES-Rusije ima visokonaponsku mrežu od 110 kV do ultravisokog napona od 1150 kV. U pojedinim su dijelovima Ruske Federacije u uporabi dva niza nominalnih visokih napona. Glavni je niz 110-220-500-1150 kV, a drugi naponski niz 110(150)-330-750 kV. Mreža s drugim visokonaponskim nizom izvedena je u sjeverozapadnom i zapadnom dijelu centra, europskog dijela Rusije i također na sjevernom Kavkazu.

Smanjenim radom industrije usporen je i rast visokonaponske mreže, osobito u području najviših prijenosnih napona. Usporenje rasta visokonaponske mreže najbolje se vidi iz usporedne tablice 4, gdje je po naponskim razinama navedena duljina mreže u petgodišnjim vremenskim razmacima, prije i poslije raspada SSSR-a.

Tablica 4 – Izgrađenost mreže visokog napona

Napon	Duljina vodova (jednossistem.) 1000 km		
KV	I. 1986	I. 1991	I. 1996
1150	-	0,51	0,51
750	1,66	2,70	2,81
±400	0,37	o,37	o,37
500	28,40	34,49	36,85
330	9,03	9,66	10,09
220	83,85	96,52	99,78
110(150)	240,9	278,4	291,1
Ukupno	363,6	423,6	441,5

Iz tablice 4 proizlazi da je u razdoblju 1986-1991 god. izgrađeno 59 tisuća kilometra visokonaponske mreže, a u jednakom vremenskom razdoblju od 1991-1996 godine samo 18,9 tisuća kilometara, dakle samo 32%.

Najviši prijenosni napon od 1150 kV primijenjen je kao jedini u svijetu, u bivšem SSSR-u na dalekovodu koji bi prenosio električnu energiju iz termoelektrana na velikim ugljenim ležištima u Karagandi (zapadni Sibir) prema Uralu i europskom dijelu Rusije. Predviđena mu je duljina od nekih 2500 km. Godine 1985. stavljena je u pogon prva dionica, duljine oko 500 km, od stanice Ekibastus do stanice Kokčetev. Nakon raspada SSSR-a nije nastavljeno s daljnjim stavljanjem u pogon pod ultravisokim naponom od 1150 kV, već su neke od dionica ovog dalekovoda privremeno pod naponom od 500 kV.

U devedesetim godinama porasla je suradnja ruskih i zapadnoeuropskih stručnjaka, osobito na pitanjima nove tehnologije. Mnoga su poduzeća iz zapadne Europe angažirana na radovima u Rusiji. Velika se pažnja povećuje modernizaciji sigurnosnih uređaja ruskih nuklearnih elektrana. Na sastanku grupe G7 u Minchenu 1992. utvrđen je međunarodni program za poboljšanje sigurnosti rada nuklearki. No, zbog pomanjkanja financijskih sredstava radovi su počeli tek 1995. godine.

Industrijske zemlje Zapada u Rusiji vide veliko tržište i njenu glad za novim tehnologijama. Vrlo mnogo poslova dobila su poduzeća iz Njemačke, npr. Siemens i elektroprivredno poduzeće RWF, a iz Francuske EdF.[1]

Mrk

1 O elektrifikaciji i elektroprivredi Rusije pisano je u Europi tijekom devedesetih u mnogo navrata (kao Energija 1987, br. 3, 1989. Br. 3, 1994. Br. 5, 1998. Br. 1, 1999 br. 4).

UDJELI POTROŠKA ENERGIJE U NJEMAČKIM KUĆANSTVIMA

U njemačkim kućanstvima najviše energije troši se na grijanje, zatim na auto, a najmanje na rasvjetu. Odnos u postocima, prema grupi trošila, svrstan je u slijedećem pregledu:

grijanje	53%
auto	31
topla voda	8
kućanski aparati	6
info. i komunik. tehnika	1
rasvjeta	1

Sva njemačka kućanstva (39 milijuna) potrošila su tijekom godine 1998. okruglo 1164 TWh, tj. po prilici trećinu u Njemačkoj konačno utrošene energije.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 20

Mrk

NOW JOINT-VENTURE PODUZEĆE VOITH-SIEMENS

U travnju 2000. godine počelo je svojim djelovanjem joint-venture poduzeće tvrtki Voith-Siemens, pod imenom Hydro Power Generation. Poduzeće je odmah dobilo tri velike narudžbe.

Kina je naručila uzbudne sustave za 14 velikih generatora (700 MW) za HE Tri klisure, čiji si hidrouređaji već prije naručeni kod tvrtki Voith i Siemens. Hidroelektrana treba ući u pogon 2009. godine s instaliranih 1800 MW, što će biti najveća hidroelektrana na svijetu.

Druga narudžba dolazi iz Portugala. Za pumpno-akumulacijsku hidroelektranu Venda Nova II naručena su dva agregata, koji bi trebali ući u pogon 2004. godine. I treća je narudžba iz Portugala, a odnosi se na dvije radijalne crpke za sustav navodnjavanja. Rok završetka je kratak, uređaj mora ući u pogon 2003. godine.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 20

Mrk

PRIJELAZ 400 KV PREKO BOSPORA

O ovom je dalekovodu već pisano u ovoj rubrici (Energija 49(2000), br. 4), a sad o nekoliko zanimljivih pojedinosti.

To je drugi dalekovod od 400 kV, koji prelazi preko Bospora, predviđen za prijelaz na 800 kV. Novi vod prelazi 110 m daleko od prvoga, koji je građen 1987. Vod je u pogonu od 1999. godine. Na mjestu prijelaza voda Bospor je širok 1200 m, duljina raspona na tom mjestu je 1884 m. Cijelo križišno zaletno polje ima 3114 m. Provjes vodiča iznosi 176 m, a najniža mu točka 73 m iznad morske površine.

Umjesto snopa vodiča, turska se elektroprivreda odlučila da križišno polje izvede s jednim vodičem. Kao razlog navedena je veća pouzdanost prigodom zaleđivanja i manji rizik plesanja vodiča.

Vodič čini pleteno uže od aldrej žica. Pojačanje čini čelična jezgra uvučena, zbog zaštite od korozije, u aluminijsku cijev. Presjek vidljivog dijela užeta iznosi 1800 mm^2, a ukupni presjek užeta 2027,3 mm^2.

To daje promjer užeta od 58,63 mm.

Zaštitno je uže izvedeno kao troslojno čelično uže, pleteno oko cjevčice u kojoj su staklena vlakna za potrebe telekomunikacija.

Kako u križišnom polju nisu dopuštene nikakve spojnice, užeta su se morala isporučiti u duljini od 3250 m. Takav je zahtjev pravio dosta transportnih problema. Bubanj s namotanim užetom težio je 24 tone, a vanjski mu je promjer bio 3 m. Od tvornice specijalni teret dovezen je do luke i morem dopremljen do gradilišta.

Standardna armatura i ovjesni materijal nisu zadovoljavali, pa je trebalo izvesti specijalne konstrukcije. Za sniženje vibracija užeta uzeti su prigušivači tipa Sockbridge.

Križišni su stupovi izgrađeni na stijenama iznad Bospora u visini od 127 m i 153 m. Ukupna visina samih stupova iznosi 161 m. Masa križišnih stupova je 490 t, a zateznih 195 t po stupu.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 22

Mrk

NJEMAČKA ELEKTROPRIVREDA U ITALIJI

Njemačko elektroprivredno poduzeće "Die Energie Baden – Württenberg A. g. (EnBW) nastoji biti prisutno na elektroenergetskom tržištu Italije i Španjolske.

U Italiji je osnovano novo zajedničko društvo grupe Merloni pod imenom "Merloni Progotto Energia" koje će preuzeti 15% dioničkog kapitala, EnBW 25%, a ostalo više talijanskih poduzeća.

Zbog slobodnog tržišta električnom energijom talijansko državno poduzeće ENEL morat će predati dio svojih elektrana.

Glavni problem slobodnog natjecanja u talijasnkoj elektroprivredi je vrlo skupa električna energija.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 22

Mrk

ENERGETSKI PLANOVI MAKEDONIJE

U energetskom gospodarstvu Makedonija je oko 40% ovisna o uvozu. Nafta i njeni derivati kao i zemni plin moraju se potpuno uvoziti, a uvozi se i nešto kvalitetnog ugljena. Instalirana snaga elektrana iznosi 1444 MW, od toga u hidroelektranama 434 MW.

U bližoj budućnosti u energetici se planiraju sljedeći projekti:

- Pregradnja TE Negotino loženje naftom na zemni plin
- Izgradnja vodnih snaga 500 MW
- Izgradnja opskrbe plinom
- Modernizacija TE Bitola (3x225 MW) i TE Oslomej (125 MW)
- Izgradnja četvrtog bloka (225 MW) u TE Bitola.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 22

Mrk

NOVE INVESTICIJE ZA ELEKTROPOSTROJENJE U ZEMLJAMA EU

EU-Komisija, u okviru svog djelovanja, sakupila je od svojih članova podatke o predviđenim investicijama za elektroenergetska postrojenja u sljedećih 5 godina. Podatke je objavila u svom posebnom izvješću 1998. godine.

Kod konvencionalnih termoelektrana uzeti su u obzir blokovi od 200 MW i više. Najveće investicije u tom području predviđa Njemačka (27%) zatim Italija (17%) i V. Britanija(!/%). s izuzetkom Francuske i Španjolske, ostale od 16 članica EU objavile su svoje planove jednako kao 1997.

Najveći dio novih termoelektrana (72,6%) predviđeno je na loženje zemnim plinom.

U zemljama članicama EU ima u nuklearnim elektranama 130,3 GW instalirane snage.

Nova se nuklearka gradi samo u Francuskoj. Ukupna instalirana snaga hidroelektrana koje su u gradnji ili u planu snage 50 MW i više do godine 2002. iznosi ukupno 2496 MW, od toga 41,5% otpada na pumpno-akumulacijske hidroelektrane.

Udjele u gradnji novih hidroelektrana ima samo 5 članica EU i to: Njemačka 42,5%, Italija 22,9%, Grčka 22,4%, Portugal 9,6% i Austrija 2,6%.

Od investicija za prijenosne vodove (do 2002.) u obzir su uzeti samo naponi od 345 kV i više. Ukupno je u zemljama EU u gradnji ili planirano 7726 km. Od toga najviše otpada na Italiju i Španjolsku (33%).

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 23

Mrk

U POGONU PRVA MIKROTURBINA U NJEMAČKOJ

Prva mikroturbina u Njemačkoj stavljena je u pogon u stambenom bloku u Aadenu. Ona je namijenjena davanju snage i topline, za decentraliziranu opskrbu električnom energijom i grijanje 48 stanova. Električna joj je snaga 28 kW, a termička 54 kW. Pogonsko je gorivo zemni plin , koji je u postrojenju energetski visoko iskorišten.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 23

Mrk

PODIZANJE EFIKASNOSTI NJEMAČKIH ELEKTRANA

Kako javlja njemački VDEW, vlasnici elektrana u Njemačkoj, njih 500, rade na poboljšanju ekonomičnosti svojih postrojenja. Danas Njemačka raspolaže u svojim elektranama neto snagom od nekih 100 000 MW, ali postrojenja su različite korisnosti.

U vrijeme natjecanja na slobodnom tržištu električne energije potrebno je postići što je moguće veću ekonomičnost proizvodnje i to povećanjem korisnosti elektrane, odnosno prestankom rada i konzervacijom nerentabilnih postrojenja. U tome ne valja pretjerivati, jer je njemačka bilanca električne energije (uvoz,izvoz) već godinama izravnata, pa povećan uvoz električne energije nije prihvaćen.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 23

Mrk

NJEMAČKI RWE U V. BRITANIJI

Veliki njemački energetski koncern RWE-Essen kupio je za 13,9 milijardi eura poduzeće za opskrbu vodom Thames Water iz Londona. Time je RWE postao treće poduzeće po veličini za opskrbu vodom u svijetu.

Veći je US-koncern VIVENDI i francuski Suez-lyonnaise. Poduzeće ima 34 milijuna korisnika, promet godišnje od 2,25 milijardi eura i 14000 suradnika.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 23

Mrk

INSTRUMENT ZA MJERENJE UDALJENOSTI VODIČA DALEKOVODA OD TLA

Tvrtka Braitkant iz Kassela razvila je lasersko-impulsni uređaj "Ladis" za mjerenje udaljenosti vodiča dalekovoda od tla. Instrument ima tu prednost, da se mjesto mjerenja može odabrati po volji. Mjeritelj ne mora stajati ispod vodiča, već može biti, već prema prilikama, i sa strane dalekovoda. Instrument mjeri brzo, na udaljenosti 250 m do 500 m, već prema mogućnosti reflektiranja laserskih zraka.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 23

Mrk

LIBERALIZACIJA TRŽIŠTA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM U ŠVICARSKOJ

Tijekom ovog desetljeća tržište električnom energijom trebalo bi se liberalizirati. To bi trebalo provesti u tri etape. U prvoj bi etapi elektroprivredna poduzeća mogla plasirati u druga područja do 20% svoje godišnje proizvodnje, u drugoj do 40%, a godine 2008. provela bi se potpuna liberalizacija. No, to je samo prijedlog, još ništa nije definitivno odlučeno. Naročita je poteškoća vrlo skupa energija iz velikih pumpnih hidroelektrana, kojih u Švicarskoj ima veći broj, a neke su opterećene velikom amortizacijom. Rješenje se vidi u državnoj pomoći.

Potrošnja električne energije je od 1950. godine učetverostručena. Od godine 1969. u pogonu su i nuklearne elektrane. Danas 40% potrebne električne energije Švicarska dobiva iz nuklearki, a oko 60% iz hidroelektrana. Ostali izvori električne energije su zanemarivi.

Prosječna cijena električne energije za male potrošače je niža od prosječne cijene za industiju, premda velike industrije već danas imaju cijene regulirane posebnim ugovorima s elektroprivredom. Danas je elektroenergetika prilično zatvorena u kantone. U Švicarskoj ima tradicionalno samo sedam elektrana koje imaju međuregionalno značenje i međusobno su povezane. Potpunom liberalizacijom to će sve bitno promijeniti, ali, kako je već rečeno, ništa još nije riješeno.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 23

Mrk

OBNOVLJIVA ENERGIJA – STANJE U NJEMAČKOJ

Njemačka je posljednjih godina učinila veliki napredak u korištenju obnovljive energije.

Iz svih obnovljivih izvora povećana je proizvodnja električne energije. U usporedbi s 1998. godinom kad je proizvodnja iznosila 25279 GWh, ona je u 1999. godini povećana na 29072 GWh ili povećanje od 15%. Treba istaći da je najveći dio te proizvodnje, u 1999. godini 68%, došao iz hidroelektrana. Drugi je po redu iskorišteni energent vjetar, jer iz vjetroelektrana dolazi oko 19% proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora, a tek 4% iz biomase.

Proizvodnja iz različitih obnovljivih energenata u 1999. godini navedena je u tabl. 1. Uz to je dan i broj i snaga dotičnih elektrana.

Tablica 1.

Energent	broj elektrana	inst. snaga MW	proizvodnja GWh
voda	5620	4546,8	19707,6
smeće	37	522,4	2646,8
biomasa	1091	448,3	1170,0
vjetar	7210	4138,0	5528,3
fotonapon.	10473	40,1	19,1
Ukupno	24430	40,1	19,1

Vrlo su različite vrste elektrana, koje iskorišćuju obnovljivu energiju, zastupljene u pojedinim pokrajinama Savezne Republike Njemačke.

Najveće je vodno iskorištenje u Bavarskoj i pokrajini Rheinland-Pfalz. Dio hidroelektrana koje su priključene na javnu mrežu pripada elektroprivrednim poduzećima (12%), a dio privatnicima. No, najveći dio proizvodnje u hidroelektranama (91%) dolazi iz hidroelektrana čiji su vlasnici elektroprivredna poduzeća. I pri instaliranoj masi od 89% ukazuje da su velike hidroelektrane u rukama elektroprivrede. Najviše vjetroelektrana ima u pokrajinama Schleswig-Holstein (1829) i Niedersachen (1971). Proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana slična je u obje pokrajine i iznosi oko 16 GWh. Ovdje su obuhvaćena, a to vrijedi za sve vrste elektrana, samo postrojenja vezana na javnu električnu mrežu.

Biomasa i smeće iskorišćuje se posvuda u Njemačkoj, ali taj doprinos proizvodnje električne energije nije značajan. Proizvodnja iz biomase, bez smeća, najveća je u Nordheim-Westfalen (234,4 GWh) i Bavarskoj (172,2 GWh).

Broj fotonaponskih postrojenja povećao se od godine 1998. na 1999. od okruglo 33 MW na 40 MW, a narastao je i njihov broj od 9078 na 10472 postrojenja. Time je povećana i proizvodnja električne energije u takvim elektranama, od 14,8 GWh u godini 1998. na 19,1 u godini 1999. Budući da su ovdje obuhvaćene, kako je već rečeno, samo elektrane vezane na javnu električnu mrežu, može se procijeniti da u Njemačkoj ima, računajući nevezane fotonaponske elektrane ukupno oko 60 MW instalirane snage.

Ako se pak računa udjel proizvedene električne energije u ukupnoj potrošnji Njemačke, dobije se njihov udio od 0,006%.

Pokrajine gdje se najviše iskorištava sunčeva energija za proizvodnju električne energije su Nordheim-Westfalen (5,8 GWh), Bavarska (4,7 GWh), Schleswig-Holstein (1,2 GWh).

Kako se kretala proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora (koji su bili priključeni na javnu električnu mrežu) i njihov udio u općoj potrošnji naveden je u tabl. 2.

Tablica 2.

		1990	1994	1997	1998	1999
Vodna energija	GWh	15,6	17,5	15,8	17,3	19,7
Smeće, otpad	GWh	2,9	2,1	2,1	2,5	2,6
Biomasa	GWh	0,2	0,8	0,9	1,1	1,2
Vjetar	GWh	0,04	0,9	3,0	4,5	5,5
Foto napon	GWh	0,001	0,004	0,011	0,02	0,02
Ukupno	GWh	18,741	21,3	21,8	25,4	29,0
Opća potrošnja	GWh	379,3	448,9	473,6	482,5	486,1
Udio %	4,95	4,74	4,59	5,24	5,98	

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 24

Mrk

VELIKE VJETROELEKTRANE U UNUTRAŠNJOSTI NJEMAČKE

Danas u Njemačkoj ima oko 8500 vjetroelektrana, instalirane snage oko 5000 MW, a planira se da će do godine 2004. biti ukupna snaga 12000 MW. Pogodni položaji za vjetroelektrane na njemačkoj morskoj obali velikim su dijelom već zauzeti, pa bi se moralo istražiti bi li se i u unutrašnjosti zemlje našli pogodni položaji za veća vjetropostrojenja. Inicijativu za razvoj pogodnih uređaja dalo je poduzeće REW Power A.G. Postrojenja izgrađena za vjetroelektrane na morskoj obali, ne mogu se bez daljnjega primijeniti u unutrašnjosti. Kao pilot projekt izgrađena je vjetroelektrana instalirane snage 1,5 MW sa visinom glavine rotora od 80 m i montirana u unutrašnjosti, na mjestu koje bi moglo meteorološki biti najpogodnije. Postrojenje je ušlo u pogon 1997. godine, ali zbog nekoliko kvarova sustavna su se ispitivanja počela voditi tek od sredine 1999. godine.

Pokazalo se da su meterološke prilike na obali mora i u unutrašnjosti zemlje vrlo različite i da u gradnji postrojenja to treba uzeti u obzir.

Općenito uzevši, prilike za iskorištenje vjetra mnogo su lošije. Velike vjetroelektrane u unutrašnjosti zemlje mogu biti ekonomične samo uz posebne prilike i pretpostavke.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 24

Mrk

ELEKTRANE-TOPLANE I SMANJENJE EMISIJE CO_2

Njemačka je Savezna vlada objavila, da će u okviru svog programa o zaštiti klima, najkasnije do sredine godine 2001. regulirati svoju pomoć u gradnji postrojenja za snagu i toplinu. Time će se do godine 2005. smanjiti emisija CO2 za daljnjih 10 milijuna tona. Svojim programom za zaštitu klime vlada se nada da će do godine 2005. smanjiti emisiju ugljičnog dioksida za 25% prema emisiji u 1990. godini. Osim izgradnjom navedenih postrojenja, emisija štetnih plinova smanjit će se sanacijom starih postrojenja i smanjenjem emisije u prometu.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 24

Mrk

PROGNOZE ZATOPLJENJA

U Nizozemskoj održana je konferencija Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), gdje je izneseno da će povišenje temperature u ovom stoljeću biti od 1 do 6 stupnjeva C, a ne kako je od IPCC izneseno godine 1995. 1 do 3,5 st. To je signal da treba što prije ratificirati zaključke iz Kyota, osobito u industrijskim zemljama.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 24

Mrk

GORIVE ĆELIJE U EUROPI

U zemljama Europske unije obnovljiva energija ima udio od samo 6%, od ukupne godišnje potrošnje. Komisija EU za zajednička istraživanja uz konzultaciju sa Savjetom i Parlamentom namjerava predložiti novi energetski program za razdoblje od 2002. – 2005. godine. Tim bi se projektom pospješila namjera da se udio obnovljive energije do godine 2005. udvostruči. Važnu ulogu u tom projektu imaju gorive ćelije, kao izvor snage i topline, u decentralizaciji i smanjenju emisije štetnih plinova. Prema projektu gorive ćelije mogu biti uspješno korištene i u sektoru prometa, uz vodik i metanol kao pogonsko gorivo. Takva je tehnika mnogo uznapredovala posljednjih godina. Već je 1994. godine tvrtka Daimler-Benz konstruirala prototip vozila na pogon gorivim ćelijama, pod imenom Necar 1.

Daljnjim razvojem, do godine 1999., razvijen je već tip Necar 4, snage 70 kW, koji može razviti brzinu do 145 km/sat, s radijusom daljine od 450 km. U razvojnom je radu već tip Necar 5.

Autobusi na pogon gorivim ćelijama već su toliko napredovali da je nekoliko prototipova uvršteno u promet u gradovima Mannheim, Chicago i Vancouver. Prema projektu New Electric Fleet trebao bi se izraditi tip autobusa koji bi se testirao na taj način da bi u 10 država EU, u jednom od gradova, ušla u redovan promet po 3 autobusa. Test bi počeo godine 2002., a trajao bi do godine 2004., a nakon toga slijedi analiza testa. Paralelno s razvojem autobusa, treba izgraditi i osposobiti stanice za punjenje i servis ovakvih vozila.

U svibnju godine 2000. održana je u Bruxellesu posebna konferencija o razvoju i korištenju gorivih ćelija. Diskutirano je više europskih projekata primjene gorivih ćelija za snagu, toplinu i promet. Od EU se očekuje da će financijski jače poduprijeti istraživanja u području tehnologije gorivih ćelija, jer EU daje veliku važnost energetici u Europi.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99 (2000), br. 24

Mrk

NAJVEĆA ELEKTROPRIVREDNA PODUZEĆA U EU

Najveći proizvođač električne energije u EU u 1999. godini jest francusko poduzeće EdF, koje je proizvelo 461 milijardu kWh. Drugo je po redu talijansko državno poduzeće ENEL, s prodanih 231 milijardi kWh. Oba navedena elektroprivredna poduzeća su državna i monopolisti su u svojoj zemlji. Na trećem je mjestu privatizirano njemačko poduzeće RWE iz Essena s 209 milijardi prodanih kWh. Zatim slijede Energie A.G. iz Münchena sa 196 milijardi kWh i Vattenfall iz Švedske s 87 milijardi kWh.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 25

Mrk

„POST CIGRÉ U BERLINU"

Odmah, u rujnu 2000. godine, nakon dvogodišnjeg zasjedanja CIGRÉ u Parizu, organizirao je Siemens za područje prijenosa, razdiobe električne energije tradicionalnu međunarodnu konferenciju u Berlinu poznatu kao "Post CIGRE". Konferenciji je prisustvovalo oko 500 stručnjaka i voditelja poduzeća energetskog usmjerenja. Prisutni su upoznati s najnovijim tehničkim dostignućima u elektroenergetici. Naglašeno je da danas u doba natjecanja na slobodnom tržištu električne energije treba nastojati postići konkurentnu cijenu električne energije, a to se može postići samo korištenjem najmodernije tehnike i tehnologije. Klasični proizvodi, transformatori i rasklopna postrojenja, tek su danas 50% Siemensove trgovine, ostalo su inteligentna rješenja za visokonaponska postrojenja, dobavu električne energije prilagođeni traženju na slobodnom tržištu električne energije.

Elektrizitätwirtschaft, god. 99(2000), br. 25

Mrk

DOLAZI DOBA SUPRAVODLJIVOSTI

Supravodljivost - sposobnost materijala da prenosi snagu s nula otpora otkrivena je početkom 20. stoljeća. Otkrio ju je nizozemski fizičar Kamerlingh Onnes. Da bi materijal postao supravodljiv bilo ga je potrebno ohladiti na približno 0° K ili –273° C, što je najniža poznata temperatura supravodiča (**low temperature superconductor - LTS**). Materijali za izradu ovog supravodiča bili su metal ili polumetal.

Godine 1986. otkriveni su visokotemperaturni supravodiči (**high temperature supeconductor - HTS**) koji mogu funkcionirati pri temperaturi od 140° K, odnosno –133° C. Primijenjen je novi materijal od keramičke smjese, čije je hlađenje mnogo efikasnije i jeftinije. Osim toga, ovi supravodiči dovoljno su savitljivi, pa se mogu koristiti osim za prijenos električne energije i za izradu razne elektroenergetske opreme i uređaja (transformatori, generatori, motori, kabeli itd.).

Za primjenu supravodiča postoji veliki interes u elektroindustriji. Tako je u veljači 2000. godine američka kompanija Southwire Co., vodeći proizvođač žice i kabela, iskoristila visokotemperaturni supravodič (HTS) kao trofazni energetski kabel, postavljen na stupove, za napajanje električnom energijom tri svoja pogona u državi Georgia: 2 valjaonice (žičani proizvodi) te velika radionica.

Kabel je dug 30,48 metara. U pogonu je pod naponom od 12,5 kV i opterećen strujom 1250 A. To je prva komercijalna primjena supravodiča.

Kabel je bio u pogonu 2000 sati (nakon 7 mjeseci rada) sa 100 %-tnim opterećenjem. Nakon toga se pristupa testiranju u ukupnom trajanju od jednu godinu. Ako bude potrebno, testiranje će se nastaviti daljnjih šest mjeseci.

O rezultatima testiranja ovisi hoće li kompanija Southwire Co. nastaviti raditi na tom projektu ili će ga prekinuti. Ukoliko se pokažu dobri rezultati sljedeći korak je instaliranje još jednog HTS kabela. Naime, kompanija želi istražiti kako sustav radi u stvarnom okruženju (opskrba električnom energijom u stvarnoj mreži), budući da prvi kabel radi u industrijskom okruženju.

Drugi kabel bi trebao prenositi veću struju, raditi pod višim naponom i imati veću dužinu od prvog. To nije lako postići, naročito s obzirom na dužinu i utiskivanje dušika kroz kabel.

Ova prva generacija supravodljivog materijala HTS poznata kao BSCCO 2223 prah u tubi, složena je od mješavine bizmuta, stroncija, bakra, kalcija i kisika.

Proizvedena je u kompaniji Intermagnetic General Corporation (IGC), vodećoj kompaniji za razvoj i proizvodnju supravodljivog materijala i uređaja.

Izvedba supravodiča – kabela prikazana je na slici 1.

Kabel se sastoji od dva plašta supravodiča (2 i 4) između kojih se nalazi dielektrični materijal (3), u sredini kabela je šuplja savitljiva porozna cijev (1), a površinski sloj čini savitljiva cijev s dvostrukim stijenkama od nehrđajućeg čelika (5). Između stijenki je vakuum. Na taj način se izolira gornji plašt supravodiča od vanjske temperature. Hlađenje je s tekućim dušikom (N_2) koji prolazi kroz unutarnju poroznu cijev i vraća se kroz prostor između vanjske cijevi i gornjeg plašta supravodiča (4). Sustav hlađenja dušikom sastoji se od hladnjaka i uređaja za kontrolu pritiska dušika.

Ova izvedba s dva plašta supravodiča poznata je kao "shielded". Dielektrik između dva supravodljiva plašta radi kod kriogenih temperatura, pa je kabel označen kao "cold" (hladni) ili "cryogenic dielectric" tip.

Alternativna izvedba je HTS kabel s jednim supravodljivim plaštom koji pokriva dielektrik koji ujedno čini vanjski plašt kabela. Ova izvedba nazvana je "warm" (topla). Ovi kabeli su namijenjeni za podzemnu ugradnju, ali kompanija Soutwire Co. ih koristi za nadzemu ugradnju.

Komercijalizacija prve generacije HTS tehnologije zahtjeva reduciranje troškova. Jedno područje gdje bi se mogli troškovi smanjiti su sami materijali supravodiča koji se sastoje od oko 70 % srebra. Ako bi se uspio smanjiti postotak srebra na udio od 40 ili 50 %, bio bi to veliki doprinos smanjenju cijene.

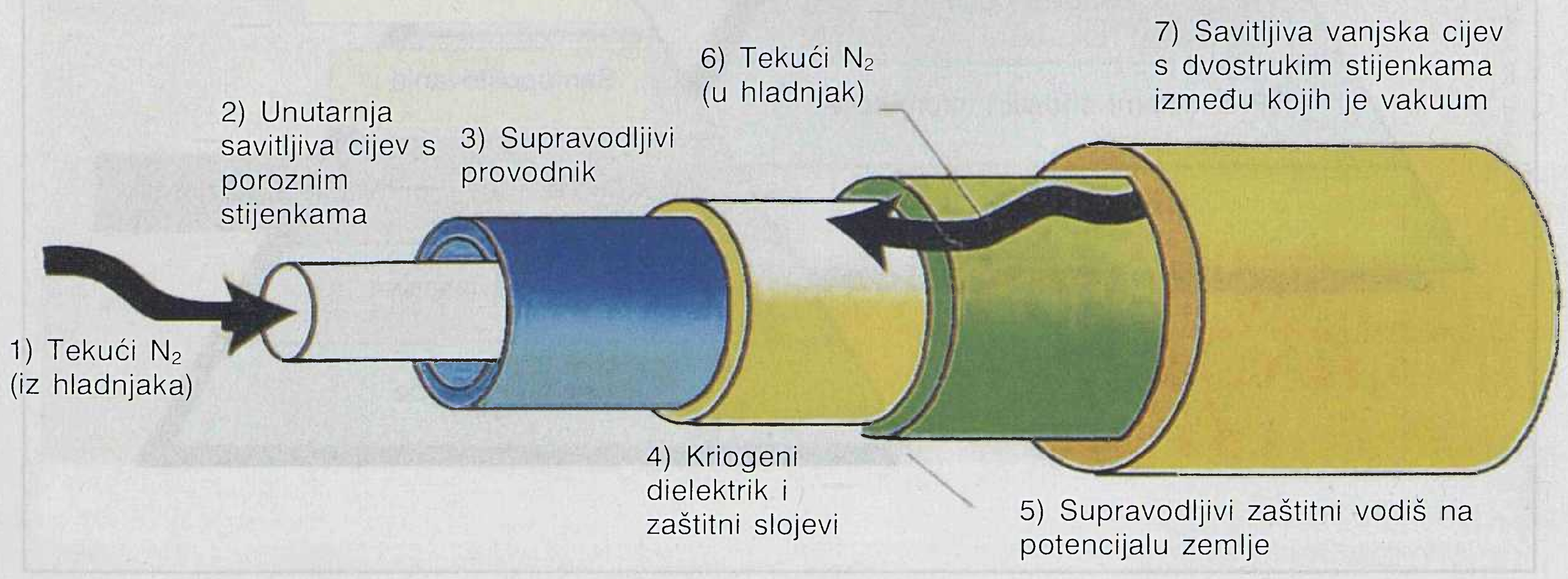
Alternativa smanjenju sadržaja srebra povećanje je provodnog kapaciteta (struje). Nakon višegodišnjeg rada na razvoju ova tehnologija sve je bliže komercijalizaciji. Prije 5 godina, 1 metar dužine supravodljive trake mogao je prenijeti 10 A. Nekoliko godina kasnije, to je 25 A, pa 50 A, da bi danas prenosio 100 A.

U isto vrijeme troškovi proizvodnje pali su od oko 60 američkih dolara na ispod 50.

Usprkos istraživačkih i razvojnih napora koji traju više od 10 godina proces s prahom u tubi prve generacije još uvijek nije postigao komercijalni opstanak.

No, komercijalizacija druge generacije ovisit će od uspješnog razvoja i testiranja prve generacije.

Ubrzano se radi na razvoju druge generacije tehnologije. Supravodljivi materijal pod imenom YBCO sadrži kao komponente itrij, barij i bakreni oksid. Vjeruje se da će se



Slika 1 – "Shielded" izvedba supravodljivog kabela

komercijalizacija druge generacije postići unutar četiri godine, te da će proizvodi druge generacije zamijeniti proizvode prve generacije. Druga generacija može na tržište kada se ispita i ostvari komercijalizacija prve generacije.

PEI – Power Engineering International, October 2000.

SBK

HIJERARHIJA LJUDSKIH POTREBA – TRANSAKCIJE E-TRGOVINE

Neki istraživači predviđaju da će u sljedećih 20 godina trgovanje online biti zastupljeno sa oko 80%. Za trgovanje **business-to-business**" (**B2B**) profesionalci za "public relation" moraju s klijentima stvoriti posebne odnose. Stvoreni odnosi predstavljaju osnovni kapital za njihove kompanije.

Na B2B tržištu uspješniji će biti oni koji razumiju i uvažavaju psihološke potrebe svojih internet klijenata. Takav pristup nije ništa novo. Model ljudskih potreba Maslowa može se primijeniti i na elektroničku trgovinu.

Američki psiholog Abraham Maslow uveo je 1943. godine tz. "hijerarhiju ljudskih potreba". Osnovni koncept tog modela (piramida ljudskih potreba) temelji se na činjenici da potrebe s višeg nivoa mogu biti zadovoljene samo, ako je niži nivo potreba zadovoljen. Na vrhu piramide sve potrebe su zadovoljene, odnosno postignuta je samoaktualizacija (slika 2).

Na dnu piramide nalaze se najvažnije ljudske – fiziološke potrebe: zrak, voda, hrana i zaklon (krov nad glavom). Kad su ove fiziološke potrebe zadovoljene traži se sigurnost i povjerljivost. Pojedinac je slobodan i teži ispunjenju sljedećeg nivoa potreba: pripadnost, ljubav i prihvaćanje od drugih. Kada su ove tri razine potreba zadovoljene pojedinac je u stanju tražiti samopoštovanje koje mu daje osjećaj kompetencije, kontrole i uvažavanja.

Pri trgovanju putem interneta kupac bilo kojeg dobra, uključujući i energetska postrojenja, ima osnovnu potrebu najprije identificirati listu potencijalnih dobara.

Stranice interneta (WEB stranice) omogućuju mu da dođe do informacija i podataka o ponuditeljima. Kupac sada ima vodilju: ime za kontakte, broj telefona, neke osnovne informacije. Proces akvizicije može početi.

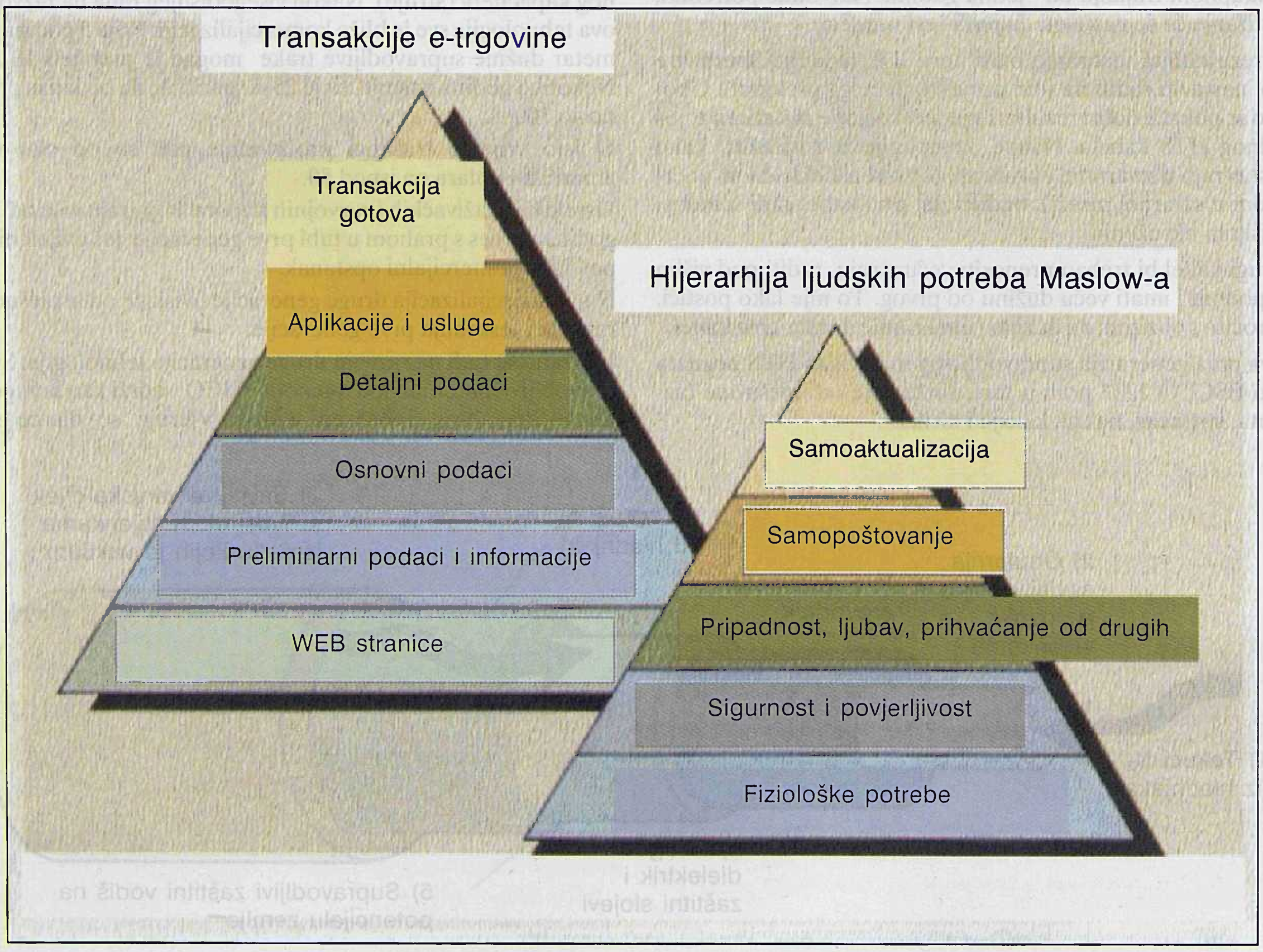
Sada je kupac spreman tražiti više informacija. Nekoliko WEB stranica osigurat će mu preliminarne informacije i podatke: lokacija dobra, kratki opis, procjenu rezervi ili outputa, nekoliko financijskih informacija.

Raspolažući s preliminarnim informacijama kupac će se osjećati sigurnijim da je krenuo u pravom smjeru.

Nakon toga tražit će osnovne podatke o dobrima koja su na raspolaganju.

Raspolažući s tim podacima, dobit će osjećaj da se stjecanjem nekog od tih dobara može pridružiti većoj grupi koja je uspjela i razumije vrijednost dobra. Pripadanje takvoj grupi koja je uspjela može biti snažan motiv.

Ako se online usluga zaustavi u ovom dijelu, kupac može direktno kontaktirati s ponuditeljem i nastaviti transakcije tradicionalnim načinom do kraja akvizicije.



Slika 2 – Hijerarhija ljudskih potreba Maslow-a primijenjena na transakcije e-trgovine

Daljnja online usluga mora osigurati dovoljno WEB stranica s velikim opsegom vjerodostojnih podataka i informacija o predmetnim dobrima, i tako omogućiti kupcu da sam može načiniti analizu prije nego se odlučio "kupiti ili ne". Ove informacije moraju stvoriti kod kupca osjećaj sigurnosti. No, internet može ponuditi i druge usluge. Može osigurati brzi priključak na određene aplikacije, npr. financijski model koji može "povući" na svoje računalo i sam načiniti analizu. S povjerenjem u ponuditelja, kupac će s pravim rezultatima donijeti pravu odluku. Pri tom će osjećati samopoštovanje, tj. osjećat će se jako dobro.

Kad je transakcija e-trgovine gotova, kupac je dobio ono što je želio, dakle došao je do vrha piramide.

Energy Markets, November 2000.

SBK

ZATVARANJE ZADNJEG REAKTORA U ČERNOBILU

Sredinom prosinca 2000. godine ugašen je zadnji reaktor, četvrta jedinica, u nuklearnoj elektrani Černobil. Ova će nuklearka ostati poznata širom svijeta po nesreći koja se dogodila prije četrnaest godina. Nije samo uništen okoliš i raseljeno tisuće ljudi. Nakon te nesreće promijenilo se gledanje na nuklearne elektrane: smanjila se izgradnja, pridaje se veća važnost sigurnosti i zaštiti okoliša, suradnja Istoka i Zapada poprimila je nove dimenzije.

Nuklearka je zatvorena, ali ostale su posljedice i dileme što se i zašto dogodilo.

Prilikom nesreće kontaminirano je radioaktivnin cezijem 137 sa više od 5 Ci/km^2 oko 28.000 km^2 tla u Ukrajini, Bjelorusiji i Rusiji. Normalna razina radijacije cezija 137 na zemlji je ispod 1 Ci/km^2. Više od 4 milijuna ljudi živi na prostoru gdje je radijacija veća od 1 Ci/km^2. Nakon nesreće 144.000 hektara poljoprivrednog zemljišta i 492.000 hektara šume izvan je upotrebe. Radionukleidi iz sarkofaga probijaju se do podzemnih voda do rijeke Dnjepra koja utječe u Crno More. Prema nekim procjenama oko 9 milijuna ljudi je izloženo direktno ili indirektno posljedicama nesreće. Raseljeno je 400.000 ljudi – 150.000 iz Ukrajine i Bjelorusije, a 75.000 iz Rusije.

Četrnaest je godina prošlo od nesreće, ali još uvijek usjevi posijani oko Černobila pokazuju šest puta veće mutacije od normalnih usjeva.

Istraživanja europskih instituta pokazuju da je razina radioaktivnosti još neočekivano visoka i da će i dalje ostati sljedećih 50 godina. To je 100 puta duže od prognoziranog vremena. Tijekom prvih pet godina nakon nesreće u Černobilu je koncentracija radioaktivnog cezija 137 u hrani i vodi pala za faktor 10, ali u zadnjih nekoliko godina vrlo malo se promijenila. Dakle, okoliš se sam ne čisti tako brzo kako se pretpostavljalo.

Ako ova razina kontaminacije predstavlja čak mali rizik za zdravlje, u Velikoj Britaniji i bivšem Sovjetskom savezu restrikcije hrane moraju se provoditi mnogo duže nego se predviđalo. Restrikcijom je obuhvaćana janjetina s više od 300 britanskih farmi, jagode, gljive i ribe. Isto vrijedi i za pogođena područja u bivšem Sovjetskom savezu, posebno za ribe iz nekih jezera među kojima je jezero Kozhanovskoe. Hrana iz navedenih područja ne bi se smjela koristiti još najmanje 50 godina.

Ostaje još uvijek otvoreno pitanje što se zapravo dogodilo u nuklearnoj elektrani Černobil i zašto. Neki znanstvenici odbijaju dati službeno tumačenje černobilske nesreće. Među njima je i fizičar Konstantin Checherov iz ruskog instituta Kurchatov Institute. Prije više od deset godina radio je u četvrtom reaktoru. Prema neslužbenoj verziji, nesreća je kombinacija više pogrešaka koje su počinili ljudi. Nakon provedenog vlastitog istraživanja Checherov smatra da za nesreću nije kriv reaktor, niti kontrolni i zaštitni sustav. Eksperiment je bio utoliko dobar, što je pokazao kako se ponaša reaktor i sustav hlađenja pri niskom opterećenju.

Checherov smatra da je nesreća u Černobilu zapravo bila nuklearna eksplozija. Prema krhotinama, pritisak je bio 2.000-3.000 atmosfera, a temperatura je dostigla 6.000-10.000 °C. On osporava službene tvdnje da je većina goriva još u reaktoru. Oni, koji to tvrde, nikad nisu bili tamo. Istraživanjem je došao do podatka da je u reaktoru ostalo manje od 10 % goriva (oko 4 – 6 %). Unutar reaktora nema jezgre već samo mnogo betona. Vjeruje da je većina poduzetih aktivnosti nakon nesreće bila nepotrebna, jer niti uzrok, a niti tijek nesreće nisu istraženi. Većina materijala se raspršila u zraku, a toplina je proizašla od preostalog goriva u reaktoru. Nije bilo potrebno na brzinu graditi sarkofag. Checherov ističe da je važno razumjeti, što se i kako dogodilo, kako bi se bolje pripremilo za neku buduću nesreću.

Saniranje Černobila ide mnog sporije od planiranog iako je dobivena vanjska financijska pomoć. Predstavnici NE Černobil i EnergoAtom-a objašnjavaju da su za to odgovorna zakonodavna tijela. Predstavnik ukrajinskog zakonodavnog tijela (NRA) ne prihvaća ovu tvrdnju. On naglašava potrebu za sigurnosti, što znači veće troškove. Zato je potrebno načiniti kompromis između sigurnosti i troškova. Prihvaćaju se zapadne norme o sigurnosti nuklearnih elektrana. Dekomisija teče sporo gledajući s ukrajinske strane, ali na Zapadu ne dijele to mišljenje. Da bi se dekomisija mogla nastaviti potrebno je izgraditi toplanu, koja će osigurati grijanje sudionicima dekomisije. Toplana neće biti na nuklearno gorivo. Osim toga potrebno je izgraditi suho spremište za tekući ozračeni otpad. Toplana je trebala biti gotova do kraja 2000., a spremište do 2003. godine. Sredstva osiguravaju Američki sektor za energetiku (22,5 milijuna američkih dolara), Ukrajina (7 milijuna američkih dolara), EBRD (61 milijun američkih dolara), ukrajinska vlada (2,9 milijuna američkih dolara). No, osiguranje financijskih sredstava nije provedeno prema planu. I to je jedan od razloga kašnjenju.

Energy Economist, Issue 230, December 2000.

SBK

ELEKTRODISTRIBUCIJA U 21. STOLJEĆU

S jedne strane nova tehnologija nudi disperziranu proizvodnju električne energije, gorive ćelije, internet, nove mjerne tehnike itd. S druge je, pak, strane privatizacija glavnih monopolista u državnom vlasništvu, u razvijenim i zemljama u razvoju, koji su u potrazi za financijskim sredstvima potrebnim za razvoj ili za smanjenje deficita u svojim budžetima. Isto tako mijenjaju se i potrebe korisnika.

Ovi trendovi, razvoj novih tehnologija i privatizacija elektroprivrednih kompanija, izazivaju niz promjena s kojima se susreću i elektrodistributivne kompanije. Ako se kompanija želi održati na liberaliziranom i dereguliranom energetskom

tržištu, ili tržištu s novom regulacijom, mora biti konkurentna. Da bi bila konkurentna mora povećati produktivnost i kvalitetu usluge.

Sve ovo već sad utječe u velikoj mjeri na aktivnosti elektrodistributivnih kompanija.

U Europi je direktivom 96/92 CE Europskog parlamenta i Vijeća (19.12.1996.) postavljen legalni okvir djelovanja u novim uvjetima. Direktivom su određena pravila ponašanja na europskom energetskom tržištu. Preobrazbom monopolnih energetskih kompanija u tržišne, cijene električne energije određivat će se na temelju ponude i potražnje u uvjetima konkurencije, što bi trebalo energetski sektor učiniti djelotvornijim.

Novi trendovi ne samo da utječu na strukturu elektroenergetskih kompanija, već utječu i na način organiziranja njihovih udruženja kao što su CIGRÉ (velike elektroenergetske mreže) i CIRED (elektrodistribucija).

U okolnostima ovih promjena Komitet CIRED-a je donio Master plan koji bi mu trebao omogućiti da efikasno funkcionira u novostvorenim uvjetima i u budućnosti. Prema njemu CIRED treba biti vodeći forum na međunarodnoj razini za elektrodistributere.

Zadaća mu je organiziranje konferencija, radnih grupa, izložbi itd. na kojima će se predstaviti suvremena dostignuća tehnologije i njihova primjena u elektrodistribuciji. Osnivanjem raznih radnih grupa rješavat će se tekući problemi u elektrodistribuciji. Sva razmišljanja i prijedlozi prezentirat će se na konferencijama, publicirati i distribuirati kao izvješća CIRED-a široj javnosti.

Osim toga, CIRED će sponzorirati regionalne konferencije elektrodistributera usmjerene na aktualne regionalne problemeupravljanja mrežom i opskrbom.

CIRED-ove aktivnosti usmjerene su prvenstveno tehničkom osoblju s praksom u elektroopskrbi te proizvođačima i laboratorijima s kojima aktivno surađuju.

Cilj CIRED-a je povećanje kapaciteta poslovanja i podizanje razine vještina i znanja sudionika u svojim aktivnostima. Aktivnosti CIRED-a najvećim dijelom obuhvaćaju zapadnu Europu, ali će nastojati proširiti se i na istočnu Europu i sjevernu Ameriku.

Uspješnost rada CIRED nije moguća bez uske suradnje s CIGRÉ-om. Zbog toga morat će se utvrditi područja od zajedničkog djelovanja i djelovanja svakog kako bi se izbjegla preklapanja.

Electra, Special Issue 2000.

SBK

KOLAPS KONFERENCIJE O KLIMATSKIM PROMJENAMA U HAGU

U studenom 2000. godine održana je u Hagu Konferencija Ujedinjenih naroda o klimatskim promjenama COP6. Konferencija nije bila uspješna, jer ne samo da je potencirala razlike u uvjerenjima o najboljem načinu zaštite okoliša na zemlji, već i velike razlike u ponašanju pri dogovaranju. Na jednoj strani su Amerikanci koji drže glavu u pijesku kada je riječ o redukciji zagađivanja uzrokovanih rasipničkom uporabom fosilnih goriva za proizvodnju električne energije. Na drugoj strani su Europljani koji žele poboljšati svoje stanje. Između su Britanci koji su hvaljeni ili kuđeni kada nastoje postići kompromise između EU i USA.

Konferencija je bila za sve veliko razočaranje. Svatko je ponavljao svoje želje, ali dogovor nije postignut. Raspravljalo se i o utjecaju šuma na emisije ugljičnog dioksida. Kako šume upijaju CO_2 iz atmosfere, neki smatraju da u ciljeve treba uvrstiti podizanje novih i očuvanje postojećih šumskih kompleksa.

Nadanja da će ova Konferencija dati provediva rješenja za redukciju stakleničkih plinova prema Kyotu ostala su neispunjena.

To posebno pogađa istočnoeuropske zemlje koje neće moći koristiti fondove za tu namjenu. Morat će čekati da Amerika i EU obnove pregovore. Prije ove Konferencije formirana je Centralna grupa za istočnu Europu (CG11) u koju je uključena i Hrvatska.

Što se tiče Kyoto protokola, većina vlada nije ga ratificirala. Da bi stupio na snagu potrebno je da ga ratificira 55 zemalja. Dosada ga je ratificiralo samo 30.

Konzultantska organizacija Wood Makanzie provela je istraživanja vezana za zaštitu globalnog okoliša. Prema izvješću, većina kompanija očekuje pad troškova na manje od 10 američkih dolara po toni CO_2. Prema tome bi ukupni troškovi za postizanje ciljeva Kyoto protokola za industrijalizirane zemlje iznosili oko 1,5 milijardi u 2010. godini, odnosno oko 1-5 američkih dolara po glavi stanovnika godišnje. Isto tako očekuju povoljan poslovni utjecaj od kontrole ugljičnog dioksida, ali i negativne utjecaje, što bi sve moglo utjecati na vrijednost njihovih dionica.

Za vrijeme Konferencije otvorena je na Internetu WEB stranica http://www.co2e.com koja nudi posebne konzultacije o klimatskim promjenama i savjetodavni servis te trgovanje.

Electricity International, January 2001; *Energy Economist,* Issue 230/2000; *East European Energy Reports,* Issue 111/2000.

SBK

Energija

Godište 50 (2001) Br. 3

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1358

UDK 621.311.1:621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/3, 125-128

GRANICA PRIJENOSNE I DISTRIBUCIJSKE MREŽE HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Marijan Kalea, dipl. ing.

HEP- Direkcija za prijenos - Prijenosno područje Osijek, Šetalište kardinala Franje Šepera 1a, 31000 Osijek, Hrvatska

Iznosi se pogled na granicu prijenosne i distribucijske mreže u zatečenim prilikama u Hrvatskoj elektroprivredi, naglašavaju neke okolnosti koje su uvjetovale takvo stanje, te obrazlažu razlozi za zalaganje spram uspostavljanja razvidnog, nedisktiminirajućeg i praktički provedivog novog stanja, u okviru restruktuiranja Hrvatske elektroprivrede, sukladno europskim nastojanjima. Upozorava se na oprezno i utemeljeno gledanje spram inozemnih uzora.

(Lit. –, sl. – - original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/125-128/2001.

ENERGIJA 1359

UDK 621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/3, 129-143

PRILOZI METODOLOŠKOJ OBRADI ELEKTROENERGETSKIH MREŽA VEĆIH GRADOVA

Dragan Borojević, dipl. ing.

HEP - DP Elektra – Zagreb, Gundulićeva 32, 10000 Zagreb, Hrvatska

Ovaj rad daje osvrt na energetske, elektroenergetske i prostorne podloge za razvoj distributivnih mreža većih gradova. Ukazuje na njihovu važnost, međusobnu povezanost, popratne probleme i na moguća unapređenja u metodološkoj obradi tih podloga.

(Lit. 7, sl. 9 - original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/129-143/2001.

ENERGIJA 1360

UDK 621.31:621.398
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/3, 171-184

PROCESNI SUSTAV U NDC-u

Gordana Donković, dipl. ing.

HEP - Sektor za upravljanje, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku je opisana organizacija programskih komponenti i protok podataka koji predstvaljaju platformu za upravljanje elektroenergetskim sustavom. Dan je pregled osnovnog sustava za nadzor i upravljanje u stvarnom vremenu, podsustava sekundarne regulacije snage i frekvencije te podsustava za dispečersku analizu mreže.

(Lit. 7, sl. 7 - original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/171-184/2001.

Energija 1360 UDK 621.31:621.398

1. Procesni sustav u NDC-u
I. *Donković, G.*
II. HEP - Sektor za upravljanje, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

elektroenergetski sustav
sustav daljinskog vođenja
sekundarna regulacija snage i frekvencije
procesno računalo PDP
sustav za nadzor i prikupljanje podataka u stvarnom vremenu SCADA
konverter izlaznih podataka KIP

Energija 1359 UDK 621.316.1

1. Prilozi metodološkoj obradi elektroenergetskih mreža većih gradova
I. *Borojević, D.*
II. HEP - DP Elektra – Zagreb, Gundulićeva 32, 10000 Zagreb, Hrvatska

usmjeravanje energetske opskrbe
elektroenergetski normativi
elektroenergetska mreža
prostorno rješenje

Energija 1358 UDK 621.311.1:621.316.1

1. Granica prijenosne i distribucijske mrežе Hrvatske elektroprivrede
I. *Kalea, M.*
II. HEP- Direkcija za prijenos - Prijenosno područje Osijek, Šetalište kardinala Franje Šepera 1a, 31000 Osijek, Hrvatska

prijenosna mreža
distribucijska mreža
instalirana snaga elektrana
vođenje EES-a

Energija

Godište 50 (2001) Br. 3

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1361

UDK 621.311.1:620.9
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/3, 145-151

NEKI PROBLEMI I PRAKSA ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA U DEREGULIRANOM OKRUŽENJU
(Referirano na zasjedanju CIGRE, Paris 2000)

Mr. sc. Mladen Zeljko, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Svake parne godine se u Parizu održava, zasigurno najvažniji stručni skup elektroenergetičara, zasjedanje CIGRE. Tako je bilo i 2000. godine, gdje se na zasjedanju CIGRE, u vremenu od 27. kolovoza do 1. rujna, okupilo oko 2500 stručnjaka (većinom inženjeri elektrotehnike) iz cijelog svijeta. Najveći dio njih je iz elektroprivrednih poduzeća, zatim s fakulteta, instituta i slično. Tu se iz prve ruke, dakle od ljudi iz prakse, mogu čuti neka od najnovijih rješenja za određene probleme iz djelatnosti koje pokrivaju pojedine studijske grupe (komiteti). Rad na zasjedanju se, kao i na dosadašnjim zasjedanjima, odvijao po pojedinim studijskim grupama: 37 (Planiranje i razvoj elektroenergetskog sustava), 38 (Analiza i tehnika elektroenergetskog sustava) i 39 (Pogon i vođenje elektroenergetskog sustava), te na zajedničkom zasjedanju navedene tri grupe. S obzirom na procese koji su pred nama, na području elektroprivredne djelatnosti, nije na odmet informirati jedan širi krug ljudi, iz područja elektroprivrede i oko nje, o tim problemima i načinima kako ih zemlje, odnosno elektroprivrede, koje su u te procese ušle prije nas, rješavaju ili pokušavaju riješiti.
(Lit. –, sl. 1 - original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/145-151/2001.

ENERGIJA 1362

UDK 621.039:338
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 50/2001/3, 155-159

ISPITIVANJE JAVNOG MNIJENJA "NUKLEARNA ENERGIJA – DANAS I SUTRA"

Mr. sc. Renata Matanić, dipl. ing. – mr. sc. Josip Lebegner, dipl. ing.
HEP- Direkcija za proizvodnju, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Mr. sc. Ines-Ana Jurković, dipl. ing.
FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Mr. sc. Matjaž Prah, dipl. ing.
ENTEKO d.o.o., Zelengaj 14, 10000 Zagreb, Hrvatska

Kao dio općih nastojanja poboljšanja odnosa s javnosti Mreža mlade generacije Hrvatskog nuklearnog društva planirala je provesti anketu među studentskom populacijom zagrebačkog Sveučilišta o pitanjima vezanim za područje nuklearne energije. Anketa je bazirana na sličnoj anketi koju već 10 godina u sklopu programa edukacije "Primjena nuklearne fizike jučer-danas-sutra" i organiziranih posjeta srednjih škola Nuklearnoj elektrani Krško provodi Tehnički muzej uz suradnju s Hrvatskom elektroprivredom.
(Lit. 3, sl. 1 - original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/155-159/2001.

ENERGIJA 1363

UDK 621.31:621.311
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/3, 161-170

SPECIFIČNI POREMEĆAJI POTROŠNJE U ELEKTROENERGETSKIM SUSTAVIMA
ISPITIVANJE JAVNOG MNIJENJA "NUKLEARNA ENERGIJA – DANAS I SUTRA"

Niko Mandić, dipl. ing. - Ante Ćurić, dipl. ing.
HEP – Sektor za upravljanje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Televizijski prijenosi različitih zanimljivih događaja značajno mijenjaju izgled dijagrama dnevne potrošnje el. energije. Taj utjecaj može biti različitih osobina i intenziteta. Sadašnji vremenski interval obračuna i prikupljanja podataka je jedan sat. Takva gruba vremenska skala može zadovoljavati osnovne potrebe. U ovoj i sličnim situacijama prikladniji je kraći (15-minutni) obračunski interval. On daje točniji uvid u ostvarenu i planiranu potrošnju tijekom jednog sata.
(Lit. 8, sl. 10 - original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/161-170/2001.

Energija 1363

UDK 621.31:621.311

1. Specifični poremećaji potrošnje u elektroenergetskim sustavima
I. *Mandić, N. – Ćurić, A.*
II. HEP – Sektor za upravljanje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

potrošnja
poremećaj
televizija
vremenska skala

Energija 1362

UDK 621.039:338

1. Ispitivanje javnog mnijenja "Nuklearna energija – danas i sutra"
I. *Matanić, R. – Lebegner, J. – Jurković, I.-A. – Prah, M.*
II. HEP- Direkcija za proizvodnju, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska - FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska - ENTEKO d.o.o., Zelengaj 14, 10000 Zagreb, Hrvatska

energetski izvori
nuklearna energija
odnosi s javnošću

Energija 1361

UDK 621.311.1:620.9

1. Neki problemi i praksa elektroprivrednih poduzeća u dereguliranom okruženju (referirano na zasjedanju CIGRE, Paris 2000)
I. *Zeljko, M.*
II. Energetski institut „Hrvoje Požar" Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

elektroenergetski sustav
upravljanje rizikom
operator sustava
uska grla u prijenosu
pomoćne usluge
licenca za operatore

Energija

Volume 50 (2001) Nº 3

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1358 UDK 621.311.1:621.316.1
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/3, 125-128

BORDERLINE BETWEEN TRANSMISSION AND DISTRIBUTION NETWORK OF THE CROATIAN ELECTRIC SUPPLY COMPANY

Marijan Kalea, B. Sc.

HEP – Direkcija za prijenos – Prijenosno područje Osijek, Šetalište kardinala Franje Šepera 1a, 310000 Osijek, Croatia

The review describes the borderline between transmission and distribution network in the current situation of the Croatian electric supply company. Some circumstances that influenced this situation are stressed, and the reasons are explained for the realisation of the transparent, non-discriminatory and applicable new state within the Croatian electric supply company's restructuring following European incentives. A careful and founded view on foreign examples is proposed.

(No. of References: –, Fig.: – - original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/125-128/2001.

ENERGIJA 1359 UDK 621.316.1
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/3, 129-143

CONTRIBUTION TO THE METHODOLOGICAL EVALUATION OF ELECTRIC POWER NETWORKS OF MAJOR CITIES

Dragan Borojević, B. Sc.

HEP – DP Elektra – Zagreb, Gundulićeva 32,10000 Zagreb, Croatia

This work gives an overview on energy, electric energy and spatial base for the distribution networks' development of major cities. Their importance, interrelation, problems and possible improvements in the methodological evaluation of the base data are given.

(No. of References: 7, Fig.: 9 - original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/129-143/2001.

ENERGIJA 1360 UDK 621.31:621.398
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/3, 171-184

NDC PROCESS SYSTEM

Gordana Donković, B. Sc.

HEP – Sektor za upravljanje,Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

The paper describes the organisation of programme components together with data flows that make a platform for electric power system control. An overview of the basic system for control and management in a real time is given, as well as a subsystem of secondary power and frequency regulation and a subsystem for the dispatchers' network analysis.

(No. of References: 7, Fig.: 7 - original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/171-184/2001.

ENERGIJA UDK 621.31:621.398

1. NDC Process System
I. *Donković, G.*
II. HEP – Sektor za upravljanje, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Electric Power System
Remote Control
Power and Frequency Secondary Regulation
Process Computer PDP
System Control and Data Acquisition in a Real Time SCADA
Output Data Converter KIP

ENERGIJA 1359 UDK 621.316.1

1. Contribution to the Methodological Evaluation of Electric Power Networks of Major Cities
I. *Borojević, D.*
II. HEP – DP Elektra – Zagreb, Gundulićeva 32,10000 Zagreb, Croatia

Energy Supply Direction
Electric Power Norms
Electric Power Network
Spatial Solution

ENERGIJA 1358 UDK 621.311.1:621.316.1

1. Borderline between Transmission and Distribution Network of the Croatian Electric Supply Company
I. *Kalea, M.*
II. HEP – Direkcija za prijenos – Prijenosno područje Osijek, Šetalište kardinala Franje Šepera 1a, 310000 Osijek, Croatia

Transmission Network
Distribution Network
Installed Capacity of Power Plants
Electric Power System Control

Energija

Volume 50 (2001) Nº 3

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1361 UDK 621.311.1:620.9
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/3, 145-151

SOME PROBLEMS AND PRACTICE OF ELECTRIC POWER COMPANIES IN A DEREGULATED ENVIRONMENT (Held at CIGRE Meeting, Paris 2000)

Mladen Zeljko, M. Sc.

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia

Every even year certainly the most important electric power experts' meeting CIGRE is held in Paris. So it was in 2000 as well, where the CIGRE meeting from August 27 to September 1 assembled about 2,500 experts (mostly electric power engineers) from the whole world. Most of them come from electric power companies, then from universities, institutes and similar. Here you can obtain first-hand information from the people working in the field about some of the newest solutions for the problems dealing with study groups' (committees') activities. As usual, working sessions were divided by study groups: 37 (Power System Planning and Development), 38 (Power System Analysis and Techniques) and 39 (Power System Operation and Control) and there was a common session of all the groups. Bearing in mind the processes that are in front of us in the electric power sector, it is useful to inform a wider group of people from the electric power sector and around it, about various problems and how different countries, i.e. electric power companies who entered those processes before we did, solved them or tried to solve them.

(No. of References: –, Fig.: 1 - original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/145-151/2001.

ENERGIJA 1362 UDK 621.039:338
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 50/2001/3, 155-159

PUBLIC OPINION TESTING "NUCLEAR ENERGY – TODAY AND TOMORROW"

Renata Matanić, M. Sc. – Josip Lebegner, M. Sc.

HEP – Direkcija za proizvodnju, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Ines- Ana Jurković, M. Sc.

FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

Matjaž Prah, M. Sc.

ENTEKO d.o.o., Zelengaj 14, 10000 Zagreb, Croatia

As a part of general intention to ameliorate public relations the Young Generation Network of the Croatian Nuclear Society planned to realise a questionnaire among the students of the Zagreb University related to nuclear energy. The questionnaire is based on a similar one held ten years ago within the educational programme "Nuclear Physics Application Yesterday-Today- Tomorrow" and organised visits to the Nuclear Power Plant Krško by the Technical Museum together with the Croatian Electric Supply Company.

(No. of References: 3, Fig.:1 - original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/155-159/2001.

ENERGIJA 1363 UDK 621.31:621.311
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 50/2001/3, 161-170

SPECIFIC CONSUMPTION DISTURBANCES IN ELECTRIC POWER SYSTEMS

Niko Mandić, B. Sc. – Ante Ćurić, B. Sc.

HEP – Sektor za upravljanje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Television transmissions of different interesting events significantly change the daily load diagram of electric energy. This influence can be of different characteristics and intensity. Current time interval for settlement of accounts and data acquisition is one hour. That rough time scale can accommodate only basic needs. In this and similar situations, more suitable is a shorter (15-minute) account interval. It gives better insight into planned and realised consumption during an hour.

(No. of References: 8, Fig.: 10 - original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/3/161-170/2001.

ENERGIJA 1363 UDK 621.31:621.311

1. Specific Consumption Disturbances in Electric Power Systems

I. *Mandić, N. – Ćurić, A.*

II. HEP – Sektor za upravljanje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Consumption
Disturbance
Television
Time Scale

ENERGIJA UDK 621.039:338

1. Public Opinion Testing "Nuclear Energy Today and Tomorrow"

I. *Matanić, R.-Lebegner, J.- Jurković, I.-A. - Prah, M.*

II. HEP – Direkcija za proizvodnju, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia - FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia - ENTEKO d.o.o., Zelengaj 14, 10000 Zagreb, Croatia

Energy Sources
Nuclear Energy
Public Relations

ENERGIJA 1361 UDK 621.311.1:620.9

1. Some Problems and Practice of Electric Power Companies in a Deregulated Environment (Held at CIGRE Meeting, Paris 2000)

I. *Zeljko, M.*

II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia

Electric Power System
Risk Management
System Operator
Transmission Bottlenecks
Auxiliary Services
Operator Licence

UDK 621.31

ENJAAC 50 (4) – (2001) – 217-304

ISSN 0013-7448

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČI – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

Godište 50 (2001) Zagreb 2001 Br. 4

SADRŽAJ

Bajs D.: Metodologija planiranja razvoja prijenosne mreže zasnovana na ekonomskim i tehničkim kriterijima (Prethodno priopćenje) 219

Tomašić-Škevin S.: Regulacija i deregulacija u elektroprivredi (Pregledni članak) 237

Mišković M.: Optimiranje podešenja stabilizatora elektroenergetskog sustava analizom osjetljivosti karakteristične vrijednosti (Stručni članak) 249

Kolega V.: Mjere za povećanje energetske efikasnosti u zgradama (Prethodno priopćenje) 255

Santica I.: Podmorski energetski kabeli - nova tehnologija izvedbe priobalnih zaštita i moguća koordinacija među korisnicima podmorskih trasa (Stručni članak) 265

Filko P.: Otpor sustava i komponenti uzemljenja gradske TS 10(20) 0.4 kV (Stručni članak) 273

Pregled članaka objavljenih u „Energiji" od 1971. do 1980. godine 281

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja 294

Iz strane stručne literature 299

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea,* dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić,* dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. inž.

Urednik - Editor: Zdenka *Jelić,* prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Fotografija na omotu:

HIDROELEKTRANA „SKLOPE"

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2001 - 06 - 19

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove.** Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

   Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteliung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

METODOLOGIJA PLANIRANJA RAZVOJA PRIJENOSNE MREŽE ZASNOVANA NA EKONOMSKIM I TEHNIČKIM KRITERIJIMA

Mr. sc. Davor B a j s, Zagreb

UDK 621.316.1.001:681.3
PRETHODNO PRIOPĆENJE

U članku se opisuje metodologija planiranja razvoja prijenosne mreže zasnovana na dva modela: Mexico metodi za procjenu godišnjih operativnih troškova rada elektroenergetskog sustava i očekivanog iznosa neisporučene električne energije, te modela izmjeničnih tokova snaga za određivanje naponskog profila i opterećenja vodiča u mreži za definiranu potrošnju i angažman elektrana u EES-u. Za postojeću konfiguraciju prijenosne mreže izračunavaju se godišnji operativni troškovi rada EES-a koji se sastoje od troškova proizvodnje elektrana i očekivanih troškova neisporučene električne energije. Određuju se slabije grane u mreži, te se ispituje profitabilnost novih grana - kandidata za pojačanje mreže. U ekonomski optimalnu konfiguraciju prijenosne mreže za promatrani vremenski presjek uključuju se samo one grane čija je izgradnja ekonomski opravdana. Tehničke analize se provode radi provjere naponskog profila u mreži i određivanja potrebe ugradnje kompenzacijskih uređaja, prijelazne i dinamičke stabilnosti sustava, razine struja kratkih spojeva i ostalih tehničkih pokazatelja pogona prijenosne mreže. U radu su prikazani rezultati opisane metodologije planiranja razvoja prijenosne mreže na test modelu EES-a, te je izvršena usporedba s klasičnim pristupom planiranju razvoja prijenosne mreže (N-1 kriterij).

Ključne riječi: planiranje razvoja prijenosne mreže, Mexico metoda, model izmjeničnih tokova snaga, ekonomski optimalna konfiguracija prijenosne mreže, tehničke analize.

1. UVOD

Zadatak svake elektroprivredne organizacije i elektroenergetskog sustava je da osigura potrošačima potrebnu električnu energiju zadovoljavajuće kvalitete, uz što manje troškove. Ukupne troškove koji pri tom nastaju možemo podijeliti na troškove pojedinih elektroprivrednih djelatnosti: proizvodnje, prijenosa i distribucije. Smanjenje troškova svake od spomenutih djelatnosti (ili komponente elektroenergetskog sustava) cilj je komu treba težiti, što u krajnjem slučaju doprinosi i zadovoljavanju potrošača kroz cijenu kWh potrošene električne energije, kojemu nije važno samo hoće li isporučena električna energija biti dovoljno kvalitetna (promjene napona i frekvencije, sigurnost opskrbe) već i koliko će je platiti. Sposobnost prijenosne mreže da zadovolji svoj osnovni zadatak (prijenos električne energije proizvedene u elektranama ili uvezene iz susjednih EES-a do distributivnih i direktnih potrošača) s dovoljnom sigurnošću i s minimalnim troškovima, doprinosi ukupnoj kvaliteti rada elektroenergetskog sustava, i odražava se preko smanjene tržišne cijene kWh električne energije isporučene potrošačima.

Planiranje razvoja prijenosne mreže kod nas se temelji na klasičnom determinističkom pristupu. Osnovni princip po kojemu se dimenzionira mreža je sljedeći: "prijenosna se mreža treba oblikovati kao neovisna i samodovoljna mreža, koja zadovoljava sa svim svojim funkcijama i pri raspoloživosti od N-1 kritičnih elemenata u najzahtjevnijim okolnostima njenog pogona".

Za maksimalno razmatrano opterećenje EES-a koje se sastoji od neistodobnih maksimalnih opterećenja pojedinih distributivnih čvorišta, planiranih neistodobnih vršnih opterećenja specijalnih i direktnih potrošača, te pretpostavljenih gubitaka u mreži, i angažman elektrana određen prema iskustvenim podacima, vrše se ispitivanja tokova snaga na mreži s raspoloživim svim granama, te pri neraspoloživosti jedne od njih (N-1 kriterij). Potrebna pojačanja mreže se određuju na osnovu N-1 kriterija planiranja prema kojemu u slučaju neraspoloživosti jedne (bilo koje) grane mreže (vod, transformator) mora biti zadovoljeno:

- naponi u svim čvorištima moraju ostati unutar dozvoljenih granica,
- opterećenje svih vodiča ne smije biti veće od termičke granice,
- instalirane snage transformacije trebaju zadovoljavati napajanje distributivne mreže u otočnom pogonu pri neraspoloživosti najveće jedinice u transformatorskoj stanici uz dozvoljeno preopterećenje preostalih transformatora do 20 % od njihove instalirane snage.

Na opisani se način određuje potrebna konfiguracija prijenosne mreže za sve vremenske presjeke proma-

tranja, te se određuju ukupni troškovi razvoja mreže. Nedostaci opisanog modela su sljedeći:

- ne promatraju se ekonomski pokazatelji izgradnje pojedinih objekata prijenosne mreže, već se samo registriraju troškovi potrebni za njen razvoj,
- angažman elektrana je konstantan, pa se ne promatraju manipulacije preraspodjelom angažmana elektrana radi izbjegavanja poremećaja u sustavu,
- ne vrednuju se troškovi nastali neisporukom električne energije,
- promatra se mali broj mogućih pogonskih stanja, te se ne vrednuje vjerojatnost nastanka pojedinih poremećaja (uklopnih stanja),
- strogim pridržavanjem N-1 kriterija mreža može biti predimenzionirana, što znači da će ukupni troškovi razvoja biti veći od prihvatljivih,
- ispitivanja kratkog spoja, te prijelazne i dinamičke stabilnosti sustava su odvojena od procesa planiranja mreže.

2. METODOLOGIJA EKONOMSKO-TEHNIČKOG PLANIRANJA RAZVOJA PRIJENOSNE MREŽE

2.1. Općenito

Procesom planiranja razvoja prijenosne mreže nastoji se odrediti optimalna struktura mreže u budućnosti koja će zadovoljiti predviđeni porast potrošnje i opterećenja, te izgradnju novih proizvodnih postrojenja. Sigurno preuzimanje maksimalne snage novih proizvodnih postrojenja i osiguravanje sigurne i kvalitetne opskrbe distributivnih i direktnih potrošača uvažavajući različita tehnička, ekološka i druga ograničenja, uz prihvatljive troškove razvoja, cilj su koji kroz proces planiranja treba riješiti. Planiranje razvoja prijenosne mreže potrebno je periodički provoditi budući da gradnja jedne velike transformatorske stanice ili visokonaponskog voda traje više godina, potrebnih za dobivanje svih nužnih dozvola, nabavu materijala, te za same građevinske radove. Trase i prostore za buduće objekte prijenosne mreže potrebno je osigurati više godina unaprijed zbog kompliciranog postupka dobivanja svih potrebnih suglasnosti.

Zahtjevi koji se postavljaju na razvoj prijenosne mreže, osiguravanje sigurne opskrbe kvalitetnom električnom energijom uz što manje troškove, međusobno su suprotni. Uz male troškove razvoja prijenosne mreže neće biti moguće ostvariti željenu sigurnost opskrbe potrošača i proizvodnju kvalitetne električne energije, a uz velike troškove izgradnje željena sigurnost opskrbe i kvaliteta električne energije bile bi ekonomski neprihvatljive. Ti oprečni zahtjevi na razvoj prijenosne mreže uvjetuju korištenje optimizacijskih i simulacijskih modela, koji planeru pružaju dovoljnu količinu informacija na osnovu kojih može odrediti poželjne pravce razvoja prijenosne mreže. U procesu planiranja nezaobilazno je svakako i iskustvo planera koji mora dobro poznavati elektroenergetski sustav u svim njegovim dijelovima (karakteristike proizvodnih postrojenja i potrošnje, uzroke problema u prošlosti, karakteristike susjednih sustava i mogućnosti uvoza ili tranzita energije, tendencije razvoja u svijetu i dr).

2.2. Ulazne elektroenergetske i ekonomske podloge

Točnost rezultata planiranja, osim o primijenjenoj metodologiji, umnogome ovisi i o kvaliteti ulaznih podataka. Metodologija ekonomsko-tehničkog planiranja razvoja prijenosne mreže zahtijeva veliki broj detaljnih i što pouzdanijih ulaznih podataka koje možemo podijeliti u sljedeće grupe:

- Podaci o potrošnji i opterećenju EES-a
- Podaci o potrebnoj izgradnji i lokacijama novih proizvodnih postrojenja
- Podaci o postojećoj mreži i proizvodnim postrojenjima
- Ekonomski parametri.

2.2.1. *Podaci o potrošnji i opterećenju EES*

Osnovni pokazatelj prema kojemu se predviđa porast potrošnje svih oblika energije, a time i električne energije, je domaći proizvod (USD/stanovniku). Makro ekonomske analize i planiranja određuju rast domaćeg proizvoda i njegovu strukturu po pojedinim sektorima (usluge, industrija, poljoprivreda). Uz različite pretpostavke o porastu stanovništva i bilanci radne snage, očekivanom stambenom standardu, razvoju prometa i dr., određuje se više scenarija rasta potrošnje energije i električne energije po osnovnim sektorima potrošnje. Konačna prognoza potrošnje električne energije u planskom razdoblju je značajno ovisna i o pretpostavljenom razvoju korištenja ostalih energenata koji u nekim oblicima potrošnje mogu supstituirati električnu energiju, poput plina. Na osnovi prije spomenutih pretpostavki i mnoštva ulaznih varijabli koje mogu biti više ili manje pouzdane, određuje se nekoliko scenarija potrošnje električne energije u planskom razdoblju da bi se odredio raspon očekivanih vrijednosti (niži, viši, super visoki, referentni).

Vrlo bitni podaci za planiranje razvoja prijenosne mreže povezani su s određivanjem karakteristika potrošnje električne energije. U tu se svrhu koriste različiti programski paketi, a jedan od njih je programski paket MAED (Model for Analysis of Electricity Demand). Rekonstrukcijom krivulje srednjih satnih opterećenja za baznu godinu i simulacijom različitih scenarija, imajući u vidu i pretpostavljene mjere upravljanja potrošnjom i opterećenjem (Demand Side Management, Load Management), te tarifnom politikom, određuju se ključni parametri potrošnje električne energije nužni za planiranje EES-a i prijenosne mreže:

- faktor opterećenja - $W_{uk} / 8760\ P_{max}$
- maksimalno opterećenje EES-a po presječnim godinama unutar planskoga razdoblja - P_{max}

- minimalno opterećenje EES-a po presječnim godinama unutar planskoga razdoblja - P_{min}
- oblik godišnjih krivulja trajanja opterećenja po presječnim godinama unutar planskoga razdoblja.

Da bi se odredila prostorna raspodjela ukupnog vršnog opterećenja elektroenergetskog sustava na pojedina čvorišta 110 kV mreže po presječnim godinama, potrebno je odrediti regionalnu raspodjelu snage na logički zaokružena područja, maksimalna opterećenja pojedinih transformatorskih stanica 110/x kV unutar područja, te faktore istodobnosti nastupa vršnog opterećenja unutar svakog područja. Kao logičan izbor regionalnih područja za određivanje raspodjele vršnog opterećenja u EES-u Hrvatske, na osnovi sadašnje administrativne i tehničke podjele uzimaju se Prijenosna područja Zagreb, Osijek, Split i Opatija. Iskustveni podaci pokazuju da se udjeli opterećenja pojedinih Prijenosnih područja u ukupnom vršnom opterećenju na razini EES-a ne mijenjaju značajnije. Na osnovi tih udjela određuje se raspodjela planiranog opterećenja EES na područja Zagreb, Osijek, Split i Opatija po studiranim godinama unutar planskog razdoblja.

Maksimalna opterećenja direktnih i specijalnih potrošača se određuju prema planskoj bilanci, odnosno planu potreba, te planu priključka novih potrošača ove kategorije (elektrifikacija pojedinih željezničkih pravaca, razvoj određene industrijske grane i dr.). Ukoliko je poznat faktor istodobnosti nastanka vršnog opterećenja za pojedine kategorije direktnih i specijalnih potrošača (npr. kod željeznica maksimalna istodobna opterećenja elektrovučnih podstanica), ukupno opterećenje takve kategorije direktnih potrošača treba pomnožiti s faktorom istodobnosti. Ukupno distributivno opterećenje pojedinog Prijenosnog područja određeno je razlikom između opterećenja toga područja u trenutku nastanka vršnog opterećenja EES-a i sumom istodobnih opterećenja pojedinih kategorija direktnih i specijalnih potrošača. Na taj se način gubici u prijenosnoj mreži pridružuju pretpostavljenim opterećenjima po svim čvorištima 110 kV mreže.

Maksimalna opterećenja pojedinih distributivnih čvorišta na 110 kV strani proračunavaju se na temelju zabilježenog opterećenja TS 110/10 (20) kV i TS 35/10 kV, u normalnim uvjetima napajanih preko promatranog čvorišta, u baznoj godini, i očekivanih stopa porasta potrošnje električne energije dobivenih referentnim (ili nekim drugim) scenarijem predviđanja potrošnje energije. Jedinstvena stopa porasta potrošnje u određenom dijelu planskog razdoblja može biti radi jednostavnosti primijenjena na sva čvorišta unutar pojedinih Prijenosnih područja ili unutar čitavog EES-a, ali detaljnijom analizom moguće je utvrditi različite stope porasta potrošnje po pojedinim čvorištima, što ovisi o nizu faktora, poput porasta broja stanovništva, urbanizaciji, razvoju industrije i ostalih sektora gospodarstva, strukture trošila i dr. Pri određivanju raspodjele opterećenja na pojedina čvorišta 110 kV mreže potrebno je uvažiti plan izgradnje novih TS 110/x kV. Glavni kriterij koji služi kao osnova planiranja izgradnje novih TS 110/x kV je iskoristivost transformacije u postojećim trafostanicama, odnosno usporedba očekivanog vršnog opterećenja trafostanice s maksimalnim kapacitetom transformacije, tj. ukupnom nazivnom snagom transformatora koji se mogu ugraditi u trafostanicu vodeći računa o temeljima.

Nakon određivanja maksimalnih opterećenja distributivnih čvorišta unutar pojedinog Prijenosnog područja u presječnoj godini, određuje se faktor istodobnosti distributivnog opterećenja kao omjer između opterećenja distributivnih potrošača u Prijenosnom području u trenutku nastanka vršnog opterećenja sustava i sume maksimalnih opterećenja pojedinih distributivnih čvorišta 110 kV u tom području. Konačna opterećenja pojedinih distributivnih čvorišta na 110 kV naponskoj razini u trenutku nastanka vršnog opterećenja EES-a, izračunavaju se množenjem maksimalnog opterećenja promatranog čvorišta i faktora istodobnosti za odgovarajuće Prijenosno područje. Budući da opterećenja pojedinih čvorišta 110 kV mreže, određena na opisani način, sadrže i gubitke u prijenosnoj mreži, opterećenja 110 kV čvorišta se u kasnijim analizama umanjuju za postotak izračunatih gubitaka na modelu.

Jalova snaga potrošnje po pojedinim čvorištima 110 kV mreže određuje se na temelju dostupnih podataka iz prošlosti. Budući da bi se za točnije određivanje jalove snage distributivnih čvorišta morala provoditi mjerenja i analize karakteristika potrošača (trošila), pouzdaniji podaci obično neće biti dostupni. Za nova čvorišta u mreži uzima se faktor snage $\cos \varphi = 0{,}95$.

2.2.2. *Podaci o potrebnoj izgradnji i lokacijama novih proizvodnih postrojenja*

Određivanje potrebne izgradnje novih elektrana se određuje radi zadovoljavanja postavljenih ciljeva (npr. samodostatnost sustava, ukupna emisija štetnih tvari, udjeli pojedinih energenata i dr.) minimiziranjem troškova proizvodnje. U tu se svrhu koriste različiti modeli koji mogu biti optimizacijski i simulacijski (WASP, LOGOS, SIPRA, DECADES i dr.). Potrebna izgradnja elektrana u EES-u se određuje prema više scenarija ovisno o razini potrošnje (niži, viši, super visoki, referentni scenarij porasta potrošnje) i definiranim ciljevima. Za proces planiranja razvoja prijenosne mreže odabire se jedan ili više scenarija izgradnje novih proizvodnih postrojenja, čime se točno definiraju snage novih izvora i dinamika njihova ulaska u pogon.

Nakon određivanja vrste, instalirane snage i dinamike ulaska u pogon novih proizvodnih objekata nužno je odrediti moguće lokacije za njihovu izgradnju. Lokacije novih elektrana se određuju na osnovi više utjecajnih faktora kao što su: mogućnosti dopreme goriva, blizina konzumnih centara, hidrologija i mogućnosti

hlađenja postrojenja, metereološke, seizmičke i geološke osobine, izgrađenost prometnica, razvijenost elektroenergetske mreže i dr. Za svaku od lokacija koje zadovoljavaju sve postavljene zahtjeve za izgradnju određenog proizvodnog objekta procjenjuju se ukupni troškovi izgradnje, te se odabire najpovoljnija lokacija u tehničkom i ekonomskom smislu.

Uz poznatu dinamiku izgradnje, snage i lokacije novih proizvodnih postrojenja, sljedeći korak je određivanje načina i izvedbe njihova priključka na prijenosnu mrežu. Osnovni princip po kojemu se određuje način i izvedba priključka elektrane, odnosno njenih blokova na elektroenergetski sustav je siguran plasman maksimalne snage svih blokova u mrežu pri raznim (mogućim i očekivanim) pogonskim stanjima. Pod maksimalnom snagom svih blokova podrazumijeva se raspoloživa snaga na pragu elektrane, a pod sigurnim plasmanom definira se prijenos maksimalne proizvodnje pri raspoloživosti N-1 spojnih grana. U slučaju neraspoloživosti jednog od vodova i transformatora kojima je elektrana spojena na EES ne smije doći do preopterećenja bilo koje druge spojne grane bez obzira na angažman (proizvodnju) promatrane elektrane i tokove snaga u mreži određene prostornom raspodjelom proizvodnje ostalih elektrana i potrošnje, te uklopnim stanjem mreže. Ukoliko je osnovni kriterij sigurnog plasmana maksimalne proizvodnje elektrane zadovoljen za više načina priključaka, odabire se onaj s najmanjim troškovima izvedbe.

2.2.3. *Ekonomski parametri*

Svaki elektroenergetski sustav ima zadaću opskrbiti potrošače kvalitetnom električnom energijom i uz maksimalnu sigurnost. I pored toga što je cilj neprekidna opskrba potrošača električnom energijom, situacije kod kojih dolazi do poremećaja s opskrbom nije moguće uvijek izbjeći. Uz saznanje da ponekad ipak dolazi do problema s opskrbom, cilj je kod svakog planiranja razvoja EES-a svesti broj tih situacija i njihovo trajanje na najmanju moguću mjeru. Uvođenjem parametra koji se zove trošak neisporučene električne energije, a koji se izražava u novčanim jedinicama po kWh, regulira se odnos između neisporučene električne energije, odnosno troškova koji nastaju zbog toga, i rezerve snage u EES-u, odnosno troškova koje izaziva veća rezerva snage, te kapaciteta prijenosnih veza koji u određenim, više ili manje vjerojatnim pogonskim stanjima mogu uzrokovati nemogućnost opskrbe dijela potrošača. Iznos troškova neisporučene električne energije je vrijednost koju je vrlo teško, ili bolje rečeno nemoguće egzaktno odrediti. Ne postoji neka općeprihvaćena metoda za određivanje tih troškova. Od zemlje do zemlje procjena tih troškova je različita. Visina tih troškova ovisi o mnogo faktora poput strukture potrošnje, odnosno tipa potrošača kome je reducirana ili prekinuta opskrba, o količini neisporučene energije, te o trajanju prekida isporuke. Vrijednosti koje se koriste u raznim zemljama jako variraju, tako da je moguće naći u literaturi vrijednosti od 0.5 USD/kWh pa do 5 USD/kWh ili čak i više. Budući da je iznos troškova neisporučene električne energije povezan s velikom dozom nesigurnosti, taj parametar je najčešće predmet analize osjetljivosti.

Jedinstvena vrijednost troškova neisporučene električne energije u Republici Hrvatskoj nije do sada definirana. Posljednja istraživanja razvoja EES-a provedena su uz referentnu vrijednost od 5 DEM/kWh, iako se prema nekim grubim procjenama ona kreće oko 3 DEM/kWh. Zbog velike ovisnosti ekonomskog proračuna o tom iznosu, koji direktno utječe na profitabilnost gradnje pojedinih objekata u EES-u, korisno je izvršiti detaljnije analize s različitim vrijednostima neisporučene električne energije, ili ukoliko se gradnja nekog objekta pokazuje neprofitabilnom uz referentnu stopu, odrediti vrijednost uz koju je ta investicija na granici profitabilnosti.

Model koji se koristi za ekonomsku analizu razvoja prijenosne mreže zasniva se na usporedbi između dobitaka od izgradnje novog objekta (voda, transformatora) i investicijskih troškova u njegovu izgradnju. Budući da postoji nekoliko kategorija troškova u EES-u koji nastaju različitom dinamikom, a da bi ih bilo moguće uspoređivati, sve troškove je potrebno svesti na isti vremenski trenutak (na isti datum). Radi toga se definira datum svođenja (odnosno diskontiranja). Diskontiranje se obavlja jedinstvenom stopom za sve kategorije troškova. Ekonomski proračuni se obično vrše sa diskontnim stopama od 8 %, 10 %, i 12 %.

Da bi se mogla provesti usporedba dobitaka od razmatranih pojačanja mreže i troškova njihove izgradnje, odnosno odrediti njihova profitabilnost, potrebno je definirati jedinične cijene visokonaponske opreme. Cijene opreme se razlikuju kod različitih proizvođača, ali se mogu utvrditi prosječne vrijednosti koje koristimo u analizama.

2.3. Ekonomska analiza

2.3.1. *Mexico metoda*

Mexico je simulacijsko-optimizacijska metoda zasnovana na metodama vjerojatnosti, istosmjernim tokovima snaga i linearnom programiranju, koja omogućava procjenu operativnih troškova rada elektroenergetskog sustava tijekom čitave godine, te očekivani iznos neisporučene električne energije. Radi sagledavanja sigurnosti opskrbe potrošača električnom energijom model vrši procjenu očekivane neisporučene snage za određenu razinu potrošnje u sustavu, te neisporučene električne energije na osnovi godišnje krivulje trajanja opterećenja. Model uzima u obzir stanja koja nastaju radi očekivane neraspoloživosti proizvodnih postrojenja i objekata prijenosne mreže, te neizvjesnosti u procjeni visine potrošnje radi određenih klimatskih ili drugih teško predvidljivih

događaja. Mexico metoda izračunava i očekivane gubitke u mreži, te troškove goriva elektrana potrebnih za pokrivanje tih gubitaka. Model također ukazuje na slabije grane mreže na osnovi vjerojatnosti nastanka poremećaja na određenoj grani koji dovode do neisporučene električne energije ili do povećanih troškova proizvodnje u sustavu.

Ulazni podaci za model se sastoje od sljedećeg: podataka za potrošnju, podataka za proizvodna postrojenja i podataka za prijenosnu mrežu. Opterećenje i potrošnja po svakom čvorištu je definirana vršnim opterećenjem i oblikom godišnje krivulje trajanja opterećenja koja se opisuje nizom koeficijenata, pri čemu se pretpostavlja da je oblik krivulje jednak za sva čvorišta u mreži. Nakon provedenog proračuna model izračunava gubitke u mreži, pa se opterećenje svakog čvorišta umanjuje za pridružene mu gubitke i provodi novi proračun. Radi nesigurnosti planiranja potrošnje u sustavu, definiraju se koeficijenti standardne devijacije radi klimatskih (σ_1) i ekonomskih (σ_2) nesigurnosti, s pretpostavljenom Gaussovom raspodjelom vjerojatnosti.

$$C_{ko} = \varepsilon \cdot C_0 \tag{1}$$

$$C = C_{ko} \cdot \left(1 + b \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}\right) \tag{2}$$

gdje su:

- C_0 - srednja vrijednost vršnog opterećenja u čvorištu
- C_{k0} - srednja vrijednost opterećenja u čvorištu za određenu razinu potrošnje
- ε - koeficijent kojim se definira razina potrošnje u godišnjoj krivulji trajanja opterećenja,
- σ_1 - standardna devijacija radi klimatske nesigurnosti
- σ_2 - standardna devijacija radi ekonomske nesigurnosti
- C - opterećenje u razmatranom čvorištu za određenu razinu potrošnje
- b - faktor koji definira područje unutar kojega se kreće opterećenje kod normalne raspodjele.

Veličine i lokacije novih proizvodnih postrojenja se smatraju poznatom, a svaka termo-jedinica se određuje maksimalnom snagom, raspoloživošću i prosječnim pogonskim troškovima. Hidroelektrane se dijele na dvije kategorije:

1. Hidroelektrane čija se proizvodnja ne može mijenjati (protočne hidroelektrane) i čija je proizvodnja ovisna o pretpostavljenoj hidrologiji.
2. Hidroelektrane čija se proizvodnja može mijenjati (akumulacijske hidroelektrane) i čiji angažman ovisi o upravljanju akumulacijama.

Za prvu vrstu hidroelektrana zadaje se angažirana snaga koja tijekom proračuna ostaje konstantna, dok se za drugi tip hidroelektrana zadaje maksimalna snaga i početno angažirana snaga koja se određuje na osnovu načina upravljanja akumulacijama, i za koju su troškovi proizvodnje jednaki nuli. Radi dodatnog angažiranja akumulacijskih hidroelektrana u cilju otklanjanja mogućih poremećaja u mreži pri pojedinim uklopnim stanjima definira se trošak dodatne hidroproizvodnje, koji u principu određuje ograničenja u pražnjenju akumulacija. Trošak dodatne hidroproizvodnje ovisi o strukturi proizvodnih postrojenja u EES-u (udjelu akumulacijskih hidroelektrana i načinu njihovog angažiranja) i kreće se od vrijednosti jednake troškovima proizvodnje najskuplje termoelektrane u sustavu do vrijednosti deset puta veće od troškova proizvodnje najskuplje termo-jedinice.

$$t_{\max TE} \le \mu \le 10 \cdot t_{\max TE} \tag{3}$$

gdje su:

- t_{maxTE} - troškovi proizvodnje najskuplje termo-jedinice u sustavu
- μ - troškovi dodatne hidroproizvodnje uzrokovani neplaniranim pražnjenjem akumulacija.

Prijenosna mreža je definirana topologijom, odnosno popisom čvorišta i grana. Svaka grana je određena svojom impedancijom (r,x), neraspoloživošću (q) i maksimalno dozvoljenim opterećenjem u normalnim (I_{max}) i izvanrednim uvjetima (I_{max20}) . Obično se uzima da je u izvanrednim uvjetima dozvoljeno 20 % veće opterećenje u trajanju od 20 minuta. Mexico metoda omogućava promatranje mreže veličine 220 čvorišta i 600 grana.

Model simulira veliki broj stanja sustava na osnovi raspoloživosti njegovih elemenata. Radi određivanja mogućih uklopnih stanja mreže, određenih zadanom neraspoloživošću grana mreže i proizvodnih postrojenja, koristi se *MONTE CARLO* metoda. Svakom elementu sustava (grana mreže, proizvodna jedinica) pridružuje se slučajno generirani broj između 0 i 1. Ovisno o tome je li taj broj veći ili manji od zadane neraspoloživosti elementa, pridružuje mu se stanje uklopljeno (slučajno generirani broj veći od zadane neraspoloživosti elementa sustava) ili isklopljeno (slučajno generirani broj manji od zadane neraspoloživosti elementa sustava). Nakon određivanja uklopnog stanja mreže definira se redoslijed angažiranja elektrana na osnovi minimalnih troškova proizvodnje, ne uzimajući u obzir tokove snaga određene raspodjelom opterećenja u sustavu i impedancijama mreže. Angažman protočnih hidroelektrana i početni angažman akumulacijskih hidroelektrana je unaprijed zadan. Za definirano pojedinačno stanje sustava vrši se dalje proračun istosmjernih tokova snaga (DC aproksimacija), uvažavajući 1. i 2. Kirchoffov zakon, koji može dovesti do dva slučaja:

- ukoliko ne postoje preopterećene grane u mreži rješenje je optimalno, budući da pri promatranom uklopnom stanju ne dolazi do dodatnih troškova proizvodnje ili troškova neisporučene električne energije radi ograničenja u prijenosnim granama,

- ukoliko postoje preopterećene grane u mreži mora se izvršiti preraspodjela proizvodnje elektrana u sustavu koja dovodi do povećanih troškova proizvodnje, ili redukcija određenog dijela potrošnje, radi održavanja opterećenja svih grana mreže unutar dozvoljenih granica.

U slučaju pojave preopterećenja u mreži novi angažman elektrana u sustavu ili redukcija potrošnje koja za promatrano uklopno stanje rezultira minimalnim troškovima neisporučene električne energije se određuju optimizacijskim metodama pomoću *dualnog simplex algoritma* i *relaksacijske tehnike*. Izraz koji se minimizira je sljedeći:

$$\min Z = \sum_i \sum_j t_{ij} P_{ij} + \mu \sum_i h_{i2} + \delta \sum_i \left(C_i^0 - C_i \right) \quad (4)$$

uz ograničenja:

$$0 \le P_{ij} \le P_{ij}^{\max}$$
$$0 \le h_{i2} \le h_{i\max} - h_{i0} \quad (5)$$
$$0 \le C_i \le C_i^0$$

gdje su:

t_{ij} - specifični troškovi termoelektrane j u čvorištu i

P_{ij} - angažirana snaga termoelektrane j u čvorištu i

μ - specifični troškovi dodatne proizvodnje akumulacijske hidroelektrane u čvorištu i

h_{i2} - dodatna angažirana snaga hidroelektrane u čvorištu i

δ - štete zbog neisporučene električne energije,

$(C_i^0 - C_i)$ - neisporučena snaga u čvorištu i.

Na osnovi velikog broja proračuna i slučajno određenih uklopnih stanja, te minimalnih troškova dodatne proizvodnje i neisporučene električne energije za svako pojedinačno stanje koje je karakterizirano poremećajima u mreži, model određuje prosječne vrijednosti, odnosno procjenu očekivane neisporučene snage i energije, prosječnih troškova proizvodnje i gubitaka u mreži.

Očekivana neisporučena snaga (energija) se prikazuje za dvije komponente:

1. Očekivana neisporučena snaga (energija) zbog manjka proizvodnih kapaciteta.
2. Očekivana neisporučena snaga (energija) zbog nedovoljne izgrađenosti prijenosne mreže.

Različite razine potrošnje u sustavu određene godišnjom krivuljom trajanja opterećenja se prikazuju variranjem desne strane linearnog programa, na osnovu čega se izračunava matematičko očekivanje neisporučene električne energije tijekom godine (ili dijela godine) uzimajući u obzir i nesigurnosti u predviđanju potrošnje. Budući da opterećenje svakog čvorišta sudjeluje linearno u desnoj strani linearnog programa, optimalna vrijednost neisporučene snage za određenu razinu potrošnje je linearna funkcija ukupnog opterećenja f(C). Matematičko očekivanje neisporučene snage za određenu razinu potrošnje je prikazano sljedećim izrazom:

$$D_k = \int_0^\infty f(C) \cdot \rho_k(C) \cdot dC \quad (6)$$

gdje su:

D_k - očekivana neisporučena snaga za razinu potrošnje k

$f(C)$ - funkcija ovisnosti neisporučene snage o razini potrošnje k

$\rho_k(C)$ - funkcija gustoće normalne raspodjele za razinu potrošnje k.

Proračunima za sve razine potrošnje prema godišnjoj krivulji trajanja opterećenja moguće je odrediti ukupnu očekivanu godišnju neisporučenu električnu energiju prema izrazu (7).

$$E = \sum_{k=1}^{K} \lambda_k \cdot D_k \quad (7)$$

gdje je

λ_k - trajanje razine potrošnje k u godišnjoj krivulji trajanja opterećenja.

Rezultati modela planeru pružaju važne informacije na osnovi kojih može odrediti potreban razvoj mreže. Najvažniji su:

- matematičko očekivanje godišnje neisporučene električne energije i troškove neisporuke,
- procjenu očekivanog marginalnog smanjenja godišnje neisporučene električne energije pri povećanju kapaciteta svake grane u mreži za 1 MW,
- vjerojatnost poremećaja na svakoj grani mreže i posljedice (preraspodjela proizvodnje između elektrana ili neisporuka električne energije).

2.3.2. *Ekonomski kriteriji planiranja*

Ispitivanje mreže *Mexico* metodom i postavljanje ekonomskih kriterija planiranja omogućavaju planeru da odredi ekonomski optimalnu konfiguraciju prijenosne mreže po promatranim vremenskim presjecima. Ekonomski optimalna konfiguracija mreže je ona konfiguracija koja uključuje sva profitabilna (isplativa) pojačanja mreže, a ne ona kod koje su troškovi neisporučene električne energije jednaki nuli.

Prije odluke o potrebnoj izgradnji novih objekata prijenosne mreže potrebno je provesti usporedbu troškova pojačanja mreže i dobitaka koji proizlaze iz tih pojačanja. Ograničenja u mreži mogu dovesti do nemogućnosti isporuke električne energije dijelu potrošača ili povećanih troškova proizvodnje radi potrebe angažiranja skupljih proizvodnih jedinica u sustavu. Uspoređujući ove troškove za konfiguraciju mreže bez razmatranog pojačanja i sa njim, moguće je odrediti dobitak koji se može očekivati od izgradnje razmatranog objekta u prijenosnoj mreži. Ukoliko se isto ograničenje može otkloniti izgradnjom nekog

drugog objekta, pri čemu je dobitak od pojačanja isti, potrebno je usporediti troškove izgradnje svakog od njih, te na osnovi omjera između dobitaka i anuitetnih troškova izgradnje razmatranih pojačanja odrediti indeks profitabilnosti svakog od njih, pri čemu je ekonomski opravdanija ona investicija s većim indeksom profitabilnosti.

Da bi se uopće mogla razmatrati pojedina pojačanja mreže, na početku je potrebno odrediti slabije grane u mreži na kojima je moguće očekivati ograničenja u određenim (više ili manje vjerojatnim) pogonskim stanjima. Vrši se simulacija rada EES-a metodom *Mexico* na "početnoj" konfiguraciji mreže koja ne uključuje niti jedan novi objekt, te se izračunavaju očekivani godišnji pogonski troškovi rada EES-a i troškovi neisporučene električne energije.

Detektiranje slabijih grana u mreži se vrši na osnovi marginalnog smanjenja operativnih troškova kod povećanja kapaciteta grane za 1 MW, te vjerojatnosti nastanka poremećaja na svakoj grani mreže. Marginalno smanjenje neisporučene električne energije razmatrane grane je veće od nule ukoliko se kod barem jednog slučajnog uklopnog stanja određenog neraspoloživošću elemenata mreže pojavilo ograničenje na toj grani (tok snage veći od dozvoljene granice), što je dovelo do potrebe preraspodjele proizvodnje u sustavu ili redukcije potrošnje. Ukupno procijenjeno godišnje (ili sezonsko) marginalno smanjenje operativnih troškova za neku granu je to veće što su veća preopterećenja na toj grani i što je veći broj proračuna tijekom kojih dolazi do opterećenja grane većeg od dozvoljenog. Veće marginalno smanjenje operativnih troškova za neku granu ujedno znači da je i dobitak od pojačanja koje otklanja opterećenja na toj grani veći.

Nakon određivanja marginalnih smanjenja operativnih troškova rada sustava za svaku granu mreže, izdvajaju se one grane čije je marginalno smanjenje različito od nule. Te grane su kandidati za pojačanja. Na početku se razmatraju moguća pojačanja mreže koja otklanjaju ograničenja na grani s najvećim marginalnim smanjenjem operativnih troškova rada sustava.

Za svako razmatrano pojačanje mreže potrebno je odrediti ukupne investicijske troškove izgradnje na osnovi jediničnih cijena VN opreme i karakteristika objekta (naponska razina, duljina dalekovoda, naponske razine transformatora). Da bi se mogla provesti usporedba godišnjih dobitaka od izgradnje i investicijskih troškova, potrebno ih je svesti na isti vremenski presjek određivanjem anuitetnog troška izgradnje razmatranoga objekta, koji se izračunava na sljedeći način:

$$a = \frac{i \cdot I}{1 - \frac{1}{(1+i)^T}} \tag{8}$$

gdje su:

I - investicijski trošak izgradnje objekta (elementa) prijenosne mreže

i - diskontna stopa

T - očekivana životna dob razmatranog objekta (elementa) prijenosne mreže ($T \approx 45$ god.).

Mexico metodom simulira se rad sustava tijekom cijele godine, te se određuje razlika između operativnih troškova rada EES bez pojačanja, te sa pojačanjima koje otklanjaju poremećaj na grani s najvećim marginalnim smanjenjem operativnih troškova rada. Indeksi profitabilnosti razmatranih pojačanja se određuju kao omjer između dobitaka (G) od pojačanja i anuitetnih troškova izgradnje:

$$G = OC_1 - OC_0 \tag{9}$$

$$p = \frac{G}{a} \tag{10}$$

gdje su:

OC_0 - operativni troškovi EES bez razmatranog pojačanja

OC_1 - operativni troškovi EES sa razmatranim pojačanjem

p - indeks profitabilnosti razmatranog pojačanja.

$p>1 \Rightarrow$ pojačanje je profitabilno (ekonomski opravdano)

$p<1 \Rightarrow$ pojačanje nije profitabilno (ekonomski opravdano)

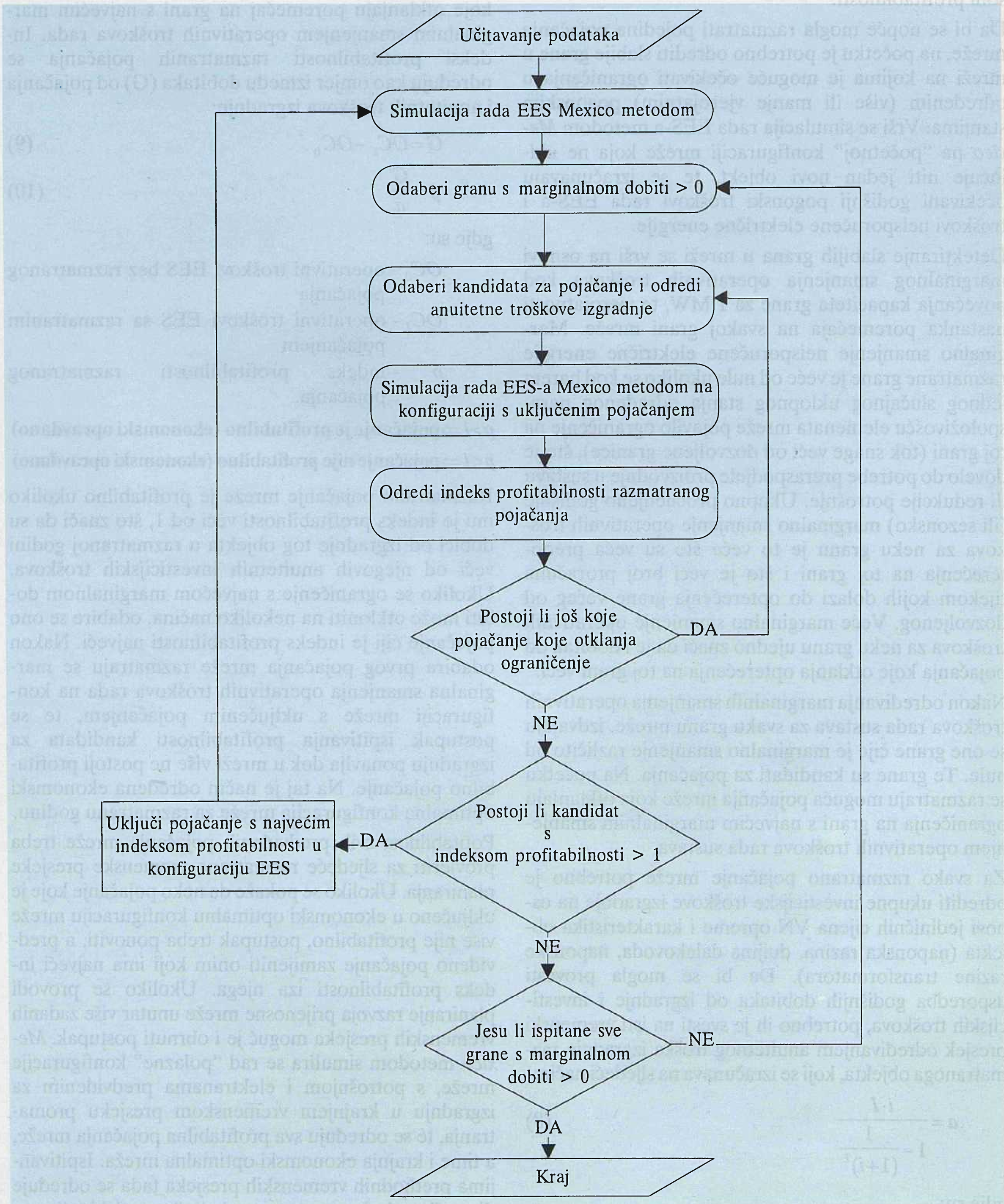
Razmatrano pojačanje mreže je profitabilno ukoliko mu je indeks profitabilnosti veći od 1, što znači da su dobici od izgradnje tog objekta u razmatranoj godini veći od njegovih anuitetnih investicijskih troškova. Ukoliko se ograničenje s najvećom marginalnom dobiti može otkloniti na nekoliko načina, odabire se ono pojačanje čiji je indeks profitabilnosti najveći. Nakon odabira prvog pojačanja mreže razmatraju se marginalna smanjenja operativnih troškova rada na konfiguraciji mreže s uključenim pojačanjem, te se postupak ispitivanja profitabilnosti kandidata za izgradnju ponavlja dok u mreži više ne postoji profitabilno pojačanje. Na taj je način određena ekonomski optimalna konfiguracija mreže za razmatranu godinu.

Pofitabilnost svih predviđenih pojačanja mreže treba provjeriti za sljedeće razmatrane vremenske presjeke planiranja. Ukoliko se pokaže da neko pojačanje koje je uključeno u ekonomski optimalnu konfiguraciju mreže više nije profitabilno, postupak treba ponoviti, a predviđeno pojačanje zamijeniti onim koji ima najveći indeks profitabilnosti iza njega. Ukoliko se provodi planiranje razvoja prijenosne mreže unutar više zadanih vremenskih presjeka moguć je i obrnuti postupak. *Mexico* metodom simulira se rad "polazne" konfiguracije mreže, s potrošnjom i elektranama predviđenim za izgradnju u krajnjem vremenskom presjeku promatranja, te se određuju sva profitabilna pojačanja mreže, a time i krajnja ekonomski optimalna mreža. Ispitivanjima prethodnih vremenskih presjeka tada se određuje dinamika ulaska u pogon pojedinih predviđenih pojačanja mreže određivanjem njihove profitabilnosti za svaki vremenski presjek promatranja.

2.4. Tehnička analiza

Tehnička analiza na ekonomski optimalnoj konfiguraciji prijenosne mreže se provodi radi dobivanja dodatnih informacija koje su važne za određivanje potrebnog razvoja mreže.

Budući da se ekonomska analiza temeljila na proračunima istosmjernih tokova snaga, i da je promatrala samo kapacitete pojedinih prijenosnih grana za veliki broj mogućih uklopnih stanja, nije pružala ostale važne informacije u pogledu naponskih prilika, tokova jalovih snaga u sustavu, naponske, prijelazne i di-



Slika 1. Blok dijagram principa određivanja ekonomski optimalne konfiguracije prijenosne mreže za promatrani vremenski presjek

namičke stabilnosti, mogućnostima podržavanja očekivanih tranzita u mreži i dr. Radi toga je nužno provesti proračune izmjeničnih tokova snaga za razna karakteristična pogonska stanja, i na temelju postavljenih tehničkih kriterija odrediti eventualna dodatna pojačanja mreže (vodovi, transformatori, kompenzacijski uređaji, mjere za povećavanje stabilnosti sustava i dr.). Tehničkom analizom se promatraju osnovni zahtjevi na planiranu mrežu poput:

- održavanje napona unutar dozvoljenih granica,
- siguran plasman snage pojedinih elektrana,
- omogućavanje predviđenih (ugovorenih) razmjena i tranzita,
- održavanje prijelazne i dinamičke stabilnosti,
- analiza struja kratkih spojeva.

Potrebno je napomenuti da tehnička i ekonomska analiza nisu u potpunosti odvojene. Ukoliko tehnička analiza ukaže na potrebu pojačanja mreže izgradnjom novog voda ili transformatora, ekonomskom je analizom potrebno provjeriti utječe li izgradnja te grane na profitabilnost prije određenih pojačanja mreže, te eventualno korigirati ekonomski optimalnu konfiguraciju mreže.

2.4.1. *Regulacija napona u mreži*

Elektroenergetski sustav se sastoji od visokonaponskih mreža više različitih naponskih razina, međusobno povezanih s energetskim transformatorima. Nazivni naponi tih mreža su različiti, a zbog padova napona koje djelatna i jalova komponenta struje čine na impedancijama elemenata mreže, naponi u mreži iste naponske razine nisu jednaki u svim čvorištima. Pad napona koji izaziva jalova komponenta struje je puno veći od pada napona koji čini djelatna komponenta struje, pa je održavanje napona u mreži usko povezano s regulacijom i tokovima jalovih snaga.

Elektroenergetski sustav treba biti koncipiran tako da se napon u svim mogućim pogonskim uvjetima može održavati unutar dozvoljenih granica. Dozvoljene granice odstupanja napona u prijenosnoj mreži su prikazane u donjoj tablici.

Maksimalni pogonski napon je određen izolacijskim sposobnostima elemenata mreže. Previsoki naponi u pojedinim dijelovima mreže uništavaju izolaciju i smanjuju njenu životnu dob, pa se u stacionarnom pogonu napon ne smije povisiti iznad dozvoljene gornje granice u niti jednom čvorištu mreže. Prema dolje napon je ograničen zbog radnih karakteristika nekih elemenata (generatori, prekidači), regulacijskog opsega transformatora prema distribucijskoj mreži i iz ekonomskih razloga u pogledu gubitaka u mreži (gubici rastu na manjem naponu).

Padovi napona u mreži se smanjuju porastom nazivnog (pogonskog) napona, te padom reaktancije i tokova jalovih snaga. Radi održavanja napona nastoji se tokove jalove snage smanjiti na najmanju mjeru, što se postiže osnovnim principom da se jalova snaga generira u onoj točki mreže gdje je potrebna i u točno potrebnoj količini. Velike varijacije u tokovima jalovih snaga u elektroenergetskom sustavu, uzrokovanih različitim opterećenjima (ljeto, zima, dan, noć) u sustavu, različitim opterećenjima vodova i kabela (generiraju ili troše jalovu snagu), topologijom mreže, i dr., mogu uzrokovati pojavu različitih vrijednosti napona u pojedinim čvorištima sustava: previsokim ili preniskim naponima. Općenito se mogu postaviti sljedeći odnosi:

- visoko opterećenje EES-a ⇒ povećane potrebe za jalovom snagom ⇒ niski naponi
- nisko opterećenje EES-a viškovi jalove snage zbog slabo opterećenih vodova ⇒ visoki naponi.

Tehnička analiza mora obuhvatiti oba krajnja stanja sustava, pa se ispituju pogonska stanja karakteristična po:

1. Vršnom (maksimalnom) opterećenju EES-a
2. Minimalnom opterećenju EES-a.

Proračunima izmjeničnih tokova snaga za različita karakteristična pogonska stanja (tranziti, neraspoloživost jedne grane mreže, angažman elektrana i dr.) određuju se sposobnosti generatora i kompenzacijskih uređaja u mreži u cilju održavanja povoljnih naponskih prilika u svim čvorištima mreže.

Manjak jalove snage u sustavu, odnosno nedovoljna rezerva jalove snage u uređajima za proizvodnju jalove snage može dovesti do "sloma napona" u određenim pogonskim stanjima, odnosno do raspada sustava i nemogućnosti isporuke električne energije potrošačima. Da bi se funkcija elektroenergetskog sustava mogla uspješno i kvalitetno obavljati nužno je da uređaji za regulaciju napona i jalove snage (sinkroni generatori i kompenzatori, regulacijski transformatori, kondenzatorske baterije, paralelne prigušnice, statički var kompenzatori) zadovoljavaju postavljene zahtjeve u svezi s opsegom regulacije, veličine, brzine odziva, lokacije s obzirom na karakteristike sustava i konzuma i dr.

Tablica 1. Dozvoljena odstupanja napona u prijenosnoj mreži

TRAJNO DOZVOLJENA ODSTUPANJA NAPONA					
Prijenosna mreža	Minimalni napon*	Minimalni napon	Nazivni napon	Maksimalni napon	Maksimalni napon[1]
110 kV	93,5 kV	99 kV	110 kV	123 kV	126,5 kV
220 kV	187 kV	198 kV	220 kV	245 kV	253 kV
400 kV	360 kV	380 kV	400 kV	420 kV	420 kV

* dopušteno u izuzetnim okolnostima (npr. havarijskim) i to samo u stanicama koje imaju mogućnost regulacijenapona transformatora pod teretom u navedenim granicama

2.4.2. *Podržavanje predviđenih razmjena i tranzita*

Programom za proračun izmjeničnih tokova snaga potrebno je provjeriti da li ekonomski optimalna konfiguracija mreže zadovoljava uvijete sigurne razmjene snage sa susjednim elektroenergetskim sustavima ili tranzita za potrebe trećih. Uvjeti sigurne razmjene snage sa susjednim elektroenergetskim sustavima slični su uvjetima sigurnog plasmana snage proizvodnih postrojenja, što znači da se predviđene snage (bilo na temelju dugoročnih ugovora ili mogućeg interventnog uvoza) moraju uvoziti ili izvoziti pri raspoloživosti N-1 grana mreže, uz zadovoljavanje postavljenih tehničkih kriterija u pogledu održavanja opterećenja vodiča i naponskih prilika u dozvoljenim granicama.

Pitanje ekonomičnosti razmatranih razmjena i tranzita odvojeno je od postupka planiranja razvoja mreže, te se mora zasebno prostudirati. Ukoliko se pokaže da razmjena ili tranzit energije sa susjednim elektroenergetskim sustavima donosi odgovarajuće koristi, prijenosnu mrežu treba na odgovarajući način pojačati.

Osnovni princip koji se mora primijeniti radi omogućavanja predviđenih tranzita preko prijenosne mreže je taj da ti tranziti ne smiju ugroziti pogon sustava pri raspoloživosti svih grana mreže, kao ni pri raspoloživosti N-1 grana.

2.4.3. *Prijelazna i dinamička stabilnost elektroenergetskog sustava*

Problem stabilnosti elektroenergetskog sustava jedan je od značajnih problema koji se promatraju pri analizi istog, budući da gubitkom stabilnosti jednog generatora u sustavu može doći do preopterećenja i gubitka stabilnosti ostalih generatora, što u konačnici dovodi do potpunog raspada sustava, kao najtežeg kvara koji se može dogoditi. Radi normalne opskrbe potrošača električnom energijom, elektroenergetski sustav mora biti dizajniran i vođen tako da u slučaju ozbiljnijih poremećaja ne dođe do značajnijeg i nepotrebnog ograničavanja potrošnje.

Stabilnost se elektroenergetskog sustava najjednostavnije može definirati kao njegova sposobnost da nastavi stabilan rad nakon određenih poremećaja koji mogu nastati. Ovisno o njihovoj veličini razlikujemo stabilnost na velike i male poremećaje. Sinkroni rad generatora ugrožavaju bliski i udaljeni kratki spojevi u mreži, ispadi vodova i tereta, pogreške u pomoćnim sustavima generatora i turbina i dr. Ovisno o karakteristikama sustava i mjestima gdje nastaju, svaki od nabrojenih poremećaja može izazvati gubitak stabilnosti, pa i teže posljedice ukoliko se lančano prošire na ostale generatore u sustavu.

Kod prijelazne stabilnosti promatraju se brze promjene kao posljedice uglavnom kratkih spojeva u mreži koji izazivaju velika njihanja rotora generatora. Očuvanje stabilnosti sustava u tom slučaju ovisi o pogonskim prilikama prije kvara (opterećenje, proizvodnja, konfiguracija mreže), kao i karakteru same smetnje (vrsta kvara, mjesto nastanka, vrijeme otklanjanja i dr.).

Dinamičkom stabilnošću nazivamo sposobnost sustava da ostaje stabilan nakon malih poremećaja, pri čemu je stabilnost ugrožena uglavnom nedostatkom sinkronizirajućeg momenta ili dovoljno velikog prigušnog momenta generatora. Ponašanje sustava kod malih poremećaja prvenstveno ovisi o stacionarnom stanju prije kvara, jačini prijenosne mreže i primijenjenim sustavima uzbude generatora.

Osnovna praktična razlika između prijelazne i dinamičke stabilnosti koja proizlazi iz karaktera prijelaznih pojava je utjecaj nelinearnosti u komponentama kao i u samom sustavu. Ta je nelinearnost u slučaju velikih poremećaja vrlo izražena pa se ne smije zanemariti, za razliku od malih poremećaja kada se mogu koristiti i pojednostavljeni linearizirani modeli. Istraživanja prijelazne i dinamičke stabilnosti se provode simulacijom rada sustava u vremenskoj domeni, iako postoje i drugi načini za ocjenu stabilnosti sustava posebno kod problema dinamičke stabilnosti (analiza u frekvencijskoj domeni).

S obzirom da se u današnje vrijeme grade sve veće i od potrošačkih centara udaljenije proizvodne jedinice, problem očuvanja prijelazne stabilnosti postaje sve naglašeniji. Kroz proces planiranja razvoja elektroenergetskog sustava bi trebalo težiti povećavanju granica prijelazne stabilnosti, te predvidjeti takva konstrukcijska rješenja i primjenu najsuvremenije opreme koji bi smanjili opasnost od gubitka stabilnosti kod nastanka velikih poremećaja u mreži, te na taj način omogućili pouzdaniju i sigurniju opskrbu potrošača električnom energijom.

Izbor metoda za poboljšavanje prijelazne i dinamičke stabilnosti EES-a (brzo otklanjanje kvara, primjena reguliranih kompenzacijskih uređaja, primjena brzih sustava uzbude generatora, ugradnja stabilizatora EES-a u sustave uzbude generatora, i dr.) koje se mogu primijeniti ukoliko analiza ukaže na potrebu toga, ovisi o nizu faktora i karakteristika pojedinog elektroenergetskog sustava, pa je tako i njihov utjecaj na povećanje granice prijelazne i dinamičke stabilnosti promjenljiv od slučaja do slučaja. Pažljivom analizom potrebno je izabrati najbolje metode za promatrani sustav, pri čemu se iz vida ne smije ispustiti ekonomska strana problema. To znači da prije izbora bilo koje metode treba promotriti dobit i troškove koji nastaju njenom primjenom.

2.4.4. *Proračun kratkog spoja*

Na kraju procesa planiranja razvoja prijenosne mreže poželjno je provesti proračun kratkog spoja na konfiguraciji mreže određene prethodnim ekonomskim i tehničkim analizama. Proračun kratkog spoja na ovoj razini studiranja obuhvaća samo najvažnije veličine (efektivne vrijednosti izmjeničnih komponenata struje tropolnog I_{k3}'' i jednopolnog I_{k1}'' kratkog spoja) pomoću kojih je moguće kontrolirati nazivne karakteristike opreme u visokonaponskim postrojenjima (prekidači, rastavljači, sabirnice i dr.). Osnovni cilj je sagledavanje utjecaja novih pojačanja mreže

određenih prema ekonomskim i tehničkim analizama na podizanje razine struja kratkih spojeva u mreži.

Proračun kratkog spoja se obavlja uz sljedeće pretpostavke:

- zanemaruju se poprečne grane u mreži (potrošači i poprečne grane vodova i transformatora), što znači da je prije nastanka poremećaja mreža u idealnom praznom hodu,
- napon prije nastanka kratkog spoja za sve naponske razine jednak je nazivnom naponu mreže pomnoženom s faktorom 1.1,
- impedancija kratkospojne veze jednaka je nuli, što znači da se pretpostavlja neposredan kratki spoj,
- svi rastavljači za uzemljenje zvjezdišta transformatora su zatvoreni, što znači da je mreža uzemljenja gdje god je to tehnički moguće, kako bi se dobila najmanja ekvivalentna nulta impedancija ili najveća struja jednopolnog kratkog spoja,
- kvarovi se ne događaju istodobno.

Jednim od programa za izračunavanje kratkih spojeva određuju se vrijednosti neistodobnih sabirničkih kratkih spojeva u svim postrojenjima prijenosne mreže za studirane vremenske presjeke, te se vrši usporedba izračunatih vrijednosti s nazivnim karakteristikama ugrađenih prekidača. Na razini planiranja razvoja prijenosne mreže nije potrebno provoditi detaljnije proračune kratkog spoja budući da u najvećem broju slučajeva nisu poznati svi parametri novih proizvodnih postrojenja, odnosno generatora u mreži (subtranzijentne direktne, inverzne i nulte reaktancije i dr.) pa se računa s pretpostavljenim vrijednostima.

2.5. Dugoročno planiranje revitalizacije objekata prijenosne mreže

Razmatranje samo izgradnje novih objekata (elemenata) u postupku planiranja razvoja prijenosne mreže, bez planiranja revitalizacije postojećih, kod dugoročnog planiranja ne bi dovelo do potpunih rezultata kako u operativnom, tako i u financijskom pogledu. Iz tog je razloga nužno definirati jasne kriterije po kojima bi se određivali kandidati za revitalizaciju u pojedinim vremenskim razdobljima koje studija planiranja obuhvaća, te izračunala ukupna financijska sredstva koje će trebati uložiti u revitalizaciju postojećih objekata prijenosne mreže.

Planiranje revitalizacije pojedinih jedinica (elemenata) prijenosne mreže možemo podijeliti u dvije grupe: operativno planiranje i dugoročno planiranje. Prioritete za kratkoročnu revitalizaciju (unutar nekoliko godina) potrebno je odrediti ne samo prema očekivanoj životnoj dobi pojedine jedinice (komponente) mreže, već i prema njegovom stvarnom (snimljenom) stanju i ulozi koju ima u elektroenergetskom sustavu. Ukoliko ispitivanja pokažu da zbog starosti pojedine jedinice (komponente) pouzdanost pogona nije bitno smanjena ili da nije ugrožena sigurnost opskrbe potrošača, revitalizaciju treba odgoditi i maksimalno iskoristiti raspoloživa financijska sredstva u revitalizaciju drugih objekata u prijenosnoj mreži.

Postupak dugoročne revitalizacije treba dati odgovor na pitanje koliko kilometara vodova, komada transformatora i polja, te ostalih električkih i građevinskih komponenata prijenosne mreže treba revitalizirati u budućem razdoblju, te kolika financijska sredstva treba u to uložiti. Budući da se dugoročni plan revitalizacije može samo približno ocijeniti, potrebno je maksimalno pojednostavniti broj promatranih jedinica elektroenergetskog sustava, a financijska sredstva potrebna za revitalizaciju ostalih komponenata (rastavljači, izolatori, nadzorni, upravljački i telekomunikacijski dijelovi i dr.) treba pridružiti kroz povećanje financijske vrijednosti revitalizacije osnovnih jedinica.

Dugoročno planiranje revitalizacije objekata prijenosne mreže obavlja se na temelju očekivane životne dobi pojedinih jedinica promatranja. Kao jedinice promatranja uzimaju se kabeli (T≈50 god.), električki dijelovi nadzemnih vodova (T≈40 god.), građevinski dijelovi nadzemnih vodova (T≈75 god.), energetski transformatori (T≈50 god.), polja (T≈30 god.), građevinski dijelovi transformatorske stanice (T≈100 god.) i električki dijelovi transformatorske stanice (T≈15 god.). Očekivane životne dobi pojedinih jedinica promatranja prikazani u zagradama određeni su prema podacima iz dostupne literature i dosadašnjim iskustvima iz pogona.

Investicijska vrijednost revitalizacije polja i transformatora jednaka je cijeni novog polja ili transformatora. Isti slučaj je i s kabelima. Vrijednost revitalizacije električkih dijelova nadzemnih vodova određuje se na osnovi udjela u cijeni novog voda (38% - 41% ovisno o naponskoj razini i broju trojki), a vrijednost revitalizacije građevinskih dijelova nadzemnih vodova cijenom novog voda (istodobna zamjena i električkih dijelova, odnosno izgradnja novog voda po istoj trasi). Pod stavkom transformatorska stanica – električki dio, uključeni su srednjonaponski, niskonaponski i zajednički nadzorni, upravljački i telekomunikacijski dijelovi za koje se pretpostavlja da se revitaliziraju istodobno s poljima, a njena financijska vrijednost je izražena 10 %-im uvećanjem ukupne investicijske vrijednosti revitalizacije polja.

U izradi plana dugoročne revitalizacije objekata prijenosne mreže revitalizaciju pojedinih jedinica treba predvidjeti u onom planskom razdoblju unutar kojega starost te jedinice prelazi očekivanu životnu dob. Odstupanja od dugoročnog planiranja revitalizacije prema očekivanoj životnoj dobi jedinica prijenosne mreže opravdana su u sljedećim slučajevima:

1. prijevremena revitalizacija radi povećanja prijenosne moći voda, radi otklanjanja mogućih poremećaja detektiranih pri ispitivanjima potrebne izgradnje prijenosne mreže u promatranom razdoblju,
2. prijevremena revitalizacija voda radi interpolacije nove TS 110/x kV.

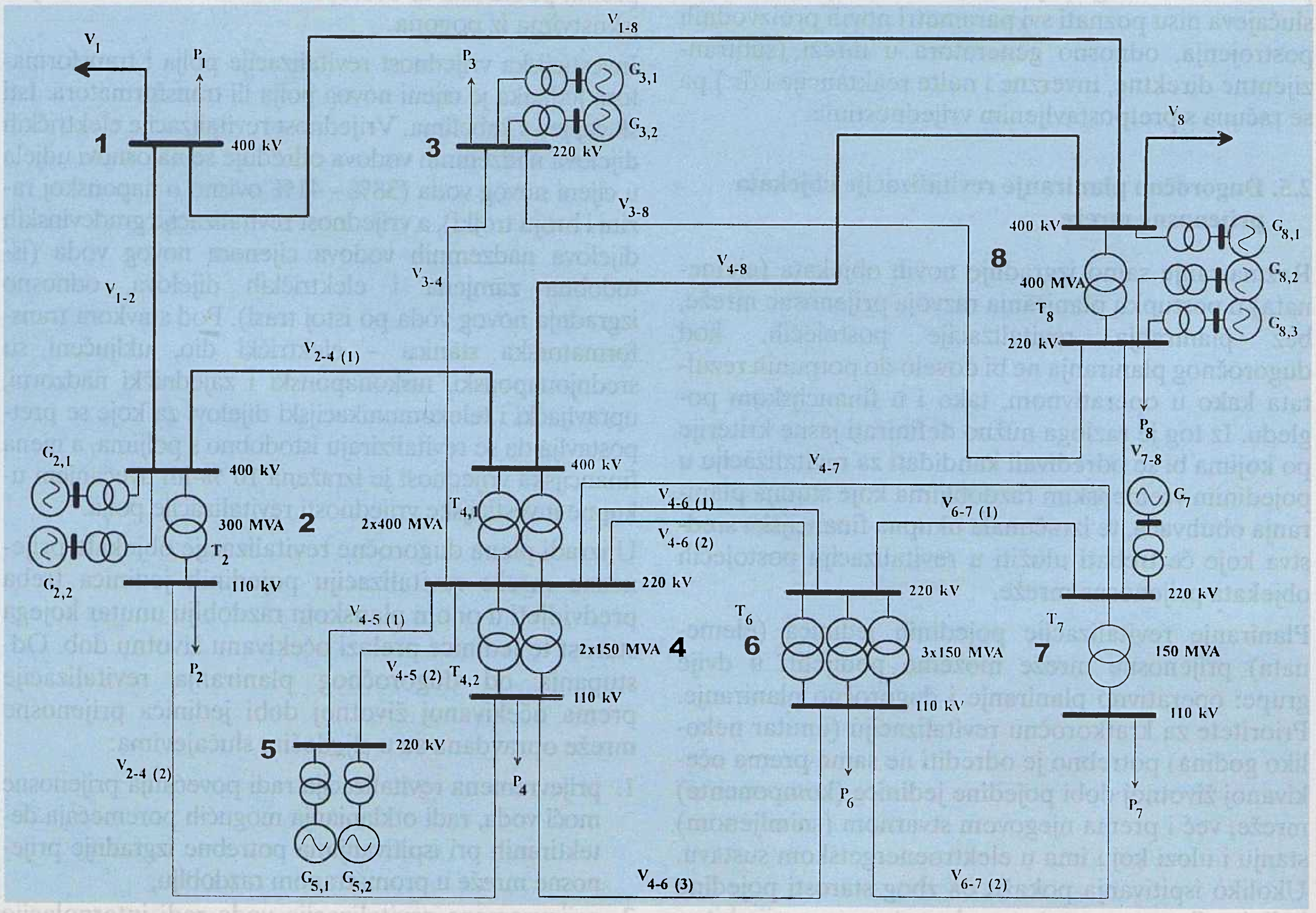
3. PRIMJENA METODOLOGIJE EKONOMSKO-TEHNIČKOG PLANIRANJA RAZVOJA PRIJENOSNE MREŽE NA TEST MODELU EES-a

Metodologija planiranja razvoja prijenosne mreže zasnovana na ekonomskim i tehničkim kriterijima je provjerena na test modelu EES-a. Parametri elemenata mreže (tablice 2 – 6) i svi potrebni ulazni podaci su zadani, izvršena je ekonomska analiza te je definirana ekonomski optimalna konfiguracija mreže, nakon čega su izvršene i tehničke analize koje obuhvaćaju proračune izmjeničnih tokova snaga, prijelazne stabilnosti, te kratkog spoja. Krajnji rezultat izvršenih analiza su ukupni troškovi potrebni za razvoj mreže do promatranog vremenskog presjeka. Model mreže se sastoji od 8 čvorišta s 13 sabirnica, 16 vodova, 10 mrežnih i 10 blok transformatora, te 6 elektrana. U mreži postoje 400 kV, 220 kV i 110 kV naponske razine (slika 2).

Mreža se sastoji od četiri voda 400 kV naponske razine, devet vodova 220 kV naponske razine i tri 110 kV voda. U čvorištima 1 i 8 priključeni su interkonekcijski 400 kV vodovi prema susjednim elektroenergetskim sustavima za koje se pretpostavlja da omogućavaju uvoz određene snage po definiranoj cijeni tijekom čitave godine. Susjedni EES-i u proračunima su ekvivalentirani nadomjesnim generatorima (elektranama). Pretpostavlja se da je svakim od interkonektivnih vodova prema susjednim EES-ima moguće tijekom čitave godine uvoziti maksimalno 1000 MW u interventnim situacijama po cijeni od 5,3 c/kWh. Ukupno vršno opterećenje za razmatrani vremenski presjek (2000. godina) iznosi P_{max}=2094 MW. Raspodjela vršnog opterećenja po pojedinim čvorištima je sljedeća:

P_1 = 540 MW, cos φ = 0,976
P_2 = 180 MW, cos φ = 0,928
P_3 = 240 MW, cos φ = 0,989
P_4 = 198 MW, cos φ = 0,910
P_6 = 276 MW, cos φ = 0,951
P_7 = 120 MW, cos φ = 0,958
P_8 = 540 MW, cos φ = 0,921

Godišnja krivulja trajanja opterećenja je prikazana na slici 3. Krivulja je podijeljena na pet dijelova i aproksimirana pravcima. Pojedini dijelovi se odnose na vršno opterećenje, visoka zimska opterećenja, visoka ljetna opterećenja, niska zimska i niska ljetna opterećenja. Svaki od pojedinih dijelova godišnje krivulje trajanja opterećenja je određen srednjom vrijednošću opterećenja u MW i njegovim trajanjem u satima.



Slika 2. Test model EES-a

Tablica 2. Parametri vodova na test modelu EES-a

Vod	Pogon. napon (kV)	L (km)	R (Ω/km)	R_0 (Ω/km)	X (Ω/km)	X_0 (Ω/km)	B (μS/km)	B_0 (μS/km)	Neraspoloživost (%)	I_{max} (A)	Godina izgradnje
V_{1-2}	400	180,6	0,032	0,323	0,3285	0,79	3,518	2,572	1,1	951	1963.
V_{1-8}	400	300,0	0,032	0,096	0,3285	0,986	3,518	3,5	1,1	951	1973.
$V_{2-4\,(1)}$	400	101,7	0,032	0,323	0,3285	0,793	3,518	2,572	0,9	951	1960.
V_{4-8}	400	113,1	0,031	0,31	0,3285	0,80	3,528	2,56	1	951	1979.
V_{3-4}	220	210,0	0,081	0,349	0,4262	1,286	2,712	1,811	1,3	780	1961.
V_{3-8}	220	230,0	0,081	0,24	0,4262	1,26	2,712	2,7	1,1	780	1958.
$V_{4-5\,(1)}$	220	28,9	0,081	0,354	0,4247	1,187	2,726	1,841	0,8	780	1967.
$V_{4-5\,(2)}$	220	28,9	0,081	0,354	0,4247	1,187	2,726	1,841	0,8	780	1967.
V_{4-7}	220	24,8	0,080	0,356	0,4256	1,316	2,712	1,798	0,7	780	1965.
$V_{4-6\,(1)}$	220	53,1	0,083	0,369	0,4250	1,217	2,724	1,829	1	780	1971.
$V_{4-6\,(2)}$	220	53,1	0,083	0,369	0,4250	1,217	2,724	1,829	1	780	1971.
$V_{6-7\,(1)}$	220	74,9	0,081	0,365	0,4259	1,334	2,712	1,797	0,5	780	1979.
V_{7-8}	220	99,5	0,081	0,344	0,4253	1,279	2,699	1,759	1	780	1982.
$V_{2-4\,(2)}$	110	90,0	0,121	0,36	0,406	1,23	2,801	2,8	0,4	605	1968.
$V_{4-6\,(3)}$	110	67,0	0,190	0,57	0,412	1,23	2,801	2,8	1,1	439	1955.
$V_{6-7\,(2)}$	110	11,3	0,121	0,36	0,406	1,23	2,801	2,8	0,5	605	1963.

Tablica 3. Parametri transformatora na test modelu EES-a

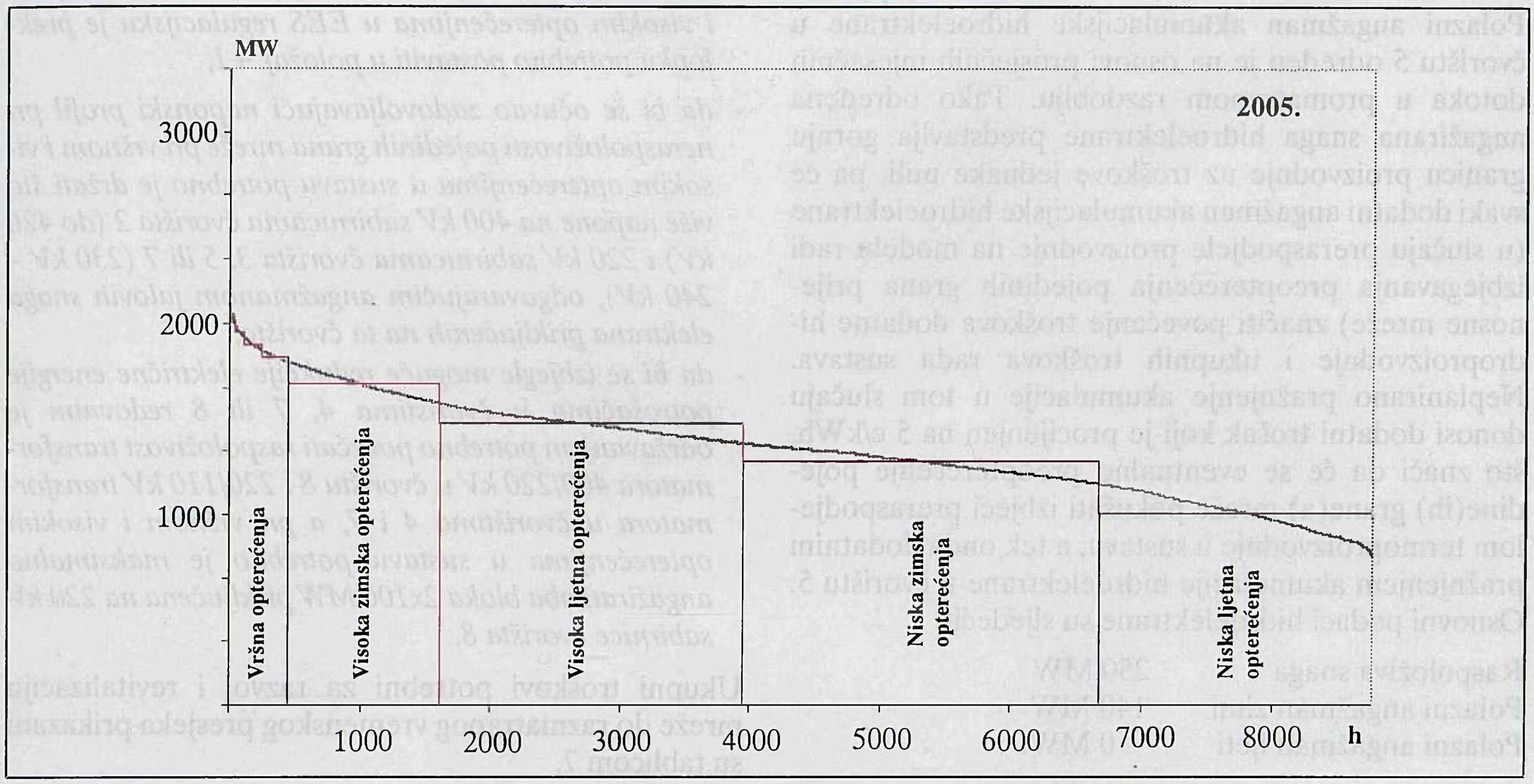
Čvor	Tip	U_{n1}/U_{n2} (kV/kV)	S (MVA)	U_{ks} (%)	P_{ks} (kW)	P_0 (kW)	I_0 (%)
2	mrežni	400/115	300	12,3	630	133,6	0,17
2	blok tr.	12,5/400	550	9,1	670	145,0	0,21
2	blok tr.	12,5/400	550	9,1	670	145,0	0,21
3	blok tr.	10,5/220	180	11,2	595	121,1	0,12
3	blok tr.	10,5/220	180	11,2	595	121,1	0,12
4	mrežni	400/231	400	11,7	583	129,6	0,12
4	mrežni	400/231	400	11,7	583	129,6	0,12
4	mrežni	220/115	150	10,7	378	126,6	0,11
4	mrežni	220/115	150	10,7	378	126,6	0,11
5	blok tr.	10,5/220	150	10,4	233	112,4	0,10
5	blok tr.	10,5/220	150	10,4	233	112,4	0,10
6	mrežni	220/115	150	10,1	422	54,4	0,16
6	mrežni	220/115	150	10,1	422	54,4	0,16
6	mrežni	220/115	150	10,1	422	54,4	0,16
7	mrežni	231/115	150	12,3	128	51,0	0,12
7	blok tr.	10,5/220	220	11,1	243	53,8	0,11
8	mrežni	400/231	400	11,7	583	129,6	0,12
8	blok tr.	12,5/400	550	9,1	670	145,0	0,21
8	blok tr.	6,3/220	120	10,2	123	85,0	0,12
8	blok tr.	6,3/220	120	10,2	123	85,0	0,12

Tablica 4. Parametri transformatora na test modelu EES-a (nastavak)

Čvor	Tip	U_{n1}/U_{n2} (kV/kV)	Vrsta regulacije	Grupa spoja	Neraspoloživost (%)	Godina izgradnje
2	mrežni	400/115	1x5%	YY0	1	1971.
2	blok tr.	12,5/400	nema	D5Y	0,5	1971.
2	blok tr.	12,5/400	nema	D5Y	0,5	1971.
3	blok tr.	10,5/220	nema	D5Y	0,5	1961.
3	blok tr.	10,5/220	nema	D5Y	0,5	1961.
4	mrežni	400/231	1x5%	YY0	1	1972.
4	mrežni	400/231	1x5%	YY0	1	1972.
4	mrežni	220/115	12x1,25%	YY0	1	1964.
4	mrežni	220/115	12x1,25%	YY0	1	1964.
5	blok tr.	10,5/220	nema	D5Y	0,5	1967.
5	blok tr.	10,5/220	nema	D5Y	0,5	1967.
6	mrežni	220/115	10x1,5%	YY0	1	1963.
6	mrežni	220/115	10x1,5%	YY0	1	1963.
6	mrežni	220/115	10x1,5%	YY0	1	1963.
7	mrežni	231/115	15x1,33%	YY0	1	1965.
7	blok tr.	10,5/220	nema	D5Y	0,5	1979.
8	mrežni	400/231	1x5%	YY0	1	1973.
8	blok tr.	12,5/400	nema	D5Y	0,5	1973.
8	blok tr.	6,3/220	nema	D5Y	0,5	1961.
8	blok tr.	6,3/220	nema	D5Y	0,5	1961.

Tablica 5. Osnovni podaci elektrana na test modelu EES-a

Ime TE	Neraspoloživost		Snaga prag (MW)	Spec. potrošak topline na pragu (MJ/kWh)		Cijena goriva (c/MJ)	Troškovi (goriva) proizvodnje (c/kWh)	
	remont	slučajna			protutlačni rad			protutlačni rad
NE (Čvorište 2)	0,16	0,05	1000	11,02		0,12	1,32	
NE (Čvorište 8)	0,16	0,05	500	11,02		0,12	1,32	
PTE (Čvorište 7)	0,08	0,05	200	10,20		0,18	1,84	
PTE (Čvorište 8)	0,08	0,05	200	10,20		0,18	1,84	
TETO (Čvorište 3)	0,08	0,05	300	12,50	5,50	0,30	3,75	1,65



Slika 3. Godišnja krivulja trajanja opterećenja za razmatrani vremenski presjek

Tablica 6. Podaci o generatorima u elektranama

Elektrana	Gen.	P_{max} (MW)	Q_{max} (Mvar)	Q_{min} (Mvar)
NE (Čvorište 2)	$G_{2,1}$	500	350	-150
	$G_{2,2}$	500	350	-150
TETO (Čvorište 3)	$G_{3,1}$	150	75	-50
	$G_{3,2}$	150	75	-50
HE (Čvorište 5)	$G_{5,1}$	125	80	-30
	$G_{5,2}$	125	80	-30
PTE (Čvorište 7)	G_7	200	140	-80
NE (Čvorište 8)	$G_{8,1}$	500	350	-150
PTE (Čvorište 8)	$G_{8,2}$	100	-25	75
	$G_{8,3}$	100	-25	75

Gen.	x_d (%)	x_d' (%)	x_d'' (%)	x_q (%)	x_q'' (%)	x_i (%)	x_o (%)	x_l (%)	T_d' (s)	T_d'' (s)	T_q'' (s)	T_m (s)	Uzbuda
$G_{2,1}$	220	33	17	220	18	21	18	15	0,71	0,02	0,02	8,0	statička
$G_{2,2}$	220	33	17	220	18	21	18	15	0,71	0,02	0,02	8,0	statička
$G_{3,1}$	190	24	13,5	187	15	23	19	11	1,11	0,05	0,05	6,8	brushless
$G_{3,2}$	190	24	13,5	187	15	23	19	11	1,11	0,05	0,05	6,8	brushless
$G_{5,1}$	90	40	22	50	19,8	18	9	13	1,20	0,03	0,04	7,8	elektrostrojna
$G_{5,2}$	90	40	22	50	19,8	18	9	13	1,20	0,03	0,04	7,8	elektrostrojna
G_7	193	31	20	193	20,2	23	20	12	1,10	0,02	0,03	7,4	statička
$G_{8,1}$	210	31	16	210	17	21	18	15	0,75	0,02	0,02	8,0	statička
$G_{8,2}$	200	34	21	200	22	26	19	12	0,89	0,06	0,04	6,0	brushless
$G_{8,3}$	200	34	21	200	22	26	19	12	0,89	0,06	0,04	6,0	brushless

Polazni angažman akumulacijske hidroelektrane u čvorištu 5 određen je na osnovi prosječnih mjesečnih dotoka u promatranom razdoblju. Tako određena angažirana snaga hidroelektrane predstavlja gornju granicu proizvodnje uz troškove jednake nuli, pa će svaki dodatni angažman akumulacijske hidroelektrane (u slučaju preraspodjele proizvodnje na modelu radi izbjegavanja preopterećenja pojedinih grana prijenosne mreže) značiti povećanje troškova dodatne hidroproizvodnje i ukupnih troškova rada sustava. Neplanirano pražnjenje akumulacije u tom slučaju donosi dodatni trošak koji je procijenjen na 5 c/kWh, što znači da će se eventualno preopterećenje pojedine(ih) grane(a) mreže pokušati izbjeći preraspodjelom termoproizvodnje u sustavu, a tek onda dodatnim pražnjenjem akumulacije hidroelektrane u čvorištu 5. Osnovni podaci hidroelektrane su sljedeći:

Raspoloživa snaga	250 MW
Polazni angažman zimi	140 MW
Polazni angažman ljeti	0 MW.

Jedinične cijene opreme prema kojima se izračunavaju investicijski troškovi pojedinog kandidata za pojačanje mreže određeni su prema lit. 4. Troškovi neisporučene el. energije na test modelu EES-a se procjenjuju na 3 USD/kWh. Referentna diskontna stopa iznosi 8 %.

Metodologijom ekonomsko-tehničkog planiranja razvoja određena je konačna konfiguracija prijenosne mreže za razmatrani vremenski presjek (2000. godina). Do razmatranog je vremenskog presjeka potrebno uraditi sljedeće:

- *ugraditi još jedan 400/110 kV transformator (300 MVA) u čvorištu 2,*
- *rekonstruirati 400 kV vod između čvorišta 2 i 4 u dvosistemski vod (ili izgraditi novi paralelni 400 kV vod),*
- *proširiti TS čvorišta 2 s dva nova 400 kV polja i jednim 110 kV poljem, te TS čvorišta 4 s jednim novim 400 kV poljem,*
- *revitalizirati 230 km 220 kV voda V_{3-8} i 67 km 110 kV voda $V_{4-6\ (3)}$, odnosno zamijeniti električke komponente tih vodova (vodiči, zaštitna užad, izolacija i dr.),*
- *zamijeniti 24 polja 220 kV i 21 polje 110 kV u postojećim transformatorskim stanicama, te,*
- *zamijeniti električke dijelove (srednjenaponski, niskonaponski i zajednički nadzorni, upravljački i telekomunikacijski dijelovi) svih transformatorskih stanica u EES-u.*

Izuzev potrebne izgradnje i revitalizacije pojedinih objekata prijenosne mreže potrebno je voditi računa o sljedećem:

- *naponski profil u mreži će biti moguće održavati unutar dozvoljenih granica ispravnim angažmanom jalove snage elektrana u dozvoljenim područjima rada, što isključuje potrebu za eventualnom ugradnjom kompenzacijskih uređaja u mreži,*
- *radi održavanja opterećenja 400/220 kV transformatora u čvorištu 8 u dozvoljenim granicama, pri vršnom i visokim opterećenjima u EES regulacijsku je preklopku potrebno postaviti u položaj +1,*
- *da bi se očuvao zadovoljavajući naponski profil pri neraspoloživosti pojedinih grana mreže pri vršnom i visokim opterećenjima u sustavu potrebno je držati što više napone na 400 kV sabirnicama čvorišta 2 (do 420 kV) i 220 kV sabirnicama čvorišta 3, 5 ili 7 (230 kV – 240 kV), odgovarajućim angažmanom jalovih snaga elektrana priključenih na ta čvorišta,*
- *da bi se izbjegle moguće redukcije električne energije potrošačima u čvorištima 4, 7 ili 8 redovnim je održavanjem potrebno povećati raspoloživost transformatora 400/220 kV u čvorištu 8 i 220/110 kV transformatora u čvorištima 4 i 7, a pri vršnom i visokim opterećenjima u sustavu potrebno je maksimalno angažirati oba bloka 2x100 MW priključena na 220 kV sabirnice čvorišta 8.*

Ukupni troškovi potrebni za razvoj i revitalizaciju mreže do razmatranog vremenskog presjeka prikazani su tablicom 7.

Tablica 7. Ukupni troškovi razvoja i revitalizacije prijenosne mreže na test modelu EES-a

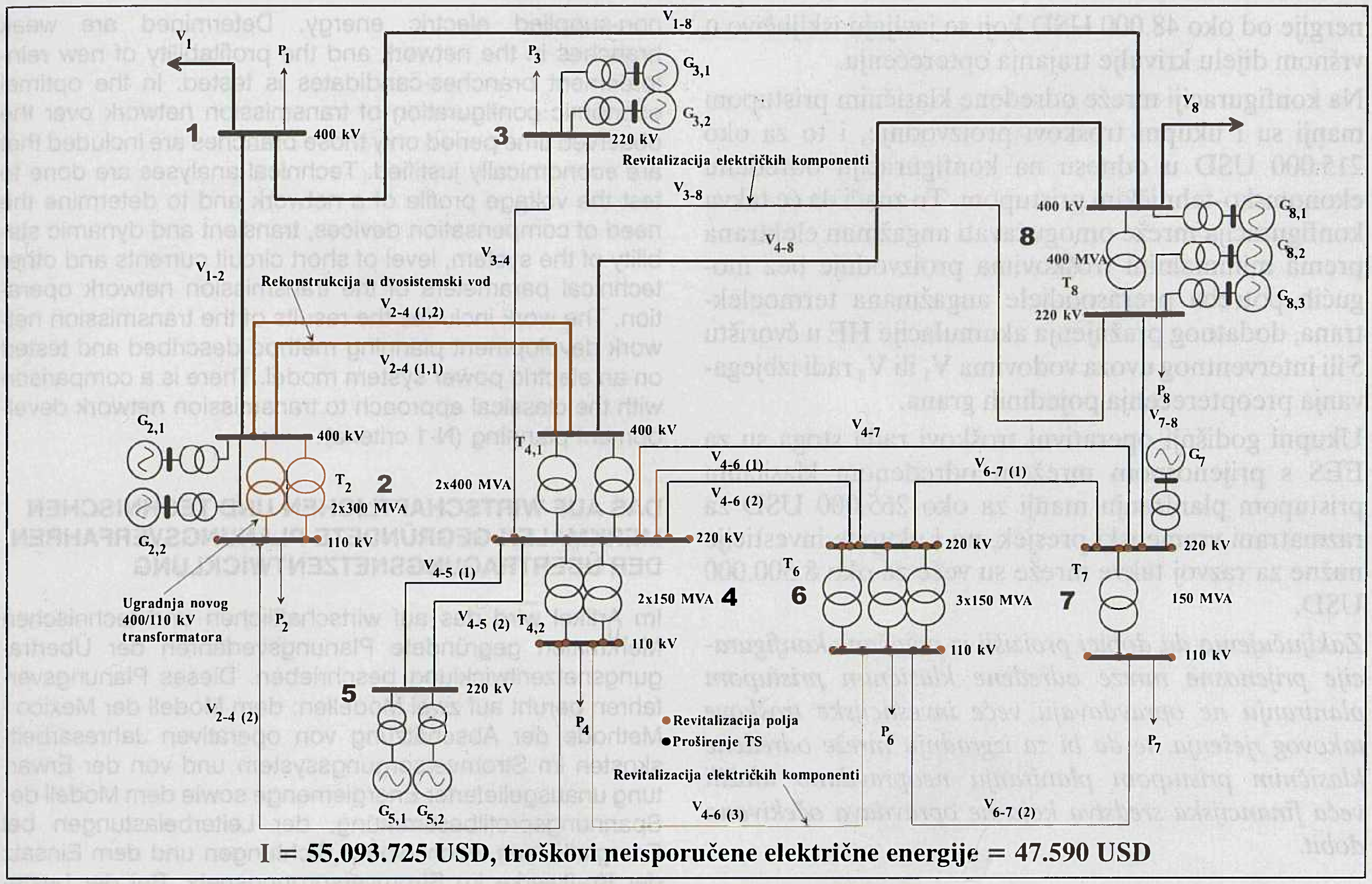
Opis radova	Investicija (USD)
Ugradnja novog 400/110 kV transformatora u čv. 2	3.087.810
Rekonstrukcija 400 kV voda $V_{2-4\ (1)}$	19.729.800
Proširenje TS čvorišta 2 i 4	1.725.120
Revitalizacija vodova	15.901.700
Revitalizacija polja	11.828.814
Revitalizacija električkih dijelova TS	2.820.481
UKUPNO	**55.093.725**

Ukoliko bi planirali razvoj prijenosne mreže na test modelu EES-a klasičnim pristupom (N-1 kriterij) bilo bi potrebno dodatno sagraditi sljedeće:

- *ugraditi još jedan 400/220 kV transformator (400 MVA) u čvorištu 8,*
- *ugraditi još jedan 220/110 kV transformator (150 MVA) u čvorištu 4,*
- *ugraditi još jedan 220/110 kV transformator (150 MVA) u čvorištu 7,*
- *proširiti TS čvorišta 8 s po jednim 400 kV i 220 kV poljem, te TS čvorišta 4 i TS čvorišta 7 s po jednim novim 220 kV i 110 kV poljem.*

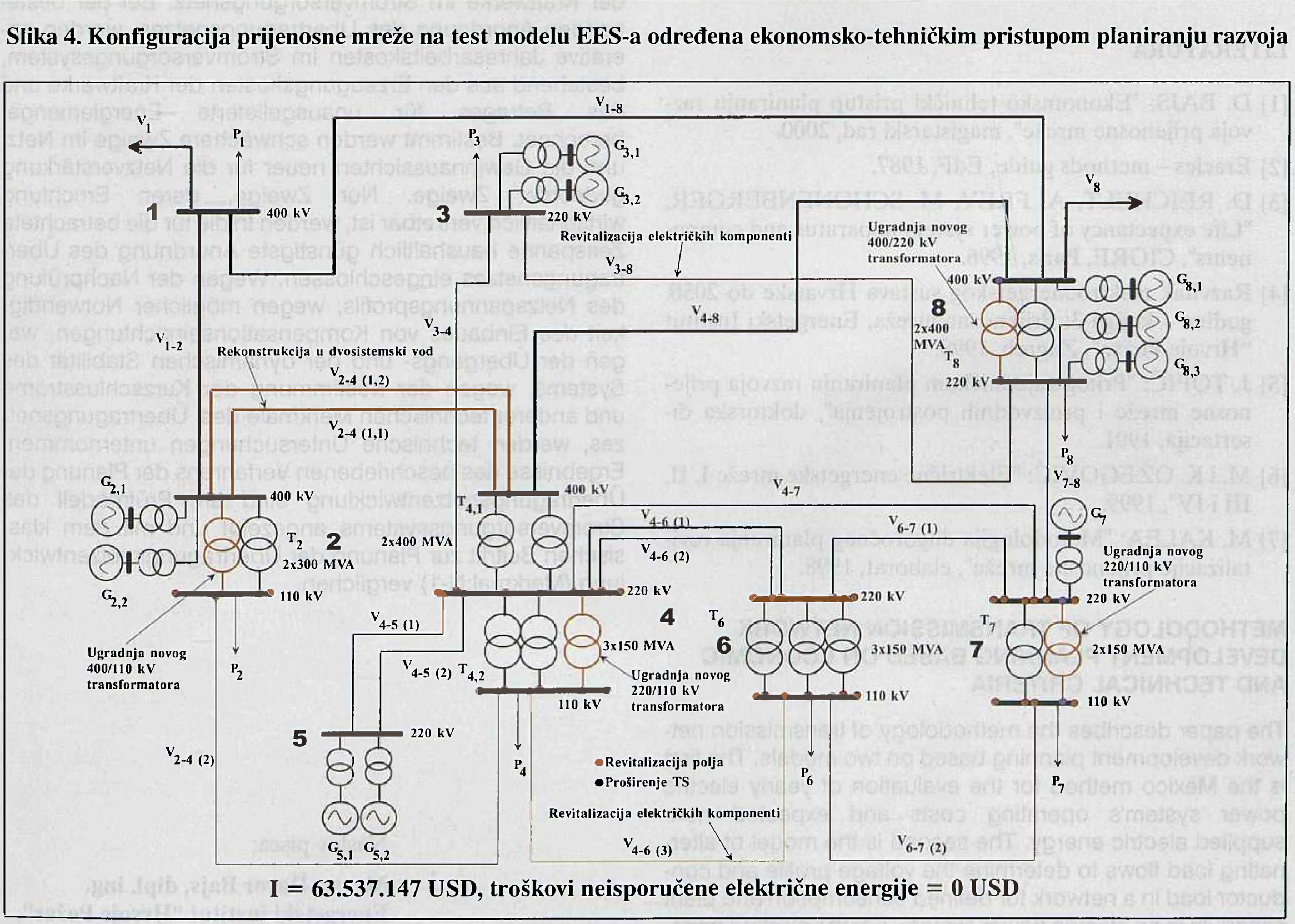
Ukupni troškovi potrebni za razvoj i revitalizaciju mreže do razmatranog vremenskog presjeka određene klasičnim pristupom planiranju iznosili bi 63.537.147 USD.

Na konfiguraciji mreže određene klasičnim pristupom ne očekujemo nikakve troškove neisporučene električne energije, što znači da u mreži ne postoje nikakva moguća ograničenja, dok na konfiguraciji mreže određene ekonomsko-tehničkim pristupom možemo očekivati ukupne troškove neisporučene električne e-



I = 55.093.725 USD, troškovi neisporučene električne energije = 47.590 USD

Slika 4. Konfiguracija prijenosne mreže na test modelu EES-a određena ekonomsko-tehničkim pristupom planiranju razvoja



I = 63.537.147 USD, troškovi neisporučene električne energije = 0 USD

Slika 5. Konfiguracija prijenosne mreže na test modelu EES-a određena klasičnim pristupom planiranju razvoja (N-1 kriterij)

nergije od oko 48.000 USD koji se javljaju isključivo u vršnom dijelu krivulje trajanja opterećenja.

Na konfiguraciji mreže određene klasičnim pristupom manji su i ukupni troškovi proizvodnje, i to za oko 215.000 USD u odnosu na konfiguraciju određenu ekonomsko-tehničkim pristupom. To znači da će takva konfiguracija mreže omogućavati angažman elektrana prema minimalnim troškovima proizvodnje bez mogućih potreba preraspodjele angažmana termoelektrana, dodatnog pražnjenja akumulacije HE u čvorištu 5 ili interventnog uvoza vodovima V_1 ili V_8 radi izbjegavanja preopterećenja pojedinih grana.

Ukupni godišnji operativni troškovi rada stoga su za EES s prijenosnom mrežom određenom klasičnim pristupom planiranju manji za oko 265.000 USD za razmatrani vremenski presjek, no i ukupne investicije nužne za razvoj takve mreže su veće za oko 8.500.000 USD.

Zaključujemo da dobici proizišli iz pojačane konfiguracije prijenosne mreže određene klasičnim pristupom planiranju ne opravdavaju veće investicijske troškove takovog rješenja, te da bi za izgradnju mreže određene klasičnim pristupom planiranju neopravdano uložili veća financijska sredstva koja ne opravdava očekivana dobit.

LITERATURA

[1] D. BAJS: "Ekonomsko-tehnički pristup planiranju razvoja prijenosne mreže", magistarski rad, 2000.

[2] Eracles – methods guide, EdF, 1987.

[3] D. REICHELT, A. FREY, M. SCHONENBERGER: "Life expectancy of power system apparatus and components", CIGRE, Paris, 1996.

[4] Razvitak elektroenergetskog sustava Hrvatske do 2030. godine – knjiga 3: Prijenosna mreža, Energetski Institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1998.

[5] J. TOPIĆ: "Prilog zajedničkom planiranju razvoja prijenosne mreže i proizvodnih postrojenja", doktorska disertacija, 1991.

[6] M. i K. OŽEGOVIĆ: "Električne energetske mreže I, II, III i IV", 1999.

[7] M. KALEA: "Metodologija dugoročnog planiranja revitalizacije prijenosne mreže", elaborat, 1998.

METHODOLOGY OF TRANSMISSION NETWORK DEVELOPMENT PLANNING BASED ON ECONOMIC AND TECHNICAL CRITERIA

The paper describes the methodology of transmission network development planning based on two models. The first is the Mexico method for the evaluation of yearly electric power system's operating costs and expected non-supplied electric energy. The second is the model of alternating load flows to determine the voltage profile and conductor load in a network for defined consumption and plant schedule in an electric power system. For the existing transmission network configuration, yearly electric power system's operating costs are calculated that are composed of electric power plant production costs and expected costs of non-supplied electric energy. Determined are weak branches in the network and the profitability of new reinforcement branches-candidates is tested. In the optimal economic configuration of transmission network over the observed time period only those branches are included that are economically justified. Technical analyses are done to test the voltage profile of a network and to determine the need of compensation devices, transient and dynamic stability of the system, level of short circuit currents and other technical parameters of the transmission network operation. The work includes the results of the transmission network development planning method described and tested on an electric power system model. There is a comparison with the classical approach to transmission network development planning (N-1 criteria).

DAS AUF WIRTSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN MERKMALEN GEGRÜNDETE PLANUNGSVERFAHREN DER ÜBERTRAGUNGSNETZENTWICKLUNG

Im Artikel wird das auf wirtschaftlichen und technischen Merkmalen gegründete Planungsverfahren der Übertragungsnetzentwicklung beschrieben. Dieses Planungsverfahren beruht auf zwei Modellen: dem Modell der Mexico - Methode der Abschätzung von operativen Jahresarbeitskosten im Stromversorgungssystem und von der Erwartung unausgelieferter Energiemenge sowie dem Modell der Spannungsprofilbestimmung, der Leiterbelastungen bei Energieflüssen wechselnder Richtungen und dem Einsatz der Kraftwerke im Stromversorgungsnetz. Bei der bestehenden Anordnung des Übertragungsnetzes, werden operative Jahresarbeitskosten im Stromversorgungssystem, bestehend aus den Erzeugungskosten der Kraftwerke und des Betrages für unausgelieferte Energiemenge, berechnet. Bestimmt werden schwächere Zweige im Netz, und die Gewinnaussichten neuer für die Netzverstärkung gedachter Zweige. Nur Zweige, deren Errichtung wirtschaftlich vertretbar ist, werden In die für die betrachtete Zeitspanne haushaltlich günstigste Anordnung des Übertragungsnetzes eingeschlossen. Wegen der Nachprüfung des Netzspannungsprofils, wegen möglicher Notwendigkeit des Einbaues von Kompensationseinrichtungen, wegen der Übergangs- und der dynamischen Stabilität des Systems, wegen der Bestimmung der Kurzschlussströme und anderer technischen Merkmale des Übertragungsnetzes, werden technische Untersuchungen unternommen. Ergebnisse des beschriebenen Verfahrens der Planung der Übertragungsnetzentwicklung sind am Prüfmodell des Stromversorgungssystems angezeigt und mit dem klassischen Beitritt zur Planung der Übertragungsnetzentwicklung (Merkmal:N-1) verglichen.

Naslov pisca:

Mr. sc. Davor Bajs, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar",
Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-01-15.

REGULACIJA I DEREGULACIJA U ELEKTROPRIVREDI

Mr. sc. Sonja T o m a š i ć-Š k e v i n, Zagreb

UDK 621.316.7
PREGLEDNI ČLANAK

U ovom se članku govori o osnovnim razlozima i ciljevima regulacije i deregulacije elektroenergetskih sustava. Dan je pregled usluga, tj. servisa, koji se mogu prodavati na nivou prijenosa, te stupnjevi stvaranja konkurencije. Navedeni su osnovni kriteriji i podloge na koje treba obratiti pozornost pri formiranju cijena prijenosa.

Ključne riječi: regulacija, deregulacija, elektroenergetski sustav, prijenos.

1. UVOD

Gotovo stotinu godina elektroprivredna poduzeća bila su regulirani monopoli. Na početku 21. stoljeća još u mnogim zemljama postoji ono što se može nazvati "tradicionalna" regulirana industrija, dok je u Engleskoj, Walesu, Kolumbiji, Australiji, Americi i mnogim zemljama Europe i Azije elektroprivreda postala "deregulirana." Deregulacija je "re-strukturiranje" pravila i ekonomskih poticaja koje postavljaju vlade kako bi regulirale i upravljale energetskim sektorom. Zbog različitih razloga vlade i društva općenito, odlučili su da trebaju promijeniti pravila poslovanja elektroprivrednih poduzeća.

Izrazi *regulacija* i *deregulacija* čine se dijametralno suprotni i predstavljaju fundamentalno suprotne ideje, ali niti jedna ideja nije u potpunosti prihvatljiva ili neprihvatljiva. I regulacija i deregulacija imaju smisla u određenim okolnostima. Mnoge vlade prepoznale su da su se okolnosti rada elektroprivreda u zadnje vrijeme promijenile i da je došlo vrijeme za promjene.

2. ZAŠTO SU ELEKTROPRIVREDE BILE REGULIRANE?

Regulacija znači da vlade propisuju zakone i pravila koja ograničavaju i određuju kako određena industrija ili poduzeće djeluje. Gotovo svaka grana industrije u svim državama je regulirana do određene granice, čak i ako se samo misli na zakon koji ih ograničava da moraju raditi "fer" ili potpuno otvoreno ili da moraju raditi po određenim pravilima sigurnosti. Vrlo konkurentni poslovi, kao što su primjerice proizvodnja automobila, avio-industrija ili bankarstvo, strogo su regulirane s mnoštvom vladinih zahtjeva što smiju, moraju ili ne smiju činiti te kome i kakva moraju podnositi izvješća o svojim djelovanjima.

Regulacija u elektroprivredi prvenstveno podrazumijeva vrlo strogi skup pravila koji je strukturirao energetsku industriju gotovo stotinu godina. Oblici regulacije koji su se do sada pojavljivali su:

- *Monopolne franšize*
  Vlada odredi jednu, i samo jednu kompaniju koja ima pravo prodavati električnu energiju potrošaču na određenom području - području franšize. Na tom području niti jedna druga kompanija ne smije proizvoditi ili prodavati električnu energiju.
- *Obveza davanja usluga*
  Lokalna elektroprivredna kompanija mora davati usluge svim potrošačima u regiji.
- *Garantirana stopa prihoda (dividenda)*
  Vlada garantira elektroprivredama da će njihova regulirana stopa povrata pokriti njihove troškove, i osigurati razuman profit uz uvjet da igraju "po pravilima".
- *Određena pravila rada i vođenja posla*
  Vlada može odrediti ograničenja za rad lokalne elektroprivredne kompanije. Ta ograničenja se mogu odnositi na to kako ili koja postrojenja treba graditi (npr. samo podzemni kablovi, ili samo termoelektrane na plin) pa sve do strogih pravila kako će poslovanje biti financirano (npr. nitko ne smije posjedovati više od 5% dionica kompanije)
- *Proizvodnja uz najmanji trošak*
  Vlada definira način na koji elektroprivreda računa troškove i određuje cijene. Uz to najčešće se postavlja zahtjev da elektroprivreda radi uz najmanji mogući trošak. Pri tome se još određuju načini na koji smije ili ne smije financirati svoje poslovanje.

Regulacija elektroprivrede nije jedini način na koji vlada može kontrolirati energetsku industriju. Drugi učestao način regulacije je da vlada bude vlasnik i da upravlja elektroprivredom direktno ili da uspostavi

agenciju ili administraciju koja obavlja neke ili možda sve funkcije utječući tako na oblikovanje lokalne elektroenergetske industrije i na njezin rad.

Koliko god da državno vlasništvo nad lokalnom elektroprivredom ima svojih prednosti, ima i jednu manu: vlada mora sama ulagati u elektroenergetski sustav. Izda li vlada monopolnu franšizu netko drugi plaćat će ulaganja u elektroenergetski sustav i njegov rad. Ako je regulacija napravljena ispravno vlada dobiva što želi: električnu energiju dostupnu svim građanima po razumnoj cijeni. Investicijska kompanija također dobiva što želi: profit od svoje investicije.

Nema univerzalnog pravila. Koliko vlada - toliko pravila rada elektroenergetskog sustava.

3. DEREGULACIJA ELEKTROPRIVREDE - DOBRE I LOŠE STRANE

Deregulacija u elektroprivredama pojavila se kada su vlade uvidjele prednosti konkurencije pri poslovanju dobavljača električne energije te rastućeg izbora za potrošače, što je trebalo donijeti prednosti u odnosu na rad pod regulacijom.

Potrebe za regulacijom

U početku stvaranja elektroenergetskih sustava i vladama i industriji bila je po volji regulacija. Nisu se uvijek slagali oko načina na koji regulacija treba biti provedena, ali su se slagali da je treba biti. Sa stanovišta biznisa kod prvih elektroprivreda regulacija donosi određene prednosti, a najvažnija je ta što vlada legalizira posao. Vlade daju franšize (koncesije) i na taj način umiruju javnost dajući potvrdu da je električna energija legalna.

Dobivajući franšizu elektroprivrede također dobivaju i:

- određeno prepoznavanje i ograničenu potporu lokalnih vlasti, surađujući s njima na širenju kompanija
- osiguranje povrata investicija, doduše regulirano
- lokalni monopol. Poslovodstvo ranih elektroprivreda moglo se usredotočiti na izgradnju sustava i njegovu kvalitetu ne vodeći brigu o konkurenciji, tj. o mogućim sniženjima troškova zbog tržišta.

Regulacija je bila po volji regionalnoj vlasti jer je osiguravala električnu energiju svim građanima i industriji. Monopolne franšize pojednostavljuju postupak kupovanja električne energije jer postoji samo jedan prodavač. U početku je električna energija za korisnike bila dosta kompliciranа stvar i dodatno standardiziranje ili biranje različitih dobavljača samo bi zakompliciralo stvar.

Kao što su shvatile i vlasti i biznis, regulacija je u početku nudila prihvatljiv i siguran način financiranja elektroenergetskih sustava. U početku elektrifikacije vlade nisu baš bile oduševljene idejom da investiraju velike svote državnog novca u novu i još nedovoljno ispitanu tehnologiju, bez obzira na njenu početnu privlačnost. Za to se pobrinula regulacija - biznismeni su ulagali novac. Vlade su garantirale određen povrat investicija, ali samo pomoću reguliranih cijena: da električna energija nije bila uspješna ili da se nije baš prodavala na tržištu, biznismeni (Westinghouse, Edison, Brush itd.) bi izgubili svoj novac, a ne vlada. Regulacija na tom području odgovarala je i biznismenima jer ih je zapravo štitila od drugih mogućih konkurenata. Ona im je davala stabilno tržište, lokalni monopol i osiguran povrat investicija.

Bez regulacije u elektroprivredi i vladinih pokroviteljstava i potpore, elektroenergetski sustavi (s odgovarajućom infrastrukturom) nikada ne bi bili izgrađeni i električna energija ne bi došla gotovo do svake kuće ili tvornice.

Uvjeti koji su doveli do deregulacije

Osamdesetih godina dvadesetog stoljeća počele su se pojavljivati nove tehnologije izgradnje malih, ali vrlo efikasnih turbina i generatora koji su se mogli nositi s efikasnošću velikih termo postrojenja na ugljen. Ta mala postrojenja bila su uglavnom na plin. U to vrijeme je i cijena prirodnog plina počela opadati. Zato je postalo moguće izgraditi proizvodnu jedinicu koja će proizvoditi el. energiju po nižoj cijeni od one koja je dolazila iz velikih termoelektrana. Veliki broj tvornica počelo je graditi takve male, efikasne elektrane i za svoje potrebe proizvoditi energiju jeftinije nego što su mogli kupiti od svoje elektroprivrede. Ostali potrošači počeli su se buniti jer im je uskraćena mogućnost povoljnije kupovine električne energije.

Razlozi za deregulaciju

Mnoge promjene koje su se javile u tehnologiji, poslovanju, korištenju energije i politici dovele su do sveopćeg trenda deregulacije energetske industrije. Slijedi nabrojanje samo najvažnijih:

1. *Potreba za promjenom regulacije*

Već odavno je osnovna potreba za reguliranjem elektroenergetskih sustava zbog smanjenja rizika ulaganja postala nevažna. Elektrane, dalekovodi i ostala infrastruktura su odavno izgrađeni pa gotovo da i nema mjesta u SAD ili Europi gdje ne postoji pristup električnoj mreži. Ti elektroenergetski sustavi su se već isplatili. Elektroprivrede i dalje posuđuju novac kako bi povećale ili obnovile svoje sustave, ali to sada predstavlja manji rizik nego u početku stvaranja elektroenergetskog sustava. Električna energija je postala nužna i zbog toga ne postoji sumnja u postojanje tržišta.

2. *Privatizacija*

U mnogim zemljama gdje se prvo pojavila deregulacija, vlade su se odlučile i za privatizaciju (Argentina, Engleska). Privatizacija znači da vlade prodaju elektroprivrede koje su bile u državnom vlasništvu privatnim investitorima. Motiv za privatizaciju u zemljama u

razvoju (ali ne samo u njima) je da država dođe do određene količine novca. Drugi motiv je uvjerenje vlade da privatna industrija može ekonomski efikasnije (djelotvornije) upravljati elektroenergetskim sustavom.

Deregulacija ne mora biti dio procesa privatizacije - vlada može prodati svoj elektroenergetski sustav nekolicini zainteresiranih poduzeća, dajući svakoj monopolnu franšizu za određeno područje. Pa ipak, deregulacija koincidira s privatizacijom u mnogim nacionalnim elektroprivredama zbog toga jer se na taj način privlači dobar investitor. Ako već ulažu veliki novac u kupnju elektroenergetskog sustava ili njegovog dijela investitori žele znati mogu li dobro zaraditi ako dobro rade svoj posao. Dakle, deregulacija, kao nešto što postavlja slobodnija pravila na tržištu, najčešće prati proces privatizacije.

3. *Očekivano sniženje cijena*

Konkurencija donosi inovacije, efikasnost i smanjenje troškova. Do sredine sedamdesetih godina cijena električne energije pratila je trend pada cijena energetske opreme (npr. transformatora, prekidača itd.). Nakon toga cijena električne energije je počela rasti dok je cijena opreme i dalje padala. Postoji mišljenje da će uvođenje konkurencije u energetici dovesti do pada cijena električne energije, dok drugi drže da se to neće dogoditi. Ono što se jedino čini sigurnim je da će se povećati zanimanje elektroprivreda za potrošače i da će usluge biti kvalitetnije.

4. *Regulacija nije poticala inovacije*

Regulacija i nepostojanje konkurencije nisu poticali elektroprivrede da poboljšaju performanse ili da preuzmu rizik ulažući u nove ideje koje bi poboljšale kvalitetu usluge potrošaču. Ustvari, postojalo je nekoliko nepoticajnih okolnosti. Ako se nova ideja pokazala uspješnom u smanjenju troškova elektroprivrede, ona bi i dalje dobila svoj regulirani povrat investicije. Ako ta ideja ne bi bila uspješna elektroprivreda bi morala platiti dobar dio troškova propalog pokušaja. Pitanje koje su si postavljali u elektroprivredi je: "Zašto uopće bilo što mijenjati?" Nadalje, zašto bi elektroprivreda ulagala u smanjenje troškova ako ima garantirani povrat investicija. To samo smanjuje bazu troškova na osnovi koje elektroprivreda prima naknadu povrata investicije. Drugim riječima to potencijalno smanjuje profit elektroprivrede. Stoga, usprkos tehnološkom napretku koji se iza Drugog svjetskog rata javio na polju elektronike, informatike i računarstva, što je uzrokovalo bitne promjene u mnogim industrijskim granama, u elektroenergetskoj industriji (osim u razvoju energetske opreme) nije došlo do značajnih pomaka. *Elektroprivrede su i dalje opskrbljivale svoje potrošače (kupce) istim proizvodom i istim tipom usluga kao i prije pola stoljeća,* a mogla su se načiniti mnoga vrijedna poboljšanja. Automatsko praćenje i rješavanje kvarova, korištenje digitalnih releja samo su neki od primjera gdje se mogu primijeniti razne inovacije.

5. *Konkurencija će poboljšati usredotočenost na kupca*

Tijekom deregulacije počet će se javljati nove mogućnosti za kupce (slično kao što se to desilo u telefoniji). Kupci će imati mnoge nove mogućnosti izbora ili kontrole nad korištenjem električne energije. Konkurencija će donijeti novu vrstu usredotočenosti na kupca i aktivnu politiku koje nije bilo kod monopola. Monopolne elektroprivrede su slušale zahtjeve svojih kupaca i na njih su odgovarale. U konkurentskom okruženju elektroenergetske kompanije će anticipirati njihove potrebe i unaprijed ih rješavati.

Konkurencija i usredočenje na potrošače znači izbor, a ne samo nižu cijenu

Ljudi koji samo pitaju "Hoće li se cijena smanjiti?" gube iz vida mnogo drugih elemenata koji se mogu dobiti od deregulacije i konkurencije u elektroenergetskoj industriji. Mnogo važnije od smanjenja cijene je poboljšanje vrijednosti za potrošača (eng. customer value). Naravno, za neke potrošače smanjenje cijena je najbolji način povećanja vrijednosti usluga, no za druge, dodatne ili nagradne usluge mogu povećati vrijednost usluge pa čak i po višoj cijeni (primjerice zagarantirana vrijednost napona u mnogo strožim granicama ili niža cijena uz mogućnost nenajavljenog isključenja na dogovoreni broj minuta i sl.).

Djelomična deregulacija je dovoljna za stvaranje konkurencije. Nije u redu kriviti elektroprivrede zbog njihove želje da ne ulažu u rizični posao ili zbog nedostatka tehnološkog napretka i usredotočenja na kupca pod regulacijom. One su jednostavno odgovarale na sustav poticaja i pravila koje su postavile vlade. Problem je zapravo bio samo u zakonodavstvu. Kada je bilo potrebno zakoni su osigurali rast i stabilnost, ali suviše stabilnosti znači stagnaciju što se i dogodilo u energetskoj industriji. Dakle, ono što je trebalo popraviti je zakonski okvir, a to je postignuto deregulacijom.

4. PREGLED DEREGULACIJE U ENERGETICI

Sve veći broj zemalja uvodi deregulaciju. Ona nudi potrošačima izbor dobavljača električne energije. Točan način na koji će se konkurencija manifestirati ovisi o zakonima i pravilima u pojedinoj zemlji. U velikom broju slučajeva veliki potrošači (industrije) i distribucije imat će mogućnost izbora svoga dobavljača. Kompanije za prodaju električne energije će dostaviti svoj proizvod (električnu energiju) do potrošača putem postojećih visokonaponskih i niskonaponskih vodova (prijenosni i distributivni vodovi) kupujući pristup na mrežu od lokalne elektroprivrede koja je vlasnik mreže. Osim dosadašnjeg nepostojanja konkurencije zbog postojanja samo jednog dobavljača, postoje još dva problema zbog kojih to do sada nije bilo moguće. Prvi razlog je činjenica da potrošači mogu kupovati od više dobavljača. To dovodi do većeg broja transakcija koje treba pratiti, te većeg broja ugovora, što vodi

povećanju infrastrukture za potrebu obavljanja posla. No, nitko, osim uvjerenih protivnika deregulacije, to nije uzimao za argument protiv nje jer su računala upravo i napravljena za tu svrhu (praćenje mnogobrojnih transakcija). Poslovodstvo nije vidjelo u tome veliki problem i smatralo se da vrijedi uložiti dodatni napor. Drugi razlog je **dostava** električne energije. Lokalna monopolna elektroprivreda je vlasnik prijenosnih i distributivnih vodova i nije bila obvezna dati nekome drugome pravo pristupa na tu mrežu. Bilo bi teško shvatiti zašto bi to lokalni monopolist i napravio! ("Želiš koristiti **moje** prijenose i distributivne vodove kako bi prodavao električnu energiju **konkurentnu mojoj?**") Rješenje tog problema je u uvođenju otvorenog pristupa (eng. open access), promjenom zakona o monopolnim franšizama tako da lokalne prijenosne i distributivne kompanije imaju obvezu davanja jednakog pristupa svim proizvođačima. Oni su tu da dozvole bilo kome pristup i korištenje vodova (uz određenu naknadu).

Razdvajanje proizvodnje i usluga od dostave

Osnova svake deregulacije je da niti jedna kompanija nije monopolni vlasnik proizvodnje, niti maloprodaje električne energije ili usluga povezanih s električnom energijom. Treba obratiti pozornost da se tu nigdje ne govori o prijenosu i distribuciji.

Općenito govoreći, političari i vlade zagovornici deregulacije žele uvesti konkurenciju u proizvodnji električne energije i u njenu maloprodaju. Oni vjeruju da će takva konkurencija povećati efikasnost, smanjiti cijene i povećati vrijednost za potrošača (eng. custromer value). Jednako tako uvjereni su da je najbolje imati monopol na prijenosne puteve. Dakle, cilj regulacije je stvoriti konkurenciju na polju proizvodnje električne energije i prodaje električne energije (eng. retail sales), dok prijenos ostaje regulirana monopolna franšiza.

Do sada je električna energija bila prodavana kao jedan proizvod i na računu se nije moglo razlikovati troškove proizvodnje od troškova prijenosa. Razdvajanjem (eng. unbundling) se upravo želi postići razdvajanje računa proizvodnje i prijenosa tako da se dobiju dva računa, ili dvije stavke jednog računa, gdje je jedan za električnu energiju, a drugi za njezin transport i dostavu do potrošača.

Kako funkcionira razdvajanje?

U dereguliranoj elektroprivrednoj industriji razni proizvođači i prodavači električne energije konkurirat će jedni drugima na tržištu kao što je to slučaj i s ostalom robom. Kompanije će se natjecati za potrošače pomoću oglašavanja, predstavljanja i stalnog napora da poboljšaju svoju učinkovitost. Razni prodavači električne energije prodavat će električnu energiju svojim potrošačima (kupcima) preko zajedničke prijenosne i distributivne mreže. Dakle, što se tiče mreže, stvari funkcioniraju kao i do sada - postoji kompanija koja ima monopol u prijenosu i distribuciji.

Prijenos i distribucija su otvoreni sustavi za sve korisnike. Svi imaju pravo pristupa na mrežu pod jednakim uvjetima. Poduzeće za prijenos i distribuciju (to mogu biti dvije odvojene kompanije ili jedna) ima definirane dužnosti kod dereguliranog tržišta.

1. Voditi sustav kvalitetno, efikasno i što je moguće ekonomičnije
2. Osigurati svakom proizvođaču električne energije i svakom potrošaču jednako pravo pristupa na mrežu. Kompanija za prijenos i distribuciju ne može biti proizvođač niti prodavač električne energije. Ona mora biti objektivna.

Koncept otvorenog pristupa sličan je onom kako funkcioniraju ceste: u svakoj zemlji postoji "otvoren pristup" cestama. Svatko tko je kvalificiran (ima vozačku dozvolu) ima pravo pristupa i to po principu "tko prvi dođe - prvi će biti poslužen". Razne firme pomoću njih obavljaju svoj posao (npr. dostava paketa).

Otvoren pristup, de-regulacija i konkurencija

Prateći promjene koje se zbivaju u energetici potrebno je razlikovati uzroke i posljedice tih promjena i potrebno je prepoznati tri promjene koje se istodobno događaju.

Deregulacija - bolji izraz bi bio re-regulacija. Pravila se mijenjaju, ali još uvijek postoje (i uvijek će postojati). U tradicionalnoj elektroprivredi postoji vertikalno integrirani monopolist za proizvodnju, prijenos i prodaju električne energije koji na svojem području radi u reguliranom okružju s reguliranim cijenama. Pod deregulacijom vlade mijenjaju okruženje u kojem elektroprivreda radi i pri tome teže konkurenciji.

Konkurencija - cilj deregulacije. Želja je da se pojača konkurencija između proizvođača električne energije i među prodavačima (eng. retail sellers). Nitko ozbiljan ne predlaže konkurenciju u prijenosu. U zemljama kao što su Argentina, Čile, Velika Britanija, Kolumbija, SAD, Singapur, Finska i drugdje gdje uvedena deregulacija, uvedena je konkurencija u proizvodnji. U Sjedinjenim Američkim Državama (Kaliforniji), Velikoj Britaniji, Kolumbiji i drugdje, u fazi je postupno uvođenje konkurencije u maloprodaji.

Otvoren pristup prijenosu električne energije je najpopularnija metoda uvođenja konkurencije u deregulaciji. Pod otvorenim pristupom svi "kvalificirani" partneri, ne samo vlasnici prijenosnih puteva, imaju pravo korištenja mreže za "prijenos" energije od jedne točke do druge. Otvoreni pristup nije jedini način kako se može uvesti konkurencija. Druga dva načina su konkurentno nadmetanje za lokalne franšize (Novi Zeland) ili kao što je bilo u početku u Velikoj Britaniji "single-buyer" poolovi. Deregulacija stvara konkurenciju, najčešće pomoću otvorenog pristupa.

Četiri načela koja kreiraju različite stupnjeve konkurencija

Postoje četiri osnovna načina na koji se može voditi elektroprivreda. Navedeni su prema rastućem stupnju konkurencije:

- Monopolna franšiza - ova tradicionalna monopolna elektroprivreda nema konkurenciju u proizvodnji električne energije. Samo jedna kompanija ima monopol za proizvodnju i prijenos prijenosnim linijama do distribucijske kompanije i/ili krajnjeg potrošača. Ponekad postoji druga kompanija koja ima monopol na prijenos i dio je ili surađuje s monopolnom kompanijom za proizvodnju električne energije. Bit je u tome da ne postoji konkurencija niti u proizvodnji niti u prodaji električne energije. Potrošač može trgovati samo s jednim dobavljačem.
- Agencija za kupnju električne energije od konkurentskih proizvođača - Agencija za kupnju predstavlja sve potrošače na jednom području. Agencija kupuje od raznih nezavisnih proizvođača (eng. IPP) stvarajući tako konkurenciju. To se najčešće zove "single-buyer paradigma" ili "monopsony". Potrošači i dalje vide monopol, nemaju drugog izbora nego kupovati od jednog dobavljača. Rečeno im je da imaju beneficije od konkurencije, što je možda i istina. Agencija za kupnju najčešće je lokalna distributivna kompanija koja kupuje električnu energiju od IPP-a koji se natječu, kupujući prema dugoročnim ugovorima u lokalnim poolovima. Važan dio ovakvog ugovora je da su to najčešće dugoročni ugovori (pet ili više godina). Argument za ovakav način konkurencije je da uz prednosti koje potrošači imaju od konkurencije, na ovaj način opskrbljuju i dugoročno financiranje velikih tzv. efikasnih proizvodnih postrojenja. Ugovorivši dugoročnu prodaju kompletne izlazne snage elektrane proizvođač električne energije ima osiguran prihod dokle god elektrana radi, čak i ako se kasnije pojave neki novi proizvođači s konkurentnom cijenom. S garantiranim tržištem proizvođači se mogu financirati visokom razinom kredita (duga) koji onda smanjuje cijenu koju oni naplaćuju. Velika većina tržišnog ili tehnološkog rizika na ovaj način je prebačena na potrošača. Nedostatak ovakvog načina uređenja tržišnih odnosa je da su vlasnici elektrana zaštićeni od promjena na tržištu ili na tehnološkom planu. Nisu ni tržište ni poduzetnici ti koji će odlučiti kada i gdje će se graditi novo proizvodno postrojenje već je to ostavljeno središnjim planerima (to je regulirano zakonom). Dugoročnim ugovorima operateru elektrane ne daje se poticaja za efikasniji rad i poboljšano djelovanje.
- Konkurencija veletrgovine kroz otvoren pristup mreži - postoji otvoren pristup prijenosnoj mreži i određeni mehanizam (tržište na veliko - eng. wholesale power exchange) koji podržava natjecanje za ugovore i transakcije kratkoročnih ugovora. Lokalna distribucijska kompanija ili kompanija za maloprodaju električne energije opet igra ulogu Agencije (ili Agenta) za kupnju za svoje potrošače. Ona kupuju električnu energiju na burzi energije (veletrgovina) tražeći najboljeg ponuđača i postižući trenutno najbolju cijenu. Ovo je sličan slučaj kao i kod Agencije za kupnju električne energije, samo što se sada radi o kratkoročnim ugovorima. Ugovori o kupnji traju jedan dan, najkraće jedan sat. Distribucijska kompanija i dalje ima monopolnu franšizu za određeno područje (tj. za potrošače na određenom području) i ti potrošači ne vide razliku između ovakvog načina poslovanja i onog navedenog u prethodnoj točci. Oni još uvijek moraju trgovati samo s jednom kompanijom, sviđalo se to njima ili ne. Naravno, rečeno im je da na ovakav način imaju koristi od konkurencije i to je najvjerojatnije točno. Ovaj sustav je vrlo sličan onom koji se koristio u Velikoj Britaniji odmah nakon privatizacije 1990. godine. A također se nalazi i u Energy Policy Act iz 1992. godine u SAD.
- Direktan izbor za potrošače preko punude na malo s otvorenim pristupom - postoji otvoren pristup i u prijenosnoj (eng. wholesale wheeling) i u distributivnoj (eng. retail wheeling) mreži. U teoriji, kao rezultat toga je situacija da svaki dobavljač može trgovati sa svakim proizvođačem. Potrošači (maloprodaja) mogu birati svog dobavljača između onih koji žele trgovati na njihovom području. Ovdje je maloprodaja konkurentna i odvojena od distribucije. Tu i prijenosna i distributivna mreža ostaju "otvorene" kako bi pružile uslugu svakom tko želi koristiti njihove vodove za trgovanje. Teoretski svaki krajnji potrošač može kupovati na tržištu što uvelike povećava broj i kompleksnost transakcija i mjerenja. Za male potrošače trošak za korištenje te mogućnosti prijeći će dobit od njenog korištenja, i oni će se najvjerojatnije udruživati u Agencije za kupnju električne energije (eng. load aggregators). Pitanje koje se ovdje postavlja je tko će biti odgovoran za lošu uslugu. Lokalni distributer nije više i prodavač električne energije, a kupci sada kontaktiraju s prodavačem. Protivnici ovakvog načina trgovanja tu nalaze svoj glavni argument, dok zagovornici tvrde da će konkurencija riješiti i taj problem (kupac će mijenjati svog dobavljača dok ne bude zadovoljan njegovom uslugom).

5. RAZDVAJANJE VERTIKALNO INTEGRIRANE ELEKTROPRIVREDE

U dereguliranim elektroprivredama očekuje se razdvajanje elektroprivreda na kompanije proizvodnje, prijenosa (dostave) i prodaje. U Direktivi EU govori se o odvajanju proizvodnje, prijenosa i distribucije (s naglaskom da se pod distribucijom podrazumijeva prijenos na srednje i nisko-naponskoj mreži i dostava električne energije do krajnjeg potrošača).

Tradicionlane elektroprivrede su kompanije u kojima su funkcije proizvodnje, prijenosa, distribucije i prodaje električne energije združene u jedno poduzeće i na jedan račun. Teško je odvojiti troškove koje stvaraju te zasebne funkcije u tako organiziranom poduzeću.

Vertikalno integrirana elektroprivreda je planirana, vođena i razvijana kao jedan entitet sa svim svojim odvojenim funkcijama proizvodnje, prijenosa, distribucije i prodaje električne energije. Oprema je tako projektirana, izvedena i vođena kako bi njezin zajednički rad bio što efikasniji. Pod deregulacijom različiti dijelovi elektroprivrede postaju odvojena poduzeća s različitim ciljevima. Više ne postoji planiranje njihovog zajedničkog rada na koordiniran, sinergističan način. Primjerice, vlasnik prijenosa svoju izgradnju više ne mora temeljiti na dogovoru s proizvodnjom i njihovim planovima. Pitanje je da li je to dobro ili loše. Ovako će prijenosno područje morati razmišljati s drugačijeg polazišta i morat će uzeti u obzir i buduće moguće transakcije koje nisu povezane s proizvodnjom na njihovom području. Istina je da u vertikalno integriranim elektroprivredama nije postojala baš "velika ljubav" između npr. prijenosa i distribucije, tako da se tu neće puno izgubiti, ali se neće baš puno ni dobiti.

Deregulacija i konkurencija postavljaju kratkoročne ciljeve na izgradnju, poslovne odluke i ostale aspekte elektroprivrede. Do sada su odluke donošene na 30-godišnjoj bazi povrata ulaganja, a od sada će se ulagati samo ako postoji povrat uloženog kapitala nakon pet godina ili manje. Ne može se odmah reći da to nije dobro, ali sigurno je da je drugačije. Mnogi problemi koji su snašli energetiku osamdesetih i devedesetih godina nastali su zbog tako dugoročnih pogleda na stvari. Koncept da tridesetogodišnja perspektiva predstavlja minimizaciju troškova postao je dogma u kojoj se misli da su dugoročna rješenja i najisplativija. Takvo razmišljanje može dovesti elektroprivredu do bankrota. Naizgled dobro, dugoročno ulaganje u nuklearne elektrane povelo je mnoge elektroprivrede da ulože milijarde dolara u izgradnju nuklearki sedamdesetih godina. Mnoge od njih nisu se niti isplatile, a u međuvremenu su se pojavila mnogo isplativija energetska postrojenja, primjerice kogeneracije.

Mnoge elektroprivrede uzimale su velike kredite za izgradnju golemih elektrana koje će trajati desetljećima. Zajmovi također traju desetljećima tijekom kojih se tehnologija razvija tako da ovi generatori postaju zastarjeli iako još nisu otplaćeni (još se plaća amortizacija za njih). Zato postoje tzv. "nasukani troškovi" (eng. stranded costs) jer postoje neisplaćena postrojenja koja se ne mogu natjecati pod istim uvjetima s novim postrojenjima. Isto tako, mnogi prijenosni i distributivni sustavi puni su zastarjele opreme jer je elektroprivreda imala dugoročne planove i kupovala velike, dugotrajne transformatore i prekidače, čiji je životni vijek i do 60 godina. To se činilo, gledano dugoročno, najbolja kupnja. Dakle, kod kupnje opreme gledalo se na njezin vijek trajanja, a ne na vijek njezine dotrajalosti ili zastarjelosti. Pri dugoročnom planiranju također se pretpostavljalo neko dugoročno stabilno ekonomsko stanje, što i nije bio baš slučaj u posljednjih tridesetak godina. Teško je predvidjeti sve faktore koji utječu ili bi mogli utjecati na buduća događanja. Krivica za takva dugoročna ulaganja tradicionalnih elektroprivreda nije samo na njima, već svoju težinu odgovornosti imaju zakoni i pravila po kojima su se one vladale. Elektroprivredama je bilo rečeno da tako kupuju, a sad ih se zbog toga kažnjava i tjera da idu na tržište s konkurencijom koja nema tih problema.

Tržište električne energije na veliko

Poslovanje deregulirane elektroprivrede je mnogo zamršenije nego poslovanje regulirane (vertikalno integrirane) elektroprivrede. Ono što još i više kompliciira stvari je postojanje nekoliko načina na koji vlade mogu deregulirati svoje elektroenergetske sustave. Ovdje će biti objašnjeni neki načini reguliranja proizvodnje i prijenosa i neke od glavnih prepreka provođenju tih zamisli.

Veleprodaja i maloprodaja

Dva nivoa konkurencije poticana su ili bolje rečeno dozvoljena u dereguliranoj energetici: konkurencija u veleprodaji i konkurencija u maloprodaji. Veleprodaja je ustvari prodaja električne energije koju prodaju elektrane. One svoju energiju najčešće prodaju na veliko ili velikim potrošačima ili opskrbljivačima (distribucijama) za prodaju građanima "na malo". Ta novoosnovana poduzeća za maloprodaju natječu se snižavajući cijene i nudeći kvalitetnije usluge. Te kompanije kupuju energiju na veliko i ugovaraju prijenos preko raznih područja do ugovorenog mjesta preuzimanja energije. U nekim zemljama još nije dozvoljena konkurencija na maloprodajnom nivou.

Cilj deregulacije je postizanje konkurencije u prodaji električne energije. U nekim sustavima samo prodavači daju svoje ponude dok kupci prilažu samo svoje potrebe, ali ne i cijene. Tada jedan koordinator (Pool) kupuje energiju za sve i raspoređuje je po potrebama pojedinog kupca. U sustavu koji je na višem stupnju konkurentnosti i kupci prilažu svoje potrebe i cijene do koje su voljni platiti određenu količinu energije. U oba ova slučaja funkcioniranje tržišta je dosta kompliciranо, s čvrstim, manje čvrstim ugovorima i mogućnostima prekida trajanja (kraćim ili dužim).

6. PRIJENOSNA MREŽA U DEREGULACIJI

Da konkurentno tržište uopće može funkcionirati potrebno je da i prodavači (proizvođači) i kupci (potrošači) mogu prenosti energiju koju su ugovorili od mjesta kupnje do mjesta prodaje. Za to im je potreban

pristup mreži. Dakle, na svakom tržištu električne energije mora postojati osiguran pristup mreži svim njezinim korisnicima. Kod postojanja Poola (eng. single buyer model) to i nije teško osigurati jer je situacija slična kao i prije deregulacije, ali kada postoji tržište energije (eng. power exchange) gdje su dozvoljene bilateralne transakcije, prijenosna mreža i tada mora biti jednako raspoloživa za sve korisnike, a to je bitno zamršenija situacija. To zahtijeva veliku vještinu upravljanja mrežom s brojem transakcija većim nego do sada, istodobno prateći stabilnost i predviđajući određena zagušenja ili poremećaje u sustavu. Na takve pojave potrebno je reagirati smanjenjem opterećenja po određenim nediskriminirajućim pravilima. U svakom dereguliranom sustavu "Operator sustava" ili "Operator prijenosne mreže" je na neki način "vozač" sustava, održavajući ga na visokom operativnom stupnju, prenoseći energiju koja je ugovorena, i osiguravajući jednakost pristupa svim sudionicima na tržištu u skladu s pravilima koja su propisana za to područje.

Pool ili Operator sustava (OS)

Prijenos snage na nivou veleprodaje je usluga koju pruža Operator sustava (OS) pomoću prijenosne mreže. Operator sustava je kontrolni centar u kojem rade eksperti za vođenje mreže i za elektroenergetski sustav uopće. OS upravlja sustavom na način da pazi na njegovu stabilnost i ekonomičnost i da svi kupci i prodavači imaju jednaka prava pristupa na mrežu. U nekim dereguliranim sustavima tu funkciju obavlja Pool operator, ali on ne obavlja funkciju Pool-a za kupnju električne energije. Ta dva pojma se ne smiju miješati. Za razliku od Tržišta energije (eng. power exchange) koja je potpuno nova pojava u dereguliranim sustavima, OS je prepoznatljiva struktura starih dispečerskih centara. Sredinom 20-tog stoljeća elektroenergetski sustavi povezali su se viskonaponskim vezama. To je rezultiralo velikim sustavima u kojima se miješaju energije iz različitih elektroenergetskih sustava. Tako povezani sustavi imali su veliku pouzdanost uz male troškove. Ako se pojavio poremećaj u jednom sustavu drugi je nadoknadio manjak dok se nije riješio problem u prvom. Kako bi se osigurao što kvalitetniji rad tako povezanih sustava članice su osnovale područne centre praćenja rada tog udruženog sustava.

Dok je kod tradicionalnih elektroenergetskih sustava Operator sustava bio također i vlasnik mreže to sada nije slučaj, tj. najčešće nije slučaj. Operator sustava upravlja sustavom, ali nije njegov vlasnik.

U raznim zemljama on se različito zove, ali se tu zapravo misli na isto - Pool operator, Kontrolor sustava, Operator prijenosne mreže, Operator sustava, Nezavisni operator sustava (eng. ISO), Područni operator prijenosa (eng. RTO). Koji god naziv imala, ta služba mora upravljati tako da on bude raspoloživ i siguran za sve sudionike u trgovini.

Sigurnost sustava

Osnovna zadaća svakog Operatora sustava je da pazi na sigurnost sustava, pazeći da dalekovodi, transformatorske stanice i generatori rade u sinkronizmu. Tako se radilo i desetljećima do sada samo što se situacija sada malo više komplicira pojavom tržišta i mnoštva sudionika na tržištu (prodavača i kupaca). Sada postoji puno više transakcija o kojim treba voditi računa. U takvoj situaciji ponašanje sustava je malo manje predvidljivo, a u slučaju zagušenja linija postoji puno više sudionika koji u tome sudjeluju. Problem zagušenja na linijama jedan je od ključnih problema sa kojim će se ubuduće susresti korisnici većine prijenosnih vodova ako planiranje i razvoj tih vodova neće pratiti povećanje količine prijenosa. Tko će financirati tu novu izgradnju? Tko će imati profit od novih prijenosnih puteva? Za rješenje ovog problema veliku ulogu imaju cijene s poticajima za izgradnju prijenosa, a također i prikladnom zaštitom javnog interesa.

Jedno je sigurno - sigurnost sustava je najvažnija, jer ako sustav nije siguran, tj. ako sustav ne funkcionira tada ne funkcionira ni tržište i tada nema trgovine.

Isporuka energije

Operator sustava nastoji isporučiti energiju svim korisnicima mreže (proizvođačima i kupcima) dajući im slobodan pristup. Samo u slučaju opasnosti (ispad i sl.) ta usluga ne može biti kvalitetna.

Povrat troškova

Zajedno s uslugom isporuke energije korisnicima sustava OS je odgovoran za naplatu (ispostavu računa) svojih varijabilnih troškova (eng. operating expenses) i troška korištenja mreže - vlasnici mreže zaslužuju naknadu za korištenje njihovih dalekovoda. Postoje razni načini na koje se mogu računati troškovi prijenosa, zonalni, marginalni, "pancake rates" i mnogi drugi, i bez obzira na to koji se način koristi netko mora pratiti tko što koristi, i mora mu se ispostaviti i naplatiti račune (eng. fees and payements), i raspodijeliti odgovarajuće prihode vlasnicima prijenosnih linija.

Pošteno tržište prijenosa

Operator sustava mora osigurati fer pristup i korištenje mreže. Ako je odabran princip "Jednog kupca" tada to nije problem - postoji jedan kupac, a to znači i jedan korisnik sustava po kome se kroji pouzdanost i performanse sustava.

Kod stvarne deregulacije gdje postoji mnogo kupaca, konkurencija pri korištenju najopterećenijih dijelova mreže postaje neizbježna. Operator sustava mora stvoriti takav mehanizam koji će omogućiti korištenje mreže svakom tko to želi pod jednakim uvjetima. To je najčešće po principu "dirst in - first out" rezervacija. Sustav rezervacija može se odnositi na satne, dnevne ili

tjedne rezervacije prijenosnih puteva, što se mora raditi na nekom principu javnosti gdje će svatko tko želi dobiti odgovore na pitanja tko, što, kada, gdje i koliko u vezi s korištenjem i plaćanjem mreže. Ovdje se mora naglasiti da su ponuđene cijene javne, ali finalna cijena nakon cjenkanja nije.

7. ŠTO SE PRODAJE NA NIVOU PRIJENOSA?

Osnovni i pomoćni servisi

Operator sustava pomoću prijenosne mreže obavlja uslugu prijenosa električne energije s jednog mjesta na drugo. Kao što je već i prije naglašeno, bez te usluge ne postoji konkurentno tržište energije. Prodavači i kupci nemaju drugog načina prijenosa energije od mjesta proizvodnje do mjesta prodaje, tj. potrošnje. Prijenos energije je osnovna funkcija prijenosa, ali tu još postoji i mnogo dodatnih usluga koje podržavaju tok energije. To što se nazivaju pomoćni ne znači da su manje važni, jer bez njih ta mreža ne bi funkcionirala. Dakle, pomoćne usluge (ili servisi) nisu drugorazredne, već se javljaju samo kada se javlja i prvotna funkcija, a to je prijenos električne energije.

Sposobnost nasuprot kapacitetu

Svaki dalekovod, transformator ili bilo koji drugi energetski element u sustavu ima svoje propisano maksimalno opterećenje, koje može bez ikakvih problema podnijeti. Uobičajeno je da se kao maksimalni prijenosni kapacitet nekog voda uzima najmanji kapacitet svih dijelova opreme koja se nalazi na tom vodu. No, sposobnost neke prijenosne linije da prenese energiju s jednog mjesta na drugo može biti daleko manja od tog maksimalnog kapaciteta. Naponsko stanje, sigurnost ili stabilnost ograničavaju tokove snaga na iznose koji su manji od izračunatih maksimalnih iznosa za taj prijenosni put.

U drugom slučaju, raspoloživi kapacitet nekog dalekovoda u određenom trenutku može biti i veća od njegovog izračunatog maksimalnog kapaciteta: ako preko linije koja ima maksimalni kapacitet 360 MVA korisnik prenosi 300 MVA u jednom smjeru, tada se može prenijeti do 660 MVA u suprotnom smjeru jer prvih 300 je jednostavno dokinuto.

Kupci, tj. korisnici usluga od Operatora sustava zapravo kupuju mogućnost prijenosa od jedne točke do druge. Oni ne kupuju kapacitet, čak i kada se kaže da kupuju ili rezerviraju kapacitet oni samo kupuju čvrst dogovor da će kapacitet biti za njih tamo raspoloživ.

Dragovoljne i obvezatne prirode nekih pomoćnih servisa (usluga)

Identifikacija i nabrajanje usluga koje mogu pružiti prijenosne kompanije ne znači da ih korisnici prijenosa moraju zasebno kupovati ili da mogu kupovati samo neke od tih servisa. U SAD FERC (Federal Energy Regulatory Commision) je odredio koji servisi postoje i za koje je tko odgovoran (tabl. 1.).

Tablica 1. Osnovni i pomoćni servisi i njihova obvezatnost

Usluge u prijenosu	Odgovornost Operatora sustava	Obvezatno za*		
		OS	Kup.	Nab.
Prijenos energije	Prenošenje energije od jedne točke	X		
Vođenje sustava	Praćenje sustava i upravljanje njime	X	X	
Jalova energija	Lokalno balansiranje jalove snage u sustavu	X	X	
Nadoknada gubitaka	Nabava snage za naknadu gibitaka prijenosa	X	X	X
Ravnoteža energije	Nadoknada za nedostatke u nabavi-opterećenju	X	X	X
Praćenje opterećenja	Kompenziranje trenutnih promjena opterećenja	X	X	X
Rezerva sustava	Potreba sustava kod kvara generatora	X	X	X
Rezerva proizvodnje	Pomoć kod opterećenja ako generator zakaže			
Dinamičko raspoređivanje	Praćenje opterećenja i upravljanje signalima za praćenje opterećenja			
Hladni start	Pružanje pomoći pri hladnom startu elektrane			
Ostale usluge**	Dopuštene su dodatne usluge			

* X pod OS znači da Operator sustava mora pružiti tu uslugu. X ispod Kupac znači da korisnik prijenosa tu uslugu mora kupiti od Operatora sustava. X ispod Nabava znači da kupac može birati da li tu uslugu želi nabaviti sam (od neke treće strane) ili će je nabaviti od Operatora sustava.

** Nakon što se elektroenergetski sustav prilagodi novim zakonima deregulacije, neki Operatori sustava se mogu odlučiti za davanje nekih dodatnih usluga ako smatraju da će im to donijeti koristi i ako te dodatne usluge njihovi potrošači budu smatrali zanimljivim.

Postoje neke usluge koje su tako bitne da bez njih sustav ne bi funkcionirao. To su usluge koje pruža Operator sustava (u koloni OS je X). OS mora osigurati da ne postoji nedostatak nekih od tih servisa, jer bi to dovelo do nemogućnosti otvorenog pristupa mreži za neke korisnike ("Dečki, baš nam je žao, ali budući da nemate trenutnu kompenzaciju opterećenja ne možete koristiti mrežu.").

Svaki korisnik mreže mora kupiti svoj dio tih nužnih servisa (X ispod kolone Kupac u tablici 1). Vođenje sustava i jalova energija toliko su integrirani u rad OS da je kupac obvezatan kupiti ih od OS, ali ostala četiri servisa kupac može nabaviti od OS, treće strane ili ih samostalno pribaviti (X u koloni Nabava).

Prijenos energije

Osnovna usluga koju pruža Operator sustava ili Prijenosna kompanija je prijenos energije od mjesta prihvata do mjesta isporuka. Mreža se sastoji iz nekoliko desetaka dalekovoda različitih naponskih nivoa i iz nekoliko desetaka mjesta križanja (rasklopna postrojenjima). Tu se energija može preusmjeravati po potrebi korisnika. U isto vrijeme kroz jednu mrežu prolazi veliki broj transakcija.

Upravljanje sustavom (raspoređivanje, nadzor sustava i dispečiranje)

Upravo zbog mnoštva istodobnih transakcija funkcije Operatora sustava, kao što su praćenje, nadziranje i upravljanje radom mreže, zahtijevaju vrlo stručno i kvalitetno osoblje koje se koristi u svom radu robustnom opremom za prikupljanje i obradu podataka iz cijele mreže. Pružanje ove usluge košta i to se naplaćuje od svakog korisnika sustava po određenom pravilu. U SAD to je riješeno na način da kupac prijenosne usluge nema izbora, već mora kupiti i uslugu vođenja sustavom.

Kontrola napona i nabava jalove energije

Neka električna oprema i neki električni tokovi izazivaju nepoželjna stanja jalove energije u sustavu. Uređaji za praćenje, upravljanje i ispravljanje neželjenih tokova jalove energije moraju biti kod OS. On ih održava i koristi se njima, a mreža bez toga jednostavno neće raditi. Dakle, praćenje jalove energije i kontrola napona jednostavno mora biti usluga koju pruža OS i koju svaki korisnik mreže mora kupiti.

Stvarni gubici

Za prijenos energije po dalekovodima potrebna je električna energija. Naprimjer, pod određenim okolnostima koristeći se određenom rutom slanje energije iz točke A u točku B zahtijeva 15 MW. Dakle, potrebno je u točci A vod opteretiti sa 515 MW kako bi se na kraju voda dobilo 500 MW. Tih 3%, 15 MW, predstavlja snagu potrebnu za prijenos, ali se to najčešće naziva gubitak prijenosa (električni gubici prijenosa).

U kombinaciji tu dodatnu energiju za prijenos ugovorene energije. Ako ta energija nije nabavljena elektroenergetski sustav ili neće isporučiti traženu energiju ili će je uzeti iz sustava od nekog drugog pa će tada nedostajati tih 15 MW što će ugroziti neku drugu ugovorenu transakciju na tom dalekovodu.

Operator sustava brine se da se to ne dogodi nudeći uslugu nadgledanja sustava i nadoknade gubitaka. Promatrajući sustav dispečer unaprijed upozorava sve zainteresirane strane kakvi će najvjerojatnije biti njihovi gubici. Tijekom prijenosa Operator stvarno mjeri gubitke i brine se o tome da budu naplaćeni. Taj dio je standardna usluga (i obvezatna) za OS.

U slučaju pojave manjka energije OS pribavlja energiju i naplaćuje je po nominalnoj cijeni. Kupac, tj. prodavač može izabrati da li želi tu energiju kupiti od OS ili će je nabaviti negdje drugdje.

Ravnoteža tj. neravnoteža energije

U slučaju da se u točci A nije isporučila snaga od 515 MW, kupac u točci B osjeća nedostatak energije zbog greške kod proizvođača (generatora) u točci A. Za taj slučaj kupac u točci B mora imati rješenje (backup). Drugi razlog zbog kojeg on može imati manjak energije jest da je jednostavno podcijenio vlastitu potrošnju i da mu nedostaje energije. Kupci nemaju direktnu kontrolu nad svojim potrošačima (osim što mogu trenutno prekinuti dovod energije što bi izazvalo nestabilnost u sustavu i najvjerojatnije raspad). Može se dogoditi da potrošači troše više energije nego je predvidio kupac u točci B. U takvoj situaciji (u slučaju neravnoteže) kupac može ugovoriti isporuku energije. Ugovoreno je malo povećanje proizvodnje generatora. Iznos tog povećanja ovisi o iznosu za koji kupac želi kupiti. Kako sustav neće raditi dobro ako ove usluge nema na tržištu OS ima obvezu ponuditi tu uslugu na tržištu. Kupac može pribaviti tu energiju i od neke treće strane, ako to želi.

Praćenje opterećenja (regulacija)

Kontrola sustava mora se voditi na dva nivoa. Prvi nivo je kontrola trenutne bilance u sustavu, tj. energija koja ulazi mora biti jednaka energiji koja izlazi, minus potrošnja. Drugi nivo je kontrola frekvencije koja mora biti u svojim strogim granicama. Promjena ili jednog ili drugog može izazvati nestabilnost sustava ili raspad.

Marginalna rezerva (rezerva sustava)

Pretpostavimo da je jedan veliki potrošač ugovorio s jednom elektranom isporuku 500 MW, što je maksimalna snaga tog generatora. Dogovorili su s OS-a prijenos dogovorene energije. Iznenada se dogodi kvar na generatoru i on se mora brzo isključiti. Potrošači su i dalje spojeni na mrežu te i dalje uzimaju energiju stvarajući neravnotežu u sustavu. Tako nagli gubitak proizvodnje stvara ozbiljnu neravnotežu između proizvodnje i potrošnje u toj mreži. To može izazvati tzv. domino efekt koji može završiti raspadom. Ono što se zapravo događa je da svi generatori spojeni na tu mrežu osjete neravnotežu i pokušavaju "pomoći" proizvodeći više. Ali ako ih nema dovoljno za pokrivanje nedostatka u vrlo kratkom vremenu, oni bivaju preopterećeni i njihova zaštita proradi te i njih izbaci iz mreže. Operator sustava izbjegava ovakvu katastrofu držeći u sustavu uvijek dovoljno rezerve kako se ne bi dogodilo preopterećenje generatora. Postoje dvije vrste rezerva:

- Radna rezerva - OS od svakog korisnika sustava zahtijeva određenu količinu rezerve za slučaj ispada generatora. Kako je vjerojatnost da će više generatora u isto vrijeme ispasti vrlo mala, tako svaki korisnik sustava mora imati za rezervu samo malu količinu energije (5-3% od ukupnog trenutnog opterećenja) koju može imati kod sebe ili je može nabaviti sa strane ili je može ugovoriti kod OS (rotirajuća rezerva).

- Rezerva opskrbe - u slučaju kvara samo ugovorene strane imaju štetu od nastale situacije. Kako kupac ima stvarnu potrebu za energijom u tom trenutku, on je može zatražiti od OS, ali i od neke treće strane, ako je tako ugovorio. Rezerva opskrbe zapravo nije problem prijenosa. To je problem tržišta energije i kod mnogih dereguliranih sustava zabranjeno je da OS pruža takve usluge (on je zadužen samo za pružanje usluga prijenosa). Kupac ne mora, ako neće, kupiti tu uslugu. Na njemu je da odluči da li mu je to važno ili je voljan preuzeti rizik.

Dakle i radna rezerva i rezerva opskrbe je zapravo osiguranje dodatne (trenutne) snage u sustavu. Ta rezerva mora biti u sustavu (rotirajuća), tj. generatori spojeni na sustav neće raditi svojom maksimalnom snagom. Količina radne rezerve koju OS kupuje mijenja se satno, ako se mijenja ukupno opterećenje sustava, bez obzira na to da li on želi samo uredno upravljati sustavom ili želi prodavati rezervu (radnu ili opskrbnu) korisnicima sustava.

Dinamično raspoređivanje energije

Tu uslugu može pružiti OS, ali je mogu pribaviti i sami kupci ili prodavači energije. Za to im je potrebna mjerna oprema na mjestu davanja i na mjestu primanja energije kako bi ispravili neravnotežu u količini energije i kako bi sami pratili opterećenje. Ovdje se javlja potreba za trenutnim praćenjem stanja sustava. Određivanje neravnoteže između stvarno isporučene energije i ugovorene količine zahtjevan je posao. Moraju se uzeti u obzir i gubici prijenosa. OS je u poziciji da nudi ovakvu vrstu usluge bez nekih dodatnih napora. Njegov sustav upravljanja već ima potrebna mjerenja i opremu i njegova računala nadgledaju gubitke u sustavu i vode računa o ravnoteži opterećenja. Zapravo je jedina dodatna dužnost OS kod pružanja ove usluge **prenošenje informacija** koje on prikuplja i računa onome tko ih zatraži i kada ih zatraži. Zapravo se ova usluga svodi na davanje informacija potrebnih za balansiranje energije.

Hladni start

Mnoge velike termoelektrane ne mogu startati bez dodatnog napajanja uzbude. Zato moraju biti spojeni na sustav. Uz to što im je potrebna energija, potreban im je i signal napona iz sustava (za ulazak u sinkronizam). Operator sustava može ponuditi uslugu hladnog starta bilo kojem proizvođaču (elektrani). Ovo je na dobrovoljnoj bazi jer proizvođač može imati i neke druge izvore napajanja.

Što se stvarno kupuje i prodaje i kako?

Poolco (eng. single buyer model) upravlja prijenosnim sustavom tako da na konkurentnom tržištu kupuje energiju od proizvođača i isporučuje energiju ugovorenim potrošačima. U Poolco sustavu, Operator sustava brine o prijenosnom sustavu, vodeći ga na način da kupuje najjeftiniju moguću energiju i dostavlja je u dogovorenim točkama prijenosa opskrbi, zadovoljavajući svoju potražnju. Niti elektrane (proizvođači) niti kupci (potrošači) nemaju utjecaja na vođenje mreže. Oni traže samo snagu u svojoj točki prihvata, a Operatoru sustava ostavljaju da se brine o tome "od kuda ta energija dolazi i kako do tamo dolazi".

U nekim sustavima Poolco naplaćuje velikim potrošačima (eng. wholesale customers) za prijenos procjenjujući trošak prijenosa s jedne točke do druge, ali veletrgovci ne trebaju planirati ili upravljati korištenjem prijenosnih kapaciteta (osim u Kaliforniji i državama koje su prihvatile Kalifornijski princip).

8. ODREĐIVANJE CIJENE PRIJENOSA

U svim planovima za restrukturiranja elektroenergetskih sustava pretpostavlja se samo jedan prijenosni sustav koji je upravljan na dobrobit svih kao monopolna franšiza. Vlade su te koje odobravaju tarife (cijene) koje će se koristiti u prijenosu i pomoću kojih će uspostaviti i primjenjivati svoju politiku. Alokacija troškova ima za cilj tri stvari:

Povrat troškova - nadoknada korištenja prijenosa mora dati prihod koji će pokriti sve troškove investicija, rada i održavanja i mora dati mali profit vlasnicima mreže.

Potaknuti efikasno korištenje - struktura cijena (tj. relativni trošak kao funkcija servisa u koju je uključena količina snage koja se prenosi, udaljenost i sl.) treba davati poticaje za korisno djelovanje prijenosnog sustava. Značenje korisnog djelovanja je predmetom rasprave, ali svi se slažu da cijena treba biti ta koja će ga poticati.

Potaknuti efikasne investicije - Struktura cijene i novac koji je plaćen vlasnicima mreže treba poticati investicije u nova postrojenja tamo gdje je to potrebno. Kako bi inače netko mogao očekivati da će se prijenosni sustav širiti kada porastu potrebe?

Dodatni zahtjevi za sustav cijena su:

- Svaki sustav cijena treba biti *korektan.* Svi ljudi imaju nekakav osjećaj što je to korektnost, a najčešće se tu misli da netko ili nešto ne smije ili favorizirati ili omalovažavati određenu grupu ljudi ili klasu potrošača.
- Sustav cijena trebao bi isto tako biti *razumljiv* za svoje kupce. Potrošači neće (ako ne moraju) kupovati proizvod čija je struktura cijena nerazumljiva zbog svoje kompleksnosti. Na taj način kupac osjeća da nije dovoljno sposoban da donese pravilnu odluku o kupnji proizvoda (u ovom slučaju električne energije).
- *Prihvatljivost.* Sustav cijena koji zbog svoje kompliciranosti ne može biti implementiran je nepraktičan. Mnogo naočigled jednostavnih sustava cijena zahtijevaju toliko mjernih točaka u sustavu i tako detaljnu analizu sustava da se postavlja pitanje može li njihova ugradnja biti uspješna i upitno je jesu li troškovi ugradnje opravdani.

Pet glavnih ciljeva određivanja cijena prijenosa:

- Pokrivanje troškova prijenosnog sustava i njegovog rada
- Poticanje efikasnosti korištenja i velikih investicija u prijenos
- Postojanje jednakog tretmana i mogućnost za sve korisnike
- Postojanje razumljive strukture cijena
- Mogućnost implementiranja u stvarni svijet.

Niti jedna druga tema nije izazvala toliko debatiranja u sjeni deregulacije kao tema o cijenama prijenosa. Mišljenja se razlikuju u osnovi: Sto je to što se stvarno prodaje? Tko će imati koristi od mreže? Također ne postoji kosenzus oko izrazito tehničkih pitanja: Kako će netko računati troškove praćenja opterećenja? Postavljaju se vrlo pragmatična pitanja: Da li je korist od jednostavnog sustava cijena i naplaćivanja po tom sustavu veća od manjkavosti što su cijene približne, a ne točne?

Ono oko čega se svi slažu jest da cijena prijenosa mora pokriti sve troškove i da mora osigurati mali (reguli-rani) iznos profita vlasnicima mreže.

Stvarna debata oko sustava cijena svodi se zapravo na raspored troškova sustava između korisnika sustava. Osnovno pitanje je tko plaća koji dio sveukupnih troškova. Glavne debate se vode između političara, ekonomista i inženjera zbog njihovih različitih pristupa problemu.

9. ZAKLJUČAK

Regulacija i monopolne franšize bile su nužan korak u stvaranju elektroenergetskih sustava u prošlosti. Mnogi zagovornici deregulacije smatraju da će ona donijeti mnogo više pozitivnog nego negativnog. Regulirane elektroprivrede bile su dobre za kapitalne investicije kada su se stvarali elektroenergetski sustavi, ali nisu dobre kada se govori o efikasnom vođenju elektroprivreda i poboljšavanju usluga za potrošače. Deregulacija na način na koji je uvedena u mnoge države implementira konkurenciju, koja će dovesti možda do blagog pada cijena, ali će poboljšati mogućnost izbora za kupce i uvesti mnogo više različitih usluga za potrošače.

Zagovornici deregulacije smatraju da je dobit od deregulacije puno veća od troškova koji se javljaju na putu do deregulacije. Teško je sa sigurnošću reći hoće li deregulacija donijeti dobro ili loše - najvjerojatnije da će biti ponešto i jednog i drugog. Deregulacija će bez sumnje izmijeniti ciljeve elektroprivrednih kompanija; poticaji koji motiviraju ulaganja promijenit će na mnogo načina funkcioniranje mnogih dijelova elektroenergetskog sustava.

Od početka regulacije zakonodavstvo igra vrlo važnu ulogu u oblikovanju načina na koji će elektroprivredni sustav biti struktuiran i na koji će način potrošači kupovati i općenito koristiti električnu energiju. Procesi koji su sada u tijeku bilo bi bolje nazvati re-regulacijom, nego deregulacijom. Ključno je to što je taj novi oblik regulacije bitno drugačiji od prijašnjeg jer potrošaču omogućava izbor i time uvodi tržišne mehanizme. Državna tijela su ta koja će određivati na koji će način tržište električne energije razvijati. To je u njihovim rukama.

LITERATURA

[1] "Understanding Electric Utiities and De-regulatin" Lorrin Philipson and H. Lee Willis, Mercel Dekker, Inc

[2] "Transmission in Transition: Bringing Power to Market" Charles A. Falcone, IEEE Power Engineering Rewiew, August 1999.

[3] "Regulations Impact on Restructuring" Mike Apprill, IEEE Potentials dec97/jan 98.

REGULATION AND DEREGULATION IN ELECTRIC POWER COMPANIES

The paper is about basic reasons and scopes of regulation and deregulation of electric power systems. A review of services that could be sold on the level of transmission is given as well as the steps of creating competition. Basic criteria and bases that have to be taken into account when defining the transmission price are also listed.

REGULIERUNG UND LIBERALISIERUNG IN DER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

In diesem Artikel ist die Rede von wesentlichen Gründen und Zielen der regulierten und der liberalisierten Marktwirtschaft in Stromversorgungssystemen. Gegeben ist eine Übersicht der auf der Ebene der Energieübertragung verkaufbaren Dienstleistungen, sowie der Schaffung von Stufen des Wettbewerbs. Grundmasstäbe und Unterlagen, auf welche bei der Gestaltung der Übertragungspreise Rücksicht zu nehmen ist, sind angeführt worden.

Naslov pisca:

Mr. sc. Sonja Tomašić-Škevin, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-03-28.

HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO
ZAKLADA "HRVOJE POŽAR"

Glavni odbor Zaklade „Hrvoje Požar" objavljuje dobitnike nagrade „Hrvoje Požar" za 2001. godinu

Temeljem objavljenog natječaja i postupka propisanog Poslovnikom o dodjeli godišnje nagrade „Hrvoje Požar", te Poslovnika o stipendiranju mladih energetičara, Glavni odbor je odlučio da su dobitnici:

A) za stručni i znanstveni doprinos razvitku energetike:
Prof. dr. sc. Vladimir Knapp
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

B) za inovacije na području energetike:
KONČAR - Mjerni transformatori d.d., Zagreb, s autorima:
Mr. sc. Miroslav Poljak, Končar - Institut
Boris Bojanić, dipl. ing., Končar - Mjerni transformatori d.d.
Josip Tomašević, dipl. ing., Končar - Mjerni transformatori d.d.
Tomislav Hafner, ing., Končar - Mjerni transformatori d.d., za djelo: „Kombinirani transformatori tipa VAU"

C) za unapređenje kvalitete okoliša, vezano uz energetske objekte:
Knjiga: „**ELEKTRANE I OKOLIŠ**" autora:
Prof. dr. sc. Danila Feretića, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Prof. dr. sc. Nikole Čavline, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Mr. sc. Željka Tomšića, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Dr. sc. Dejana Škanate, Enconet International d.o.o., Zagreb
Mr. sc. Damira Subašića, Agencija za posebni otpad

D) za izvrstan uspjeh u studiju energetskog usmjerenja:
Tomislav Belamarić, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
Vesna Bukarica, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Mislav Čehil, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

E) za posebno zapažen diplomski rad iz područja energetike:
Tihomir Betti, dipl. ing., Fakultet strojarstva i brodogradnje, Split
Robert Karaj, dipl. ing., Elektrotehnički fakultet, Osijek
Igor Wolf, dipl. ing., Tehnički fakultet, Rijeka

F) stipendije za stručni dio studija:
Goran Busić, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Mate Lasić, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Robert Pašičko, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Tihomir Žilić, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

OPTIMIRANJE PODEŠENJA STABILIZATORA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA ANALIZOM OSJETLJIVOSTI KARAKTERISTIČNE VRIJEDNOSTI

Mato M i š k o v i ć, Dubrovnik

UDK 621.311.1:621.313.322
STRUČNI ČLANAK

Analizira se mogućnost optimalnog podešenja parametara stabilizatora elektroenergetskog sustava, s ciljem postizanja maksimalnog prigušenja elektromehaničkih njihanja pogonskih veličina generatora. Razmatra se potpuno numerički postupak za koji je nužan matematički model koji po strukturi i parametrima odgovara stvarnom sustavu, ovim postupkom dobivamo funkcionalnu ovisnost karakterističnih vrijednosti sustava o iznosu podesivih parametara stabilizatora elektroenergetskog sustava, što proračun parametara svodi na određivanje minimuma navedene funkcije.

Ključne riječi: **elektroenergetski sustav, sustav regulacije uzbude, stabilizator elektroenergetskog sustava, matematički model, karakteristična vrijednost, stabilnost.**

1. UVOD

Poboljšanje dinamičke stabilnosti elektroenergetskog sustava moguće je provesti smanjivanjem reaktancija prijenosnih dalekovoda ili aktivnim djelovanjem na sustav regulacije uzbude elektroagregata. Aktivna stabilizacija realizira se stabilizatorima elektromehaničkih njihanja, ovaj postupak je veoma zahtjevan, posebno u pogledu podešenja regulacijskih parametara. Aktivni postupak pri loše odabranim parametrima može rezultirati suprotnim učinkom.

Ovdje se razmatra jedan potpuno numerički postupak proračuna parametara, kojem je osnovna pretpostavka poznavanje matematičkog modela sinkronog generatora u radu na elektroenergetski sustav. Navedeni postupak iskoristit će se za izračun parametara podešenja stabilizatora dodanog u sustav starije elektrostrojne uzbude nešto složenije strukture.

1. MODEL SINKRONOG GENERATORA U RADU NA ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

1.1. Matematički model generatora u radu na elektroenergetski sustav

Za analizu elektromehaničkih njihanja obično se koristi model trećeg reda, u kojem je djelovanje prigušnog namota nadomješteno koeficjentom prigušenja, mehaničkih veličina. Detaljan izvod ovog modela dan je u [1] i [2]. .

Navedeni model dan je u slijedećom matričnom jednadžbom:

$$\ddot{A}x = A\,\ddot{A}x + B\Delta u \qquad 1.01$$

Izlazna varijabla je napon generatora

$$\Delta U_2 = C\Delta x + D\Delta u \qquad 1.02$$

Varijable stanja dane su vektorom

$$\Delta x^T = \left| \begin{array}{ccc} \ddot{A}\emptyset & \ddot{A}a & \ddot{A}\grave{u} \end{array} \right| \qquad 1.03$$

Matrica sustava je:

$$A = \begin{bmatrix} \dfrac{1}{T'_{d\Sigma}} & -\dfrac{x_{ad}U_{m0}\sin\ddot{a}_0}{\grave{u}_0\, x_{d\acute{O}}' T_{d0}'} & -\dfrac{x_{ad}U_{m0}\cos\ddot{a}_0}{\grave{u}_0^{\,2} x_{d\acute{O}}' T_{d0}'} \\ 0 & 0 & \omega_s \\ -\dfrac{1}{T_m}\left(\dfrac{\partial m_{el}}{\partial \Psi_f}\right)_0 & -\dfrac{1}{T_m}\left(\dfrac{\partial m_{el}}{\partial \delta}\right)_0 & -\left(\dfrac{1}{T_m}\left(\dfrac{\partial m_{el}}{\partial \omega}\right)_0 + D\right) \end{bmatrix} \qquad 1.04$$

Matrica upravljanja je:

$$B = \begin{bmatrix} \dfrac{\omega_s r_f}{x_{ad}} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad 1.05$$

Izlazna matrica jednaka je 1.06

$$C = \left| \frac{U_{q0}}{U_{20}} \frac{\grave{u}_0 x_m x_{ad}}{x_{d\acute{O}}' x_f} \quad \frac{U_{d0}}{U_{20}} \frac{x_q}{x_{q\Sigma}} U_{m0}\cos\delta_0 - \frac{U_{q0}}{U_{20}} \frac{x'_d}{x_{d\Sigma}} U_{m0}\sin\delta_0 \quad \frac{U_{q0}}{U_{20}} \frac{x_m x_{ad} \Psi_{f0}}{x_{d\Sigma} x_f} \right|$$

Matričnim relacijama od 1.01 do 1.06 u sustavu varijabli stanja opisan je linearizirani matematički model. Nedostak ovakvog modela je valjanost samo za jednu pogonsku radnu točku i male promjene varijabli stanja, prednost je bitno pojednostavljenje i dobar uvid u dinamička svojstva jednostavnim izračunom karakterističnih vrijednosti matrice sustava.

1.2. Matematički model regulatora sustava uzbude

Na slici 1. prikazana je blokovska shema regulatora sustava uzbude, koji se sastoji od magnetskog pojačala koje pojačava signal greške, slijedeće pojačalo u seriji je amplidin, odakle se pojačani signal vodi na istosmjerni generator, koji je na zajedničkoj osovini s glavnim generatorom. Stabilizacija je izvršena negativnim dinamičkim povratnim vezama.

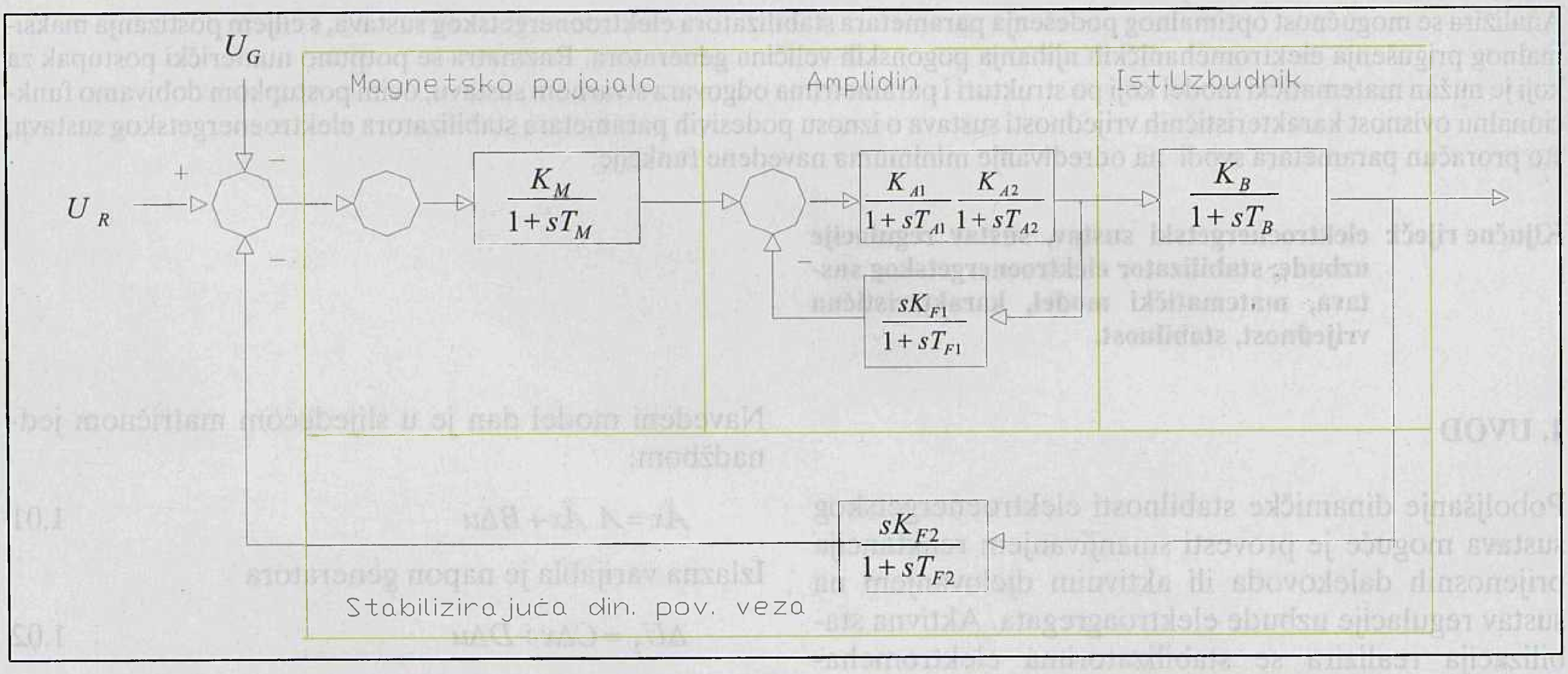
$$A_R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.88 & -16.34 & -14.63 & -14.63 & -4.59 \end{bmatrix} \quad 1.07$$

$$B_R = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1]^T \quad 1.08$$

$$C_R = [68.87 \quad 401.29 \quad 233.53 \quad 203.38 \quad 0]^T \quad 1.09$$

Tablica 1.

K_M	T_M(s)	K_{A1}	T_{A1}(s)	K_{A2}	T_{A2}(s)	K_{F1}	T_{F1}(s)	K_B	T_B	K_{F1}	T_{F1}(s)
8.1	0.02	2.4	0.02	1.5	0.07	0.001	1.6	0.9	0.4	0.08	2.6



Slika 1. Strukturni blok dijagram regulatora sustava uzbude sinkronog generatora

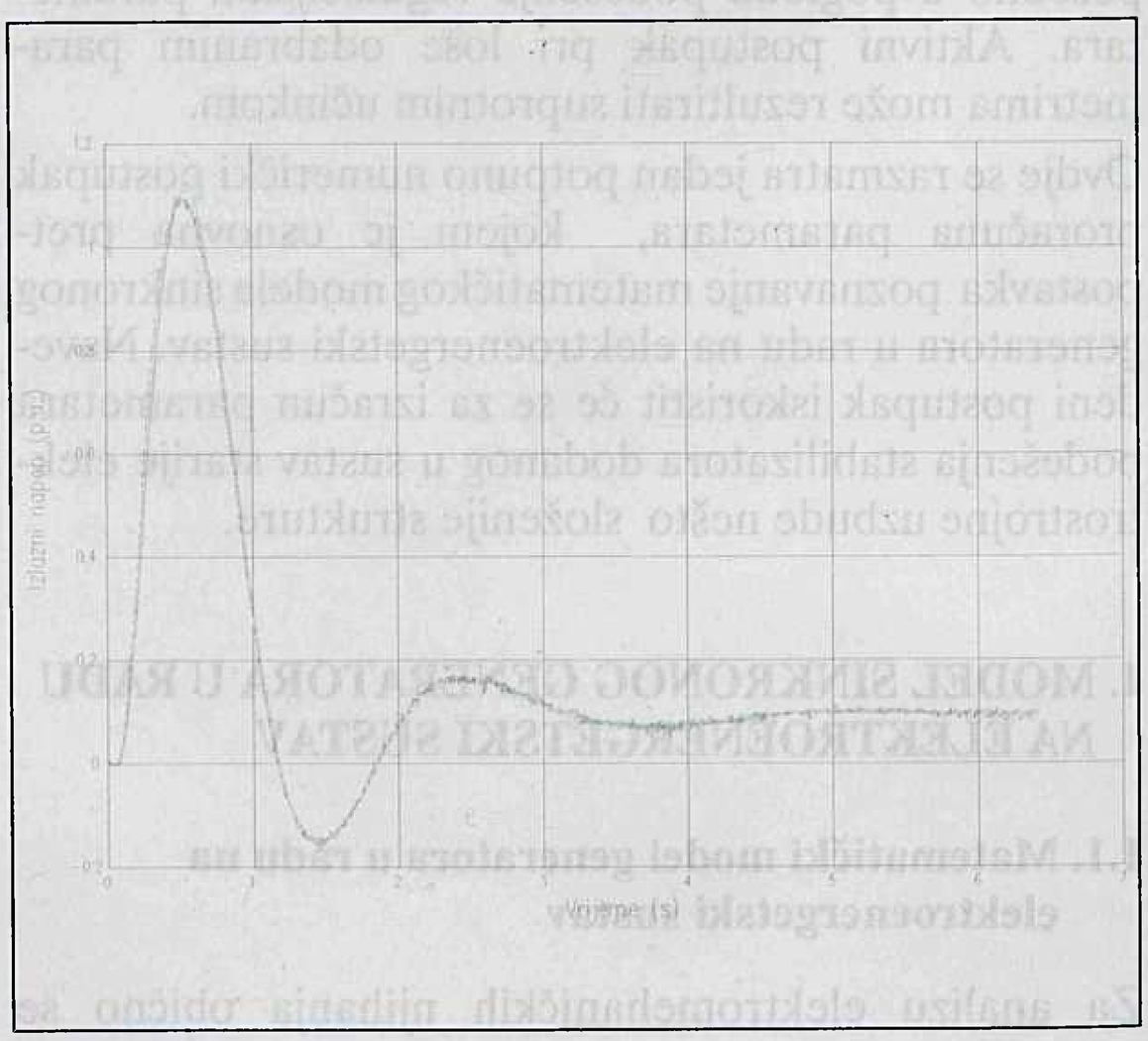
Identifikacija parametara izvršena je korištenjem izmjerenih odziva na skok ulaznog signala od 0.05 p.u.

Identifikacija prijenosne funkcije, provedena je postupkom minimiziranja greške jenadžbe sustava. Identifikacija parametara provedena je metodom osjetljivosti izlazne veličine na promjenu parametra. Detaljniji opis korištenih postupaka identifikacije bitno bi povećao ovaj opis te ga izostavljamo, navedeni postupci su obrađeni u referenci [5].

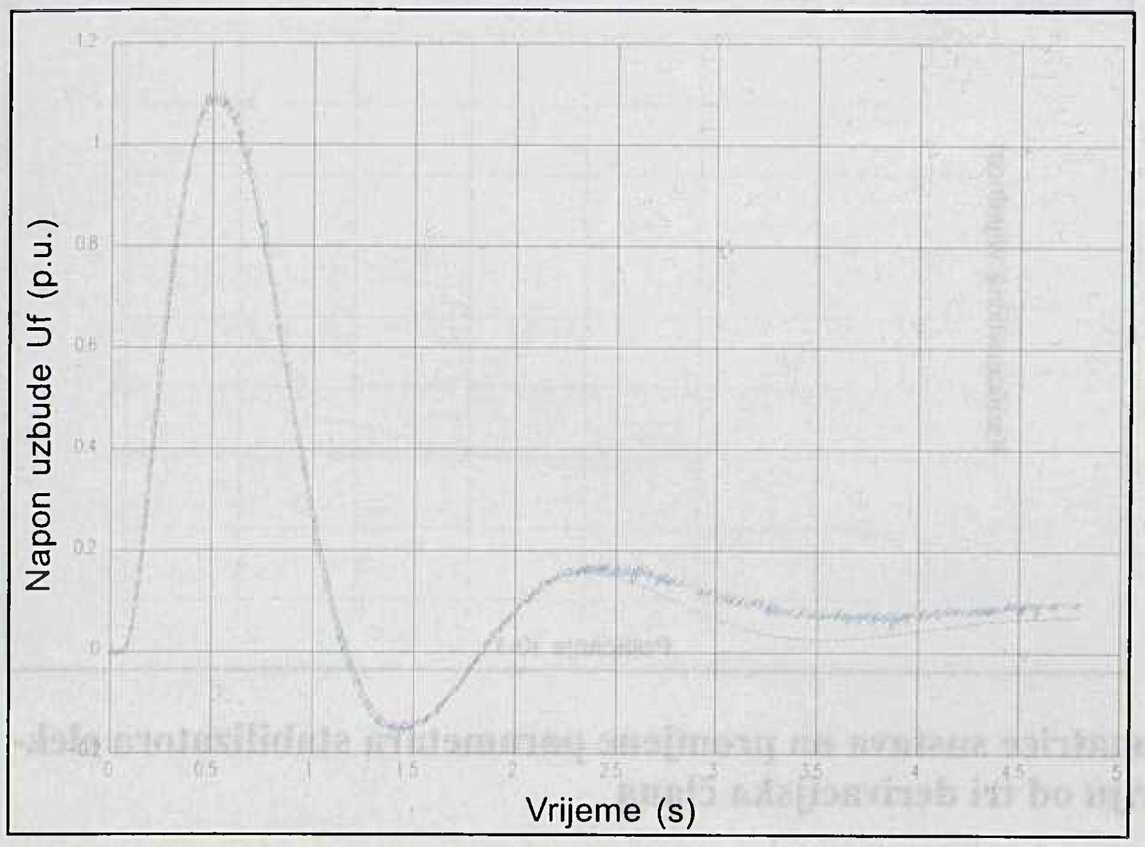
Rezultati identifikacije prijenosne funkcije dani su relacijama 1.07, 1.08 i 1.09.

Dobiveni rezultati uspoređeni su sa izmjerenim i prikazani su na slici 2. Vidljivo je dobro slaganje proračunatih i izmjerenih vrijednosti.

Rezultati parametarske identifikacije dani su u tablici 1. usporedni prikaz odziva dan je na slici 3. Dobiveni rezultati također pokazuju da je dobiven matematički model, koji je veoma vjeran stvarnom sustavu. Rezultati parametarske identifikacije nužni su za analizu utjecaja podešenja samog regulatora na dinamička svojstva sustava.



Slika 2. Usporedni prikaz izmjerenog i proračunatog odziva regulatora na skok ulaznog signala od 0.05 p.u. napona generatora



Slika 3. Usporedni prikaz izmjerenog i proračunatog odziva regulatora na skok ulaznog signala od 5 % napona generatora

Opisanim postupkom dobili smo model generatora s automatskim regulatorom sustava uzbude

Korištenjem modela generatora relacije od 1.01 do 1.06 i modela regulatora relacije 1.07, 1.08 i 1.09. možemo postaviti model generarora s automatskim regulatorom sustava uzbude u radu na elektroenergetski sustav. Za parametriranje stabilizatora dovoljan nam je matematički model regulatora opisan relacijama 1.07, 1.08 i 1.09. Želimo li analizirati utjecaj podešenja parametara samog regulatora na dinamička svojstva sustava, potreban je model u kojem se regulatorski dio opisuje prema strukturnom blok dijagramu danom na slici 1. a koriste parametri iz tablice 1.

2. PARAMETRIRANJE STABILIZATORA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

U literaturi [8] i [9] opisan je niz postupaka parametriranja stabilizatora, predlaže se također i veoma veliki broj različito strukturiranih stabilizatora.

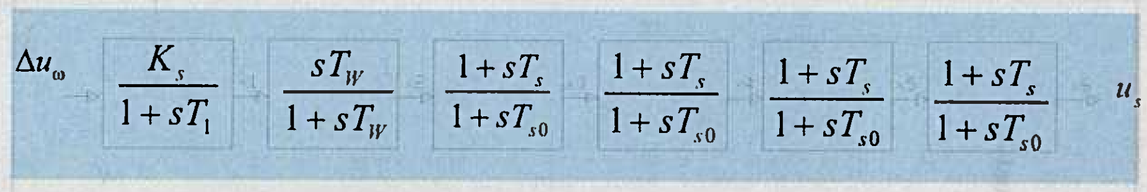
Navedeni postupci u pravilu koriste idealizirani matematički model sinkronog generatora, proračunat na primjer za nominalne pogonske vrijednosti a kao izlaz daju vrijednost podešenja parametara stabilizatora.

Ovdje se problem parametriranja pokušao riješiti analizom osjetljivosti karakterističnih vrijednosti matrice sustava na promjenu parametara stabilizatora elektroenergetskog sustava.

Na slici 4. dat je strukturni blok diagram stabilizatora elektroenergetskog sustava.

Ulazni signal je njihanje kutne brzine generatora, na ulazu se filtrira istosmjerna komponenta i signal se vodi preko serije derivacijskih elemenata koji imaju podesive vrijednosti pojačanja K_S i vremenskih konstanti T_S. Izlazni signal se superponira upravljačkom naponu na ulazu u regulator sustava uzbude.

U modelu generatora s automatskim regulatorom sustava uzbude jednostavno možemo uvesti stabilizator



Slika 4. Strukturni blok dijagram stabilizatora elektroenergetskog sustava

elektromehaničkih njihanja prema strukturnom blok dijagramo slika 4.

Ovakav model možemo koristiti za analizu utjecaja pojedinih parametara regulatora ili stabilizatora na dinamička svojstva.

Variranjem vrijednosti željenog parametra u udređenom opsegu (od 50% do 150%) dobivamo skup karakterističnih vrijednosti rješavajući jednadžbu.

$$\det|\lambda I - A| = 0 \qquad 2.04$$

Suština postupka je iz skupa dobivenih rješenja odrediti funkcionalnu ovisnost $\mathrm{Re}(\lambda) = f(Ks)$ i $\mathrm{Re}(\lambda) = f(Ts)$. Broj rješenja određen je redom matrice sustava A i stupnjem diskretizacije.Slaganje rješenja u funkcionalne ovisnosti radimo pomoću kubne interpolacije. Pomoću tri rješenja određujemo četvrto a zatim iz skupa rješenja tražimo ono koje mu je po vrijednosti najbliže. Ovo je nužno jer postupak određivanja karakterističnih vrijednosti ne vrši nikakvo "slaganje" dobivenih rješenja.

Nužnost naknadnog "slaganja" rješenja u funkcionalne ovisnosti nameće i zahtjev na stupanj diskretizacije.

Nakon provedenog postupka utvrđeno je da samo manji broj karakterističnih vrijednosti pokazuje osjetljivost na promjenu parametara podešenja stabilizatora. Ovdje smo izdvojili one koje imaju male apsolutne iznose realne vrijednosti i koje imaju izražene minimume. Simulacijskim proračunom potvrđena je ispravnost postupka.

Rezultati proračuna za generator čiji se podaci nalaze u tablici 2. dani su na slici 5. Proračun je izvršen za niz od tri derivacijska elementa slika 5.

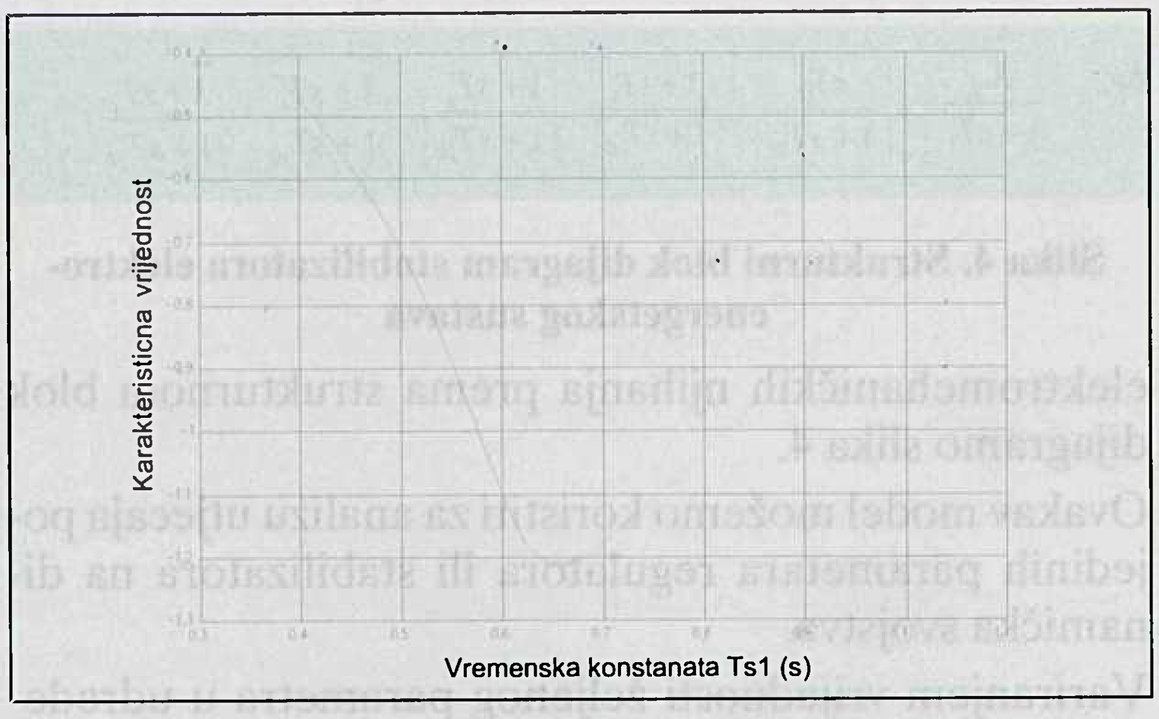
Predloženim postupkom postiže se optimalno podešenje i dovoljna udaljenost od granica stabilnosti. Iznos stabilizirajućeg signala je minimalan što je važno iz najmanje dva razloga, prvi je minimalno opterećenje komponenti sustava uzbude a drugi opseg rada ispod podešenih ograničenja ili prirodnog zasićenja komponenti, dakle u linearnom području za koje je proračun i vršen.

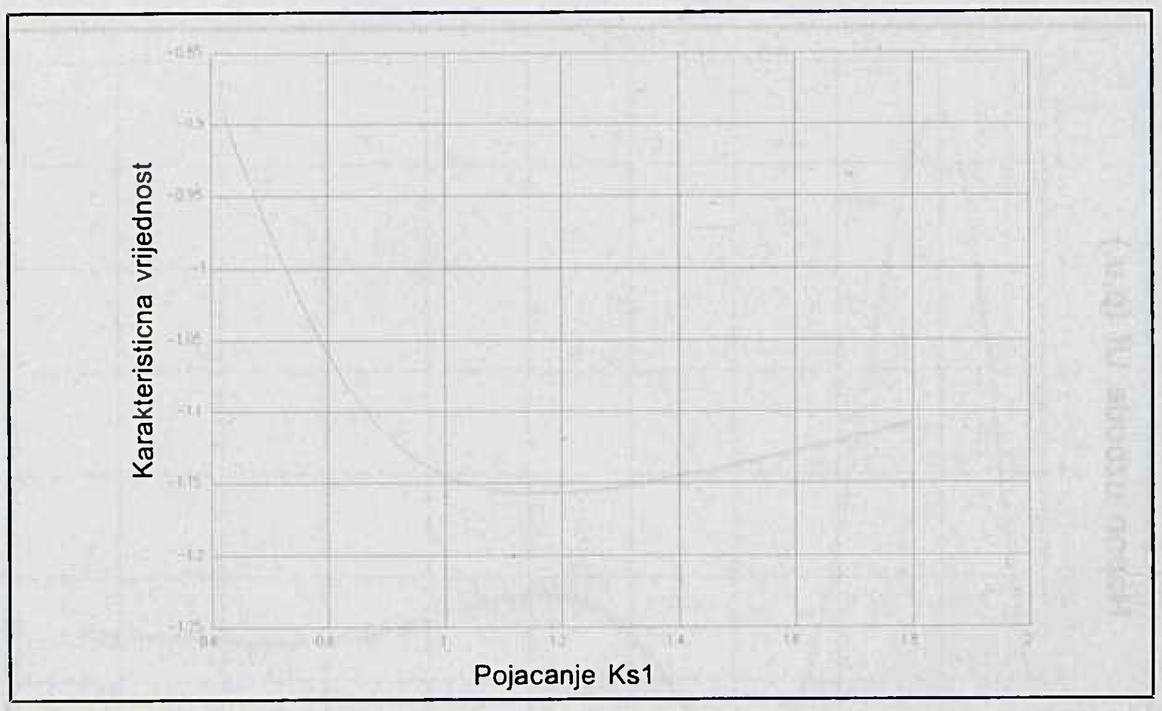
Sa većim iznosom izlaznog signala možemo postići jednaki iznos prigušenja sustava ali to podrazumijeva i promjenu imaginarnog dijela karakterističnih vrijednosti, odnosno promjenu vlastitih frekvencija sustava.

Na slici 6 vidljiva je visoka efikasnost ovako parametriranog stabilizatora.

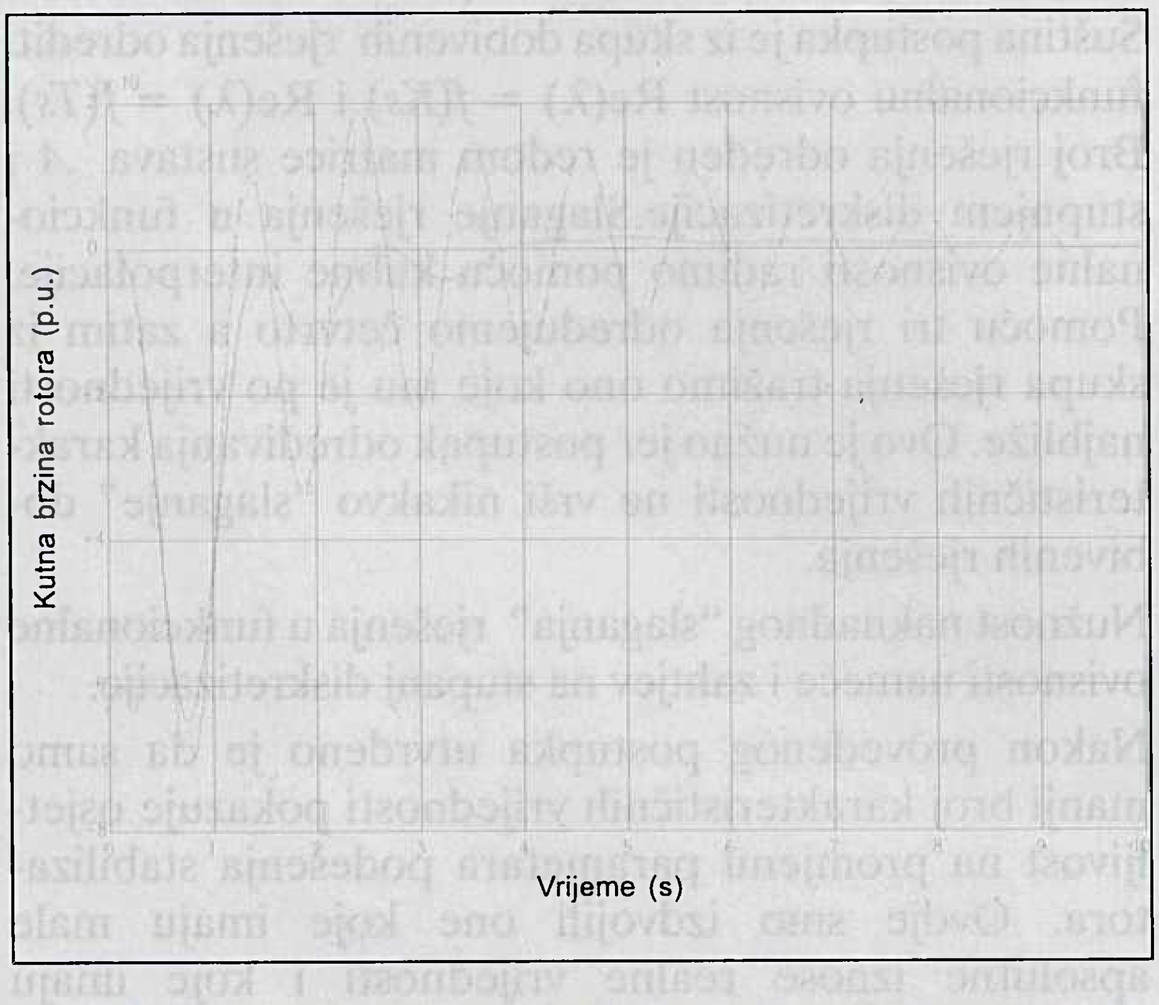
Postavljeni model omogućava i analizu utjecaja podešenja parametara regulatora, Analizom osjetljivosti parametara regulatora mogli bi odrediti optimalno podešenje čitavog sustava.

Zamisliv je i programski dakle neinteraktivni postupak koji bi potpuno automatizirao navedeni proračun.





Slika 5. Osjetljivost realnog dijela karakterističnе vrijednosti matrice sustava na promjene parametara stabilizatora elektromehaničkih njihanja za seriju od tri derivacijska člana



Slika 6. Usporedni prikaz kutne brzine generatora na skok referentnog napona od 0.1 (p.u.) za nestabilizirani i stabilizirani regulator

3. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan postupak i dobiveni rezultati proračuna parametara stabilizatora elektroenergetskog sustava. Korišten je numerički postupak koji je proveden na masovno dostupnim računalima. Navedenim postupkom možemo izuzetno složen problem parametriranja svesti na obični tablični postupak. Rezultati osjetljivosti daju i dobar uvid u kritičnost podešenja pojedinih vrijednosti.

Proračuni i simulacije izvedene su koristeći programski paket *Matlab*.

Kvaliteta razmatranog postupaka se može verificirati jedino mjerenjem na realnom sustavu, takva mjerenja omogućila bi i provjeru točnost postavljenog modela. Osim provjere točnosti, ciljana mjerenja stavila bi nam na raspolaganje rezultate pomoću kojih bi mogli dobiti model zadovoljavajuće točnosti za ulaz u proračun.

Tablica 2.

Nazivna prividna snaga	S_n	120 MVA
Nazivni napon	U_n	14400 kV
Nazivna struja	I_n	4811
Nazivni faktor snage	cos φ	0.9
Nazivna djelatna snaga	P_n	108 MW
Uzdužna sinkrona reaktaancija	X_d	0.860 pu
Uzdužna prijelazna reaktabcija	X_d'	0.261 pu
Uzdužna početna reaktabcija	X_d''	0.198 pu
Poprečna sinkrona reaktaancija	X_q	0.506 pu
Poprečna početna reaktancija	X_q''	0.198 pu
Inverzna reaktancija	X_2	0.1965 pu
Nulta reaktancija	X_0	0.1254 pu
Prijelazna vremenska konstanta –prazni hod	T_d'	10.2 s
Mehanička vremenska konstanta	T_M	4200 tm^2

POPIS OZNAKA

x_d – Sinhrona reaktacija u uzdužnoj osi
$x_{d'}$ – Prolazna reaktancija u uzdužnoj osi
x_q – Sinhrona reaktancija u poprečnoj osi
x_f – Reaktancija uzbudnog namota
r_f – Otpor uzbudnog namota
x_D – Reaktancija prigušnog namota u uzdužnoj osi
x_Q – Reaktancija prigušenog namota u poprečnoj osi
r_D – Otpor prigušenog namota u uzdužnoj osi
r_Q – Otpor prigušenog namota u poprečnoj osi
ω_s – Sinhrona kutna brzna
r_a – Otpor statorskog namota
x_l – Rasipna reaktancija statorskog namota
x_{ad} – Reaktancija između statorskog i uzbudnog namota u uzdužnoj osi
x_{aq} – Reaktancija između statorskog i uzbudnog namota u poprečnoj osi

x_m – Reaktancija do krute mreže
$x_{d\Sigma} = x_d + x_m$
$x_{q\Sigma} = x_q + x_m$
$x_{q\Sigma'} = x_{q'} + x_m$
$T_{do'}$ – Vremenska konstanta uzbudnog namota uz otvoren statorski namot
$T_{d'}$ – Vremenska konstanta uzbudnog namota uz kratkospojeni statorski namot
P – Radna snaga generatora
Q – Jalova snaga generatora
U_2 – Napon generatora
e – Napon uzbude
δ – Kut opterećenja
ω – Kutna brzina
1_f – Struja uzbude
1_d – Komponenta struje statora u uzdužnoj osi
1_q – Komponenta struje statora u poprečnoj osi
1_D – Komponenta struje prigušenog namota u uzdužnoj osi
1_Q – Komponenta struje prigušenog namota u poprečnoj osi
Ψ_d – Komponenta statorskog toka u uzdužnoj osi
Ψ_q – Komponenta statorskog toka u poprečnoj osi
Ψ_f – Tok uzbudnog namota
Ψ_D – Komponenta toka prigušenog namota u uzdužnoj osi
Ψ_Q – Komponenta toka prigušenog namota u poprečnoj osi
m_t – Moment na osovini generatora
U_m – Napon krute mreže
U_r – Referentna vrijednost napona generatora
U_d – Komponenta napona generatora u uzdužnoj osi
U_q – Komponenta napona generatora u poprečnoj osi
D – Faktor prigušenja

LITERATURA

[1] M. JADRIĆ B. FRANČIĆ: "Dinamika električnih strojeva", Sveučilište u Splitu, 1997. godine

[2] V. A. VENIKOV: "Transient processes in electrical power system", Mir Publisher Moscow, 1977. godina

[3] V. ĆESIĆ i T. CIGIĆ: "Istraživanje i razvoj sistema mikroprocesorskog upravljanja električkim strojevima i srodnim brzim procesima", *Končar*, 1988. godine

[4] M. STOJSAVLJEVIĆ: "Utjecaj dodatnih regulacijskih signala regulatora napona sinhronih generatora na elektromehanička njihanja", Magistarski rad, Elektrotehnički fakultet, 1982. godine

[5] M. MEHMEDOVIĆ: "Identifikacija parametara sustava regulacije uzbude sinkronih strojeva", doktorska dizertacija, Zagreb, 1995

[6] M. STOJSAVLJEVIĆ, M. MEHMEDOVIĆ, D. NEMEC i E. VARGOVIĆ: "Izvještaj o ispitivanju sustava regulacije uzbude i ponašanju agregata", HE Dubrovnik, 1997. godina

[7] GENERAL ELECTRIC Voltage regulator equipment, Tehnička dokumentacija proizvođača regulatora napona generatora u HE Dubrovnik, 1964

[8] A. B. R. KUMAR: "An Optimal control law by eigenvalue assignment for improwed dynamic stability in power system", IEEE Transactions on power apparatus and system, June 1982

[9] C. T. Tse and S. K. TSO: "Design optimisation of power system stabiliserrs based on modal and eigen value-sensitivity analyses", IEE proceedings, septembar 1988.

[10] M. MIŠKOVIĆ "Uticaj vanjske reaktancije na elektromehanička njihanja elektroagregata", magistarska radnja Zagreb, 1999.

OPTIMISATION OF ELECTRIC POWER SYSTEM STABILISER FITTING BY SENSITIVITY ANALYSES OF CHARACTERISTIC VALUES

The paper analyses the possibilities of optimal electric power system's stabiliser parameters fitting in order to obtain maximal smother of electric mechanical swinging of generator operation values. A completely numerical model is analysed that requires a mathematical model, by structure and parameters adequate to a real system. This procedure results in the functional dependence of characteristic system values on the figures of adapted parameters of electric power system's stabiliser, thus turning the parameter calculation into the minimum function determination.

EINSTELLUNGSOPTIMIERUNG DES STABILISATORS IM STROMVERSORGUNGSSYSTEM MITTELS EMPFINDLICHKEITSPRÜFUNG SEINER KENNZEICHNENDEN GROSSEN

Im Artikel sezt man sich mit der Möglichkeit der optimalen Einstellung von Parametern des Stabilisators des Stromversorgungssystems, mit dem Zweck grösstmöglicher Dämpfung elektromagnetischer Schwingungen von Betriebsgrössen des Generators, auseinander. Betrachtet wird das rein numerische Verfahren, welches ein mathematisches Modell verlangt, dessen Struktur und Parameter dem eigentlichen System entsprechen. Durch dieses Verfahren kommt man zur Funktion der Abhängigkeit kennzeichnender Werte des Versorgungssystems von den Beträgen einstellbarer Parameter seines Stabilisators, wodurch die Berechnung von Parametern auf die Bestimmung des Minimums der oben erwähnten Funktion zurückgeführt wird.

Naslov pisca:

Mato Mišković, dipl. ing.
HEP – HE Dubrovnik
Ante Starčevića 51
20000 Dubrovnik, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1999-11-30.

HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO

X. FORUM

DAN ENERGIJE U HRVATSKOJ

Liberalizacija i privatizacija energetskog sektora u zemljama tranzicije i Europske unije

Iskustva i perspektive

ORGANIZATOR

HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO
Zagreb, Savska cesta 163

Predsjednik Dr. sc. Goran Granić
Tajnik Dr. sc. Branka Jelavić

Članovi Upravnog odbora
Prof. dr. sc. Vladimir Mikuličić
Prof. dr. sc. Miljenko Šunić
Prof. dr. sc. Bernard Franković
Dr. sc. Tomislav Dragičević
Ivo Čović, dipl. ing.
Dr. sc. Stevo Kolundžić
Marijan Kalea, dipl. ing.
Mr. sc. Vladimir Jelavić

TERMINSKI PLAN

Prijava referata do **15. srpnja 2001. godine.**

Pri prijavi treba naznačiti naziv referata, ime autora, adresu i telefonski broj, te priložiti sažetak referata.
Autori će biti obaviješteni o primitku referata do 31. srpnja 2001. godine.

Gotove referate treba poslati do 30. listopada 2001. godine u sjedište HED-a.

Referat može imati do osam stranica teksta s prilozima.
Napominjemo da naslov i sažetak referata trebaju biti prevedeni na engleski jezik. Referat se dostavlja u jednom tiskanom primjerku i na disketi. Detaljne upute autorima bit će dostavljene do 31. srpnja 2001. godine.

Za sve informacije možete se obratiti na:
tel: 01 6040 609
fax: 01 6040 610
e-mail: mmoric@eihp.hr

PROGRAM 10. FORUMA

Forum počinje **7. prosinca 2001. g. u 9 sati**, a održat će se u Maloj dvorani "Vatroslav Lisinski", u Zagrebu, Trg Stjepana Radića 4.

Predviđa se da će 10. Forum trajati jedan dan - od 9 do 18 sati i to u četiri bloka, s predviđenim stankama između blokova i s odmorom za ručak.

Na 10. Forumu očekuje se sudjelovanje autora iz zemalja tranzicije kao i Europske unije, te predstavnika međunarodnih organizacija koji će predstaviti svoje referate.

Vrijeme prezentacije referata bit će ograničeno i ovisit će o broju pozvanih i pristiglih referata.

Tijekom održavanja 10. Foruma bit će dopuštena prezentacija proizvoda, prema dogovoru zainteresiranih tvrtki i HED-a kao organizatora 10. Foruma.

World Energy Council
CONSEIL MONDIAL DE L'ENERGIE

MJERE ZA POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI U ZGRADAMA

Mr. sc. Vesna K o l e g a, Zagreb

UDK 620.9:728
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Iznesen je presjek preliminarnih rezultata rada na programu energetske efikasnosti u zgradarstvu - $KUEN_{zgrada}$ koji obuhvaćaju ekološke karakteristike programa i njihov doprinos zaštiti okoliša.

Nadalje, opisane su neke od važnijih mjera s ciljem povećanja udjela obnovljivih izvora energije i poboljšanja energetske efikasnosti u energetskom i graditeljskom sektoru Hrvatske.

Ključne riječi: energetska efikasnost, zgrada, zaštita okoliša.

1. UVODNA RAZMATRANJA

Izgradnju stambenog i gospodarskog fonda zgrada, jednako kao i uspostavu i pogon energetskog sustava Hrvatske karakterizira negativan utjecaj na okoliš i degradacija temeljnih životnih resursa.

Jedna od glavnih odrednica programa $KUEN_{zgrada}$ je sustavno pridržavanje pozitivnih ekoloških kriterija prigodom projektiranja, izgradnje i korištenja novih zgrada i naselja, kao i prigodom sanacija i rekonstrukcija postojećeg fonda zgrada.

Potpisivanjem Europske energetske povelje (5. veljače 1993. u Bruxellesu), Hrvatska se uključila u europske energetske tokove, kojima je razvoj obnovljivih, ekološki prihvatljivih izvora energije jedan od imperativa.

Nadalje, potpisivanjem Protokola iz Kyota, Hrvatska se obvezala na smanjenje emisije šest stakleničkih plinova (CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs i SF_6) za 5% u razdoblju između 2008. i 2012. godine.

Doprinos zgrada zaštiti okoliša treba promatrati cjelovito, uzimajući u obzir, čitav životni vijek zgrade, od potrošnje energije za proizvodnju građevinskih elemenata i materijala, preko energije potrošene tijekom gradnje, potrošnje za vrijeme korištenja i upravljanja zgradom (building management), do na kraju, energije potrebne za njezino rušenje.

Dosadašnja iskustva u funkcioniranju energetskog i graditeljskog sektora ukazuju na nužnost izgradnje novog zakonodavnog, poreznog, ekonomskog, ekološkog i drugih okruženja.

Mjere za provedbu programa $KUEN_{zgrada}$ čini niz preduvjeta i akcija s ciljem implementacije energetske efikasnosti, zaštite okoliša i održivog razvitka u gospodarski razvitak zemlje, a mogu se podijeliti u nekoliko osnovnih kategorija:

- zakonodavne;
- ekonomske, financijske i fiskalne;
- pravne i administrativne;
- promotivno-propagandne;
- obrazovne;
- mjere međunarodne suradnje.

Inozemna iskustva pokazuju da se instrumentarijem državne politike, koji obuhvaća brojne poticajne i prinudne mjere, može osigurati ravnopravniji odnos obnovljivih i konvencionalnih tehnologija za proizvodnju i potrošnju energije, što je jedan od preduvjeta održivog razvitka i jedina prihvatljiva energetska alternativa za treće tisućljeće.

2. EKOLOŠKE KARAKTERISTIKE PROGRAMA I DOPRINOS ZAŠTITI OKOLIŠA

2.1. Emisije onečišćujućih tvari u zrak

Bilanca emisije onečišćujućih tvari se u Hrvatskoj sustavno provodi od 1990. godine, primjenom CORINAIR metodologije (Coordinated Information System on Air Pollutants) za određivanje emisije osam "glavnih" onečišćujućih tvari (SO_2, NO_x, NMVOC, CH_4, CO, CO_2, N_2O i NH_3), teških metala i postojanih organskih spojeva.

Izrada godišnjeg izvješća o emisiji onečišćujućih tvari obveza je prema Konvenciji o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka (LRTAP) koju provodi Europsko gospodarsko povjerenstvo Ujedinjenih naroda (UNECE) [3].

Iako je u ovom trenutku Hrvatska po svim promatranim emisijama negdje na začelju liste, važno je naglasiti da bi prema obvezama iz Kyoto protokola trebalo

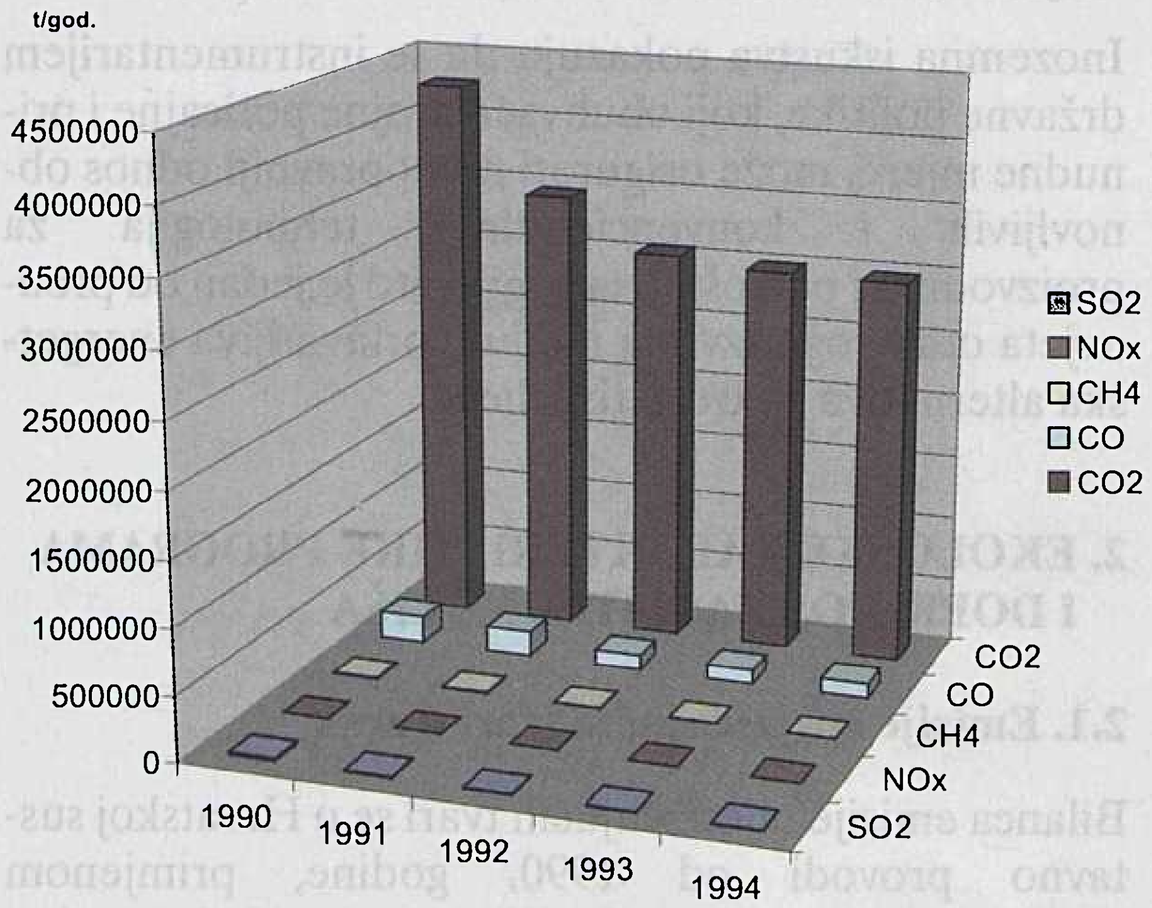
u periodu između 2008. i 2012. godine smanjiti emisije za 5% u odnosu na referentnu godinu iz razdoblja 1985. do 1990. godine.

Osim osam "glavnih" onečišćujućih tvari s područjem zgradarstva je povezana i emisija klorofluorugljika (CFC) koji se koriste u proizvodnji nekih građevinskih materijala (npr. pjenaste plastike) i klimatizacijskih uređaja. Novi modeli klimatizacijskih uređaja koriste kemijske spojeve bez klora, ali su na tržištu, po znatno nižim cijenama dostupni stari modeli sa CFC spojevima, za koje je utvrđeno da oštećuju ozonski omotač. Imajući u vidu prognozu naglog porasta prodaje klimatizacijskih uređaja u idućim godina, treba povesti računa o problemu emisije CFC.

U tablici 1 i na slici 1 prikazana je emisija onečišćujućih tvari iz ukupne potrošnje energije u kućanstvima, ustanovama i maloj privredi u Hrvatskoj, za razdoblje između 1990. i 1994. godine (t/god).

Tablica 1. Emisija onečišćujućih tvari u Hrvatskoj, 1990.–1994. godina

t/god	SO_2	NO_x	CH_4	CO	CO_2
1990.	19 568	4 762	8 855	207 354	4 264 151
1991.	11 008	3 766	9 423	192 097	3 451 592
1992.	8 737	2 858	4 653	111 776	3 058 876
1993.	9 992	3 072	4 449	105 210	2 991 263
1994.	9 707	3 009	4 656	112 288	2 980 334



Slika 1. Emisija onečišćujućih tvari u Hrvatskoj, od 1990.-1994. godine

Grijanje na drva je izvor velike emisije CO_2, a ono je, u velikoj mjeri, prisutno u izvangradskim zonama gotovo svih hrvatskih županija.

Usporedbe radi, u Kini, gdje je potrošnja drva za ogrjev tradicionalno velika, emisija CO_2 je u 1999. godini iznosila 3.3 t/toe, dok je razina u zemljama srednje i istočne Europe, iste godine bila 2.5 t/toe.

U tablici 2 je prikaz emisije onečišćujućih tvari i prašine pri korištenju raznih vrsta goriva u višestambenim zgradama u Austriji (mg/MJ).

Tablica 2. Emisija onečišćujućih tvari u području zgradarstva u Austriji

Gorivo	Primjedba	SO_2	NO_x	CO	Prašina	Fina prašina	CO_2 (kg/MWh)
lož-ulje lako	0,2%S (H33)	98	80	50	10	0	280,4
zemni plin	(EG1)	0	40	50	0	0	199,2
zemni plin	novi	0	30	10	0	0	199,2
drvo		62	167	20700	0	163	-

Iako su podaci navedeni u tablici 2 nepotpuni, uočava se visoka razina emisije CO, NO_x, SO_2, te fine prašine pri sagorijevanju drveta.

Tablica 3 prikazuje emisiju onečišćujućih tvari pri proizvodnji električne energije iz raznih vrsta goriva (g/kWh), a u tablici 4 dana je emisija CO_2 pri korištenju obnovljivih i neobnovljivih izvora energije (t/GWh), uključujući pripremu goriva i izgradnju postrojenja.

Tablica 3. Emisija onečišćujućih tvari u ovisnosti o vrsti goriva

g/kWh	SO_2	NO_x	CO_2
ugljen	20	5	800
lož-ulje	10	2	600
plin	0,1	3	400

Tablica 4. Usporedba emisija CO_2 obnovljivih i neobnovljivih izvora energije

t/GWh	CO_2
ugljen	950
lož-ulje	700
plin	450
fotonaponski moduli	10

Proizvedeni fotonaponski moduli tijekom rada ne onečišćuju zrak i vodu, ne proizvode kruti otpad, buku ili neugodne mirise, ne troše pitku vodu i ni na koji način ne uzrokuju degradaciju čovjekovog okruženja i zdravlja. Utjecaj pasivne solarne tehnologije na okoliš ocjenjuje se kao nulti [16].

Fotonaponske tehnologije predstavljaju rizik isključivo za zdravlje profesionalnog osoblja koje dolazi u doticaj s teškim metalima, zapaljivim smjesama, kancerogenim i drugim opasnim materijalima tijekom proizvodnje fotonaponskih ćelija. Ovo se posebno odnosi na tehnologije amorfnog silicija (a–Si), kadmij telurida (CdTe) i bakar-indij diselenida ($CuInSe_2$) za koje se u proizvodnji koriste ekstremno toksične tvari. No, budući da se cijeli proizvodni proces odvija u vrlo čistom i fizički izoliranom prostoru, rizici su minimalni.

2.2. Ekološke posljedice korištenja energije u zgradama

Energetski procesi u zgradarstvu obuhvaćaju proizvodnju, potrošnju i gospodarenje energijom od faze

izgradnje do faze rušenja zgrade, a na ekološko okruženje utječu na tri razine:

- globalnoj;
- lokalnoj;
- mikroklimatskoj unutar promatrane zgrade.

Utjecaj na *globalnoj razini* manifestira se promjenom klime i kontinuiranim uništavanjem prirodne podloge za život ljudi, životinja i biljaka.

Na *lokalnoj* se *razini* promatra onečišćenje ograničenog područja, pri čemu utjecaj na okolinu obuhvaća vodu (zagađenja svih vrsta), tlo (odlaganje otpada, potapanje terena, uništavanje prirode) i zrak (plinovi, čestice, mirisi).

Mikroklimatska razina unutar zgrade obuhvaća šire područje zdravog stanovanja i udobnosti korisnika u odnosu na energetsku efikasnost i primjenu raznih energetskih uređaja i sustava, te građevinskih elemenata i materijala, pri čemu je osnovno izbjeći *sindrom bolesnih zgrada* (od eng. Sick Building Syndrome), koji rezultira narušavanjem zdravlja njihovih korisnika. Neodgovarajuća projektna rješenja i neracionalno gospodarenje energijom značajno utječu na mikroklimatsko okruženje u zgradama.

U svijetu je, u posljednje vrijeme, prisutan pomak od same štednje energije prema stanju psiho-fizičke udobnosti aktivnog korisnika u zgradi, što podrazumijeva iznalaženje optimalnog odnosa ekološkog, ekonomskog i energetskog okruženja.

Izvori emisije onečišćujućih tvari u zgradarstvu mogu biti:

- energetski sustavi, uređaji i procesi.
- primijenjene građevinske tehnologije, elementi i materijali.

Nadalje, zgrada kao izvor onečišćenja utječe na okolinu:

- izravno (toplinski i rashladni sustavi, primijenjeni građevinski elementi i materijali, razni energetski uređaji, ovisno o namjeni zgrade i dr.);
- neizravno (proizvodnja energije potrebne za proizvodnju građevinskih elemenata i materijala, te proizvodnju i rad primijenjenih energetskih uređaja i sustava).

Iako nisu sastavni dio zgradarstva u užem smislu, prostorno planiranje i urbanizam značajno utječu na energetsku efikasnost i ekološko djelovanje zgrada.

2.3. Zakonodavno okruženje

2.3.1. *Hrvatski propisi*

Čitav niz zakonskih propisa i odredbi u većoj se ili manjoj mjeri odnosi na ekološka obilježja i zaštitu okoliša pri korištenju energije u zgradama i na taj način reguliraju prožimanje ekologije i zgradarstva [5]:

- Uredba o procjeni utjecaja na okoliš, 1997. godina;
- Uredba o uvjetima za izdavanje suglasnosti za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša, 1997. godina;
- Pravilnik o znaku zaštite okoliša, 1996. godina;
- Pravilnik o katastru emisija u okoliš, 1996. godina;
- Zakon o zaštiti zraka, 1995. godina;
- Zakon o otpadu, 1995. godina;
- Zakon o zaštiti okoliša, 1994. godina;
- Zakon o zaštiti na radu, 1996. godina;
- Deklaracija o zaštiti okoline u RH, 1992. godina;
- Zakon o normizaciji,1996. godina;
- Pravilnik o izradi procjene opasnosti, 1997. godina;
- Uredba o prostornom uređenju u ratom zahvaćenim područjima, 1994. godina;
- Zakon o vodama, 1995. godina;
- Zakon o prostornom uređenju, 1994. godina;
- Pravilnik o vrstama otpada 1996. godina;
- Zakon o građenju, 1992. i 1995. godina.

Hrvatski državni sabor je 1997. godine ratificirao *Ugovor o europskoj energetskoj povelji* koja pretpostavlja uvođenje modela dugoročne energetske suradnje europskih zemalja u okvirima tržišnog gospodarstva. Vlada RH je 1998. godine donijela Uredbu o potvrđivanju Protokola Energetske povelje o energetskoj efikasnosti i pripadajućim problemima okoliša kojim je definirana politika održivog razvitka [4].

2.3.2. *Međunarodni dogovori*

S ciljem ublažavanja negativnih posljedica utjecaja ljudskog djelovanja na okoliš, u posljednjih su dvadesetak godina, održani brojni međunarodni skupovi i donesen veliki broj konvencija o smanjenju emisije onečišćujućih tvari u atmosferu.

Jedna od prvih konferencija je ona održana u Stockholmu, 1972. godine, značajna po pokretanju *Programa Ujedinjenih naroda za okoliš (UNEP)*.

Na skupu u Ottawi, 1984. godine dogovoreno je smanjenje emisije NO_X za 30% do 1993. godine (Francuska je ponudila smanjenje od 50%).

Međunarodna konferencija u Genevi, 1986. godine rezultirala je dogovorom o smanjenju emisija SO_2.

U Montrealu su, 1987. godine, 24 zemlje potpisale *Konvenciju o zadržavanju proizvodnje spojeva klorofluorugljika* (CFC 11, 12, 113 i 115) na razinama iz 1986, do 1. srpnja 1989. te smanjenju od 50% do 2000. godine. Ovu je konvenciju do 1989. potpisalo 50 zemalja.

Godine 1988. u Torontu je dogovoreno smanjenje emisije CO_2 iz 1988. godine za 20% do 2005. godine. Tema konferencija u Londonu (1990.) i Kopenhagenu (1993.) ponovno je reduciranje proizvodnje CFC kemijskih spojeva [5].

U Rio de Janeiru je 1992. godine postignut *Dogovor o klimi* kojim su usvojene preporuke o smanjenju štetnih utjecaja na okoliš, uz praćenje brzine odvijanja pojedinih procesa u okolini i strogo ograničenje emisija onečišćujućih tvari u atmosferu.

Treće zasjedanje Konferencije država stranaka Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime održano je od 1.-10. prosinca 1997. godine u

Kyotu, a završilo je potpisivanjem *Protokola*, koji bi trebao doprinijeti uspješnom smanjenju emisije onečišćujućih tvari u razdoblju između 2008. i 2012. godine.

Hrvatska je jedna od potpisnica Protokola čiji su najvažniji zaključci:

- razvijene zemlje, uključujući i zemlje u tranziciji, potpisale su međunarodno pravno obvezujući ugovor o smanjenju emisije šest stakleničkih plinova (CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs i SF_6) za 5.2% od 2008. do 2012. godine u odnosu na 1990. godinu, pri čemu pojedinačne obaveze variraju od 8% za EZ, Švicarsku i neke od istočnoeuropskih zemalja, preko 7% za SAD do 5% na kojih se obvezala Hrvatska;
- *Protokol* stupa na snagu ratificiranjem od strane minimalno šest industrijski jakih zemalja koje zajedno emitiraju najmanje 55% ukupne svjetske emisije stakleničkih plinova.

Najveća važnost Konferencije u Kyotu je taj što će stupanjem *Protokola* na snagu, on postati prvi međunarodno obvezujući dokument koji će sve zemlje potpisnice morati ugraditi u svoje zakonodavstvo i uvažavati kao postulat u donošenju i provedbi nacionalnih gospodarskih strategija, planova i programa.

2.4. Mjere smanjenja ekoloških posljedica korištenja energije u zgradama

Nekoliko je osnovnih mjera smanjenja ekoloških posljedica korištenja energije u zgradama:

- korištenje obnovljivih izvora energije (sunce, vjetar, biomasa, geotermalna energija i dr.) u što većoj mjeri;
- odabir čišćih fosilnih goriva (plin);
- povećanje energetske efikasnosti tijela zgrade (pojačana toplinska izolacija, brtvljenje i dr.);
- povećanje energetske efikasnosti svih uređaja i sustava u zgradi;
- primjena bioklimatskih projektantskih tehnika;
- razvitak pasivne solarne arhitekture.

Pod pojmom bioklimatskih projektantskih tehnika podrazumijeva se, prigodom projektiranja zgrade uzeti u obzir pasivno grijanje i hlađenje, prirodno provjetravanje i osvjetljenje i druge eventualne bioklimatske prednosti područja na kojem se zgrada nalazi. Razvitak pasivne solarne arhitekture, zbog prirodnih insolacijskih značajki, prvenstveno u priobalju i na otocima jedan je od temeljnih preduvjeta smanjenja potrošnje energije za zagrijavanje i poboljšanja ekoloških karakteristika tog prostora.

Nažalost, u arhitekturi turizma u Hrvatskoj, usprkos idealnim klimatskim uvjetima i sunčevom zračenju dostatnom za uporabu pasivnim načinom, energetski svjesne pasivne solarne arhitekture zapravo niti nema. Primarni prostori turističkih kapaciteta, pretežno su kvalitetno insolacijski disponirani, čime je osiguran znatan udio solarne energije u energetskoj bilanci predsezonskog i poslijesezonskog razdoblja, pri čemu je važno primjenjivati propisanu vanjsku zaštitu od sunca, kako bi se u vršnoj točki sezone izbjeglo pregrijavanje prostora i time smanjilo troškove hlađenja aktivnim sustavima. Na taj bi se način osigurala i potrebna svjetlosna udobnost korisnika uz pozitivan ekološki doprinos [15].

Radi zaštite okoliša potrebno je pokrenuti sustave aktivnosti kojima bi se utjecalo na buđenje ekološke svijesti hrvatske javnosti:

- kontinuiranim obavještavanjem o ekološkim obilježjima korištenja energije u zgradama putem elektronskih medija i javnih glasila;
- organiziranjem većeg broja simpozija i predavanja o utjecaju gospodarenja energijom u zgradama na okoliš;
- objavljivanjem publikacija;
- organiziranjem savjetovališta za građane o mogućnostima racionalnog i ekonomski isplativog gospodarenja energijom.

U sljedećih bi nekoliko godina trebalo provesti analize:

- utjecaja primjene raznih energetskih uređaja i sustava na smanjenje emisije onečišćujućih tvari;
- utjecaja odabira građevinskih materijala i elemenata s obzirom na energiju potrebnu za njihovu proizvodnju i ugradnju na smanjenje emisije onečišćujućih tvari;
- međusobnih utjecaja načina građenja, potrebne energije i smanjenja emisije onečišćujućih tvari;
- utjecaja poboljšanja toplinskih karakteristika zgrade u cjelini i njenih pojedinih dijelova na smanjenje onečišćenja okoline;
- utjecaja poboljšanja toplinskih svojstava zgrade u cjelini i njenih pojedinih dijelova na psiho-fizičku udobnost stanara.

Nadalje, nužno je normizirati energetsko-mikroklimatsku kvalitetu izgradnje u odnosu na onečišćenje okoline i uvesti obvezu izdavanja energetske iskaznice (Energiepass) za svaku pojedinu zgradu.

Iako će razvitak sustava energetske efikasnosti u zgradarstvu svojim najvećim dijelom doprinijeti djelotvornijem gospodarenju energijom i zaštiti okoliša, ipak je od velike važnosti procijeniti njegov utjecaj na okoliš [7]. U Hrvatskoj je provedba procjene utjecaja na okoliš (PUO) regulirana *Uredbom o procjeni utjecaja na okoliš* (Narodne novine br. 34/1997.) i pratećim *Popisom zahvata* (Narodne novine br. 37/1997.). Uredbom se imenuju zahtjevi za čije je izvođenje nužna procjena utjecaja na okoliš, određuje sadržaj studije o utjecaju na okoliš, sudjelovanje javnosti i druga pitanja. Postojeći standardi procjene, međutim, neadekvatno obrađuju ili posve izostavljaju neke od potencijalnih utjecaja na okoliš. Primjenom strateške procjene utjecaja na okoliš (SPUO) moguće je već u fazi planiranja dobiti uvid u potencijalne negativne utjecaje planiranih zahvata na okoliš. Strateška procjena utjecaja na okoliš je, ustvari, sustavni i sveobuhvatani proces procjene utjecaja politike, planova i programa (PPP) na okoliš [9].

3. MJERE ZA POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI U ZGRADAMA

3.1. Zakonodavno uređenje područja toplinske zaštite zgrada

Važeće hrvatsko zakonodavstvo kojim se regulira energetska i ekološka efikasnost u zgradama karakterizira zastarjelost i neusklađenost sa zakonskom legislativom u zemljama Europske unije, iz čega slijedi nužnost izrade novog zakonodavstva. Pojedine zemlje Europske unije imaju već dulje vrijeme područje građevinske toplinske zaštite pravno i tehnički uređeno u skladu sa svojim specifičnim uvjetima i potrebama. Izrada legislative na razini EU pokrenuta je formiranjem radne grupe Europske unije *Committee for Standardization (CEN)*, a trenutno su u pripremi EU standardi CEN/TC 89 koji propisuju minimalne toplinske zahtjeve za zgrade u cjelini, odnosno pojedine elemente zgrade.

Zakonodavno uređenje područja toplinske zaštite u Hrvatskoj, može se podijeliti u četiri osnovne kategorije [10]:

- norme i propisi koji određuju minimalne zahtjeve u pogledu toplinske zaštite zgrada koji moraju biti ispunjeni prigodom projektiranja i građenja;
- norme i propisi koji određuju metode proračuna toplinsko-tehničkih karakteristika pojedinih građevinskih elemenata;
- norme i propisi koji određuju metode i uvjete ispitivanja toplinsko-tehničkih karakteristika građevinskih materijala, elemenata i sklopova, ili definiraju pojedine komponente mjerne opreme za toplinska mjerenja;
- norme i propisi koji se odnose na sustave grijanja, klimatizacije i provjetravanja.

Osnovna svrha navedenih normi je zadovoljiti tri glavna cilja toplinske zaštite:

a) osigurati racionalno korištenje energije;
b) osigurati povoljne uvjete mikroklime u prostoru zgrade;
c) zaštititi građevinske elemente od oštećenja radi građevinsko-fizikalnih djelovanja.

Zakon o građenju sadrži pravne pretpostavke za daljnje uređenje područja toplinske zaštite zgrada putem odgovarajućih tehničkih propisa i normi, po uzoru na njemačka rješenja i uz usklađivanje s relevantnim dokumentima EU [11].

Aktivnosti na zakonodavnom uređenju područja toplinske zaštite trebaju se odvijati u dva osnovna pravca [2]:

- inovacijom postojećih hrvatskih normi ;
- izradom novih tehničkih propisa po uzoru na njemačku inoviranu *Naredbu o toplinskoj zaštiti* od 1. siječnja 1995.

Bitne odrednice novih propisa trebaju biti:

- viša razina toplinske izolacije zgrade utvrđena ekonomskom optimalizacijom sume investicijskih i eksploatacijskih troškova;
- pored proračuna toplinskih gubitaka obvezati projektante na proračun solarnih i internih toplinskih dobitaka čime bi se stimulirao razvoj pasivne solarne arhitekture;
- zahtjeve oblikovati u skladu s dokumentima EU u obliku dozvoljene godišnje potrošnje toplinske energije po m^2 grijane površine ili m^3 grijanog volumena zgrade;
- obvezati vlasnike zgrada da kod svake veće građevinske intervencije na vanjskim elementima zgrade (obnova, preinake, dogradnja i sl.) iste toplinski dodatno izoliraju ako je njihova toplinska izolacija ispod vrijednosti određene novim propisom;
- obvezati graditelje na izdavanje energetske iskaznice (Energiepass) za svaku pojedinu zgradu.

Generalne smjernice i zakonska regulativa za pasivnu solarnu arhitekturu postoje u urbanističkoj i arhitektonsko-građevinskoj regulativi, ali samo na razini osiguranja temeljnih preduvjeta, odnosno još su uvijek preopćenito formulirani da bi osigurali dosljedno provođenje energetski i ekološki efikasnih projekata [16].

Izrada nove tehničke regulative za uporabu pasivnih solarnih sustava treba obuhvatiti:

- propisivanje minimalnih uvjeta i standarda koje pasivni sunčani arhitektonsko-građevinski elementi moraju zadovoljavati;
- ovlašćivanje institucija za atestiranje energetski efikasnih proizvoda;
- ustanovljenje znaka energetske i ekološke kvalitete.

3.2. Označavanje i standardizacija energetskih sustava i uređaja

Energetske oznake su potvrda kvalitete uređaja s obzirom na njihovu energetsku efikasnost, pri čemu se uređaji prema potrošnji energije dijele na sedam stupnjeva energetske efikasnosti označenih slovima od A do G (grupu A čine energetski najefikasniji uređaji) [8].

Obveza označavanja opreme (od eng. labeling) je imperativ uspostave modernog, energetski i ekološki osvještenog nacionalnog gospodarstva, kompatilnog s europskim, energetskim tokovima. Označavanje mora biti jasno i precizno, prema točno određenoj shemi kako bi se već na samom početku izbjegli svi potencijalni nesporazumi u svezi sa značenjem i porukom energetske oznake.

Označavanje olakšava proces uvođenja termina energetske efikasnosti u marketinšku strategiju, informirajući potrošača o karakteristikama uređaja i podsjećajući ga pritom na potrošnju energije kao relevantan kriterij prigodom odabira.

S druge strane, označavanje energetske opreme je jak poticaj proizvođačima da radi izbjegavanja loše oznake na svom proizvodu povećaju njegovu energetsku efikasnost.

Bitan preduvjet uspješnog uvođenja energetskih oznaka u hrvatsko gospodarstvo je definiranje minimalnih standarda energetske efikasnosti opreme i novih tehnologija po uzoru na ISO ili CEN standarde. CEN standardi su u većini slučajeva prošireni i pooštreni ISO standardi, koji zamjenjuju do sada važeće standarde zemalja članica Europske unije.

Proizvodi koji zadovoljavaju CEN standarde dobivaju oznaku CE koja im osigurava plasman na tržište EZ i izvoz u države članice EFTA. Na taj je način, svim onim proizvodima koji nisu prošli propisana testiranja i dobili CE oznaku, djelotvorno onemogućen prodor na europsko tržište.

Prihvaćanje CEN standardizacije uspješno će zaustaviti dosadašnju praksu pretvaranja Hrvatske, radi niskog životnog standarda prosječnog potrošača, u veliko tržište zastarjele i neefikasne energetske opreme.

Nadalje, prihvaćanje standarda EU osigurava konkretnu financijsku potporu Europske banke za obnovu i razvitak, Europske investicijske banke, kao i brojnih drugih svjetskih i europskih financijskih institucija.

3.3. Ekonomske, financijske i fiskalne mjere

Za učinkovito provođenje programa energetske efikasnosti u zgradarstvu, nužno je osigurati kontinuiran i siguran priljev novčanih sredstava.

Fondove za financiranje programa energetske efikasnosti i zaštite okoliša u zemljama srednje i istočne Europe najčešće osniva Vlada zajedno s nadležnim ministarstvom ili ministarstvima (obično znatnog udjela u njihovom osnivanju i djelovanju ima i Ministarstvo financija) kao autonomnu instituciju.

Jedan od glavnih izvora popunjavanja fondova je naplata kazni industrijskim i ostalim zagađivačima zbog nepridržavanja propisa i standarda zaštite okoliša (primjena tzv. "polluter pays" principa). Fondovi se, između ostalog, koriste za financiranje mjera zaštite okoliša, energetske efikasnosti i korištenja obnovljivih izvora putem bespovratnih sredstava (tzv. grants) i izdavanjem zajmova s niskom kamatnom stopom (tzv. soft loans) javnom i privatnom sektoru.

Dva su osnovna institucionalna modela fonda za financiranje $KUEN_{zgrada}$ u sklopu NEP_{fond}–a, namijenjenog financiranju projekata energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije [7]:

- kreditno-investicijski model;
- fond za dodjelu bespovratnih sredstava.

Državni proračun je jedan od najpouzdanijih izvora, ali radi njegovog, trenutačno velikog opterećenja, nije realno računati na veliki udio kapitala, iako bi u slučaju uspostave kreditno-investicijskog fonda, državni proračun mogao predstavljati značajan jednokratni izvor temeljnog kapitala.

"Dug za okoliš" je mehanizam financiranja utemeljen sredinom ž80-tih a bazira se na bilateralnim sporazumima sa zemljama kreditorima o pretvaranju dijela duga neke zemlje u sredstva namijenjena zaštiti okoliša, energetskoj efikasnosti i obnovljivim izvorima energije, uz zadovoljenje određenih uvjeta. Jedan od uvjeta je da dug prema određenoj zemlji ili grupi zemalja (npr. pariški ili londonski klub) mora biti dovoljno velik da bi se parcijalno pretvorio u namjenska sredstva (ovakvi sporazumi obično pretvaraju 1-10% duga, u ovisnosti o njegovoj veličini, u namjenski kapital). Sljedeći je uvjet garancija kreditirane zemlje da će se otpisani dio duga zaista utrošiti za financiranje energetske efikasnosti, obnovljivih izvora i zaštite okoliša.

Tarifni sustav u kojem cijene energenata u svojoj strukturi uključuju troškove uspostave sustava energetske efikasnosti, korištenja obnovljivih izvora i gospodarenja okolišem, također je, jedan od mogućih izvora popune fonda [18].

Međunarodni se izvori financiranja mogu podijeliti u tri kategorije:

- Global Environment Facility (GEF);
- multilateralne i bilateralne agencije,
- međunarodne komercijalne banke [7].

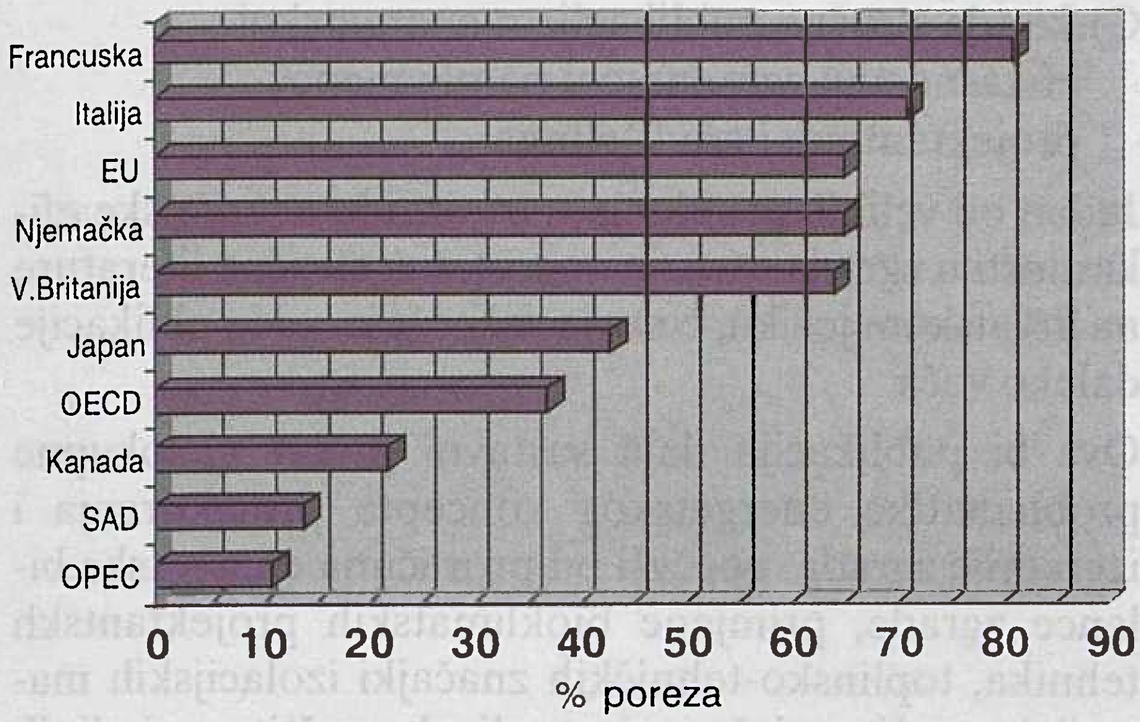
3.4. Pravne i administrativne mjere

Politika cijena raznih vrsta energije, uz različite stope poreza jedna je od najjačih mjera (poticajnih i restriktivnih) kojima država stimulira potrošnju ekološki prihvatljivih energenata. Poticajna mjera za provedbu nacionalnih programa u sektoru energetike je dodatno oporezivanje nečistih energenata, čime bi se s jedne strane zaštitio okoliš, a s druge bi se razlika u stopi poreza mogla koristiti za financiranje programa energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije.

Karakteristično za većinu razvijenih zemalja svijeta je visoko oporezivanje naftnih derivata, čime se stvaraju prihodi u državnom proračunu, dio kojih se kasnije koristi za financiranje raznih vidova programa zaštite okoliša i racionalnog gospodarenja energijom. Ilustracije radi stopa poreza na benzin je sredinom 1996. godine u nekim zemljama Europe dosegla razinu od čak 81% cijene na benzinskoj postaji (Francuska) (sl. 2).

Oporezivanje benzina je u zadnjih desetak godina u razvijenim zemljama Europske unije poraslo za prosječno 38%. Uz ovako visoke poreze zemlje potrošači ostvaruju za nekoliko puta veći prihod po toni nafte od zemalja proizvođača. Trend oporezivanja energenata za račun zaštite čovjekove okoline, u svijetu je sve jači.

Sigurno je jedna od najjačih poticajnih mjera za razvoj energetskog sektora Europska energetska povelja, kojom se prvi put u povijesti, uspostavljaju načela povezanosti energetskog sektora. Europsku energetsku povelju su 17. prosinca 1991. godine u Haagu potpisale 12 članica Europske unije, 7 zemalja istočne Europe, 3 baltičke republike, 11 republika nekadašnjeg SSSR-a, SAD, Japan, Kanada i Australija. Povelju



Slika 2. Pregled stopa poreza na benzin u nekim zemljama [12]

su naknadno potpisali Turkmenistan, Slovenija i Hrvatska (5. veljače 1993. godine u Bruxellesu).

Pristupanje Europskoj energetskoj povelji izuzetno je važan korak u uključenju Hrvatske u europske energetske tokove.

Neke od važnijih pravnih i administrativnih, poticajnih mjera hrvatske države u cilju uspostave zdravog sektora energetike i graditeljstva bile bi sljedeće:

- slobodna konkurencija na domaćem tržištu i suzbijanje monopola;
- slobodni pristup energetskim izvorima i kapitalnim transportnim sredstvima;
- jednaki uvjeti ulaganja za domaće i strane investitore;
- restrukturiranje i privatizacija;
- uvjeti osnivanja i poslovanja trgovačkih društava po uzoru na razvijene zemlje;
- razbijanje energetskog monopola i slobodno formiranje cijena energije;
- smanjenje stope poreza i carina na ekološke i energetski efikasne uređaje i sustave, građevinske tehnologije, elemente i materijale;
- formiranje pravnih tijela za nadzor poslovanja energetskih i građevinskih institucija i poduzeća;
- porezne i carinske olakšice pri dodjeli koncesija na ekološki prihvatljive energente, tehnologije, materijale, opremu, uređaje, postrojenja, objekte i dr.

3.5. Promotivno-propagandne mjere

Poradi implementacije energetske efikasnosti potrebno je sve sudionike u procesu građenja i korištenja zgrada upoznati s posljedicama pretjerane potrošnje energije, od ekoloških do gospodarskih. Za krajnje će korisnike biti posebno interesantni gospodarski pokazatelji, posebice isplativost u relativno kratkom vremenu korištenja zgrada. Važno je što široj javnosti dati pravodobnu i kvalitetnu informaciju kroz medije, informacijski sustav, stručne skupove, izložbe, natječaje, te popratne publikacije.

Mjere za promociju i propagiranje programa mogu se podijeliti u nekoliko kategorija:

- programski skupovi;
- nastupi u medijima;
- izdavačka djelatnost;
- okrugli stolovi;
- informativni skupovi;
- savjetovališta.

Jedna je od djelotvornih mjera uključenje renomiranih stručnjaka u promociju i promidžbu programa obrazlaganjem problematike, te informiranjem o dostignućima u zemljama koje su već provele slične programe.

Promidžbene, informativne i edukativne aktivnosti treba brižljivo planirati i njima obuhvatiti čitavu populaciju pri čemu nije dovoljno samo pozivati na štednju energije već treba davati konkretne savjete i uputstva, inzistirajući pri tom na činjenici da štednja energije ne znači obvezno odricanje i manji komfor već ulaganje u vlastitu budućnost.

U svim promotivnim aktivnostima je značajan što veći angažman resornih ministarstava i državnih institucija u pružanju pravodobnih informacija.

Neke od propagandnih aktivnosti u sklopu programa $KUEN_{zgrada}$ bile bi sljedeće:

- održavanje izložbi s primjerima energetski efikasnih zgrada u Hrvatskoj i svijetu u sklopu tematskih stručnih skupova, te za širi krug ljudi u sklopu sajmova (npr. Sajam graditeljstva na Zagrebačkom velesajmu);
- raspisivanje natječaja za najbolje rješenje niskoenergetske zgrade na području Hrvatske po uzoru na sličan natječaj raspisan u Njemačkoj 1991. godine pod pokroviteljstvom Njemačkog društva arhitekata ("Stanovanje 2000.") koji je prethodio novoj regulativi iz područja toplinske zaštite donesenoj 1995. godine – nadmetanje bi potaknulo projektante i graditelje na iznalaženje najpovoljnijih rješenja u energetski efikasnom projektiranju, oblikovanju, izgradnji odnosno rekonstrukciji zgrada [17];
- organizacija informativnih skupova na temu energetski efikasnih uređaja i sustava u stambenim i gospodarskim zgradama;
- organizacija informacija putem Interneta (izrada WEB stranica uz njihovo kontinuirano ažuriranje).

Dobra informiranost javnosti o ključnim ciljevima programa presudna je za njegovo oživotvorenje. Tek prihvaćanjem javnosti kao ravnopravnog sudionika u gospodarenju energijom i zaštiti okoliša, stječu se osnovni preduvjeti za zdrav gospodarski razvitak zemlje.

3.6. Obrazovne mjere

3.6.1. *Visokoškolsko obrazovanje*

Visokoškolsko i izvanškolsko obrazovanje mora ići ukorak s najmodernijim energetskim i graditeljskim tehnologijama.

Za razvitak energetske efikasnosti u zgradarstvu od velikog je značenja profesionalnom edukacijom osposo-

biti buduće energetičare, arhitekte i građevinare za energetske i graditeljske izazove 21. stoljeća. Nagli razvitak novih tehnologija s jedne i imperativ održivog razvitka s druge strane uvjetuju uvođenje novih kolegija na fakultete.

Na fakultetima treba ustanoviti kolegije usmjerene na cjelovito obrazovanje u prostornom planiranju i projektiranju niskoenergetskih zgrada, gdje se ne bi zadržavalo samo na pojedinim konstruktivnim dijelovima zgrade, već bi pristup trebao biti od urbanističkih planova namjene površine, nagiba i orijentacije zemljišta, bioklimatskih specifičnosti, dimenzija i orijentacija staklenih površina, pa sve do tehnoekonomski optimalnog odabira energetskih uređaja i sustava u zgradi (električni i plinski uređaji, rasvjetni sustavi i sustavi za grijanje, hlađenje i ventilaciju). Na poticaj Ministarstva znanosti i tehnologije Sveučilište bi studentske radove na temu niskoenergetske kuće trebalo posebno istaknuti pri dodjeli redovitih godišnjih nagrada studentima.

3.6.2. *Izvanškolsko obrazovanje*

A) Izrada stručne publikacije o energetskoj efikasnosti uređaja i sustava u zgradama

Iskustva razvijenih zemalja pokazuju da se primjenom energetskih oznaka budi svijest javnosti o potrebi štednje energije, pri čemu je značajna pravodobna, ciljana marketinška kampanja. Hrvatska javnost je slabo upoznata s principima energetske efikasnosti, te je prigodom kupnje bilo kakvog energetskog uređaja, glavni kriterij odabira njegova cijena. Izradom stručne publikacije o enegetskim karakteristikama pojedinih uređaja uz konkretne primjere i usporedbe opreme dostupne na hrvatskom tržištu, široj bi se javnosti, između ostalog, približila i ideja racionalnog korištenja energije [18].

B) Izrada stručnog priručnika o primjeni novih propisa o toplinskoj zaštiti zgrada

Po donošenju novih propisa treba izraditi stručni priručnik, jer su propisi u pravilu koncizni, suhoparni, bez dovoljno detalja, tako da su moguća kriva tumačenja i nesporazumi. Osim toga, pored slova propisa, postoji i duh propisa, koji često, za manje upućene korisnike nije odmah prepoznatljiv. Stoga bi bilo korisno s obzirom na veliku važnost uređenja ovog područja graditeljstva, izraditi odgovarajući priručnik o implementaciji propisa u svakodnevnu projektantsku i graditeljsku praksu. Pored tumačenja pojedinih zahtjeva iz propisa te ciljeva koji se njima žele postići, u priručniku će biti dani i konkretni primjeri ispravnih rješenja. Nadalje, bit će predložen sadržaj i forma elaborata toplinske zaštite zgrade koji treba napraviti u fazi izrade glavnog projekta zgrade kao dio projektne dokumentacije za dobivanje građevinske dozvole.

U sklopu ovog priručnika trebaju se naći i primjeri proračuna koji će olakšati korištenje Pravilnikom.

C) Izrada stručne publikacije o energetskoj efikasnosti u zgradarstvu namijenjene projektantima i graditeljima

Jedan od velikih problema u tretiranju energetske efikasnosti u zgradarstvu je nedostatak stručne literature na hrvatskom jeziku, čime je važnost izrade publikacije daleko veća.

Ova bi publikacija dala sustavni prikaz cjelokupne problematike energetskog koncepta projektiranja i izgradnje zgrada, počevši od proračuna energetske bilance zgrade, primjene bioklimatskih projektantskh tehnika, toplinsko-tehničkih značajki izolacijskih materijala, načina rješavanja toplinske zaštite pojedinih elemenata zgrade, pa do prikaza svih potrebnih proračuna, uključivo i financijske pokazatelje investicijskih i eksploatacijskih troškova, korištenjem s jedne strane saznanja i podataka iz bogate svjetske literature, a s druge konkretnih iskustava naših stručnjaka.

D) Izrada stručne publikacije o energetskoj efikasnosti u zgradarstvu namijenjene samostalnim neprofesionalnim graditeljima i vlasnicima obiteljskih kuća

Samostalni neprofesionalni graditelji i vlasnici privatnih kuća orijentirani su na izgradnju uz minimalne troškove građenja, pri čemu ne raspolažu potrebnim informacijama o povratnoj isplativosti ulaganja u koncepciju građenja u vidu pojačane toplinske zaštite zgrada i primjene bioklimanskih projektantskih tehnika. Cilj ove publikacije je na što jednostavniji način objasniti potrebu čuvanja energije i zaštite okoliša, poboljšanje toplinske i svjetlosne udobnosti primjenom koncepta pasivne solarne arhitekture u dobro toplinski izoliranim zgradama i obiteljskim kućama, smanjenje mogućih građevinskih šteta, te isplativost u vidu smanjenih troškova za energiju u budućnosti. Publikacija treba sadržavati tehnička rješenja primjene na jednostavnim obiteljskim kućama i zgradama, slikovito, sa svim podacima o vrstama, preporučljivim debljinama i kvaliteti materijala, opcijama povoljnih sustava za grijanje, uz pojednostavljena objašnjenja alternativnih izvora energije, prvenstveno solarnog.

Osnovni je cilj ovakvih publikacija uvjeriti čitatelja da je ulaganje u pojačanu toplinsku zaštitu uz primjenu bioklimatskih projektantskih tehnika financijski rentabilno, višestruko korisno i tehnički relativno jednostavno izvedivo.

E) Izrada stručne publikacije o mogućnostima poboljšanja energetske efikasnosti postojećih zgrada

Bez ozbiljnog zahvata na postojećem fondu zgrada, koji je svojim najvećim dijelom nedovoljno toplinski izoliran, nije moguće, u kraćem vremenu, postići neke značajnije rezultate u uštedi energije na razini države. Stoga područje energetskog poboljšanja postojećih zgrada zahtijeva posebnu publikaciju u kojoj će se detaljno obraditi, ne samo problematika toplinske

zaštite, već i svi tehnički i tehnološki elementi koji su u svezi sa sanacijskim zahvatima.

Postojeće zgrade predstavljat će veliki problem u provedbi programa energetske efikasnosti jer je, u pravilu, njihove korisnike teško navesti na nepredviđene investicije. Iz tog je razloga njihova što bolja informiranost kroz stručne publikacije o mogućim najjednostavnijim rješenjima, te o potrebi i opravdanosti njihove primjene, od velike važnosti.

Publikacija treba sadržavati prijedloge konkretnih rješenja sanacije pojedinih elemenata zgrade (fasada, krovova, pregrada prema negrijanim prostorima i dr.) na temelju provedenih ekonomskih optimalizacija toplinske zaštite različitih izolacijskih materijala i debljina postojećih konstrukcija, uz preporuke za instalaciju najefikasnije energetske opreme.

3.7. Mjere međunarodne suradnje

Za uspješno provođenje programa, osim financijskog, važni su i drugi aspekti međunarodne suradnje.

Kroz čitav period od pokretanja programa do danas vršeni su pokušaji uspostave što bolje suradnje s međunarodnim institucijama i agencijama na polju energetike i graditeljstva.

U razvijenim se zemljama posljednjih desetak godina intenzivno provode brojni programi poradi poboljšanja energetske efikasnosti u zgradarstvu, koji su za nas interesantni s jedne strane zbog predloženih, tehnoloških a s druge zbog brojnih edukativnih rješenja.

Jedan od primjera vrlo uspješnog edukativnog programa je NEET program (*National Environmental Education and Training Program)* uspostavljen od strane United States Department of Energy, poradi edukacije javnosti i približavanja ideje energetske efikasnosti krajnjem korisniku [2].

Neki od najznačajnijih energetskih projekata Europske zajednice su sljedeći:

- THERMIE (1990.-1994.);
- JOULE-THERMIE (1995.-1998.);
- SAVE I (1991.-1995.) 14;
- SAVE II (1995.-);
- SYNERGY;
- Urban Energy and Endvironmental Indicators (Pokazatelji utjecaja potrošnje energije u zgradarstvu na okoliš) [13];
- Energy Efficiency 2000 (Energetska efikasnost 2000);
- Energy Comfort 2000 - EC 2000 (Energetska udobnost 2000);
- Wohnen 2000 (Stanovanje 2000) [17];
- European Housing Ecology Network – EHEN (Mreža europskog ekološkog stanovanja);
- Low Endvironmental Impact New Housing – LEINH (Projekt ekološke izgradnje);
- Residental Energy Management in the Mediterranean Area – REMMA (Program gospodarenja energijom u stambenom sektoru mediteranskog podneblja).

Za uspješnu provedbu programa značajno je putem međunarodne suradnje osigurati pomoć pri izradi zakonodavne regulative (PHARE program), prikupljanju potrebnih podataka i informacija, pribavljanju programskih paketa za analizu relevantne problematike, uključivanju u međunarodne razvojne i istraživačke projekte i dr.

4. ZAKLJUČAK

Ubrzani tehnološki progres i nagli razvitak industrije, porast svjetskog stanovništva i potrošnje dobara i usluga neizostavno rezultiraju zagađenjem čovjekove okoline i devastacijom osnovnih životnih resursa.

Aktivnosti u sklopu programa $KUEN_{zgrada}$ bazirane su na ekološkom pristupu energetskom i graditeljskom sektoru, uz uvažavanje svih preuzetih obveza o smanjenju emisija onečišćujućih tvari u atmosferu u Hrvatskoj.

Rad na programu temelji se na postulatu da je zaštita čovjekove okoline imperativ održivog razvitka u novom tisućljeću.

U članku su detaljno opisane mjere za provedbu programa koje zajedno čine okruženje i ciljeve energetske i graditeljske politike kojima se prema programu očituje Vlada i njene institucije, grad i lokalna tijela samouprave, vlasnici zgrada i stanari.

Prihvaćanje mjera za provedbu programa od strane Vlade i nadležnih ministarstava i institucija najjači je poticaj realizaciji samog programa.

Vrednovanje svake pojedine mjere provodi se ovisno o tome koliko ona doprinosi:

- povećanju korištenja obnovljivih izvora energije;
- smanjenju nepovoljnih utjecaja na okoliš, život i zdravlje ljudi;
- povećanju energetske i ekonomske efikasnosti korištenja energije;
- psiho-fizičkoj udobnosti korisnika zgrada;
- stabilnosti, sigurnosti i kvaliteti opskrbe energijom;
- uspostavljanju sustava efikasnog marketinga utemeljenog na novostvorenom povjerenju proizvođača (energetske i građevinske opreme i energije) i korisnika;
- provedbi kvalitetnog informiranja svih subjekata energetskog i graditeljskog sektora;
- upoznavanju široke javnosti s ekološkim i energetskim problemima, te konkretnim mogućnostima njihovog rješavanja.

Poradi smanjenja potrošnje toplinske energije važno je uskladiti norme i propise koji uređuju područje toplinske zaštite zgrada sa sljedećim zakonima [1]:

- Zakonom o građenju (NN 77/1992 i NN 33/1995);
- Zakonom o zaštiti okoliša (NN 82/1994);
- Zakonom o prostornom uređenju (NN 30/1994);
- Zakonom o obnovi (NN 24/1996);
- Zakonom o komunalnom gospodarstvu (NN 29/1993).

Nizom poticajnih i restriktivnih mjera države može se značajno potaknuti veće korištenje obnovljivih izvora energije, prvenstveno solarne i povećanje energetske efikasnosti u zgradama:

- uvođenjem tzv. CO_2 takse (državna taksa na proizvodnju energije iz krutih i tekućih fosilnih energenata);
- stimuliranjem kupnje "zelene električne energije" kroz smanjenu stopu PDV-a;
- zakonskom obvezom primjene bioklimatskih projektantskih tehnika i pasivne solarne arhitekture;
- pooštrenjem propisa o toplinskoj zaštiti zgrada;
- uvođenjem označavanja opreme energetskim oznakama;
- uvođenjem energetske iskaznice (Energiepass) za svaku pojedinu zgradu;
- formiranjem državnih fondova za provedbu nacionalnih programa energetske efikasnosti i obnovljivih izvora (NEP_{fond}).

Provođenjem navedenih mjera bit će uspostavljeni mehanizmi sustavnog praćenja, analize i rješavanja ekološke i energetske problematike pri projektiranju, izgradnji i korištenju stambenih i gospodarskih zgrada u Hrvatskoj.

LITERATURA

[1] F. KRITOVAC, V. ŠIMETIN: "Analiza graditeljstva Hrvatske", PROHES, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, srpanj 1996.

[2] V. KOLEGA: "Uvod u nacionalni program energetske efikasnosti u zgradarstvu – $KUEN_{zgrada}$", Energija br. 5, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, listopad 1999.

[3] EKONERG "Emisija onečišćujućih tvari u zrak iz energetskog sektora", Energija u Hrvatskoj 1994.-1998., Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva RH, Zagreb, prosinac 1999.

[4] G. GRANIĆ [et. al.]: "Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske: nacrt", Ministarstvo gospodarstva RH, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1998.

[5] V. KOLEGA [et. al.]: "$KUEN_{zgrada}$ – Program energetske efikasnosti u zgradarstvu: prethodni rezultati i buduće aktivnosti", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, travanj 1998.

[6] W. ZAPKE:"Ökologische Altbausanierung", DBZ 10/96

[7] G. GRANIĆ, B. JELAVIĆ [et. al.]: "Nacionalni energetski programi: uvodna knjiga", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, travanj 1998.

[8] P. BERTOLDI, A. RICCI, B. H. WAJER: "Energy Efficiency in Household Appliances", Proceedings of the First International Conference on Energy Efficiency in Household Appliances, Florence, November 1997.

[9] R. THERIVEL [et. al.]: "Strategic Environmental Assessment. Earthscan, London 1992.

[10] V. ŠIMETIN [et al.]: "Pregled i ocjena građevinsko-tehničke regulative-Knjiga VII. Ušteda energije i toplinska zaštita, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 1997.

[11] Smjernice Vijeća Europske zajednice 89/106 o građevinskim proizvodima, Temeljni dokument o uštedi energije i toplinske zaštite, 21. prosinac 1988.

[12] H. PETRIĆ [et. al.] "KOGEN: "Program kogeneracije: prethodni rezultati i buduće aktivnosti", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, travanj 1998.

[13] Europe 1994, Urban Energy and Environmental Indicators, Rennes 1994.

[14] Directorate general for Energy (DG XVII): The SAVE Programme: Overview and Future, 1994.

[15] LJ. MIŠČEVIĆ: "Energetska i ekološka arhitektura turizma – pasivni i aktivni sustavi", Energija i ekologija u turizmu, Zbornik radova međunarodnog stručno-znanstvenog simpozija, SEH, Zagreb, 1997.

[16] B. HRASTNIK [et. al.]: "SUNEN – Program korištenja energije sunca: prethodni rezultati i buduće aktivnosti", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, travanj 1998.

[17] K. BAISIN, M. HEGGER: "Architektenwettbewerb "Wohnen 2000", DBZ 3/93.

[18] B. LAPONCHE, B. JAMET, M. COLOMBIER, S. ATTALI: "Energy Efficiency for a Sustainable World", ICE Editions, Paris, 1997.

MEASURES TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS

In the paper, preliminary results of the energy efficiency programme in buildings - KUENzgrada - are given, containing ecological characteristics of the programme and their contribution to environmental protection.

Further, some of the more important measures aiming at the share increase of renewable energy sources and energy efficiency in the Croatian energy and construction sector are described.

Naslov pisca:

Mr. sc. Vesna Kolega, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2000-06-12.

PODMORSKI ENERGETSKI KABELI - NOVA TEHNOLOGIJA IZVEDBE PRIOBALNIH ZAŠTITA I MOGUĆA KOORDINACIJA MEĐU KORISNICIMA PODMORSKIH TRASA

Ivo S a n t i c a, Split

UDK 621.315.2:621.516.6
STRUČNI ČLANAK

Od mehaničkih oštećenja podmorske energetske kabele u priobalju štitimo priobalnom zaštitom. Nakon kratkog pregleda zahtjeva i načina dosadašnje izvedbe zaštite dan je prikaz nove tehnologije. Ovakvim načinom izvedbe priobalne zaštite i grupiranjem podmorskih instalacija u podmorske instalacijske koridore uveliko pridonosimo zaštiti okoliša priobalja i podmorja.

Ključne riječi: energetski podmorski kabeli, priobalna zaštita, podmorski koridori, podmorsko dobro, zaštita okoliša.

1. UVOD

Prve podmorske kabelske veze datiraju iz druge polovice 19-og stoljeća. Već u to doba dio priobalja i otoka bio je povezan podmorskim telegrafskim kabelima.

Strateški značaj ovih veza potkrijepit ćemo podatkom, da je potrebna informacija o položaju neprijatelja, što je ujedno bio i znak za početak jedne od najvećih klasičnih pomorskih bitaka "Bitka pod Visom" 1866. godine prenesena telegrafskim kabelom, čime je tijek i ishod bitke za otok Vis promijenjen.

Zasigurno su ovako važne veze zahtijevale svu ozbiljnost u pripremi, polaganju, održavanju i zaštiti.

Uvidom u dio tadašnje projektne dokumentacije za polaganje i otklanjanje kvarova zadivljuje nas pedantnost izradbe.

Zahtjevnost u pogledu pripremnih radnji podmorskih instalacija danas postaje posebno složena. Korištenje pomorskog dobra obvezuje korisnika na uvažavanje svih relevantnih čimbenika presudnih za određivanje izlaznih točaka i koridora kabelske trase. Postojeće instalacije, urbanističke planove priobalja, tranzitne nautičke i nautičko-turističke putove, ribarstvo, kulturološke navike stanovništva i dr. treba uvažiti u tijeku pripremnih radnji.

Naravno, zaštita okoliša priobalja i podmorja postavlja posebne zahtjeve. Ponekad su ovi zahtjevi u koliziji s elektroenergetskim zahtjevom da trasa bude najkraća udaljenost između ishodišnih točaka.

Detaljniji oceanografski podaci, stečeno iskustvo, građevinske mogućnosti i nove tehnologije vremenom mijenjaju koncepciju izvedbe priobalne zaštite, jednog od najvažnijih segmenata za sigurnost podmorske instalacije.

2. SVRHA PRIOBALNE ZAŠTITE PODMORSKIH ENERGETSKIH KABELA I ZAHTJEVI KOJE ONA TREBA ISPUNITI

Priobalna zaštita je građevinski zahvat čija je temeljna zadaća zaštita energetskog kabela od svih vrsta mogućih mehaničkih oštećenja.

Mehanička oštećenja nastaju u prvom redu kao posljedica djelovanja razornih i erozivnih sila uzrokovanih valovitošću mora. Međutim, moguća su oštećenja i od kobilica brodova, a i od ljudskog nemara, kod odlaganja i transporta teških tereta i sl.

Navest ćemo neke jednadžbe preko kojih dolazimo do osnovnog podatka, tj. podatka na kojoj dubini se može kotrljati kamen kao mogući uzročnik oštećenja. Račun se temelji na oceanografskim podacima u priobalju: visini vala, dužini vala, brzini vala, a ovisan je također o strmini obale, jer ona uvjetuje eventualnu pojavu klapotisa (stojnog vala).

Kritična dubina za stojne valove je:

$$H_{kr} = \frac{L}{4 \cdot \pi} \cdot \ln \frac{L + 2 \cdot \pi \cdot h}{L - 2 \cdot \pi \cdot h} \qquad (m)$$

L - dužina vala (m)
h - visina vala (m)

U praksi kritična dubina kod stojnih valova uzima se u granicama 1,5 h - 2 h.

Maksimalna brzina čestica morske vode na dnu za stojeći val iznosi:

$$V_{max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot h}{\left(\frac{\pi \cdot L}{g} \cdot sh \frac{4 \cdot \pi}{L} \cdot H \right)^{\frac{1}{2}}} \qquad \left({}^{m}/_{sek} \right)$$

Opasna zona ispiranja dna pri vertikalnoj obali nalazi se u granicama od $L/8$ do $3L/8$.

Dozvoljena maksimalna brzina morske vode na dnu iznosi:

- za pijesak 1,5 m/sek
- za kamen do 40 kg težine 2,5 m/sek
- za kamen do 70 kg težine 3,5 m/sek
- za kamen do 140 kg težine 5,0 m/sek.

Veličina kamena kojeg more kotrlja uvjetovana je brzinom mora na dnu.

Prema tome, ovisno o vrsti kabelskog plašta i veličini kamena koji ga može oštetiti donekle definiramo dubinu ugradnje priobalne zaštite.

Naravno, dubina ugradnje ovisna je o geologiji priobalja, iskustvenim saznanjima, a također i o ekonomskim pokazateljima.

Na mjestima gdje energetski kabel nije direktno izložen erozivnom djelovanju mora zaštitu je potrebno izvesti kao preventivu od udaraca kobilice plovila, sidrenja brodova i nekontroliranih radova u priobalju (nasipavanje, izgradnja muleta, marina i dr.).

Važno je napomenuti da je priobalna zaštita skup građevinski zahvat, te kod projektiranja treba uvažiti sve relevantne čimbenike kako bi ga optimizirali u pogledu zahtjevnosti i cijene.

Vijek trajanja priobalne zaštite definiran je vijekom trajanja energetskog kabela, a to znači najmanje 50 godina. Prema tome, treba obratiti pozornost na zahtjev izuzetno kvalitetne izvedbe zaštite i povezanosti s okolnim terenom, kako je stalna erozija valova ne bi oštetila. U ponekim slučajevima do oštećenja je dolazilo neposredno nakon izvedbe već kod prvog nevremena.

Kao što je izgradnja priobalne zaštite skup građevinski zahvat, tako je i sanacija još skuplji zahvat s obzirom na veličinu radova i prisutnost energetskog kabela.

Nova tehnologija izgradnje priobalne zaštite stoga je posebno interesantna jer prvi put ovaj specifični segment postaje praktički "vječan" i nije mu potrebno održavanje.

3. DOSADAŠNJA ISKUSTVA NA KVAROVIMA ENERGETSKIH KABELA U PRIOBALJU

Nekoliko kvarova kao posljedica mehaničkog oštećenja u priobalju potvrda su ozbiljnosti problematike priobalne zaštite energetskih kabela.

Kvar na kabelu 35 kV Kopno - O. Čiovo, uzrokovan je očito ljudskim nemarom. Obala je nasipana ne vodeći računa o kabelu i stanju priobalne zaštite, unatoč svim upozorenjima distributera. Posljedica je bila kvar na kabelu i višemjesečni rad brodogradilišta s reduciranim energetskim režimom uz stalan rizik da jedina preostala 10 kV veza preko dotrajalog kabela također bude prekinuta.

Kvar na 30 kV kabelu Dugi Rat - Postira, također je bio uzrokovan ljudskim nemarom. U ovom slučaju priobalje je nasipano višetonskim kompaktnim odljevima šljake.

I 10 kV kabel Zadar - Preko u priobalju oštećen je izgleda ljudskim nemarom.

Razorno djelovanje valova bilo je više puta uzrok oštećenja priobalne zaštite, ali zahvaljujući pravodobnim intervencijama do kvarova na kabelu nije došlo, ili nam to nije poznato.

Vidljivo je da se oštećenja češće javljaju na kabelima srednjeg napona, jer je njihov broj veći i položajno su bliže naseljenim mjestima.

Ne ulazeći u pojedinosti, postojeća iskustva u "šarolikoj lepezi" tipova priobalne zaštite dosta su dvojbena. Priobalna zaštita starijih energetskih podmorskih kabela srednjeg napona uglavnom je bila izvedena za jednokratnu uporabu, nepogodna kod popravka kabela i nesigurna u duljem razdoblju eksploatacije kabela.

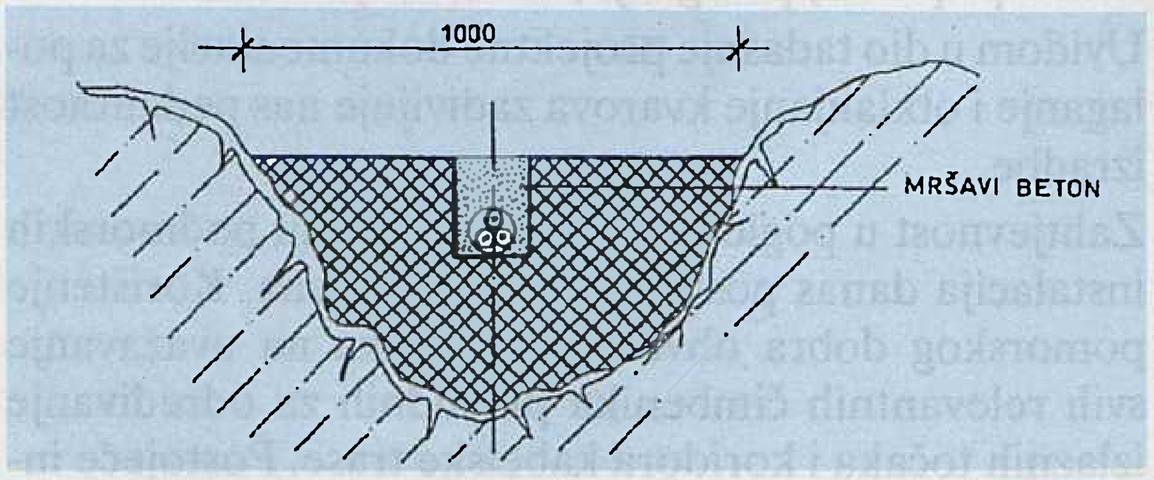
Zbog toga se kod projektiranja "otočnih veza 35 kV" primijenio novi tip priobalne zaštite. Slični elementi ugrađeni su na nekoliko novijih kabelskih podmorskih veza, a primijenjeni su i kod sanacija starih priobalnih zaštita. Ovaj tip zaštite sastoji se od niza dvodjelnih elemenata montažne izvedbe. Svaki ugradbeni element ima preklopni zub za međusobno povezivanje. U utor temeljnog elementa polaže se kabel ili kabeli i nakon polaganja zatvaraju se pokrovnim elementima.

Ovakav tip priobalne zaštite osigurava dosta dobar "komoditet" polaganja, a i demontažu pokrovnog dijela u slučaju zamjene ili popravka kabela.

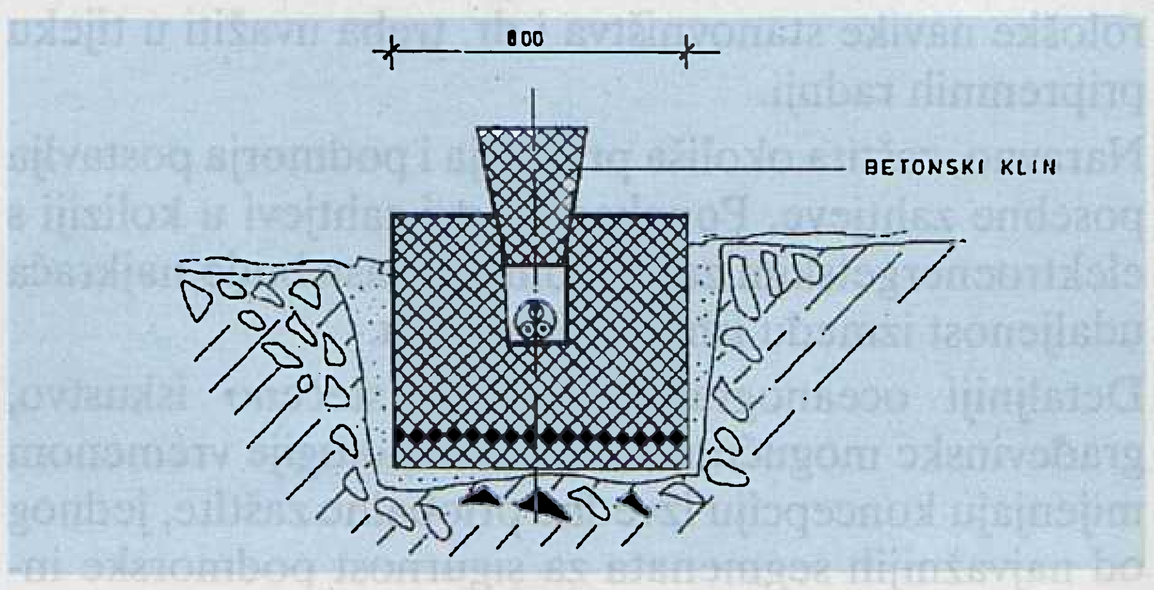
Međutim i ovakva priobalna zaštita krije opasnost od mogućeg pomicanja pojedinačnog elementa okomito na kabel, "smik", a treba obratiti pozornost i na prijelaz kabela iz elementa na morsko dno.

Slike 1, 2, 3, 4, 5 i 6 prikazuju neke primjere izvedbe priobalne zaštite energetskih kabela do 90-ih godina.

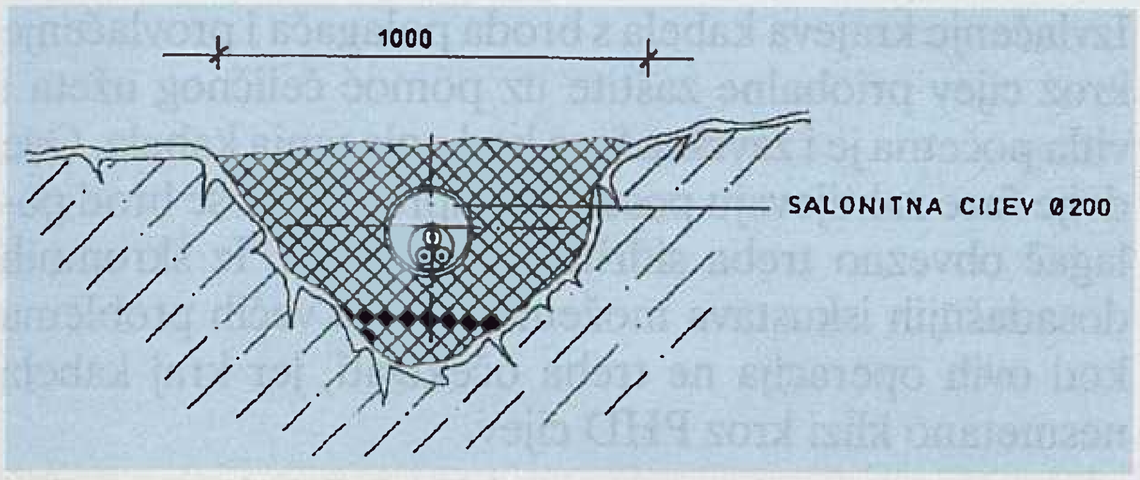
Slika 7 prikazuje tipizirani element priobalne zaštite energetskih kabela ugrađen na "otočkoj vezi 35 kV".



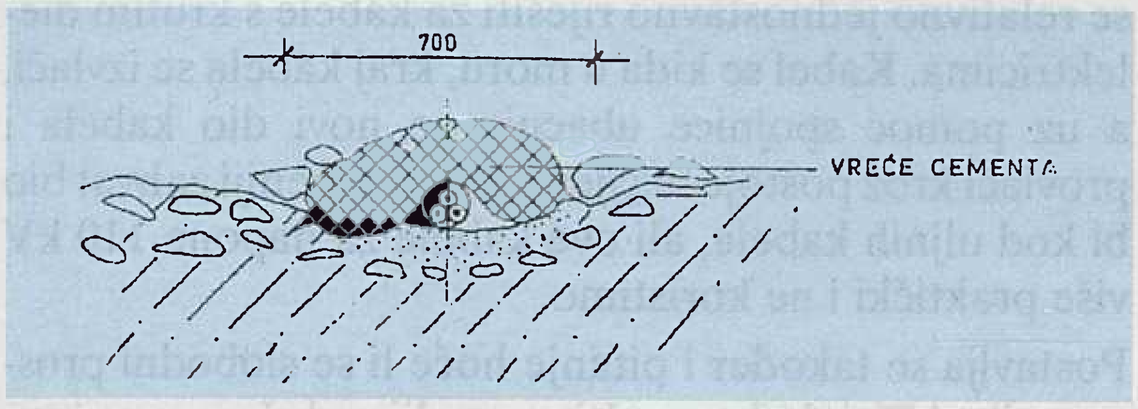
Slika 1. KB 10 kV "Pelješac-Mljet", "Korčula-Lastovo"



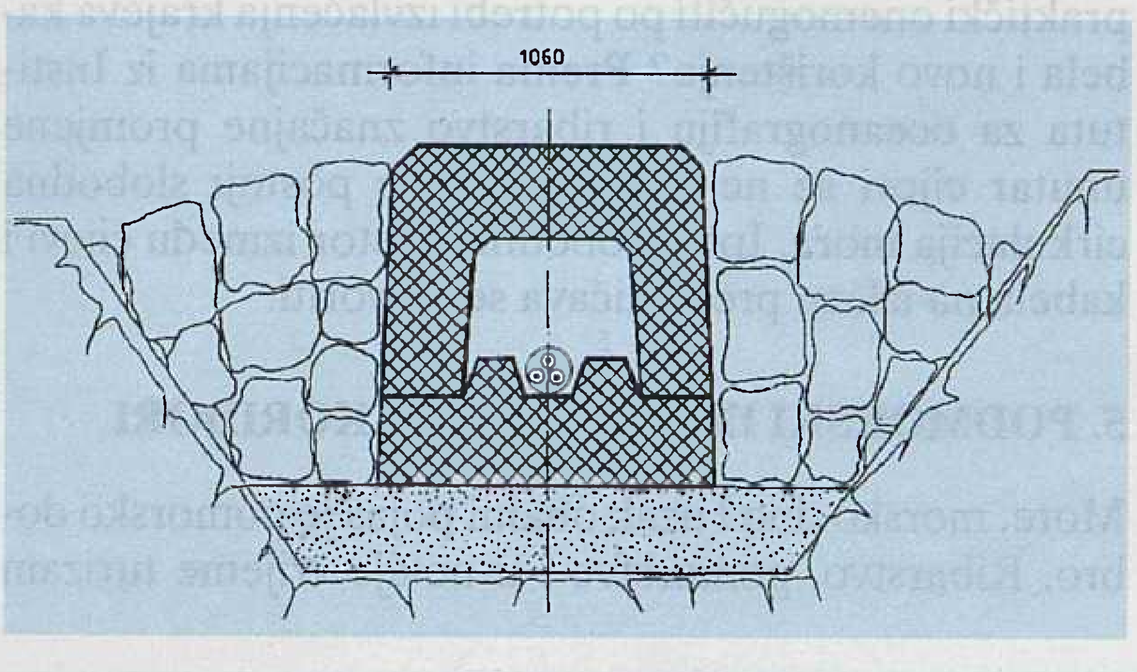
Slika 2. KB 30 kV "Dugi Rat-Postira" (sanacija)



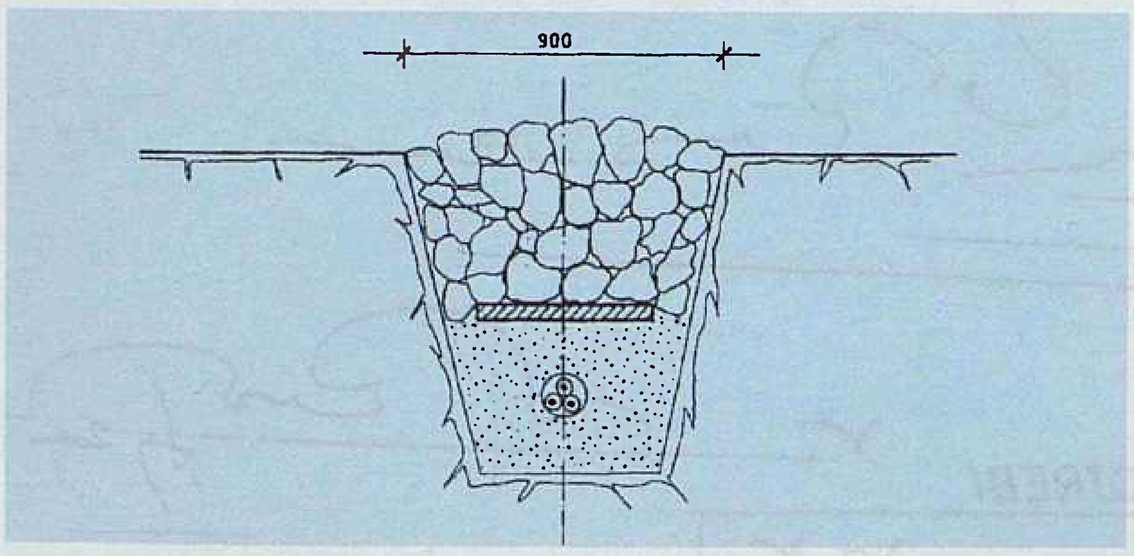
Slika 3. KB 10 kV "Brač-Šolta"



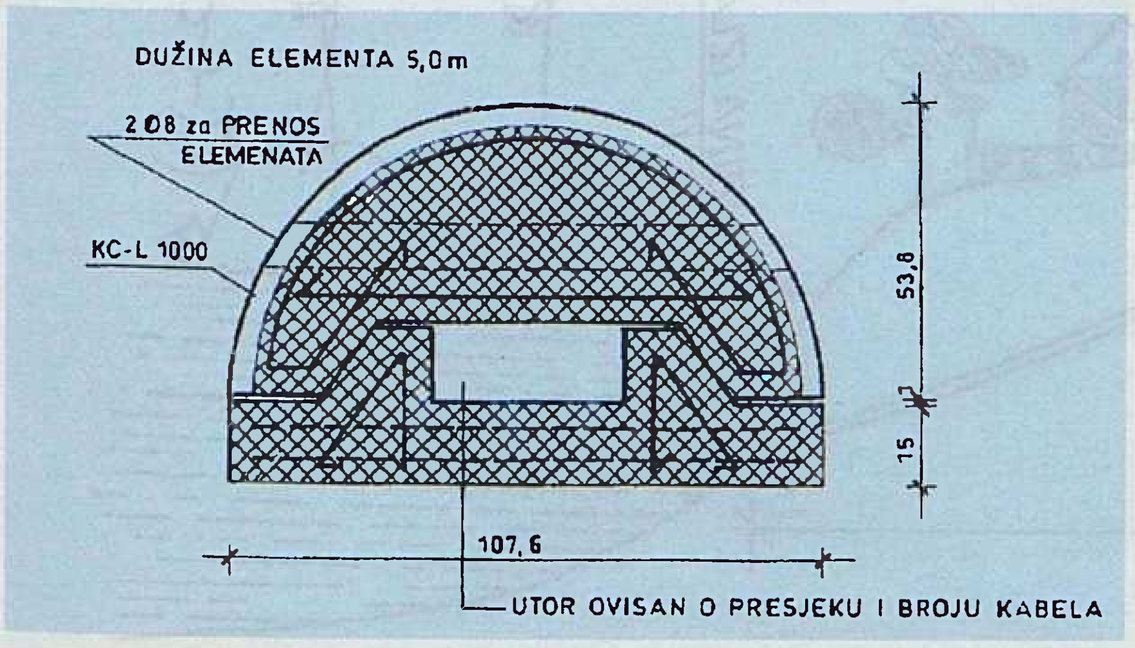
Slika 4. KB 35 kV "Kopno-O. Čiovo"



Slika 5. KB 110 kV "Krk-Rab"



Slika 6. KB 110 kV "Pelješac-Korčula"



Slika 7. "Otočna veza 35 kV"

Praksa je pokazala da se uza sva projektantska nastojanja, prirodni izgled priobalja na mjestu ugradnje priobalne zaštite znatno naruši. Negdje više, negdje manje, ovisno i o suptilnosti izvođača.



Slika 8. Priobalje na mjestu izgradnje priobalne zaštite

4. NOVA TEHNOLOGIJA IZRADE PRIOBALNIH ZAŠTITA

Kod energetskog podmorskog kabela 10(20) kV o. Hvar-o. Sv. Klement (ACI marina Palmižana) priobalna zaštita izvedena je prvi put strojnim bušenjem priobalja i postavljanjem PHD cijevi ∅100 mm u bušotinu kroz koju se naknadno provlače krajevi podmorskog kabela.

Strojem za bušenje probija se okrugla rupa između zacrtanih točaka na kopnu i moru. Na kraj metalne cijevi za bušenje vezuje se polietilenska plastična cijev odgovarajućeg promjera. Izvlačenjem metalnih cijevi uvlači se PHD cijev koja sada predstavlja "podzemnu" priobalnu zaštitu.

Proizvođač bušačke jedinice 8/60 JT i sustava za kamen RS 860 je firma Ditch Witch. Sustav je samostalan osim spoja preko jedne cijevi na potrebni fluid i jednog kabela na električni sustav. Put bušilice, od ulazne do izlazne točke mora biti planiran prije nego bušenje počne. Put bušilice može biti označen po površini zemlje bojom ili označen zastavicama, odnosno plutačama na moru ili natpisom na papiru kao referenca djelatniku izvođaču. Mogućnost savijanja puta bušilice mora se kontrolirati i zadržati u granicama preporuke. Ditch Witch cijevi svrdla su projektirana za savijanje, međutim savijanje preko preporučenih granica će uzrokovati oštećenje koje se ne mora vidjeti. Ovakva oštećenja se akumuliraju i u konačnici mogu voditi nepredviđenom oštećenju cijevi.

Princip rada bušilice je sličan kao i kod ostalih bušilica: primjer za bušenje nafte, vode i sl. Svrdlo uobičajene konstrukcije za bušenje okreće se preko srednje cijevi. Vanjskom cijevi izvodi se rad na određivanju putanje. Kroz unutrašnju cijev pod pritiskom se ubrizgava fluid (npr. mješavina vode i bentonita ili sl.) kojim se ispire

izbušeni materijal s vanjske strane "vanjske cijevi". Time se ujedno i učvršćuje stijenka izbušene rupe. Između stijenke rupe i stijenke vanjske cijevi ima dovoljno prostora, jer je promjer bušećeg svrdla veći od promjera vanjske cijevi. Izvlačenje metalne cijevi koristi se postavljanjem polietilenske cijevi jer se za kraj prve veže početak druge.

U slučaju kada imamo "povratno" bušenje za proširenje prve rupe tada se obično naknadno ponovo provlači metalna cijev da bi se mogla istegnuti polietilenska cijev.

Cijev (priobalna zaštita) promjera ∅ 350 mm koja se može ostvariti ovim strojem zadovoljava zahtjeve elektroenergetskih kabela svih naponskih nivoa.

Ova tehnologija može se primijeniti i kod vodovodnih, plinovodnih i kanalizacijskih instalacija.

HT TK Centar Split vlasnik je ove bušačke jedinice i za zaštitu svojih instalacija u priobalju koristi se već od 1977. god.

HEP koristi prvi put ovaj način zaštite 1999. god. na podmorskom kabelu o. Hvar-o. Sv. Klement (marina Palmižana).

U tijeku je izvedba, odnosno bušenje priobalja za podmorski kabel Drvenik (kopno) - Sućuraj (o. Hvar), a pripremni dogovori napravljeni su i za slijedeće objekte:

Podmorski kabel 10(20) kV: Vinišće - M. Drvenik
Rt Marjana - O. Čiovo
Pučišća - premoštenje vale
Milna - premoštenje vale.

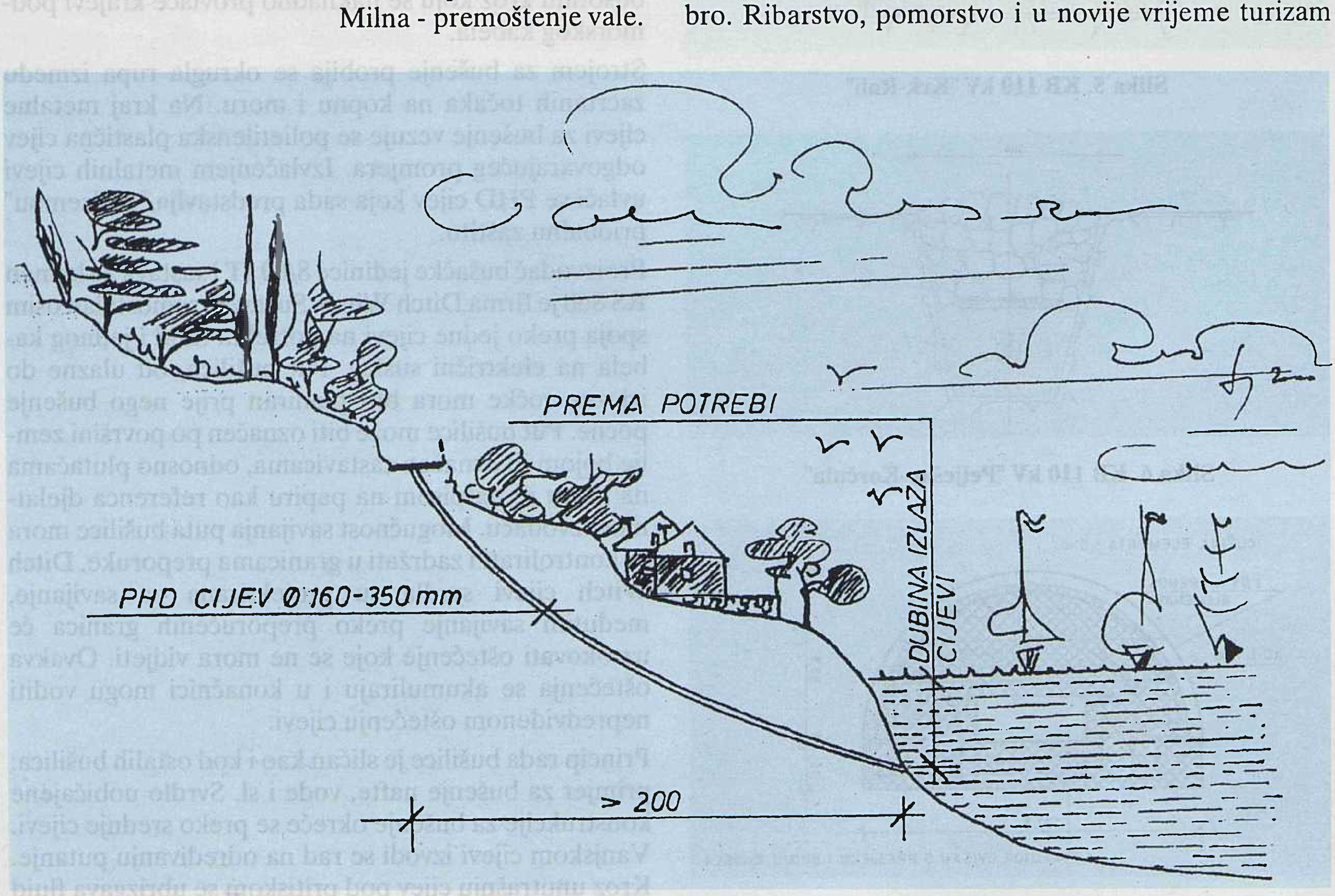
Izvlačenje krajeva kabela s broda polagača i provlačenje kroz cijev priobalne zaštite uz pomoć čeličnog užeta i vitla početna je i završna faza kod polaganja kabela. Ove dvije faze zahtijevaju posebnu pripremu, jer se brod polagač obvezno treba sidriti u četverovez. Iz skromnih dosadašnjih iskustava možemo reći da većih problema kod ovih operacija ne treba očekivati, jer kraj kabela nesmetano klizi kroz PHD cijev.

Postavlja se pitanje što napraviti u slučaju kvara na kabelu baš u cijevi priobalne zaštite? Ovakav slučaj može se relativno jednostavno riješiti za kabele s krutim dielektricima. Kabel se kida u moru, kraj kabela se izvlači, a uz pomoć spojnice ubacuje se novi dio kabela i provlači kroz postojeću cijev. Nešto složeniji zahvat bio bi kod uljnih kabela, ali ove kabele za napone 110 kV više praktički i ne koristimo.

Postavlja se također i pitanje hoće li se slobodni prostor cijevi priobalne zaštite poslije dužeg vremena eksploatacije ispuniti biološkim materijalom, a time praktički onemogućiti po potrebi izvlačenja krajeva kabela i novo korištenje? Prema informacijama iz Instituta za oceanografiju i ribarstvo značajne promjene unutar cijevi se ne očekuju jer ne postoji slobodna cirkulacija mora. Ipak slobodni prostor između cijevi i kabela na izlazu preporučava se zatvoriti.

5. PODMORSKI INSTALACIJSKI KORIDORI

More, morsko dno i uzak obalni pojas je pomorsko dobro. Ribarstvo, pomorstvo i u novije vrijeme turizam



Slika 9. Skica presjeka priobalne zaštite



Slika 10. Izvedbeni presjek priobalne zaštite

značajne su privredne grane koje koriste ove prirodne resurse. Pravilno gospodarenje njima civilizacijska je obveza svake generacije.

Povezivanje otoka s kopnom podmorskim instalacijama neizbježna je potreba. Struja, telefon i voda već su dovedeni na veći dio otoka. Kanalizacijski ispusti grade se i izgrađeni su u većim naseljima. Plinifikacija nas sigurno očekuje.

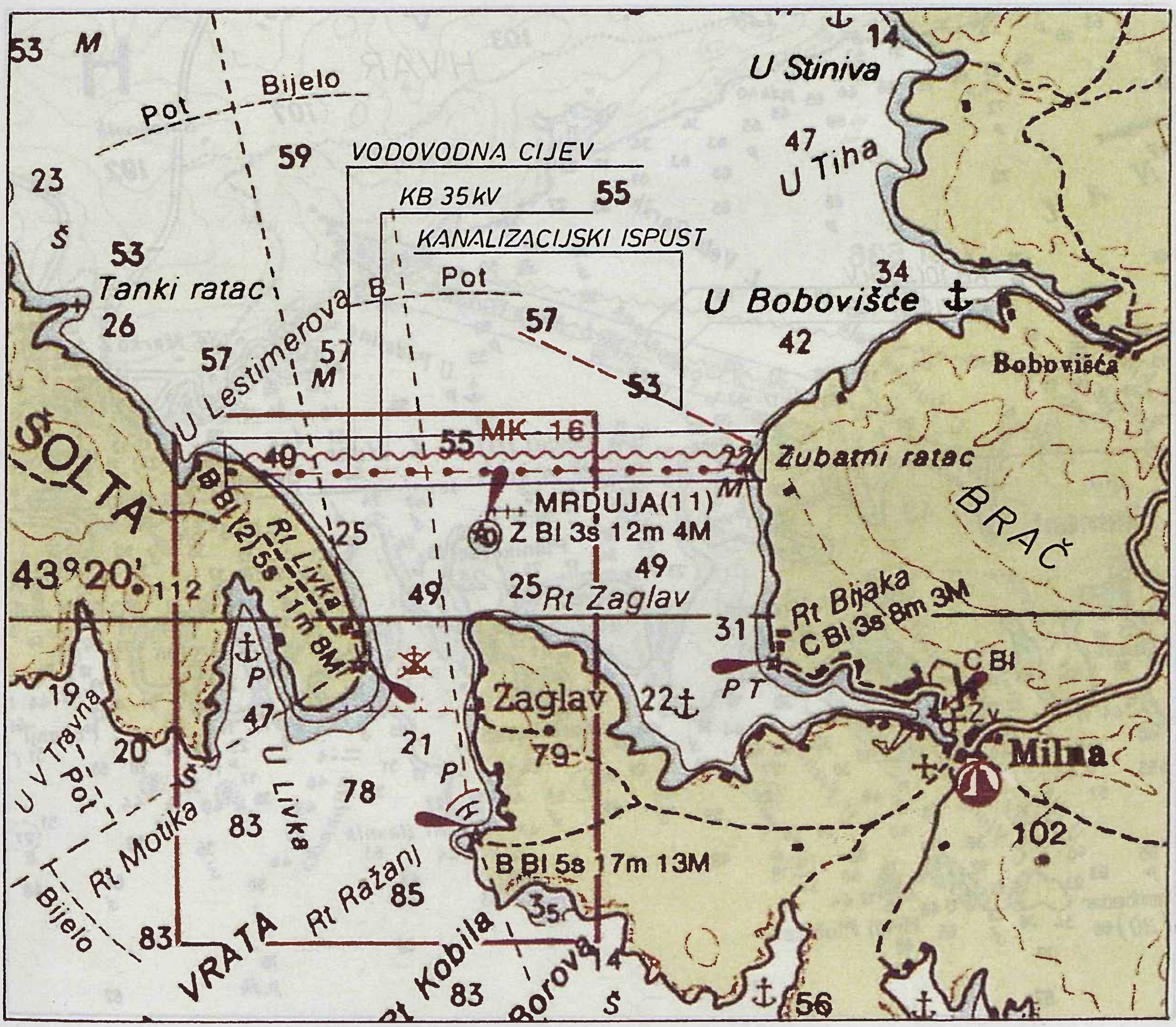
Sve ove instalacije kao i buduće pomalo "parceliraju" morsko dno, sužavajući mogućnosti njegova korištenja kod ribarenja (kočarenja), sidrenja i dr.

Prema tome, grupiranje instalacija u zajednički definiranim podmorskim koridorima bilo bi najbolje rješenje. Do sada se tome nije poklanjala dužna pozornost. Svaki je vlasnik vodio računa o, za sebe, najpogodnijoj i najisplativijoj trasi.

Međutim, zasigurno ovo ne bi trebala biti praksa koja je ovisna o projektantskoj ekološkoj edukaciji ili savjesti, već bi to trebala biti pisana obveza u korištenju pomorskog dobra. Gdje god je to moguće sve podmorske instalacije trebalo bi koncentrirati.

U novije vrijeme imamo niz pozitivnih iskustava, a navest ćemo ih i primjerom.

O. Brač - o. Šolta povezani su u novije vrijeme u istom koridoru vodovodnom cijevi, i 35 kV energetskim ka-



Slika 11. Instalacijski koridor "Brač - Šolta"

belom, a i kanalizacijski ispust mjesta Milne na otoku Braču nalazi se u istom koridoru.

HT je vlasnik stroja za izradu bušotine za priobalnu zaštitu kabela, a HEP je vlasnik stroja i tehnike za polaganje podmorskih kabela, tz. "MORKAB" opreme.

Prvi zajednički posao polaganja dviju različitih instalacija i izrade zajedničke priobalne zaštite strojnim bušenjem izvèden je između otoka Hvara i o. Sv. Klement, a za ACI marinu Palmižana.

Oba kabela energetski 10(20) kV i svjetlovodni polagani su u podmorje istodobno, jednim zahvatom s istoga broda polagača. Možemo slobodno reći veoma uspješno uz određene manje poteškoće jer je to bio prvi ovakav posao.

Na potezu između naselja Drvenik (kopno) i naselja Sućuraj (o. Hvar) u tijeku je izrada projekta i izrada priobalnih zaštita za sličan posao. U zajedničkom koridoru opet će biti položeni svjetlovodni i energetski kabel 10(20) kV.

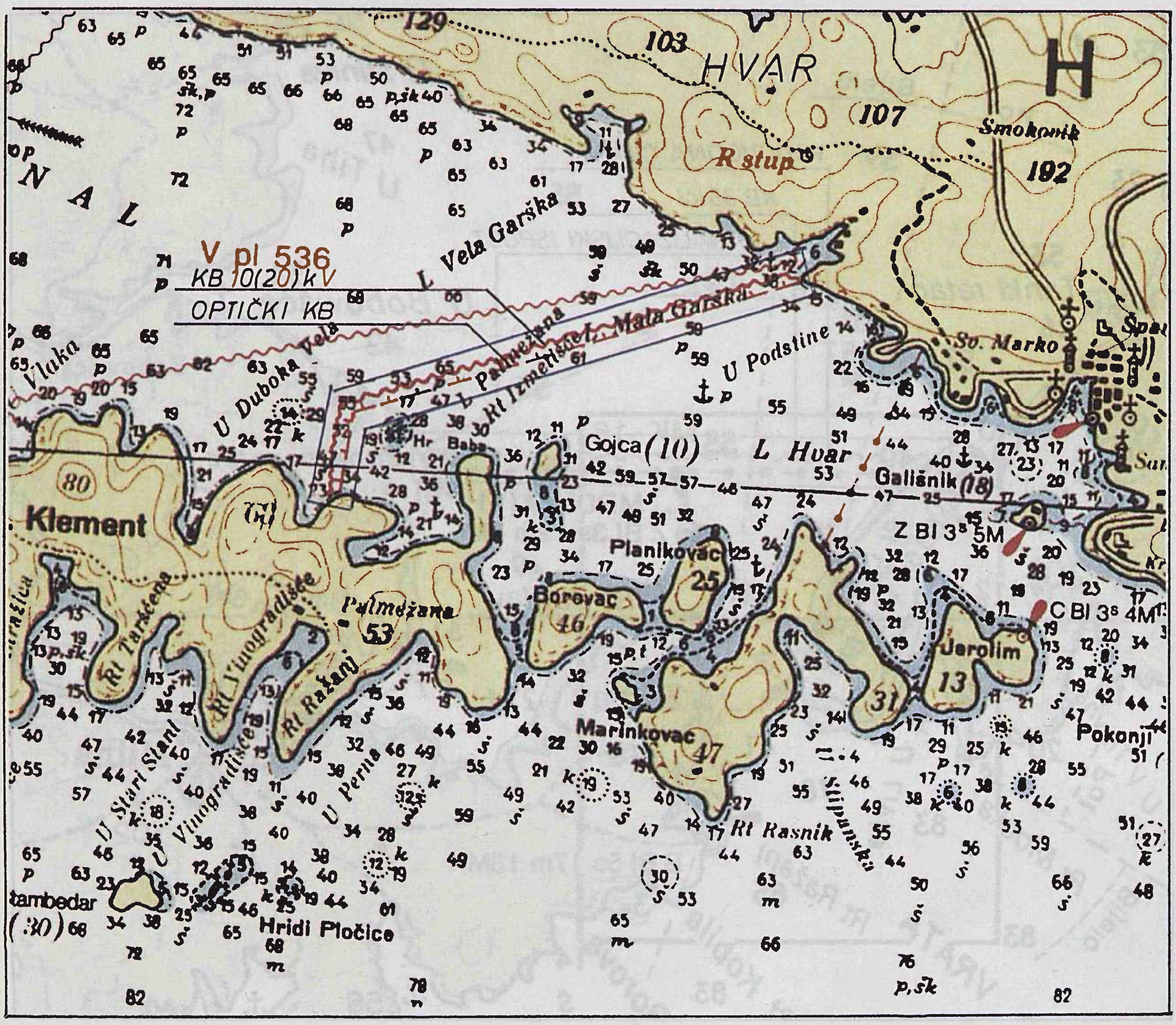
Priobalna zaštita izvest će se strojnim bušenjem, postavljanjem PHD vanjske cijevi promjera ∅ 350 mm u koju će se uvući cijev ∅ 140 mm za energetski kabel i tri cijevi ∅ 50 mm za optički kabel.

6. ZAKLJUČAK

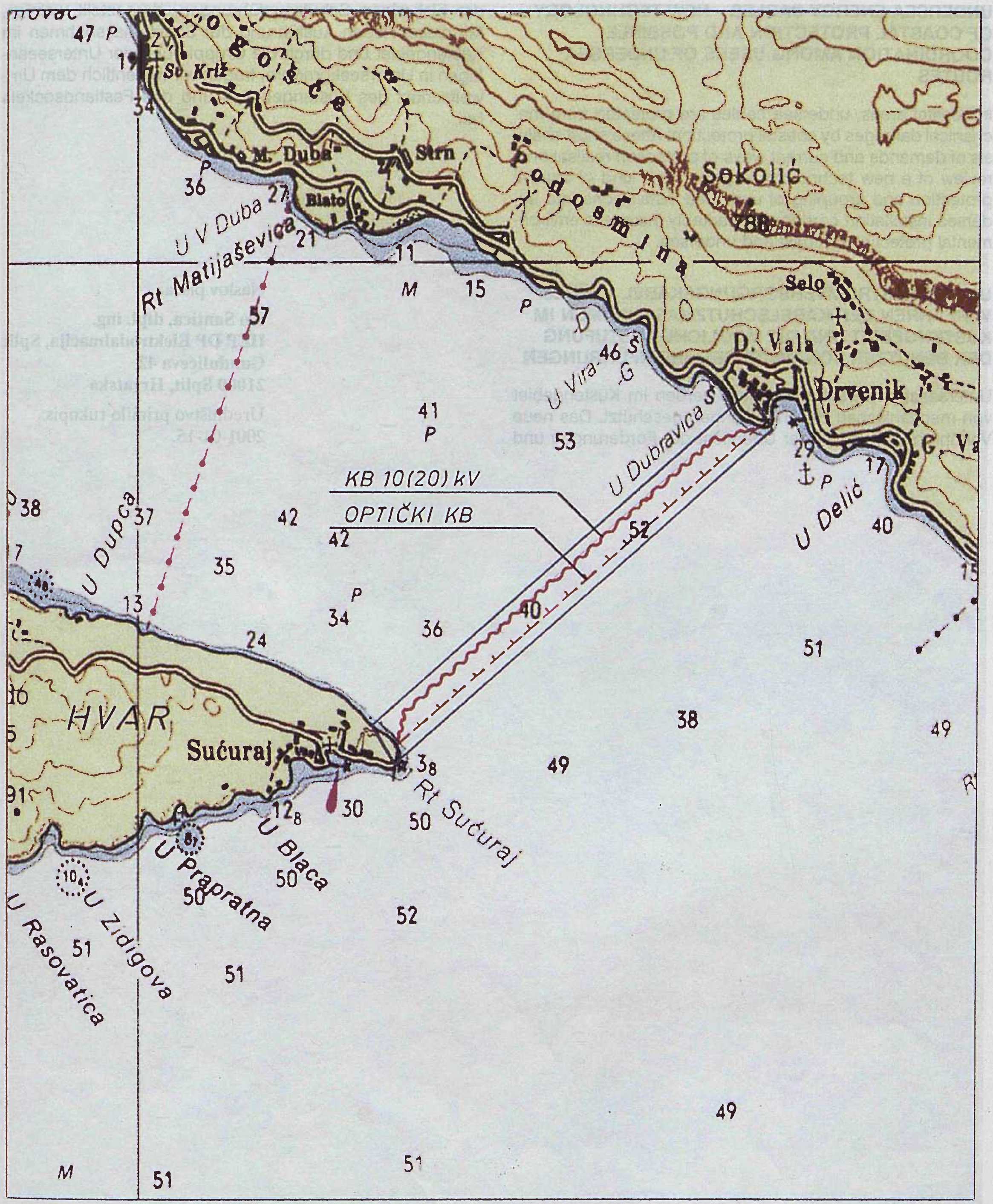
Upoznavanjem i korištenjem novih tehnologija u izradi priobalnih zaštita energetskih podmorskih kabela omogućava se kvalitetno tehničko rješenje i kvalitetna zaštita okoliša, te izbjegavaju mnogi problemi tzv. klasične zaštite.

Naponska razina, promjer podmorskog kabela, mjesto ulaska kabela u more, zahtjevi zaštite okoliša, naravno cijene radova i ubuduće će biti čimbenici koji će uvjetovati način štićenja kabela u priobalju.

Grupiranjem instalacija u podmorju rješava se i djelomična zaštita okoliša podmorja, a pisanom regulativom ovako ozbiljna problematika ne bi se prepuštala volji pojedinca.



Slika 12. Instalacijski koridor "o. Hvar - o. Sv. Klement"



Slika 13. Instalacijski koridor "Drvenik (kopno) - Sućuraj (o. Hvar)

LITERATURA

[1] I. SANTICA, L. ZLATAR: "Osvrt na priobalnu zaštitu podmorskih energetskih kabela s prijedlogom tipizacije elemenata". Prvi simpozij o energetskim kabelima (zbornik radova), Split, 1964.

[2] I. SANTICA, A. SMIRČIĆ: "Prijedlog povoljnijeg izbora lokacije izlaznih točaka podmorskog kabela i mikrolokacija kabelskih trasa unutar kabelskog koridora". ENERGIJA, veljača 1996.

[3] Sustav za bušenje Ditch Witch. Radne upute.

UNDERSEA ENERGY CABLES – NEW TECHNOLOGY OF COASTAL PROTECTION AND POSSIBLE COORDINATION AMONG USERS OF UNDERSEA ROUTES

In coastal areas, undersea cables are protected from mechanical damages by coastal protection. After a short analysis of demands and current ways of protection realisation a review of a new technology is given. This kind of coastal protection and grouping of undersea installations into undersea installation corridors remarkably increases environmental protection of coast and undersea.

UNTERSEESTROMVERSORGUNGSKABEL - NEUES VERFAHREN DER KABELSCHUTZMASSNAHMEN IM KÜSTENGEBIET UND DIE MÖGLICHE ABSTUFUNG DER BENUTZER VON UNTERSEELINIENFÜHRUNGEN

Unterseestromversorgungskabel werden im Küstengebiet von mechanischen Beschädigungen geschützt. Das neue Verfahren ist nach kurzer Übersicht der Forderungen und der bisherigen Schutzausführungen, dargestellt worden. Mit dieser neuen Ausführung der Schutzmassnahmen im Küstengebiet und durch die Gruppierung der Unterseeanlagen in Unterseekorridore, tragen wir wesentlich dem Umweltschutz des Küstengebietes und des Festlandsockels bei.

Naslov pisca:

Ivo Santica, dipl. ing.
HEP DP Elektrodalmacija, Split
Gundulićeva 42
21000 Split, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-01-15.

OTPOR SUSTAVA I KOMPONENTI UZEMLJENJA GRADSKE TS 10(20)/0.4 kV

Pavle F i l k o, Osijek

UDK 621.316.9
STRUČNI ČLANAK

Rad prikazuje mjerenje otpora rasprostiranja uzemljenja sustava uzemljivača gradske TS 10(20)/0.4 kV i analizira rezultate tih mjerenja. Cilj je pokazati udjele pojedinih komponenti uzemljenja međusobno i u odnosu na sustav uzemljenja. Mjerenje je izvršeno na stvarnoj mreži TS 10(20)/0.4 kV grada Osijeka.

Ključne riječi: sustav uzemljenja gradske TS 10(20)/0.4 kV, mjerenje otpora rasprostiranja uzemljivača, veličine pojedinih komponenti uzemljenja.

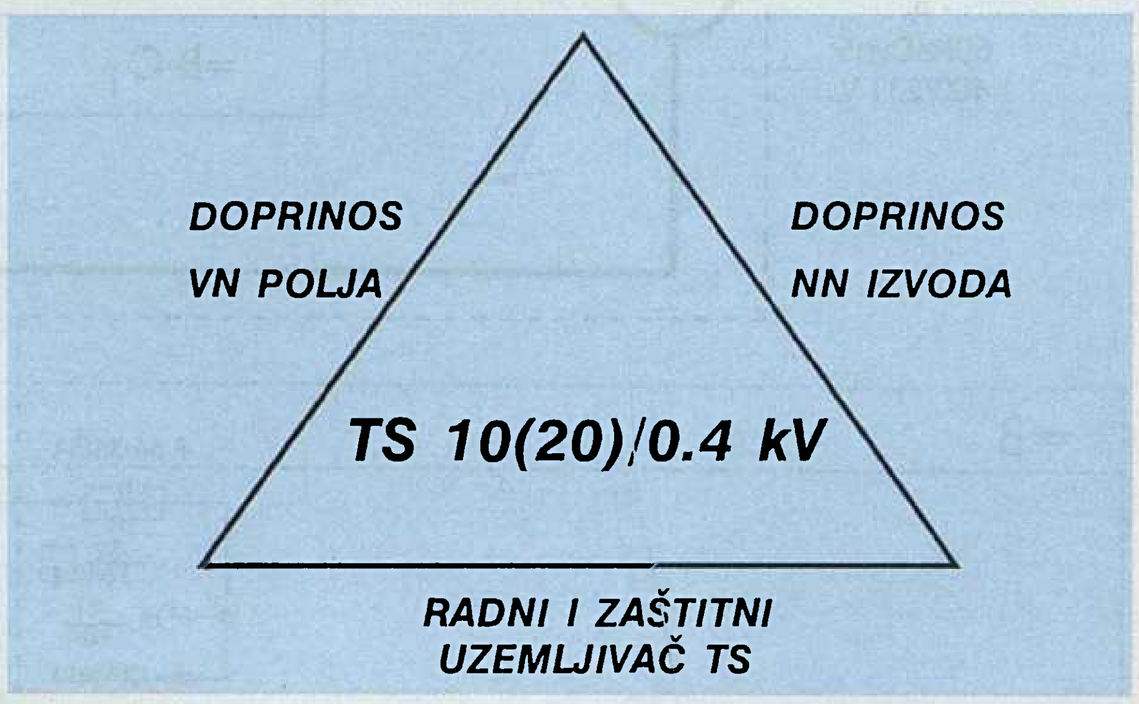
1. UVOD

Gradska TS 10(20)/0.4 kV jest najvažniji dio elektroenergetskog sustava u gradovima, jer se putem nje isporučuje električka energija najvećem broju svih potrošača – kupaca. Jedan od glavnih njenih dijelova je uzemljenje kao sustav međusobno galvanski spojenih uzemljivača, vodova za uzemljenje i sabirnih vodova za uzemljenje.

Izvedba sustava uzemljenja gradske TS 10(20)/0.4 kV ovisi o načinu uzemljenja neutralne točke napojne TS 110/10(20) kV, TS 110/35/10 kV ili TS 35/10(20) kV, tj. o ograničenoj struji jednopolnog kratkog spoja. Za naš slučaj to je struja 300 A. Takav sustav uzemljenja gradskih TS općenito možemo zamisliti kao trokut komponenti (slika 1). U njemu su stranice pojedini uzemljivači, tj. osnovni uzemljivač TS, dakle radni i zaštitni uzemljivač, zatim doprinos uzemljenju sustava od uzemljivača susjednih TS preko plašteva visokonaponskih napojnih kabela te treća stranica – doprinos uzemljenju sustava TS od uzemljivača niskonaponske mreže, putem nulvodiča i plašteva niskonaponskih kabela ili izvoda kojima iznosimo električnu energiju iz TS.

Zanimljivo bi bilo vidjeti koliki udio u ukupnom otporu sustava uzemljenja imaju pojedine komponente. Ovaj članak ima upravo taj cilj, da prikaže udjele otpora uzemljenja svih komponenti, u otporu uzemljenja sustava gradske TS 10(20)/0.4 kV, kako bi u procesu planiranja, projektiranja, pogona i održavanja iste mogli imati što optimalniji elektroenergetski objekt glede troškova sustava uzemljenja.

Stoga će se izvršiti mjerenje otpora rasprostiranja komponenti sustava uzemljivača na 20 odabranih TS u gradu Osijeku (što je nešto manje od 10 %) te analizirati dobivene vrijednosti.



Slika 1. Sustav uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV

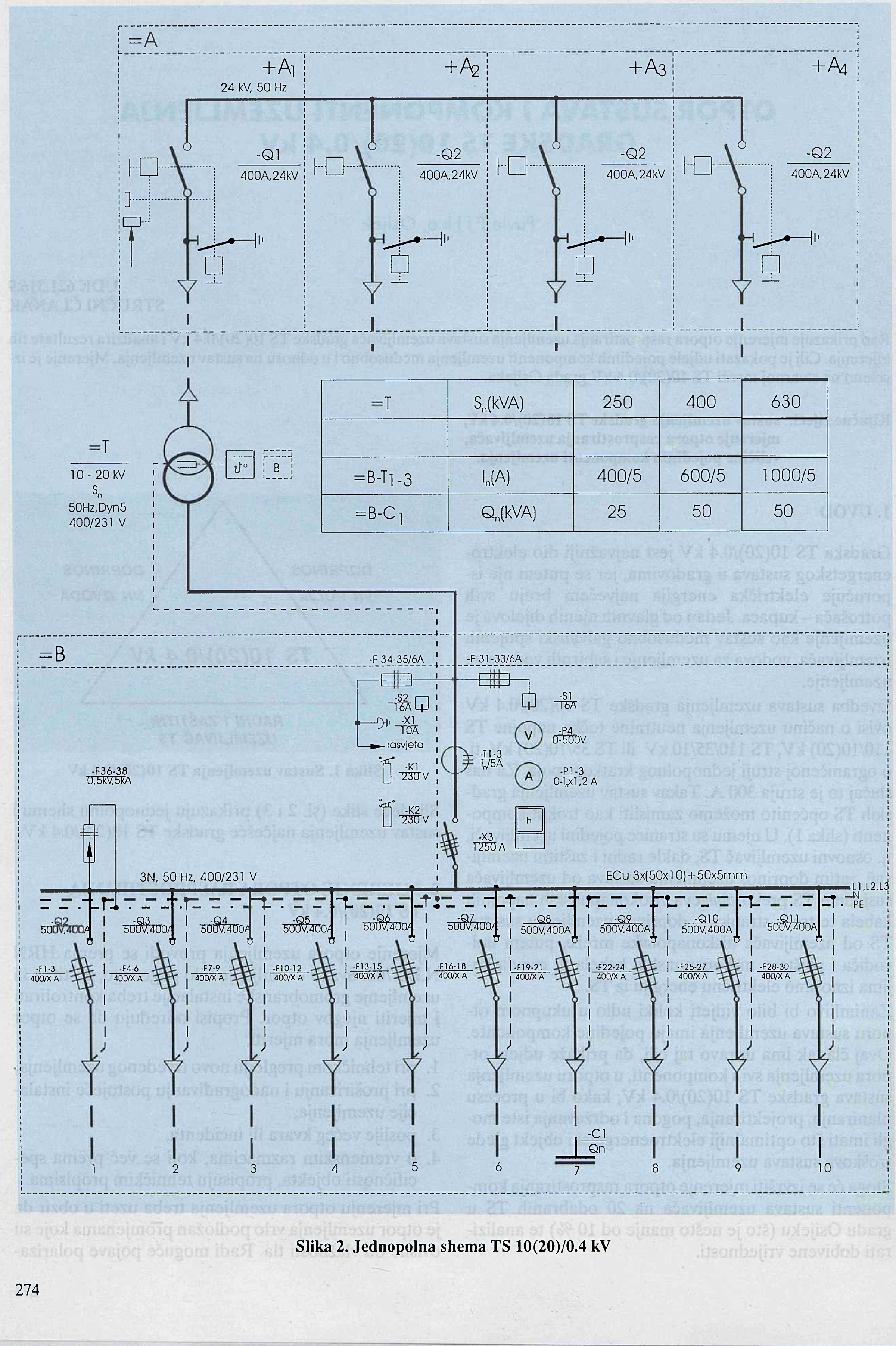
Sljedeće slike (sl. 2 i 3) prikazuju jednopolnu shemu i sustav uzemljenja najčešće gradske TS 10(20)/0.4 kV.

2. MJERENJE OTPORA RASPROSTIRANJA TS 10(20)/0.4 kV

Mjerenje otpora uzemljenja provodi se prema HRN N.B2.762. Svako uzemljenje bilo pogonsko, zaštitno ili uzemljenje gromobranske instalacije treba kontrolirati i mjeriti njegov otpor. Propisi određuju da se otpor uzemljenja mora mjeriti:

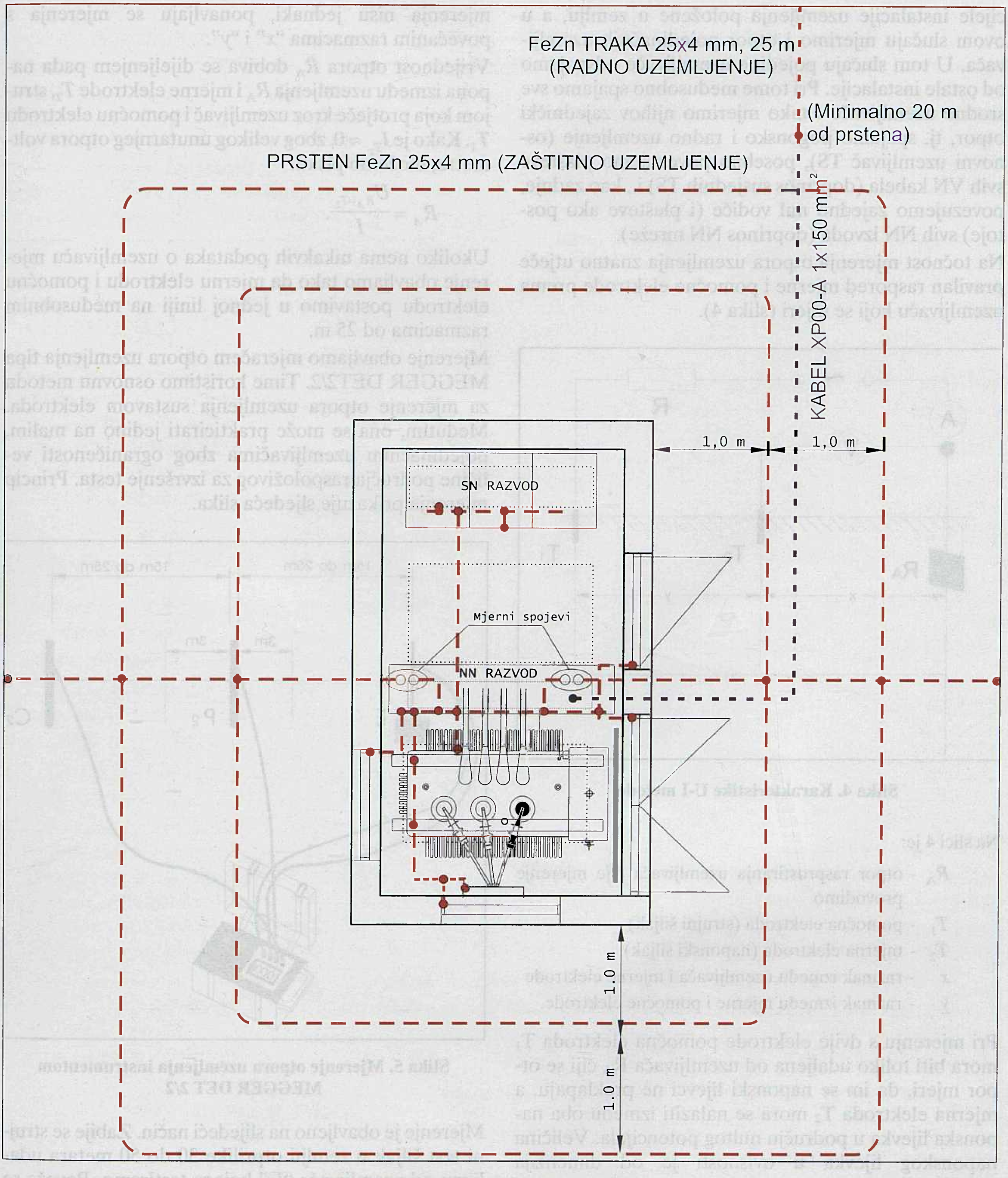
1. pri tehničkom pregledu novo izvedenog uzemljenja,
2. pri proširivanju i nadograđivanju postojeće instalacije uzemljenja,
3. poslije većeg kvara ili incidenta,
4. u vremenskim razmacima, koji se već prema specifičnosti objekta, propisuju tehničkim propisima.

Pri mjerenju otpora uzemljenja treba uzeti u obzir da je otpor uzemljenja vrlo podložan promjenama koje su ovisne od vlažnosti tla. Radi moguće pojave polariza-



=T	S_n(kVA)	250	400	630
=B-T1-3	I_n(A)	400/5	600/5	1000/5
=B-C1	Q_n(kVA)	25	50	50

Slika 2. Jednopolna shema TS 10(20)/0.4 kV



Slika 3. Sustav uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV

cije ne dopušta se uporaba istosmjerne struje za mjerenje otpora uzemljenja.

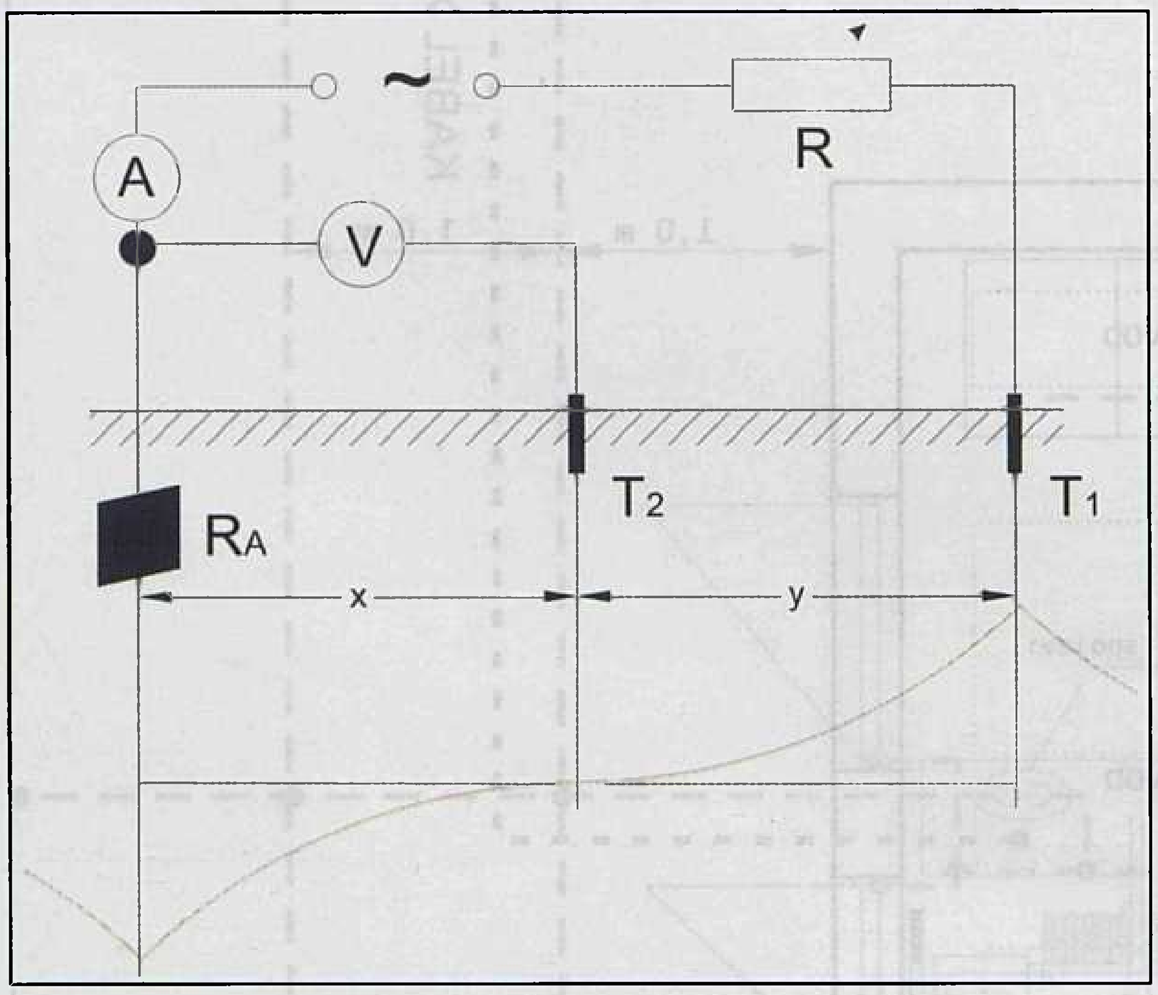
Mjerenje se obavlja izmjeničnim naponom. Ukoliko na rezultate mjerenja mogu utjecati lutajuće struje mrežne frekvencije ili istosmjerne struje, proizvođač mjernog uređaja to je dužan istaknuti na proizvodu. Naročito treba računati sa smetnjama iz postrojenja nazivne frekvencije $16^{2}/_{3}$, 50 i 60 Hz.

Kod mjernih uređaja koji imaju vlastiti izvor napajanja, mjerni napon mora imati frekvenciju koja se razlikuje za najmanje 5 Hz od umnoška nazivne frekvencije ispitivanog objekta s cijelim brojem i mora se nalaziti u području od 70 do 140 Hz.

Prije mjerenja moramo uzemljivač odvojiti od nadzemnog dijela instalacije, za što su predviđena posebna mjesta, tzv. mjerni spojevi. Normalno nas zanima otpor

cijele instalacije uzemljenja položene u zemlju, a u ovom slučaju mjerimo i otpor pojedinačnih uzemljivača. U tom slučaju pojedine uzemljivače odspajamo od ostale instalacije. Pri tome međusobno spajamo sve srodne uzemljivače i tako mjerimo njihov zajednički otpor, tj. spajamo pogonsko i radno uzemljenje (osnovni uzemljivač TS), posebno povezujemo plašteve svih VN kabela (doprinos susjednih TS) i , kao zadnje, povezujemo zajedno nul vodiče (i plašteve ako postoje) svih NN izvoda (doprinos NN mreže).

Na točnost mjerenja otpora uzemljenja znatno utječe pravilan raspored mjerne i pomoćne elektrode prema uzemljivaču koji se mjeri (slika 4).



Slika 4. Karakteristike U-I metode

Na slici 4 je:

R_A - otpor rasprostiranja uzemljivača čije mjerenje provodimo
T_1 - pomoćna elektroda (strujni šiljak)
T_2 - mjerna elektroda (naponski šiljak)
x - razmak između uzemljivača i mjerne elektrode
y - razmak između mjerne i pomoćne elektrode.

Pri mjerenju s dvije elektrode pomoćna elektroda T_1 mora biti toliko udaljena od uzemljivača R_A čiji se otpor mjeri, da im se naponski lijevci ne preklapaju, a mjerna elektroda T_2 mora se nalaziti između oba naponska lijevka u području nultog potencijala. Veličina naponskog lijevka u ovisnosti je od dimenzija uzemljivača.

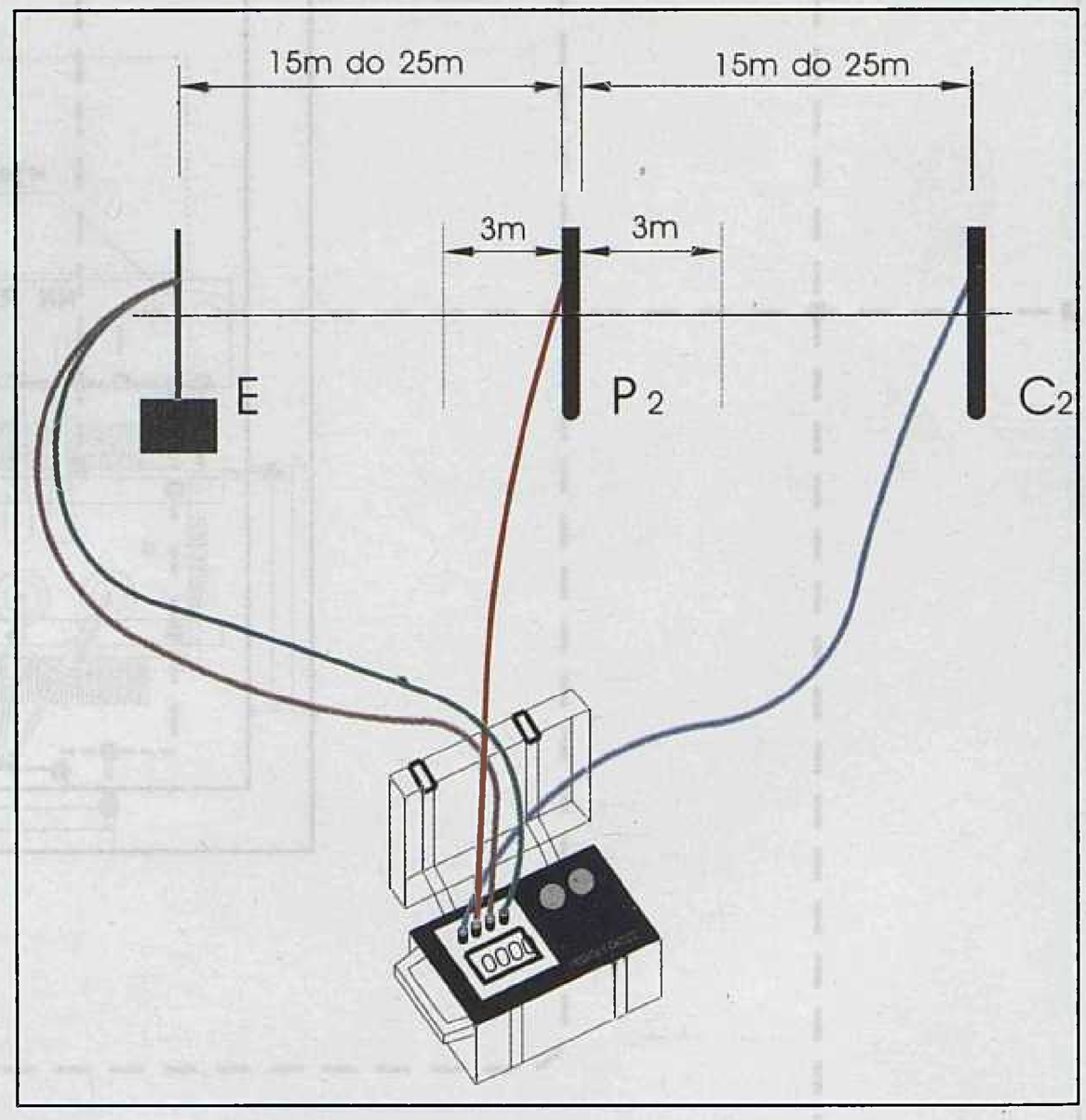
Radi provjere da li se mjerna elektroda T_2 ne nalazi u području potencijalnog lijevka uzemljivača potrebno je provesti još dva mjerenja. Mjerna elektroda T_2 pomakne se za 3-6 metara prema uzemljivaču, a zatim 3-6 metara prema pomoćnoj elektrodi, a pri tome pomoćna elektroda ne mijenja svoj položaj. Izmjereni otpori u sva tri mjerenja moraju biti praktično jednaki, što znači da su razmaci mjerne i pomoćne elektrode dobri i da je dobiveni rezultat točan. Ako rezultati mjerenja nisu jednaki, ponavljaju se mjerenja s povećanim razmacima "x" i "y".

Vrijednost otpora R_A dobiva se dijeljenjem pada napona između uzemljenja R_A i mjerne elektrode T_2, strujom koja protječe kroz uzemljivač i pomoćnu elektrodu T_1. Kako je $I_{T_2} \approx 0$, zbog velikog unutarnjeg otpora voltmetra, možemo pisati:

$$R_A = \frac{U_{R_A - T_2}}{I}.$$

Ukoliko nema nikakvih podataka o uzemljivaču mjerenje obavljamo tako da mjernu elektrodu i pomoćnu elektrodu postavimo u jednoj liniji na međusobnim razmacima od 25 m.

Mjerenje obavljamo mjeračem otpora uzemljenja tipa MEGGER DET2/2. Time koristimo osnovnu metodu za mjerenje otpora uzemljenja sustavom elektroda. Međutim, ona se može prakticirati jedino na malim, pojedinačnim uzemljivačima zbog ograničenosti veličine područja raspoloživog za izvršenje testa. Princip mjerenja prikazuje sljedeća slika.



Slika 5. Mjerenje otpora uzemljenja instrumentom MEGGER DET 2/2

Mjerenje je obavljeno na slijedeći način. Zabije se strujni test šiljak u zemlju otprilike 30 do 50 metara udaljeno od uzemljivača "E" kojega testiramo. Poveže se šiljak s instrumentom na stezaljku "C2" (ili "H").

Zatim se zabije naponski test šiljak u zemlju na pola puta između strujnog test šiljka i uzemljivača. Poveže se šiljak s instrumentom na stezaljku "P2" (ili "S").

Napomena: Poželjno je da su strujni šiljak, naponski šiljak i uzemljivač u liniji. Također, kada se počinje i odvija proces samog mjerenja, test šiljci se ne diraju, a žice se ne postavljaju blizu jedna drugoj zbog minimiziranja efekta međuindukcije.

Poveže se "C1" (ili "E") i "P1" (ili "ES") stezaljka instrumenta s uzemljivačem "E".

Pomakne se potencijalni šiljak 3 metra dalje od uzemljivača i napravi drugo mjerenje otpora uzemljenja. Potom se pomakne naponski šiljak bliže uzemljivaču (od početnog položaja) i napravi treće mjerenje otpora uzemljenja.

Ako se dobivena tri rezultata mjerenja slažu jedan s drugim, sa zahtjevanom točnošću, tada njihova srednja vrijednost može biti uzeta kao vrijednost otpora uzemljenja.

3. REZULTATI MJERENJA OTPORA UZEMLJENJA TS

Sređeni podaci proistekli iz mjerenja otpora rasprostiranja uzemljivača i njihovih komponenti TS 10(20)/0.4 kV prikazani su na tabl. 1.

Iz konačnih rezultata prethodne tablice slijedi grafikon prosječnih veličina otpora rasprostiranja sustava uzemljenja u cjelini (združeni), te svih komponenata.

4. ANALIZA IZMJERENIH VRIJEDNOSTI

Naše mjerenje pokazuje sljedeće prosječne veličine otpore rasprostiranja:

- radnog uzemljivača – 0.3731 W
- zaštitnog uzemljivača – 3.3260 W
- doprinos putem VN kabela – 0.6286 W
- doprinos putem NN kabela – 0.1667 W.

Iz rezultata mjerenja i izračuna kao paralele, može se konstatirati sljedeće:

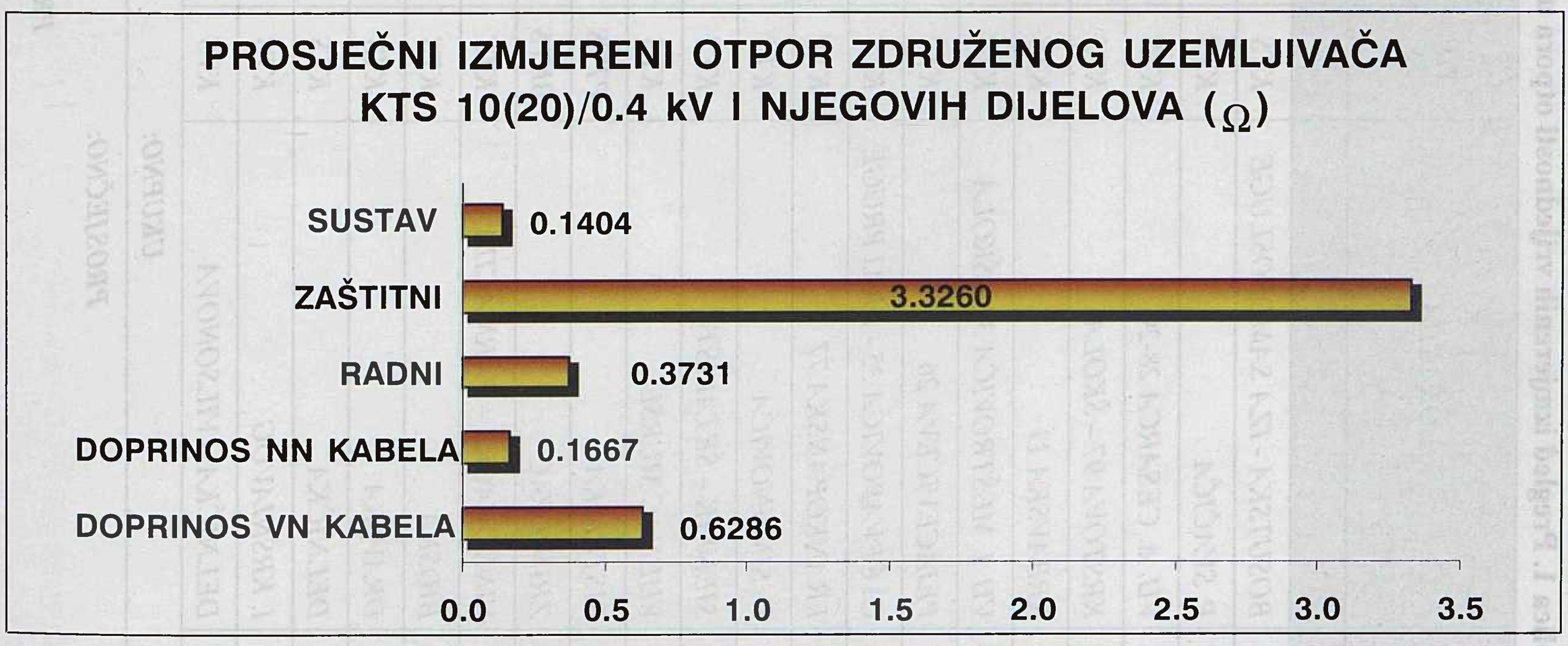
a) Odstupanje računske vrijednosti združenog uzemljenja od izmjerene vrijednosti, posljedica je međusobnog utjecaja, galvanski nerazdvojenih pojedinih uzemljivača te prijelaznih otpora na spojnim mjestima priključka instrumenta. Iznos apsolutnog odstupanja prelazi 0.05 Ω na samo tri mjesta.
b) Izmjerena vrijednost združenog otpora samo na jednom mjernom mjestu prelazi vrijednost od 0.266 Ω, što pri najvećoj struji kvara od 300 A, ne bi stvorilo ukupni potencijal na sustavu uzemljenja veći od 80 V (uz zaštitno isključenje unutar 0.5 s). Povoljni faktor redukcije svakako smanjuje konkretnu struju kvara.
c) Otpor zaštitnog uzemljenja je u rasponu od 2 – 5 Ω, što je u propisanim okvirima. Manje vrijednosti ukazuju na mogućnost da se razdvajanjem elemenata uzemljivačkog sustava prije mjerenja nije postiglo dovoljno kvalitetno galvansko odvajanje zaštitnog od radnog uzemljenja, dok veće vrijednosti (KTS 39 i KTS 151) upućuju na vjerojatne loše spojeve na dovodu prema uzemljivaču.
d) Doprinos sustavu uzemljenja TS, od susjednih uzemljivača TS, preko VN kabela je veliki, osim u PTTS 109 zbog njenog specifičnog izdvojenog, radijalnog položaja.
e) Doprinos sustavu uzemljenja TS, od uzemljenja NN mreže, preko NN izvoda je veći što je NN mreža razvijenija. Upečatljiv primjer je PTTS 109 kao izdvojeno elektroenergetsko postrojenje.

5. ZAKLJUČAK

ZALIHOST, DOSTATNOST, tla sa velikim spec. otporom (pijesak)

Očigledno je kako doprinos smanjenju ukupnog otpora uzemljenja gradske TS 10(20)/0.4 kV, preko niskonaponskih izvoda pokazuje najmanju vrijednost, pa je i njegov utjecaj najvažniji. To je potpuno jasno jer je grad doslovno premrežen NN kabelima raznih veličina, svrha i starosti te nul vodič u njima (ili plašt) povezuje sve uzemljivače u jednu kvazi ekvipotencijalnu plohu.

Po jednom prosječnom NN izvodu, a ima ih prosječno 7.15 po TS, otpor uzemljenja je 1.1919 Ω, za razliku od prosječnog otpora uzemljenja susjednih TS preko



Grafikon 1. Prosječne veličine otpora rasprostiranja uzemljenja

Tablica 1. Pregled izmjerenih vrijednosti otpora uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV

R. br.	LOKACIJA	TIP TS	TS broj	Tr. (kVA)	Ukupno snaga u TS (kVA)	Br. VN polja	Br. NN izvoda	IZMJERENI OTPOR (W)					Vremenski uvjeti kod mjerenja
								Doprinos VN kabela	Doprinos NN kabela	RADNI	ZAŠTITNI	SUSTAV	
1	2	3	4	5	6	7	8	15	16	17	18	19	20
1	BOSUTSKA - IZA SAMOPOSLUGE	KTS	9	630	630	3	10	0.436	0.070	0.172	2.700	0.060	vrlo suho
2	P. SVAČIĆA	KTS	10	630	630	2	8	0.458	0.092	0.102	0.128	0.074	vrlo suho
3	VIJ. A. CESARCA 28-29	KTS	17	630	630	4	11	0.357	0.240	0.290	4.250	0.182	vlažno
4	KRSTOVA 97 – ŠKOLA	KTS	19	630	630	2	8	1.138	0.142	-	3.530	0.122	vrlo suho
5	KRBAVSKA 11	KTS	23	400	400	2	5	0.300	0.174	0.750	1.053	0.136	vrlo suho
6	VIJ. I. MEŠTROVIĆA 34 – ŠKOLA	KTS	29	630	630	3	8	0.294	0.088	-	4.730	0.074	vlažno
7	PEJAČEVIĆEVA 26	KTS	39	630	630	2	6	0.356	0.050	0.122	19.200	0.044	vrlo suho
8	G. ČEVAPOVIĆA 35 - KRAJ PRUGE	KTS	48	400	400	2	13	0.334	0.186	0.196	4.320	0.134	vrlo suho
9	FRANKOPANSKA 77	KTS	60	630	630	2	6	0.794	0.060	1.266	0.104	0.048	suho
10	D. ŠIMUNOVIĆA	KTS	62	400	400	2	6	0.726	0.182	0.212	3.830	0.146	suho
11	SJENJAK – ŠETALIŠTE	KTS	90	630	1260	3	10	0.364	0.222	0.292	0.300	0.216	vrlo suho
12	VIJENAC MURSE	KTS	96	630	630	1	8	0.986	0.152	0.234	2.360	0.128	vrlo suho
13	BISTRIĆKA	PTTS	109	160	160	1	2	1.802	0.502	0.520	3.590	0.496	vrlo suho
14	ZRINJEVAC	BKTS	138	630	630	2	6	0.656	0.074	-	1.434	0.068	vrlo suho
15	VINKOVAČKA – FARMACIJA	KTS	142	630	630	3	5	0.206	0.138	-	0.160	0.130	vrlo suho
16	BIĐSKA	KTS	150	630	630	2	9	1.292	0.088	-	0.106	0.086	vrlo suho
17	DRAVSKA	KTS	151	630	630	3	3	0.842	0.252	0.520	11.280	0.242	vrlo suho
18	DELNIČKA	KTS	156	400	400	3	7	0.426	0.182	-	0.290	0.118	vrlo suho
19	I. KRŠNJAVOG	KTS	168	630	630	3	6	0.364	0.152	-	0.494	0.136	suho
20	DELNIĆKA – VILSONOVA	KTS	174	630	630	1	6	0.440	0.288	0.174	2.660	0.168	vrlo suho
	UKUPNO:				11840								
	PROSJEČNO:			561	592	2.30	7.15	0.6286	0.1667	0.3731	3.3260	0.1404	
								PROSJEČNI OTPOR PO VN POLJU I NN IZVODU:		1.4458	1.1919		

plašta jednog VN vodnog polja (prosječno 2.3 vodnih polja po TS), koji je 1.4458 Ω .

Ako bi kao paralelne računali, ti otpori uzemljenja, jedan VN i jedan NN kabel, te radni i zaštitni otpor TS, dali bi ukupan otpor od 0.2217 Ω . To je ispod 0.266 Ω , pri kojem otporu i pri najvećoj struji jednopolnog kvara od 300 A, ne bi stvorilo ukupni potencijal na sustavu uzemljenja veći od 80 V (uz zaštitno isključenje unutar 0.5 s). Povoljni faktor redukcije svakako smanjuje konkretnu struju kvara. Stoga bismo mogli ustvrditi kako bi koristeći samo ta dva "uzemljivača", uz osnovni (radni i zaštitni), zadovoljili većinu zahtjeva na uzemljenje gradske TS 10(20)/0.4 kV. Naravno da to vrijedi samo u razvijenoj NN mreži s kvalitetnim uzemljenjem.

Očito je da u postojećem načinu određivanja uzemljivača gradske TS postoji zalihost te bi se moglo smanjiti troškove izvedbe klasičnog osnovnog uzemljivača. Kod planiranja i pripreme projektne zadaće potrebno je kvalitetnije odrediti ulazne elemente i odlučiti o izvedbi svakog uzemljivača posebno. Potrebno je, naravno voditi računa i o specifičnom otporu tla (pijesak), jer kad je on veći ta zalihost i dostatnost uzemljivača se bitno smanjuje.

LITERATURA

[1] Hrvatske norme; HRN N.B2.762.

[2] Upute mjernog uređaja MEGGER DET2/2

[3] S. MEGLA: "Zbirka propisa iz područja elektrotehnike", Zagreb 1998.

SYSTEM AND GROUNDING COMPONENTS' RESISTANCE OF URBAN 10(20)/0.4 kV TS

This work presents resistance measuring of grounding spreading from the 10(20)/0.4 kV TS urban grounding system and analyses the measurement results. The aim is to show the shares of certain grounding components among themselves and related to the grounding system. Measurements were carried out on a real 10(20)/0.4 kV network TS of the town of Osijek.

ERDUNGSWIEDERSTAND DER BAUTEILE EINES 10(20)/0,4 kV STÄDTISCHEN UMSPANNWERKES UND DER GESAMTHEIT DER ANLAGE

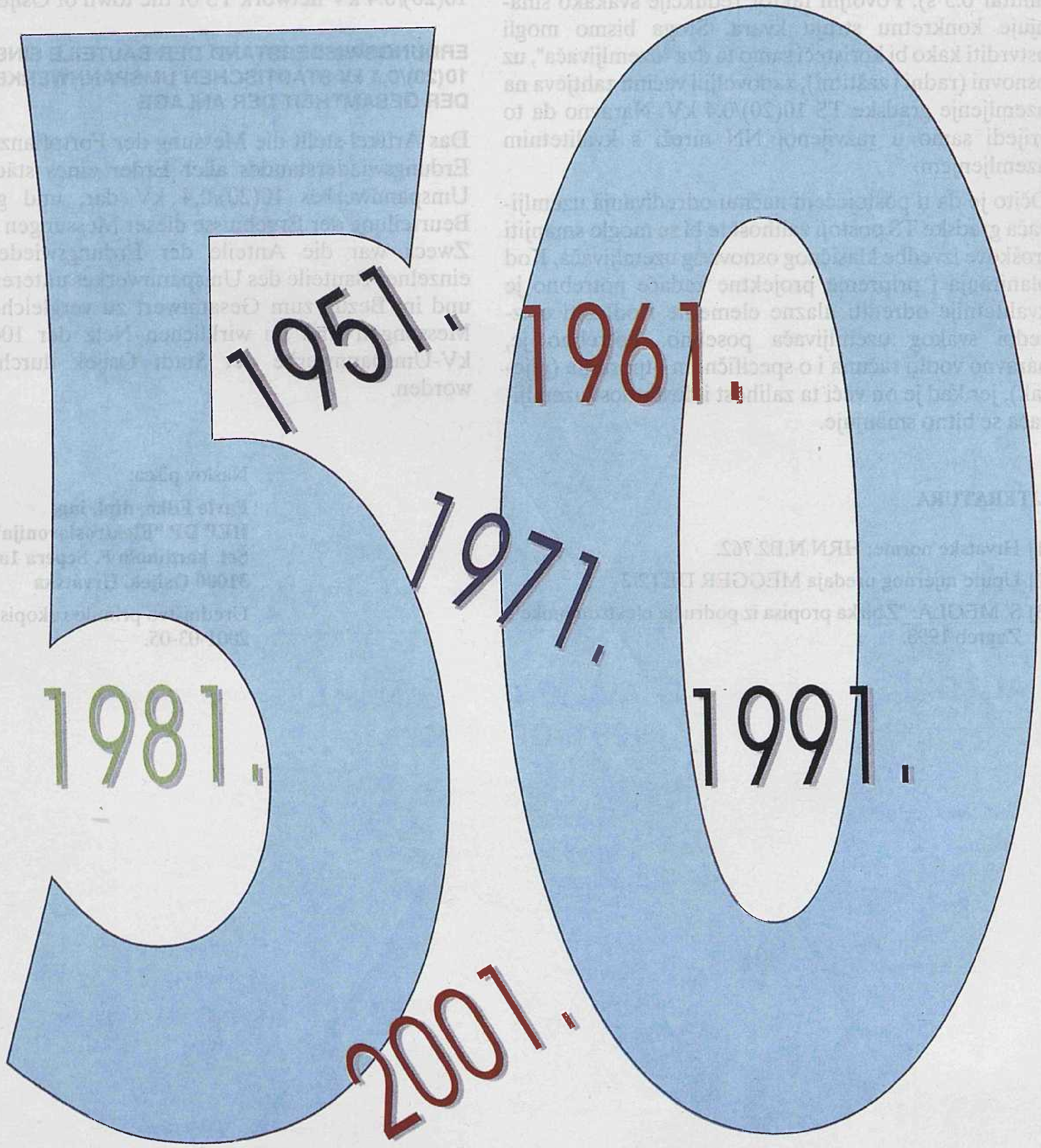
Das Artikel stellt die Messung der Fortpflanzung des Erdungswiederstandes aller Erder eines städtischen Umspannwerkes 10(20)/0,4 kV dar, und gibt die Beurteilung der Ergebnisse dieser Messungen an. Der Zweck war die Anteile der Erdungswiederstände einzelner Bauteile des Umspannwerkes untereinander und im Bezug zum Gesamtwert zu vergleichen. Die Messungen sind im wirklichen Netz der 10(20)/0,4 kV-Umspannwerke der Stadt Osijek durchgeführt worden.

Naslov pisca:

Pavle Filko, dipl. ing.
HEP DP "Elektroslavonija" Osijek
Šet. kardinala F. Šepera 1a,
31000 Osijek, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-03-05.

50 godina ENERGIJE



PREGLED ČLANAKA OBJAVLJENIH U „ENERGIJI" OD 1971. DO 1980. GODINE

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Alerić, Slavko	Potencijalna mogućnost izgradnje crpno-akumulacijske hidroelektrane	11-12/78	412
Arnold, Marijan	Montaža mjerno-regulacijske opreme i prva iskustva s njom u TE Sisak	1-2/72	22
	Neka iskustva s podešavanjem regulacijskih krugova na bloku I. u TE Sisak	9-10/72	287
	Zahtjevi na modernu termoelektranu	11-12/72	362
	Regulacija snage toplanskog bloka 120 MW u raznim pogonskim režimima s obzirom na zahtjeve električne i toplifikacione mreže	11-12/76	414
	Smanjenje zagađivanja okoline produktima izgaranja odgovarajućim koncipiranjem regulacijskih krugova kotlova loženih mazutom	5-6/76	169
Arsenov, Arsen	Matrična metoda za određivanje optimalne raspodjele snaga u elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana	1-2/80	15
Aždajić, Tomislav	Ekonomska optimalizacija iskorištenja elektroenergetskih kapaciteta	7-8/71	216
Balog, Marino	Plinskoturbinska elektrana Osijek – izgradnja i rad	5-6/80	201
	Pretpogonsko ispiranje sistema regenerativnog zagrijavanja pojne vode i sistema svježe pare u NE Krško	11-12/79	413
Baranović, Borivoj	Crpne hidroelektrane u elektroenergetskom sistemu	9-10/73	286
	Izbor redoslijeda izgradnje elektrana	5-6/74	150
	Izbor hidroelektrana 200 MW za potrebe elektroprivrednog sistema SRH	11-12/74	391
	Problemi dugoročnog razvoja elektroprivrede Hrvatske	11-12/74	329
	Istraživanja pojava kod energetskih konverzija za termoenergetska postrojenja	7-8/77	263
	Problemi ciklusa goriva nuklearnih elektrana	1-2/77	31
	Istraživanja za lokaciju nuklearne elektrane na Rijeci	1-2/79	1
Begović, Krunoslav	Izbor tipa proizvodnih grupa za hidroelektranu "Podsused"	3-4/71	88
	Rasklopna postrojenja 400 kV u cjevnoj izvedbi	3-4/72	80
	Granice ekonomičnosti primjene oklopljenih SF6 elemenata u transformatorskim stanicama 220/110 kV u gradskim područjima	7-8/73	349
Bendeković, Jadranko	Metodologija za određivanje utjecaja promjena cijena električne energije na ekonomski položaj privrede i životni standard	7-8/71	203
Bodlović, Pero	Račun očekivanih proizvodnji po vjerojatnosnom modelu	11-12/78	391
Boranić, Vilim	Plinska privreda u Europi	5-6/71	166

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
	Svjetske rezerve nafte	7-8/72	216
	Uvjeti razvoja energetike u svijetu i u nas	9-10/73	279
	Zagađivanje atmosfere kao posljedica spaljivanja goriva u stacionarnim objektima	7-8/74	219
	Novija kretanja u energetici svijeta	5-6/77	182
Borojević, Dragan – Balling, Miroslav	Prilog tehničko-ekonomskoj obradi većih potrošača	9-10/77	394
Borojević, Dragan – Brkanović, Pavao	Utjecaj tonfrekventnog upravljanja u distributivnim mrežama na projektiranje kućnih elektroinstalacija	1-2/72	1
Božin, Ivo	Nuklearna energija u elektroprivredi	3-4/73	71
Bradač, Vladimir	Smjernice za osiguranje kvalitete pri gradnji objekata	1-2/78	38
	Smjernice za osiguranje kvalitete pri gradnji objekata	1-2/78	153
Brajder, Antonio	Principi strujnog i naponskog dimenzioniranja tiristorskog uzbudnika za generatore Hidrolekrane "Đerdap"	7-8/71	224
Brkić, Hrvoje	Termoelektrane i toplane kao izvori onečišćenja s osvrtom na prilike u Zagrebu	9-10/71	273
	Zagađivanje zraka uljem za loženje	1-2/73	8
	Velike termoelektrane kao izvor zagađivanja zraka	1-2/74	21
	Rezultati kontrole zagađivanja zraka većih kotlovnica u gradu Zagrebu	1-2/77	8
Bruketa, Nikola	Svojstva i djelovanje kratkospojnog električnog luka u srednjonaponskim sklopnim postrojenjima	5-6/76	158
Bubnjević, Jovo – Šicel, Mladen	Neki aspekti organiziranog pristupa racionalnoj potrošnji i štednji električne energije	7-8/74	232
Budin, Rajko	Razvoj postrojenja na nuklearni pogon	7-8/77	241
Crlenjak, Milan	Prednosti idealnog izvora toplinske energije	5-6/77	175
Crnčić, Mirjana	Kontrola i održavanje transformatorskog ulja i ostale električne opreme	7-8/74	251
	Prikaz elektrificiranosti naselja i kućanstva SR Hrvatske u 1973.	9-10/74	314
	Kako do potpune elektrificiranosti neelektrificiranih područja SRH	11-12/78	421
	Racionalno korištenje električne energije u domaćinstvu	5-6/79	171
	Tipizacija distributivne opreme i problematika financiranja izgradnje distributivnih objekata na nivou Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske	7-8/80	287
Cvetković, Zorko i grupa autora	Sustav dispečinga i daljinskog vođenja mreže proizvodnje i prijenosa električne energije u SR Hrvatskoj	5-6/78	146
Cvitan, Ivan	Opasnosti od električne struje	3-4/75	134
Cvitan, Ivan – Fiala, Marija	Kamenac na električnim grijačima - uzrok većeg utroška električne energije u bojlerima	9-10/74	314
Černohous, Franjo	Problematika ekonomske raspodjele opterećenja transformatora u Termoelektrani-Toplani Zagreb i mogućnost primjene u transformatorskim stanicama	7-8/75	253
	Razvoj graničnih snaga turbogeneratora	5-6/76	183
Čorak, Dušan	Osnovni pravci razvitka termoenergetike u SAD	3-4/71	108
	Opravdanost uvođenja kompjutorskog upravljanja u termoelektrane u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije	7-8/71	231

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
	Primjena procesnih računala u termoelektranama	1-2/73	1
	Karakteristike centraliziranog sistema predaje topline	7-8/73	231
	Plinske turbine u elektroenergetskom sistemu SRH	1-2/75	29
	Analiza centraliziranog zapadnog ogrjevnog sistema predaje topline grada Zagreba	11-12/75	412
	Pristup optimalizaciji opskrbe ogrjevnom toplinom	9-10/78	319
	Valorizacija zajedničke proizvodnje topline i električne energije	9-10/77	297
	Uloga termoelektrana-toplana u razvitku energetike Jugoslavije	3-4/80	121
Čorak, Dušan – Brkić, Hrvoje	Utjecaj načina opskrbe toplinom na troškove topline i zagađivanja okoline	9-10/76	309
Čorak, Dušan – Ivančić, Stjepan	Proračunavanje tehničko-energetskih karakteristika bloka termoelektrana digitalno-procesnim računalom za uvjete termoelektrana Jugoslavije	3-4/74	73
Čupin, Nikola	Osnove algebre sklopova	11-12/72	369
	Procesno računalo i vođenje distributivnog elektroenergetskog sistema	7-8/74	226
	O informacijskom sistemu distributivnih poduzeća	1-2/75	22
	O standardizaciji spojeva na priključnoj letvici podsistema sklopnog postrojenja	7-8/78	231
	Primjena teorije pouzdanosti u nalaženju optimalne sheme električnih postrojenja (I dio)	3-4/79	65
	Primjena teorije pouzdanosti u nalaženju optimalne sheme električnih postrojenja (II dio)	7-8/79	235
	Primjena teorije pouzdanosti u nalaženju optimalne sheme električnih postrojenja - III dio	3-4/80	147
	Problemi izrade priključnih planova na računalu	7-8/79	247
Damjanović, Branko	Nadzemni vodovi 35 kV i pokrajinske jednotransformatorske stanice /JTS/35/10 kV i 35/0,4/0,231 kV	3-4/71	100
	Gradske distributivne transformatorske stanice 6-10/0,4 kV u nekim evropski zemljama	5-6/72	159
	Mogu li se distributivne transformatorske stanice graditi jeftinije i brže?	3-4/73	106
	Rekonstrukcija dalekovoda 35 kV za napon 110 kV bez većih investicijskih ulaganja	1-2/80	51
Dellavia, Nikola	Ekonomska opravdanost uvođenja MTK uređaja na području distribucije "Elektre-Zadar"	1-2/77	27
Dellavia, Nikola – Sipina, Branimir	Opravdanost određivanja akontacijske vrijednosti naplate električne energije prema iznosu instalirane snage u kućanstvu	1-2/76	20
Dobričević, Marijan	Aluminij u distributivnim transformatorima	5-6/76	189
Dobrosavljević, Živko	Razvoj energetskih kabela s impregnirano-papirnom izolacijom i metalnim plaštem	5-6/73	154
Dragičević, Drago	Elektromotorni pogoni i njihove značajke u eksploataciji	1-2/71	23
	Predmontažni pregledi i revizije postrojenja, ispitivanja i rezultati probnog pogona Termoelektrane Sisak	7-8/71	352
	Stvaranje pogonske organizacije i izobrazba kadrova u TE Sisak	5-6/73	141
	Putovi povećanja ekonomičnosti proizvodnje električne energije u termoelektranama	11-12/76	401

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Dular, Janez	Tehničke karakteristike NE Krško	3-4/73	78
Dvornik, Vojmir	Izbor spoja i opreme mjernog sloga na obračunskim mjernim mjestima distributivnih potrošača	5-6/77	178
	Mjerni transformatori - izvori pogreške u mjerenju električne energije na mjernim mjestima distributivnih potrošača	1-2/77	12
	Utjecaj spojnih vodova na pogrešku mjerenja električne energije na mjernim mjestima distributivnih potrošača	9-10/77	342
	Ispitivanja na obračunskim mjernim mjestima mjerenja potrošnje električne energije	7-8/80	267
	Izbor srednjonaponskih podzemnih kabela za upotrebu u distributivnoj mreži srednje Dalmacije	1-2/80	27
Edwin W. Kurt	O pitanju stohastičkih kvarova u tehnici električnih postrojenja	3-4/74	82
Fagarazzi, Ante	Modularne transformatorske stanice visoki napon/srednji napon proizvodnje ASEA	5-6/78	175
	Neke tendencije razvoja gradskih mreža 110 kV	1-2/78	11
	Izbor sheme modernih gradskih transformatorskih stanica 110/10 i 110/20 kV s obzirom na koncepciju mreže i pouzdanost napajanja	5-6/79	157
Feöcze, Danijel	Dugoročno planiranje odnosa s potrošačima električne energije	1-2/75	1
Feretić, Danilo	Nuklearna elektrana Krško	9-10/71	267
Filipović, Božidar	O pouzdanosti relejne zaštite	11-12/80	415
Frakušić, Ante	Kontrola ispravnosti spajanja sekundarnih prekostrujnih releja zasićenim transformatorom	9-10/71	303
Gehrecke, Siegfried	Neki problemi analize energetske strukture Jugoslavije	3-4/75	100
	Energetska struktura narodne privrede	11-12/78	416
Golubović, Mihajlo	Hidroelektrana Đerdap	5-6/71	137
Granić, Goran	Metode za određivanje optimalne raspodjele opterećenja u elektroenergetskom sistemu s pumpno-akumulacijskim postrojenjem	7-8/77	217
	Utjecaj hidroelektrana na rad pumpno-akumulacijskog postrojenja	11-12/77	381
Grubanović, Đurđa	Gubici narodnog dohotka izazvani poremećajima u opskrbi potrošača električnom energijom	1-2/75	7
Gulin, Žarko	Neka iskustva s popravcima podmorskih kabela	11-12/79	389
Hangi, Velimir	Električna zaštita postrojenja za različite slučajeve uništenja mjernih transformatora	7-8/72	210
	Zaštita visokonaponskih motora u termoelektranama na području SRH	11-12/74	360
Hartl, Vladimir	O utjecaju niskonaponske mreže na planiranje gradskih distributivnih mreža	7-8/73	219
	Osnove metodike proračuna sigurnosti shema elektrodistributivnih mreža	9-10/74	269
	Elektroenergetsko napajanje i ostale električne instalacije Sveučilišnog računskog centra "SRCE" Zagreb	9-10/75	316
Hartl, Vladimir – Vagić, Nikola	Prilog razradi rješenja opskrebe Sueza električnom energijom	7-8/77	251
Herr, Stjepan	Gornja temperaturna granica primjene feritnog materijala 10 CrMo	5-6/79	193

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Hrs, Ivo	Utjecaj otpornog uzemljenja zvjezdišta razdjelnih mreža na nivou unutrašnjih prenapona	11-12/75	405
	Ovisnost unutarnjih prenapona u razdjelnim mrežama o načinu uzemljenja zvjezdišta i drugim utjecajima	9-10/78	361
Ivančić, Stjepan	Ispitivanje bloka V snage 210 MW u TE Tuzla	11-12/77	406
Jakir, Ante	Proizvodnja U2O8 (žutog kolača) iz primjese fosforne kiseline	11-12/77	428
Jalšovec, Josip	Korekcioni faktor za razne slučajeve pogrešnog priključka brojila - određivanje konstante brojila	5-6/74	175
	Reaktivne snage i naponi u distributivnoj mreži SRH	1-2/76	33
Jamnicki, Ivo	Osnove regionalne društveno-ekonomske optimalizacije korištenja energije	5-6/71	166
	Tendencije u razvoju opskrbe gradova energijom	11-12/71	343
Jelušić, Fedor	Granice ekonomičnosti pumpno akumulacionih hidrolektrana	1-2/71	9
	Stavljanje u pumpni pogon grupe strojeva sa reverzibilnim pumpnim turbinama i pumpama	11-12/72	354
	Energetski značaj volumetrijskih gubitaka kod hidrauličkih strojeva	9-10/73	296
	Utjecaj pumpnih hidroelektrana na troškove goriva termoelektrana	3-4/75	81
Jemrić, Branko	Metalno-halogenske žarulje kao perspektivni izvor danje svjetlosti	3-4/79	81
Jirkü, J.aroslav	Unutrašnji prenaponi u mrežama najviših napona	9-10/75	309
Jung, Miroslav	Rezultati ispitivanja napona opasnosti u žičanim TT-vezama, koji se mogu pojaviti u nekim distributivnim mrežama SR Hrvatske kod prijelaza na pogon s neizravno uzemljenim zvjezdištem	9-10/72	284
	Proračun kratkog spoja u prijenosnoj mreži na području "Elektroprenosa" - Matulji za godine 1975. - 1982.	9-10/73	315
	Utjecaj vodova visokog napona na naftovode	11-12/74	357
	Proračun električnih svojstava kovinskih cjevovodova	5-6/76	153
	Najveći očekivani padovi napona u odabranim čvorištima elektroenergetske mreže Dalmacije prilikom pokretanja generatora RHE Obrovac kao elektromotora	9-10/78	308
	Prilog proračuna električnih svojstava vodova na temelju rezultata mjerenja nadomjesnih impedancija praznog hoda i kratkog spoja	3-4/78	82
	Rezultati ispitivanja najviših napona opasnosti koji se mogu inducirati u dojavnim vodovima, nakon prijelaza razdjelnih mreža na pogon s uzemljenim zvjezdištem	3-4/77	97
Jung, Miroslav – Hebel, Zdravko	Maksimalne struje kratkog spoja u jugoslavenskoj mreži 220 i 380 kV, što se očekuje oko godine 1990.	7-8/72	205
Jurković, Berislav – Gajski, Ilija	Veliki motori u distributivnoj mreži	11-12/79	367
Kalan, Boris	O standardima na području instrumentacije i regulacije koji se primjenjuju kod izgradnje NE Krško	11-12/79	393
Kalmeta, Petar	Nadzor plamena u ložištu kotlova termoelektrana s plinskim i uljnim gorivom pomoću UV detektora	9-10/75	324
	USAEC model osiguranja kvalitete kod nuklearnih elektrana	3-4/76	73

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Karuza, Jadranko	Nuklearne elektrane - čist i puzdan izvor električne energije	9-10/71	271
Karuza, Jadranko – Strohal, Petar	Utjecaj nuklearne energije na okolinu	3-4/73	98
Kavur, Vladimir	Izbor konfiguracije digitalnog sistema za vođenje elektroenergetskog procesa	3-4/79	71
	Važnost i mjesto informiranja o elektroenergetskom procesu u hijerarhijskoj strukturi informacijskog sistema	5-6/79	129
Knapp, Vladimir	Nuklearna elektrana i okoliš	3-4/73	93
	Oplodni reaktori i perspektiva nuklearne energije	5-6/74	157
	Neke karakteristike japanskog postupka u odobravanju gradnje i pogona nuklearnih elektrana	3-4/75	123
	Termalni reaktor "Fugen"	5-6/75	180
	Termalne granice u proizvodnji energije	7-8/75	266
	Kadrovi za nuklearnu energetiku SRH	7-8/76	262
	Vjerojatnost i posljedice teških reaktorskih kvarova	9-10/76	346
Kontić, Jovo	Primjena neutralnog vođenog režima kod termoenergetskog postrojenja	7-8/79	259
Kovačević, Slavko – Hlevnjak, Magda	Anatomska građa četinjača i mogućnost impregnacije otopinama konzervirajućih tvari	11-12/79	405
Krepela, Miroslav	Primjena SF6 u rasklopnim postrojenjima	3-4/76	92
Kučer, Matko	Posljedice priključivanja statičkih (tiristorskih) usmjerivača na distributivnu električnu mrežu	9-10/79	319
Kuljiš, Zoran	Utjecaj na cijevi kondenzatora i mjere za osiguranje kvalitete pri izradi kondenzatora	3-4/78	87
Lakota, Josip	O automatizaciji u elektroenergetskom sistemu	7-8/73	224
	Automatizacija u termoelektrani (I dio)	11-12/74	351
	Automatizacija u termoelektranama II dio	5-6/75	157
	Automatizacija u termoelektranama III dio	7-8/75	232
	Procesna računala u elektranama	11-12/76	420
	Faktori opterećenja i pogonska raspoloživost nuklearnih elektrana	1-2/80	7
	Sigurnosne osobine reaktora tipa PWR i PHWR - CANDU	3-4/80	143
Lalević, Borislav	Polaganje energetskih kablova preko mostova	11-12/74	364
	Asinhroni motori većih snaga u elektrodistributivnim mrežama	9-10/76	332
Lastrić, Nikola	Dimenzioniranje vodiča za uzemljenje i kratko spajanje vodova i sabirnica visokog napona u mreži "Elektroprivrede" Zagreb	1-2/72	29
	Kondenzatori za visokonaponska postrojenja	7-8/75	262
Lešić, Ante	Razvoj i stanje naftovoda u svijetu s posebnim osvrtom na Evropu	5-6/72	170
	Plinovodi i plin u ekspanziji	5-6/73	172
	Prijenos energije produktovodima	9-10/73	327
Magdić, Marijan	Značenje vremenskih preferencija za donošenje investicijskih odluka u elektroprivredi	9-10/78	296
Malbaša, Niko	Analiza faktora koji utječu na disipaciju otpadne topline pri radu termoelektrane u protočnom sistemu hlađenja	7-8/76	246

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
	Opskrba urbane sredine ogrjevnom toplinom iz nuklearne elektrane	9-10/78	347
	Analiza lokacija za nuklearne elektrane I	11-12/80	397
Mandić, Mladen	Tarifna politika električne energije i odlijevanje sredstava iz područja u područje	9-10/76	353
	Temeljni organizacioni oblik u elektrodistributivnoj djelatnosti	1-2/76	11
Markotić, Zlatan – Šimović, Jure	Ustavno konstituiranje djelatnosti razvoda i distribucije električne energije na području grada Zagreba i uže okolice	1-2/76	1
Markovčić, Boris	Prijenosna moć dalekovoda u sistemu i troškovi prijenosa	1-2/71	1
	Razvoj i tendencije prijenosa velikih snaga	5-6/71	153
	Vodovi 110 kV s vodičima u snopu za prijenos velikih snaga	5-6/71	363
	Bilanca jalove snage područja sjeverne Hrvatske i potrebe kompenzacije u bližoj budućnosti	5-6/72	150
	Mogućnost prijenosa električne energije u zapadni dio Jugoslavije s obzirom na pomanjkanje jalove snage	7-8/72	201
	Studijski rad na problemima prijenosne mreže Hrvatske I Jugoslavije	7-8/73	210
	Jalova snaga u elektroenergetskom sistemu i racionalizacija potrošnje električne energije	9-10/74	278
	Utjecaj promjene napona na opterećenja u čvorovima 110 kV	9-10/75	301
	Problemi standardizacije napona u distribuciji	11-12/76	426
	Mjere poduzete u raznim zemljama prema preporuci savjeta direkcije od 30. siječnja 1975. o naponu 230 V +/- 10%	1-2/77	48
	Utjecaj pojedinih parametara na osnovne karakteristike radova s vodičima u snopu	3-4/78	76
	100 god. istosmjernog prijenosa	9-10/80	329
	Prijeratna elektrifikacija sjeverne Hrvatske	5-6/79	147
	Problem jalovih snaga u u okviru CIGRÉ	11-12/80	411
	Problematika kabela za prijenos velikih snaga u okviru CIGRÉ	9-10/80	341
Markovčić, Boris – Tonković, Zdenko	Preplitanje vodova najviših napona	7-8/76	225
	Ispitivanje prilika na jugoslavenskoj sjevernoj magistrali 440 kV mreže na elektroničkom računalu	9-10/78	302
Martinko, Mijo	Ispitivanje strojarske opreme HE Nkola Tesla	9-10/80	359
Matanić, Dubravko	Niskotemperaturna korozija generatora pare i njezino sprečavanje	9-10/72	298
	Procesi i problemi izgaranja teških loživih ulja u ložištima generatora pare	1-2/74	28
	Tehnika izgaranja tekućih goriva u velikim ložištima	1-2/75	36
	Ispitivanje kvalitete izgaranja na kotlu 1 TE-TO Zagreb	5-6/76	172
	Problematika korištenja tekućih goriva u termoenergetskim postrojenjima	7-8/76	233
	Emisija NOx iz ložišta termoenergetskih postrojenja	5-6/77	160
	Izgaranje emulzija u termoenergetskim postrojenjima	9-10/78	327

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
	Rezultati istraživanja na kombiniranom prototipnom goraču učina 15 Gcal/h	1-2/77	1
	Istraživanja i rješavanje izgaranja T-ulja za loženje pri snižavanju tehničkog minimuma blokova TE Sisak	7-8/80	257
	Rješavanje problema pulzacija u ložištu kotla 7 u EL-TO Zagreb kod loženja zemnim plinom	5-6/79	187
Mehičić, Krešo – Mihalek, Ernest	Stupovi u nadzemnoj mreži niskog napona u distribuciji SR Hrvatske	3-4/79	97
Mehmedović, Muharem – Kajari, Mladen – Petrović, Žarko	Analiza parametara generatora NE Krško s obzirom na dinamičku stabilnost sistema 400 kV	11-12/73	368
Mihalek, Ernest	Provedba racionalizacije u području razdiobe i potrošnje električne energije	5-6/80	207
Mihalic, Dragutin	Analiza stanja električne opreme HE Nikola Tesla	11-12/80	431
Mijić, Drago	Recipročni odnosi između elektriciteta i čovjekove okoline	7-8/72	240
	Energetika u okviru ekonomske komisije za Evropu	5-6/73	176
Mijić, Mato	Perspektive elektroprivrede u Evropi za razdoblje od 1970. - 1985.	11-12/73	385
Milanović, Zlatko	Plinskomotorna toplinska pumpa s kompresorom	5-6/80	191
	Posjeta nuklearnoj elektrani toplani Gösgen (KKG) - Däniken	11-12/80	439
Miličević, Andrija	Proračun kabela i vodiča na termičku čvrstoću	1-2/73	22
	Serijske prigušnice za ograničenje struja kratkog spoja	7-8/74	241
Miliša, Ante – Markulin, Marijan	O fizici nastajanja i načinu ograničavanja i mjerenja radio-smetnji na visokonaponskoj opremi	7-8/75	225
Milun, Stanko	Pregled nekih mjera za redukciju brzih kolebanja napona	3-4/76	87
Moritz, Branko	Realizacija izgradnje postrojenja kondenzatorskih baterija za kompenzaciju jalove energije snage 20,3 MVA u TS 110/30 kV Resnik	7-8/78	236
Moser, Josip	Analiza potrošnje električne energije i strukture instaliranih kućanskih aparata u kućanstvima naselja Tenja kraj Osijeka	1-2/72	17
	Analiza strukture instaliranih kućanskih aparata u domaćinstvima i mogućnosti štednje električne energije promjenom navika korisnika kućanskih aparata	9-10/74	295
	Metodologija analize gubitaka električne energije u distributivnim mrežama	9-10/78	344
	Rezultati ispitivanja i mjerenja u mreži Skopja radi određivanja faktora istodobnosti	7-8/78	217
	Gubici električne energije na području sisačko-baranjske regije u usporedbi s ostalim područjima SR Hrvatske	5-6/80	233
	Usporedba gubitaka el. energije u prijenosu i distribuciji el. energije u nas i u svijetu	3-4/80	51
Mrakovčić, Branko	Neka iskustva sa samonosivim kabelskim snopovima	9-10/80	351
	Rad pod naponom	11-12/80	443
	Visokonaponski kabeli s krutim dielektrikom	11-12/79	371
Mužny, Josip	Parcijalna izbijanja u izolaciji visokonaponske opreme	7-8/73	252
Nevečerel, Davor	Proračun električnih parametara nadzemnih vodova	1-2/79	8

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Neveščanin, Josip	Stanje, problem i budući elektroenergetski razvoj "Distribucije" Split	1-2/75	13
	Energetsko značenje i problem kompenzacije jalove energije modernih gradskih naselja	9-10/76	325
	Iskustva, značenje i problem ograničenja snage kratkog spoja distributivnih mreža u uvjetima stalnog porasta konzuma i primjene direktne transformacije 110/10 i 110/20 kV	11-12/77	396
	Tendencija razvoja i izbor optimalnog broja i veličine transformatora distributivnih TS 35/10 kV	9-10/71	296
	Praktični rezultati i neke specifičnosti dosadašnjeg razvoja konzuma kućanstva nove stambene izgradnje	11-12/72	337
	Iskustva i mogućnosti izvedbe efikasnog uzemljenja mreže seoske elektrifikacije u uvjetima loše vodljivosti tla	3-4/74	90
	Iskustva i mogućnosti racionalizacije potrošnje električne energije distributivnih potrošača u specijalnim uvjetima	9-10/74	281
Novkoski, Krsto	Elektroenergetska mjerenja u distributivnim mrežama neophodna za neprekidnu opskrbu potrošača	11-12/79	401
Ožegović, Marija	Univerzalni program za proračun struja i napona u režimu kratkog spoja	9-10/72	269
	Uloga idealnog transformatora u ekvivalentnoj shemi mreže	5-6/74	141
	Računanje tokova snaga i napona na premalom elektroničkom računalu	7-8/77	234
	Raspodjela trostruke nulte komponente struje kroz zemlju, dozemnu užad i uzemljenja	5-6/80	183
Padelin, Mario – Mileusnić, Egon	Presjek vodiča s kojim se uzemljuje i kratko spaja na mjestu gdje se radi	3-4/77	114
Pavičić, Krešimir	Neka pogonska iskustva u radu RP 110 i 220 kV visoke izvedbe sa cijevnim sabirnicama u HE Senj	5-6/73	160
	Prijedlog za povećanje instalirane snage i proizvodnje HE Sklope	5-6/77	170
	Iskustva s 110 kV i 220 kV uljnim i 110 kV XLPE kabelima u HE Senj	9-10/80	345
Pavlović, Tomislav	Neka rješenja iz područja održavanja HE Gojak	7-8/80	281
Perinić, Vinko	Kvar U TS Zabok 110/35/10 kV	1-2/72	37
Petric, Nikola	Principi pet pravila sigurnosti pri radovima na nadzemnim vodovima 0,4 kV	3-4/76	106
	Smjernice za izvođenje radova pod naponom	9-10/76	360
Petrović, Mato	Primjena drvenih stupova u niskonaponskoj mreži	3-4/74	97
	Najmanji mogući razmak vijaka kod dalekovodnih čelično-rešetkastih stupova	9-10/74	307
	Primjena metalnih stupova za niskonaponske radove	3-4/76	99
Piperski, Dragoljub	Informacijski sistemi u termoelektranama	11-12/78	402
	Opis eksploatacione osobenosti jednosmjernih elektromašinskih pobudnih sistema sinhronih generatora	5-6/78	159
	Termoelektrana "Kosovo B" u izgradnji	7-8/78	221
	Ocena kvaliteta automatske regulacije termotehničkih procesa u termoelektrani	1-2/79	34
	Tehnološke zaštite i blokade postrojenja TE	9-10/79	323
	Električna postrojenja za sopstvenu potrošnju TE "Kosovo"	9-10/72	304

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Potočnik, Vladimir	Plinske turbine za proizvodnju električne i toplinske energije	11-12/73	375
	Reenergetizacija starih parnih termoelektrana	9-10/75	330
Požar, Hrvoje	Postupak za određivanje optimalne strukture proizvodnje električne energije u sistemima hidroelektrana i termoelektrana	3-4/71	69
	Istraživanja opskrbe energijom	11-12/73	341
	Prikaz i analiza prilika u elektroenergetskom sistemu Hrvatske u razdoblju kolovoz - prosinac 1973.	5-6/74	171
	Opskrba energijom i zaštita okoline	7-8/74	209
	Pogled na buduću opskrbu Jugoslavije električnom energijom	11-12/74	342
	Metoda za izradu energetskih bilanca	3-4/78	65
	Metoda za određivanje trajanja iskorištenja neobnovljivih rezervi	5-6/78	137
	Utjecaj tipova vršnih elektrana na elektroenergetski sistem	7-8/79	227
Požar, Hrvoje – Filipović, Vjekoslav – Bodlović, Pero	Metoda konstantne i varijabilne energije za analizu prilika u elektroenergetskom sistemu prilagođena proračunu na elektroničkom računalu 61 i 135	5-6/72	135
Požar, Hrvoje – Frajman, Zlatko	Usporedba tipova elektrana za pokrivanje vršnih opterećenja	3-4/77	83
Požar, Hrvoje – Knapp, Vladimir	Oscilacije intenzivnosti Sunčeva zračenja i ritam potražnje energije	5-6/77	153
Požar, Hrvoje – Udovičić, Božo – Mandić, Mladen	Struktura termoelektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije u daljoj budućnosti	11-12/75	371
Požar, Hrvoje – Udovičić, Božo –Granić, Goran	Neki aspekti opskrbe SRH električnom energijom	9-10/78	281
Prelec, Zmagoslav	Primjena metode Langrangeovog multiplikatora kod optimizacije stacionarnih režima rada parnoproizvodnog postrojenja	7-8/79	253
Primožić, Ante	Rekonstrukcija i obnova distributivne mreže grada Rijeke i uže okolice u proteklih 15 godina	9-10/71	289
Radetić, Ernest	Obračun kupnje i prodaje električne energije u elektroprivrednoj zajednici	12754	13
Radmilović, Božidar	Daljinsko upravljanje postrojenjima prijenosne mreže	9-10/71	279
	Povećanje pogonske sigurnosti rasklopnih postrojenja 110 kV s jednim sistemom sabirnica	9-10/73	301
	Rezultati ispitivanja tokova snaga u mreži "Elektroprivrede Zagreb" za 1976. i 1977.	11-12/76	424
Reštarović, Stjepan	Crpne hidroelektrane na području Psunj	11-12/76	389
Ružić, Dragutin	Tendencije i izvedbe modernih hidroelektrana u Norveškoj	1-2/71	34
	Električno grijanje prostorija	7-8/71	237
Sadović, Salih	Model ventilnog odvodnika prenapona kod proračuna prenaponskih pojava na digitalnom računalu	9-10/79	301
Sadović, Salih – Raščić, Mirsad	Bliski kratki spoj	9-10/76	342

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Sadović, Salih – Raščić, Mirsad – Bera, Bosiljka	Dielektrične karakteristike prekidača visokog napona s posebnim osvrtom na BIAS ispitivanja	11-12/78	398
Savićević, Josip	Kompenzacija reaktivne snage na sabirnicama 10 kV autotransformatora 150/150/50 MVA u TS 220/110/10 kV "Bilice"	1-2/76	26
	Zaštita velikih paralelnih kondenzatorskih baterija za kompenzaciju reaktivne snage u mrežama visokog napona	5-6/76	191
Schenner, Rihard	Optimalno opterećenje transformatora	7-8/75	246
	Određivanje vršnog opterećenja grupe kućanstava	3-4/76	14
	Neke ekonomske metode za analizu dugoročnih investicija	11-12/78	385
	Optimalizacija sistema transformatorske stanice 110/10/20 kV i mreže 10/20/ kV	3-4/77	102
	Usporedba postupaka za određivanje vršnih opterećenja kućanstva	1-2/78	22
	Određivanje nazivne snage TS/110/10, 20 kV kabelskog voda pomoću ispitivanja na modelu	9-10/79	295
	Primjer proračuna pouzdanosti u distributivnoj mreži	1-2/79	18
Sekso, Ante	Problematika uzemljivača transformatorskih stanica na terenima većih specifičnih otpora u uvjetima otporno uzemljenog zvjezdišta	7-8/72	221
	Početak sistematskog mjerenja intenziteta zagađivanja visokonaponske izolacije morskom solju u jadranskom području	5-6/78	149
Sekso, Ante – Hrs, Ivo	Primorski tip zagađivanja izolacije postrojenja i vodova visokog napona	3-4/77	89
Sirotić, Zvonimir	Proizvodnja sinhronih generatora u Jugoslaviji	5-6/79	155
Smolčić, Zlatko	Suvremeni istosmjerni strojevi velikih snaga	3-4/79	77
Stanić, Dragutin	Poteškoće i slabosti u funkcioniranju elektroenergetskog sistema Hrvatske	3-4/80	105
Stanić, Milan	Program za izradu ponuda srednjonaponskih rasklopnih postrojenja	7-8/76	253
Stefanini, Božidar	Nesimetrični kratki spojevi u matričnom računu	1-2/71	15
	Matrične jednadžbe mreža po metodi čvorova	3-4/71	77
	Proračun nesimetričnih kratkih spojeva	5-6/71	144
Sterpin, Elio	Osjetljivost zemljospojnog elektronskog releja sa stajališta varijabilnosti otpora kvara	11-12/71	368
	Problem zaštite od uzdužnog kvara u izoliranim zračnim distributivnim mrežama	11-12/73	324
	Primjena automatskog uključenja rezervnog napajanja kao mjera sigurnosti i kvalitete dobave električne energije u turizmu	11-12/74	372
Sterpin, Elio – Rosanda, Livio	Dodatni teret uzrok oštećenja dalekovoda 35 kV Pazin - Pula	11-12/80	425
Šicel, Mladen	Problematika impregnacije drvenih stupova	7-8/78	240
	Osvrt na dosadašnje metode utvrđivanja fizičkih veličina potrebnih ulaganja za izradu programa razvoja ditributivne mreže	5-6/80	215

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Šimović, Jure	Ekonomski značaj revalorizacije osnovnih sredstava u elektrodistribuciji	7-8/71	210
	Samoupravno i društveno usmjeravanje raspoređivanja dohotka i raspodjele sredstava za osobne dohotke u elektroprivrednim organizacijama SR Hrvatske	5-6/72	135
	Temeljne značajke fiskalne politike u Jugoslaviji u razdoblju od 1965. - 1972. i utjecaj njezinih parametara na raspodjelu dohotka u elektrodistributivnim poduzećima SRH	5-6/73	135
	Temeljne karakteristike sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi u razdoblju od 1965. – 1974.	5-6/75	149
	Nedostaci postojećeg sistema društveno-ekonomskih odnosa u okviru složenog sistema elektroprivrede Hrvatske	3-4/80	97
Šimundža, Šimun	Razvoj parametara područne mreže 35 kV Dalmacije	3-4/71	95
Šimunić, Juraj	Analiza izbora mjerenja po komponentama prijenosne mreže i daljinskog prijenosa cikličkih informacija	1-2/80	45
Širola, Edo	Usporedna razmatranja o preporukama za vanjsko osvjetljenje	3-4/75	108
	Novosti u preporukama za javnu ravjetu	1-12/77	414
	Rasvjeta tunela	1-2/79	23
Škarica, Dinko	Budućnost primjene procesnog računala kod upravljanja distributivnom elektroenergetskom mrežom	9-10/72	277
Škarica, Ranko – Muškardin, Oskar	Sanacija dalekovoda 110 kV Senj - Vinodol	3-4/71	83
Šodan, Milan	Predstavljanje transformatora u analizi elektroenergetskog sistema	1-2/74	1
	Utvrđivanje stanja elektroenergetskog sistema u pogonu na temelju mjerenja pojedinih veličina	5-6/75	168
Šodan, Milan – Hebel, Zdravko	Optimalna raspodjela jalovih snaga u elektroenergetskom sistemu	11-12/73	343
Šodan, Milan – Mikulčić, Vladimir	Katodna zaštita	9-10/73	302
Šprung, Fedor	Razmatranje o kondenzaciji vlage na rasklopnim postrojenjima u zatvorenom prostoru	1-2/72	33
	Prijelaz topline u elektroprivrednoj pogonskoj problematici	7-8/73	224
Štahan, Ivan	Utjecaj zagađenja zraka na dielektričku čvrstoću izolatora visokih napona	9-10/79	313
Tokić, Branko	Ispitivanje i procjena kvalitete 110 kV kabela izoliranih krutim dielektricima	9-10/80	355
	Podloge za vrednovanje i izbor 110 kV kabela	11-12/79	379
Tonković, Zdenko	Program za izračunavanje tokova snaga na računskom stroju ICL	5-6/73	164
	Problematika modeliranja kabelskih mreža	9-10/73	319
Tropin, Kiril	Osobenosti osvetljenja elektroenergetskih postrojenja i smjernice za njegova dobra ostvarenja	9-10/71	305
	Zaštita na radu od dejstva elektromagnetskih polja industrijske učestanosti u elektroenergetskim postrojenjima vrlo visokih napona	7-8/72	227

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
	Brzo određivanje gubitaka energije u blok-transformatorima	7-8/74	254
	Osvjetlenje u objektima bez prirodnog i s nedovoljnim prirodnim osvetljenjem	5-6/73	168
	Sprečavanje buke u termoelektranama	3-4/75	119
	Obeležavanje elektroenergetskih postrojenja koja mogu predstavljati zapreke za vazdušnu plovidbu	5-6/75	184
	Norme osvetljenosti elektroenergetskih postrojenja	7-8/75	270
	Pogon i održavanje instalacija osvetljenja	9-10/75	336
	Zaštita na radu i protivpožarne mere u daljinski upravljanim elektroenergetskim postrojenjima	7-8/77	259
Udovičić, Božo	Optimizacija elektroenergetskog sistema	5-6/73	203
	Potrebe i mogućnosti izgradnje elektrana u Hrvatskoj za podmirenje potrošnje	5-6/79	139
Udovičić, Božo – Alerić, Slavko	Usporedba koncepcije energetskog iskorištenja jednog vodotoka	3-4/77	118
Vagić, Nikola	Program razvoja električne mreže 110 i 20 kV na području Samobor - Klara - Velika Gorica	1-2/74	9
	Stanje i tendencija u razvoju distributivnih mreža	11-12/77	387
Valenčić, Mirko	Ocjena stanja i određivanje uzroka kvara izolacije u elementima električnih postrojenja primjenom kromografije	1-2/74	34
Vešić, Petar	Mjerni transformatori za 400 kV mrežu SFRJ	11-12/77	422
Vuković, Vladimir	O sigurnosti nuklearnih elektrana	5-6/74	162
	Razvoj nuklearne energetike	1-2/77	18
	Razvoj nuklearne energetike	1-2/78	29
	Razvoj nuklearne energetike	5-6/78	166
	Nuklearna elektrana Krško (I dio)	3-4/79	85
	Nuklearna elektrana Krško (II dio)	7-8/79	239
Vuletin, Jadranko i grupa autora	Selektivni spojevi za konverziju Sunčeve energije	11-12/77	425
Zloković, Vladimir	Analiza specifičnog potroška električne energije u kućanstvu u odnosu na glavnu upotrebu	9-10/71	318
	Usmeravanje domaćinstva na sistem električnog grejanja koji se može povoljno odraziti na elektroenergetski sistem	3-4/74	113

Pripremili:

Mr. sc. Slavica Barta, dipl. ing.

Slaven Koštrun

ELEKTROENERGETSKI SUSTAV I ZAŠTITA OKOLIŠA

Temeljna načela poslovne politike HEP-a u zaštiti okoliša iskazana u Deklaraciji zaštite okoliša HEP-a jesu:

- uključivati problematiku zaštite okoliša u strategiju Hrvatske elektroprivrede, a kriterije zaštite okoliša u postupke planiranja i donošenja odluka
- rabiti resurse racionalno, smanjivati emisije u zrak, vode i tlo te količinu i štetnost proizvedenog otpada
- čuvati biološko-ekološke i druge prirodne kvalitete okoliša u blizini objekata HEP-a, provodeći mjere zaštite flore i faune te prirodne i kulturno povijesne baštine
- ugrađivati i održavati na svakoj lokaciji, gdje s enalaze objekti HEP-a trajne sustave redovnog nadzora zaštite okoliša te objevljivati dobivene rezultate
- poticati uporabu obnovljivih izvora energije i kogeneracijskih procesa
- razvijati i istraživati primjenu čistijih i djelotvornijih tehnoloških rješenja u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije
- obrazovati i i osposobljavati zaposlenike HEP-a za zaštitu okoliša
- surađivati s tijelima državne uprave i lokalne samouprave te s institucijama i građanskim udrugama za zaštitu okoliša
- zagovarati racionalnu uporabu i štednju energije kod svojih potrošača te na državnoj razini
- zahtijevati od isporučitelja opreme, konzultantskih i projektantskih te ostalih suradničkih tvrtki i poslovnih partnera HEP-a da razvijaju politku zaštite okoliša na temelju ovih načela.

U Biltenu HEP-a broj 89 od 28. prosinca 2000. godine objavljen je pregled propisa o zaštiti okoliša od važnosti za rad i razvoj elektroenergetskog sustava. Pregled se odnosi na stanje zakonodavstva u svibnju 2000. godine. Tako su na jednom mjestu sustavno obrađeni relevantni propisi o zaštiti okoliša u poslovanju HEP-a. To će omogućiti njihovo daljnje kontinuirano praćenje i provedbu.

Uvodno je prikazano ustrojstvo nadležnih tijela u zaštiti okoliša u Republici Hrvatskoj te navedeni državno pravni akti kojima se strategijski određuje odnos države prema zaštiti okoliša. To su Ustav i deklaracija.

Nadalje, navedeni su sažeto zakoni i provedbeni propisi od interesa za HEP, a vezani su uz zaštitu okoliša. Oni se mogu svrstati u slijedeće grupe: okoliš i prirodn abaština, zrak i buka, otpad i opasne tvari, korištenje prostora i gradnja, more i vode, zemljište i šume, zaštita zdravlja i imovine te gospodarstvo i elektroprivreda. U nastavku je dan pregled relevantnih zakona kao i narodne novine u kojima su objavljeni:

- Zakon o zaštiti okoliša (NN 82/94)
- Zakon o izmjenam ai dopunama Zakona o zaštiti okoliša (NN 128/99)
- Uredba o procjeni utjrecaja na okoliš (NN 34/97, 37/97)
- Plan intervencija u zaštiti okoliša (NN 82/99, 86/99)
- Pravilnik o katastru emisija u okoliš (NN 36/96)
- Uredba o uvjetima za izdavanje suglasnosti za obavljnaje stručnih poslova zaštite okoliša (NN 7/97)
- Popis pravnih osoba ovlaštenih za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša (NN 15/98, 3/99, 4/2000)
- Zakon o zaštiti prirode (NN 30/94)
- Dopuna Zakona o zaštiti prirode (NN 72/94)
- Pravilnik o unutarnjem redu u Nacionalnom parku Krkra (NN 77/98)
- Zakon o zaštiti spomenika kulture (NN 52/94)
- Zakon o zaštiti zraka (NN 48/95)
- Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostimakakvoće zraka (NN 101/96, 2/97)
- Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (NN140/97)
- Uredba o tvarima koje oštećuju ozonski omotač (NN 7/99, 20/99)
- Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva (NN 76/97, 66/99, 149/99)
- Zakon o zaštiti od buke (NN 17/90)
- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 37/90)
- Pravilnik o uvjetima koje moraju ispunjavati organizacije za mjerenje i predviđanje buke u sredini sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 37/90)
- Pravilnik o kontroli projekata (NN 47/90)
- Zakon o otpadu (NN 34/95)
- Pravilnik o vrstama otpada (NN 27/96)
- Popis stručnih institucija koje imaju ovlast za izdavanje izvješća o ispitivanju fizikalnih i kemijskih svojstava otpada (NN 51/96, 93/96)
- Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97)
- Uredba o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom (NN 32/98)
- Zakon o prijevozu opasnih tvari (NN 97/93)
- Pravilnik o načinu prijevoza opasnih tvari u cestovnom prijevozu (NN 54/95)
- Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima (NN 108/95)
- Pravilnik o zapaljaljivim tekućinama (NN 54/99)
- Zakon o otrovima (NN 27/99)
- Zakon o prostornom uređenju (NN 30/94, 68/98)
- Strategija prostornog uređenja RH (Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja, Zagreb, 1997. godine)
- Program prostornog uređenja RH (NN 50/99)
- Uredba o određivanju građevina od važnosti za RH (NN 6/2000)
- Pomorski zakonnik (NN 17/94, 74/94, 43/96)
- Plan intervencija kod iznenadnih onečišćenja mora RH (NN 8/97)
- Pravilnik o rukovanju opasnim tvarima, uvjetima i načinu ukecavanja i iskrcavanja opasnih tvari, rasutog i ostalog tereta u lukama te načinu sprječavanja širenja isteklih ulja u lukama (NN 108/95)
- Zakon o morskim lukama (NN 108/95, 6/96)
- Zakon o vodama (NN 8/99)

- Državni plan za zaštitu voda (NN 8/99)
- Pravilnik o izdavanju vodopravnih akata (NN 28/96)
- Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98)
- Uredba o opasnim tvarima u vodama (NN 78/98)
- Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja, opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 40/99)
- Uputstvo za vođenje evidencije učestalosti ispuštanja u vode opasnih i štetnih tvari, količini i sastavu tih tvari i načinu dostavljanja podataka o tomu javnim vodoprivrednim poduzećima (NN 9/90)
- Zakon o financiranju vodnog gospodarstva (NN 107/95, 19/96, 88/98)
- Pravilnik o obračunu i plaćanju naknade za korištenje voda (NN 94/98, 108/98)
- Pravilnik o obračunavanju i plaćanju naknade za korištenje voda (NN 33/91, 21/96)
- Odluka o visini naknade za zaštitu voda (NN 15/91)
- Zakon o poljoprivrednom zemljištu (NN 34/91, 26/93, 79/93, 54/94, 48/95, 19/98, 105/99)
- Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima
- Zakon o šumama (NN 52/90, 61/91, 76/93)
- Zakon o zaštiti od požara (NN 58/93)
- Pravilnik o izradi procjene opasnosti (NN48/97)
- Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (NN 105/99)
- Zakon o koncesijama (NN 82/92)
- Zakon o elektroprivredi (NN 31/90)
- Izmjene i dopune Zakona o elektroprivredi (NN 47/90, 61/91, 26/93, 78/96, 105/99)
- Zakon o komunalnom gospodarstvu (NN 36/95, 70/97, 128/99)

SBK

KRITERIJI ZA IZBOR I UGRADNJU PRENAPONSKE ZAŠTITE

U veljači ove godine donesena je i objavljena u Biltenu HEP-a broj 90 granska norma pod nazivom **Kriteriji za izbor i ugradnju prenaponske zaštite mreža i postrojenja srednjeg napona.**

Nova tehnologija izrade odvodnika prenapona, niža cijena na tržištu te nova koncepcija štićenja objekata, razlog su za povećanje ugradnje metaloksidnih odvodnika prenapona. Odatle i potreba da se sistematski prikažu parametri atmosferskih pražnjenja i njihovo djelovanje na srednjenaposnke vodove i postrojenja te opišu zaštitini uređaji od atmosferskih prenapona, način izbora te smještaj u postrojenjima.

U poglavlju 2 prikazana je terminologija vezana uz ovu problematiku (definicija katodnog odvodnika i njegovih karakteristika).

Poglavlje 3 daje pregled karakterističnih parametara atmosferskih pražnjenja u srednjenaponskim mrežama i karakteristike prenapona te matematički model izračuna električnih naprezanja.

Zaštitni uređaji od atmosferskih pražnjenja prikazani su u poglavlju 4: zaštitna iskrišta i izbor metaloksidnih odvodnika prenapona. Prikazani su i relevantni matematički modeli kako za iskrišta tako i za odvodnike prenapona. Tablično prikazani su tehnički zatjevi za konstrukciju odvodnika te vrijednosti parametara metaloksidnog odvodnika za ugradnju u distribucijsku mrežu. Na kraju poglavlja prikazan je dijagram tijeka postupka izbora metaloksidnog odvodnika prenapona.

Mjesta ugradnje metaloksidnih odvodnik au distribucijskoj mreži opisana su u poglavlju 5 (srednjenaponska postrojenja, zvijezdište transformatora, vodovi).

U poglavlju 6 utvrđeni su načini ispitivanja (tipska, pojedinačna komadna, nadzorna ispitivanja pri preuzimanju) i osiguranje kvalitete.

Pakiranje, označavanje i preuzimanje odvodnika prenapona utvrđeno je u poglavlju 7, dok su u poglavlju 8 navedene korištene norme te ostala izvorna literatura.

SBK

PRAVILNIK O RADU

Donošenjem novog Pravilnika o radu prestaje vrijediti stari. Novi Pravilnik objavljen je u Biltenu HEP-a broj 91 od 22. veljače ove godine.

Pravilnikom o radu uređuju se sva pitanja iz radnog odnosa i u vezi s radom i radnim odnosom u HEP-u.

Sastavni dio Pravilnika je i Prilog 1 u kojem je navedena tipizacija i vrednovanje poslova u HEP-u.

Pravilnik se sastoji od 19 poglavlja. U prvom poglavlju (članci 1 do 3) utvrđene su opće odredbe.

Poglavlje II (članci 4 do 9) utvrđuje uvjete i način zasnivanja radnog odnosa.

Kada i kako se može premjestiti zaposlenik na drugo radno mjesto utvrđeno je u poglavlju III, u članku 10.

Zaštita privatnosti zaposlenika utvrđena je u člancima 11 i 12 u poglavlju IV. Poglavlje V, članak 13 utvrđuje zaštitu života i zdravlja zaposlenika.

Sve u pripravnicima prikazano je u člancima 14 do 18 u poglavlju VI.

Radno vrijeme: raspored radnog vremena i prekovremeni rad utvrđeni su u poglavlju VII, u člancima 20 do 23.

Poglavlje VIII (članci 24 do 39) utvrđuje odmore i dopuste: stanku, dnevni i tjedni odmor, godišnji odmor, plaćeni i neplaćeni dopust.

Prema članku 26, za svaku kalendarsku godinu zaposlenik ima pravo na godišnji odmor u trajanju od najmanje 18 do najviše 30 radnih dana u što se ne računaju subote.

Poglavlje IX uređuje plaće. Člancima 40 do 42 reguliraju se plaće za obavljeni rad zaposlenika. Osnovna plaća utvrđena je člancima 43 do 50. Člankom 51 uređuje se plaća pripravnika. Naknada plaće za dane kada zaposlenik ne radi utvrđena je člancima 52 do 56. Rokovi i razdoblje isplate plaće utvrđeni su člancima 57 i 58.

Materijalna prava zaposlenika utvrđena su u poglavlju X u člancima 59 do71. Odnose se na naknadu troškova prijevoza, dnevnice i troškove službenih putovanja, za rad na terenu i odvojeni život, za korištenje vlastitog automobila u službene svrhe, otpremnine prigodom odlaska u mirovinu, nagrade za dugogodišnji rad kod poslodavca, izvanredne pomoći, za naknade učenicima i studentima na praktičnom radu u HEP-u.

U poglavlju XI u članku 72 utvrđeno je osiguranje naknade troškova u slučaju ozljede na radu ili profesionalne bolesti. Također HEP osigurava zaposlenike za slučaj smrti, bolesti i trajne nesposobnosti za rad.

Članak 73 u poglavlju XII uređuje odnose vezane za izume i tehnička unapređenja zaposlenika.

Naknada štete koju uzrokuje zaposlenik utvrđeno je u poglavlju XIII, u člancima 74 do 80.

Solidarnost je utvrđena u članku 81, poglavlje XIV.

U poglavlju XV utvrđeni su uvjeti u slučajevima prestanka ugovora o radu. Utvrđena su pravila u slučajevima sporazuma o prestanku ugovora o radu (član 83), otkaza ugovora o radu (članci 84 do 88), otkazu s ponudom izmijenjenog ugovora (članak 89), izvanrednog otkaza ugovora o radu (članci 90 do 92). Oblik i način dostave otkaza, otkazni rok i otpremnina regulirani su člancima 93 do 95. Dodatak ugovoru o radu utvrđen je u člancima 96 do 98.

Ostvarivanje prava i obveza iz radnog odnosa regulirano je u poglavlju XVI, u člancima 99 do107. Izobrazba i osposobljavanje za rad utvrđeni su u članku 108, u poglavlju XVII. Poglavlje XVIII, u člancima 109 do127, utvrđuje osnovna pravila u radu.

Prijelazne i završne odredbe dane su u poglavlju XIX, u člancima 128 do133.

Prilog 1. Pravilnika o radu (Tipizacija i vrednovane poslova) čine sastavni dio Pravilnika.

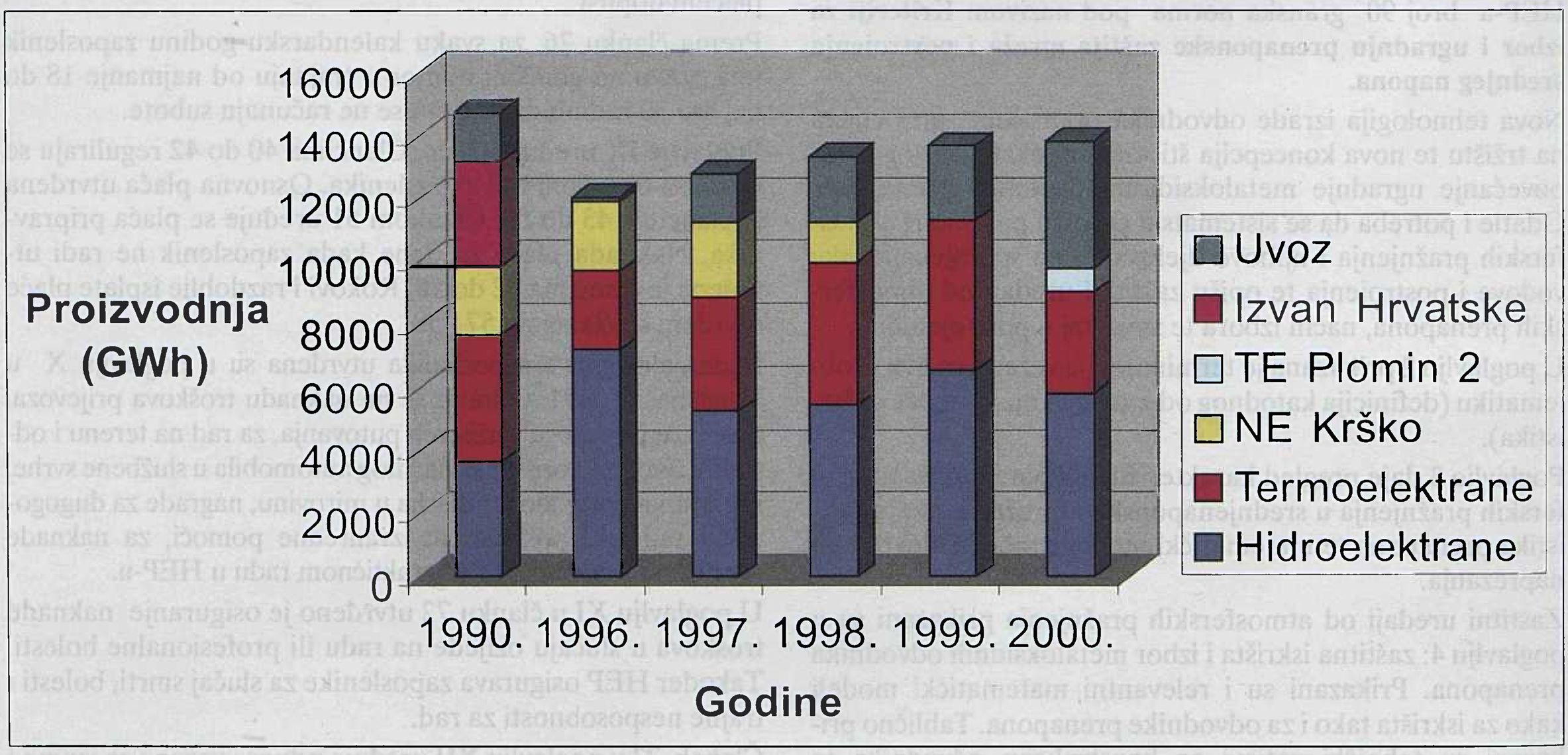
SBK

IZ GODIŠNJEG IZVJEŠĆA HEP-a

Za poslovanje HEP-a u 2000. godini može se reći da su sve potrebe za električnom energijom u cijelosti zadovoljene. Ostvaren je porast potrošnje od 1,18 % u odnosu na 1999. godinu. Ostvaren je ukupni prihod od prodaje električne energije u iznosu od 5,285.650 tisuća kuna, temeljem čega je prosječna prodajna cijena za isporučen kWh krajnjim potrošačima 45,19 lipa bez PDV-a.

Tablica 1 – Struktura proizvodnje električne energije od 1996. do 2000.

Proizvodnja i uvoz	1990.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	96/95	97/96	98/97	99/98	00/99
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	%	%	%	%	%
Ukupno u Hrvatskoj	**9870**	**11892**	**11231**	**11239**	**11299**	**9799**	**116,78**	**94,44**	**100,07**	**100,53**	**86,72**
Hidroelektrane	3650	7190	5260	5428	6531	5841	139,23	73,16	103,19	120,32	89,44
Termoelektrane	4030	2522	3578	4561	4768	3181	92,04	141,87	127,47	104,54	66,72
NE Krško	2190	2180	2393	1250	0	0	95,06	109,77	52,24	0,00	0,00
TE Plomin 2	0	0	0	0	0	777	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Izvan Hrvatske	**3310**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0,00**	**0,00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Uvoz	1569	166	1562	2115	2376	4037	13,60	940,96	135,40	112,34	169,91
Ukupno raspoloživa energija	**14749**	**12058**	**12793**	**13354**	**13675**	**13836**	**105,73**	**106,10**	**104,39**	**102,40**	**101,18**



Slika 1 – Struktura proizvodnje električne energije od 1996. do 2000.

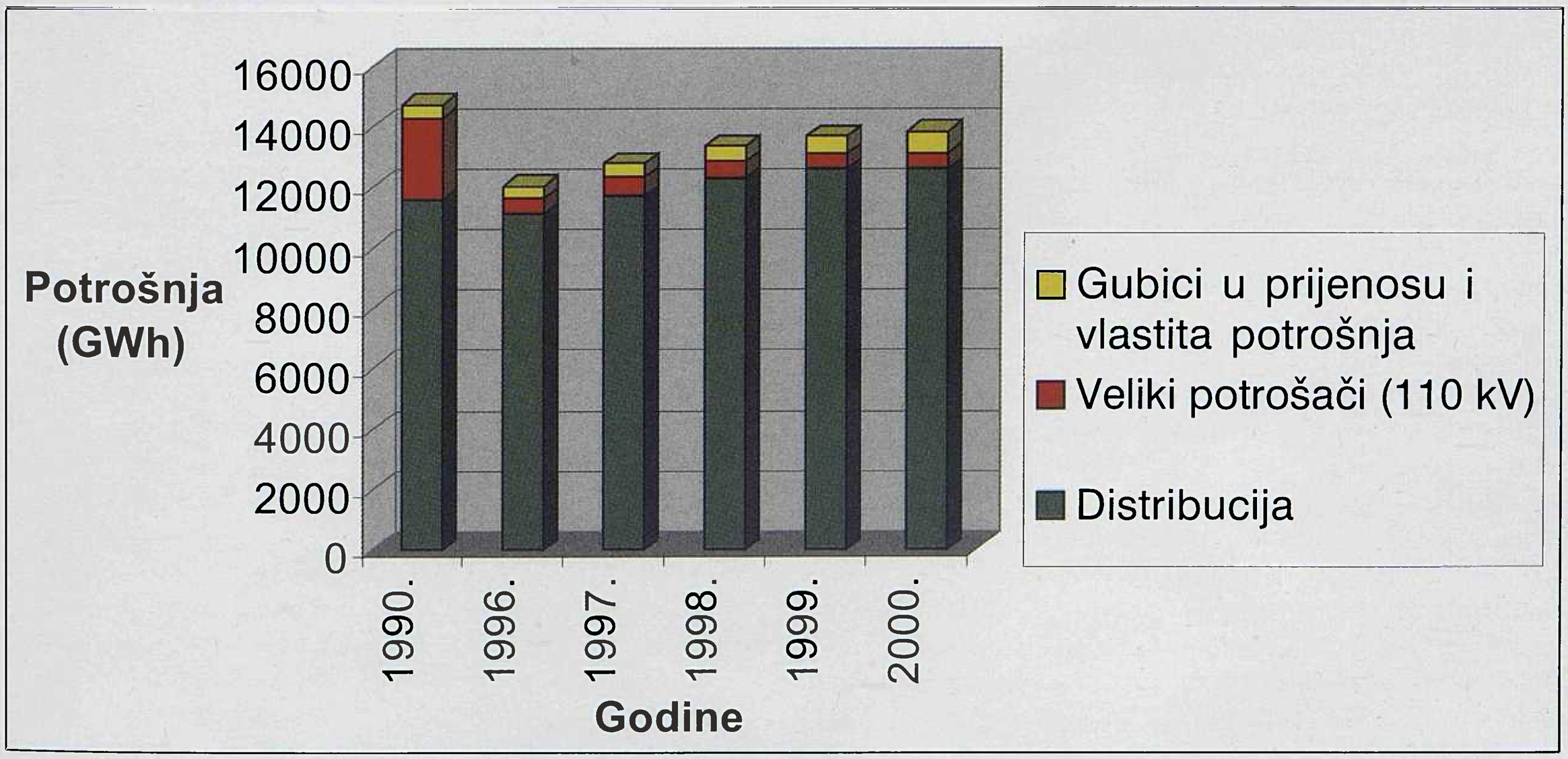
U tablici 1 te dijagramom na slici 1 prikazana je struktura proizvodnje električne energije za 1990. godinu i razdoblje od 1996. do 2000. godine. Potrošnja i struktura potrošnje električne energije u Republici Hrvatskoj z isto razdoblje prikazana je u tablicama 2 i 3 te dijagramima na slikama 2 i 3.

Tablica 2 – Struktura potrošnje električne energije u razdoblju od 1996. do 2000.

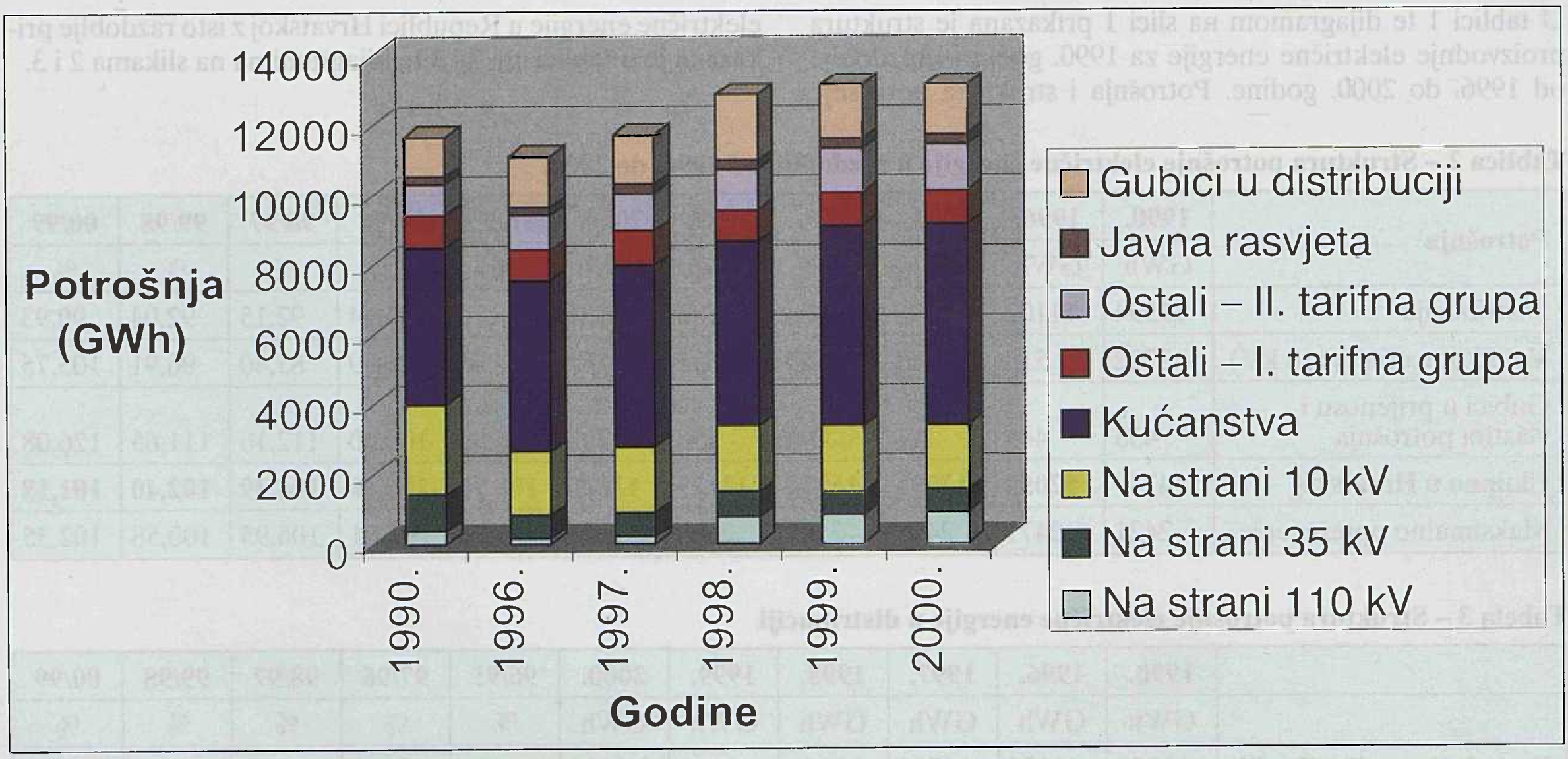
Potrošnja	1990.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	96/95	97/96	98/97	99/98	00/99
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	%	%	%	%	%
Distribucija	11594	11102	11706	12306	12586	12581	106,70	105,44	92,15	92,04	90,93
Veliki potrošači (110 kV)	2702	512	643	550	533	553	87,60	125,59	85,40	96,91	103,75
Gubici u prijenosu i vlastita potrošnja	453	444	444	498	556	702	106,99	100,00	112,16	111,65	126,08
Ukupno u Hrvatskoj	**14749**	**12058**	**12793**	**13354**	**13675**	**13836**	**105,75**	**106,10**	**104,39**	**102,40**	**101,18**
Maksimalno opterećenje	2421	2471	2417	2585	2600	2661	117,84	97,81	106,95	100,58	102,35

Tabela 3 – Struktura potrošnje električne energije u distribuciji

	1990.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	96/95	97/96	98/97	99/98	00/99
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	%	%	%	%	%
Raspoloživo u distribuciji	11650	11102	11706	12856	13119	13135	106,70	105,44	109,82	102,05	100,12
Gubici u distribuciji	1131	1466	1395	1892	1544	1423	118,61	95,16	135,63	81,61	92,16
Prodaja	10519	9636	10311	10964	11575	11712	105,09	107,00	106,33	105,57	101,18
Prodaja po naponskim razinama											
Na strani 110 kV	365	177	199	754	824	883	83,89	112,43	378,89	109,28	107,16
Na strani 35 kV	1065	628	708	727	665	649	103,63	112,74	102,68	91,47	97,59
Na strani 10 kV	2583	1837	1882	1881	1868	1867	102,97	102,45	99,95	99,31	99,95
Na strani 0,4 kV	6506	6994	7522	7602	8218	8313	106,49	107,55	101,06	108,10	101,16
Prodaja na niskom naponu											
Kućanstva	4485	4898	5190	5267	5742	5729	105,99	105,96	101,40	109,02	99,77
Ostali – I. tarifna grupa	937	878	980	932	966	981	104,15	111,62	95,10	103,65	101,55
Ostali – II. tarifna grupa	903	991	1098	1155	1231	1307	110,73	110,80	105,19	106,58	106,17
Javna rasvjeta	181	227	254	248	279	296	108,61	111,89	97,64	112,50	106,09



Slika 2 – Struktura potrošnje električne energije od 1996. do 2000.



Slika 3 – Struktura potrošnje električne energije u distribuciji od 1996. do 2000.

Ukupna potrošnja električne energije u 2000. godini bla je veća od potrošnje u prethodnoj godini za 1,18 %, dok je u odnosu na potrošnju u 1990. godini bila manja za približno 6 %.

SBK

SMANJENJE EMISIJE CO_2 U NJEMAČKOJ

Savez njemačkih elektrana (VDEW) i njemačka Savezna vlada sklopile su partnerstvo u pogledu smanjenja emeisije CO_2. Zbog posebnih mjera, u prvome redu poboljšanja korisnosti termoelektrana i povećanja snage nuklearnih elektrana, uspjelo je smanjiti emisiju CO_2 za 30 milijuna tona ili 13%, u usporedbi s godinom 1990., iako se proizvodnja električne energijepovećala za 6%. VDEW je dala vladi jasno do znanja, što bi za emisiju CO_2 značilo odustajanje od nuklearki. Elektroprivreda želi i nadalje davati svoj prilog zaštiti klime. To se nastoji izvesti tako da se i nadalje poboljšava učinkovitost termoelektrana na fosilna goriva i jača postrojenja za snagu i toplinu. Samo će na taj način biti moguće ispuniti predviđeni cilj, da se do godine 2012. smanji emisija štetnih plinova za 30% u usporedbi s godinom 1990.

Elektrizitätswirtschaft, god. 99 (2000), br. 26

Mrk

NIJE POSTIGNUT SPORAZUM O TARIFI ZA PREKOGRANIČNI PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE U EUROPI

U studenom 2000. godine održan je u Firenci sastanak komisije europskih elektroprivrednika kako bi utvrdili jedinstvenu europsku tarifu za prijenos električne energije preko državnih granica.

Dok su Njemačka, Belgija i Francuska stale na stanovište da cijena prijenosa mora biti određena prema stvarnim troškovima prijenosa, ostale su članice zagovarale socijalizaciju transportnih troškova tj. naknadu prema upotrebi korisnika. Nije došlo do jedinstvenih zaključaka na razini Europe.

Komisija će povesti direktne razgovore s elektroprivredom Njemačke i Belgije i tražiti daljnje mogućnosti rješenja.

Elektrizitätswirtschaft, god. 99 (2000), br. 26

Mrk

SLOBODNO TRŽIŠTE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM NALAŽE NOVE NAČINE PROGNOZIRANJA OPTEREĆENJA PRIJENOSNE MREŽE

Nakon reorganizacije elektroprivrednih poduzeća u posebne jedinice proizvodnje, prijenosa i distibucije električne energije, nastala je u elektroprivredi nova situacija. Vlasnici, odnosnoosobe koje vode pogon električne mreže odgovorni su za funkcioniranje cjelokupnog sustava. Oni prave prognoze opterećenja na temelju svih potrebnih podataka priključenih elektrana, postojeće rezerve i potrošnje.

Nakon uspostave slobodnog tržišta električne energije, mogućnosti se bitno mijenjaju. Zbog tajnosti ne postoje na raspolaganju sigurni podaci o radu elektrana i veličini dobave električne energije prema ugovorima s potrošačima. Rezerve kojima raspolažu pojedine elektrane također nisu poznate.

Zbog nastalih promjena mora se primijeniti nova metodologija planiranja opterećenja, samo na temelju podataka kojima se mogu služiti u okviru svojih zadataka. Metodologija elektroprivrede Njemačke usaglašena je s metodologijom UCPTE da se može uspoređivati na međunarodnoj razini. Za sada su u Njemačkoj razrađene prognoze za razdoblje 2001.-2003. godine. Kao ključna godina za planiranje uzeta je 1999., a u obzir su uzeta sezonska kolebanja opterećenja, revizije i isključenja elektrana uz predviđene rezerve. Za Njemačku se planira povećanje opterećenja, u navedenom vremenskom razdoblju od 1,1 GW, a to iznosi godišnje povećanje od 0,7%.

Elektrizitätswirtschaft, god. 99 (2000), br. 26

Mrk

VLADA MEKSIKA POVEĆAVA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Meksikanska je vlada odlučila povećati proizvodnju električne energije nizom geotermičkih elektrana, budući da raspolaže prirodnim izvorima vrlo vruće vode. Tvrtka Alstom dobila je narudžbu za dobavu četiriju geotermalnih elektrana, snage 25 MW.

Tvrtka Alstom, osim toga, dobavlja za Meksiko, za drugu fazu termoelektrana Tamnin, snage od 460 MW i dogradnju hidroelektrane Chicoasen. Za elektrane dobavit će također 3 velike plinske turbine.

EW, god. 100 (2001), br. 5

Mrk

MONITORING VISOKONAPONSKIH PLASTIČNIH KABELA

Visokonaponski plastični kabeli, izolirani umreženim polietilenom, imaju praktički neograničeno trajanje i zanemarivo održavanje, ali uz uvjet da izolacija bude trajno suha, a maksimalna temperatura u pogonu ne pređe 90 C. Da bi takvi uvjeti bili uvijek sigurno ispunjeni, potrebnaje stalna kontrola pogonskog stanja, što se može postići odgovarajućim instrumentima.

Razvijeni su mjerni uređaji koji se sastoje od dva sustava. Sustav koji signalizira prodor vode kroz plašt do izolacije i sustav koji prati ugrijavanje vodiča.

Za signalizaciju vlage ugrađeni su u plašt od bakrenih žica senzori za vodu (kabeli Pirelli). Instrument registrira vlagu i mjesto kvara. Za kontrolu temperature u kabel su ugrađene svjetlovodne niti koje dovode temperaturne podatke do uređaja nazvanog RTTR (Real Time Thermal Rating). Osim kontinuiranog praćenja temperature instrument prima preko strujnih transformatora i podatke o struji opterećenja. RttR uređaj ugrađen je na početku i kraju kabela, a svi su traženi podaci mogu očitati na jednom mjestu.

Osim kontinuiranog praćenja temperature i opterećenja kabela, instrument može dati podatke o mogućem preopterećenju, uzimajući u obzir stvarno pogonsko stanje u tom času i sve relevanstne prilike okoline. Podaci se odnose na dopušteno trajanje preopterećenja od 5 sati, 3 sata, 1sat i 0,5 sati. U banku podataka instrumenta treba unijeti osobine ka-

bela i tla koje ga okružuje a pomoću matematskog modela instrument daje podatke o dopuštenom preopterećenju i njegovom trajanju.

Tehnološki razvoj kontrole vlage i pogonske temperature kabela pomoću RTTR uređaja je završen. Prvo komercijalno kabelsko postrojenje na kojemu je primijenjen opisani kontrolni uređaj ušlo je u pogon u lipnju 2000. godine. Ugrađen je na početku i kraju plastičnog kabela 110 kV, u gradu Bitterfeldu u Njemačkoj.

Elektrizitätswirtschaft, god. 100 (2000), br. 26

Mrk

OSNOVANA NJEMAČKA AGENTURA ZA ENERGIJU

Savezno njemačko ministarstvo za gospodarstvo i tehnologiju (BMWi9 i Kreditna ustanova za izgradnju (KfW), osnovali su posebnu organizaciju za energetska pitanja Deutsch Energie Agentur (DenA), sa sjedištem u Berlinu. Glavni je cilj nove organizacije štednja energije i posredno utjecaj nazaštitu klime. Organizacija će informirati industriju i kućanstva o mogućnosti štednje energije i upotrebe obnovljive energije. Njezino će se djelovanje protezati na cijeli teritorij Savezne Republike.

Na početku će DenA biti po pola financirana od osnivača, a zatim se očekuje potpora sponzora i zarada agenture.

Elektrizitätswirtschaft, god. 100 (2000), br. 26

Mrk

SUMNJIVE MRLJE NA ALUMINIJSKIM ŽICAMA

Prilikom transporta čelično-aluminijske užadi za dalekovode, iz Europe u istočnu Aziju, pojavile su se na aluminijskim žicama sumnjive mrlje. Užad je bila namotana na drvene bubnjeve, smještene u kontejenerima. Odmah je započeto laboratorijsko istraživanje o sastavu i djelovanju te pojave. Ustanovljeno je, da su to samo površinske mrlje, koje prodrle do trećeg sloja pletene užadi, ali bez korozivnog djelovanja. Nisu izazvali niti ureze niti rupice. Osim toga, nije opaženo nikakvo nepovoljno djelovanje na električna ili mehanička svojstva aluminija.

EW, god. 100 (2001), br. 5

Mrk

KUĆNE GORIVE ĆELIJE

Njemačka tvrtka EnBW – Energie Baden-Würtenberg i švicarska tvrtka Sulzer ugvorile su zajedničku izradu, montažu i pogon malih gorivih ćelija za kućnu upotrebu. Prema planu Sulzer će izraditi za dobavu električne energije i grijanje male jedinice gorivih ćelija električne snage 1 kW i toplinske 3 kW, a EnBW će vršiti montažu, pogon i održavanje postrojenja.

Ove ćelije, koje je razvio Sulzer pod nazivom SOTC (Solid Oxide Fuel Cell), kao gorivo upotrebljavaju zemni plin i spadaju u grupu visokotemperaturnih (oko 1000 C) ćelija i stavljaju malo zahtjeva na kvalitetu goriva.

Zbog rada na razmjerno visokoj temperaturi na raspoloženju je dodatna toplina. Ukoliko se uz gorivu ćeliju prigradi i mikroplinska turbina, korisnost postrojenja dosiže 55% do 60%. Predviđa se izrada 55 takvih postrojenja, pa će biti na dobivenim iskustvima iz praktičkog pogona izrađeni tipovi za tržište.

Paralelno se s razvojem malih postrojenja u izradi je najveća elektrana sa gorivim ćelijama u Europi, od 1 MW, također tipa SOTC. Pilot projekt takve elektrane već je od listopada 2000. godine u pogonu u mjestu Marback pod upravom i nadzorom EnBW.

EW, god. 100 (2001), br. 5

Mrk

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ 2000. GODINE

Prema izvješću udruege VDEW, bruto proizvodnja električne energije u njemačkim elektranama porasla je u 2000. godini za 3% prema prethodnoj godini 1999. (514 TWh prema 500 TWh).

Udio glavnih energenata, ugljena i urana nije se promijenio (51% ugljena i 33% urana). Udio zemnog plina u proizvodnji električne energije iznosio je 7%, a vodnih snaga 5%. Znatno je porastao udio proizvodnje vjetroelektrana. On se podvostručio i iznosio 2%.

Svi ostali energenti, kao biomasa, smeće, bioplin i sunce, proizveli su u odnosnim elektranama, nepromijenjeni udio od 2%.

EW, god. 100 (2001), br. 6

Mrk

KANADA GRADI VJETROELEKTRANE

Skandinavsko poduzeće Nordex AG, vodeće svjetsko poduzeće za gradnju vjetroelektrana, ugovorilo je s kanadskom tvrtkom HydroDevelopers izgradnju kompletnog parka vjetroelektrana kod mjesta Pincher Creek (Alberta). Ugovorom vrijednim 23 milijuna DEM (bez tornjeva) treba izgraditi 15 vjetroelektrana tipa N-60, jedinične snage od 1,3 MW. Time će ukupna instalirana snaga ----- iznositi 20 MW. Ulazak u pogon predviđen je za kolovoz 2001. godine.

S obzirom da na tom području Kanade padaju temperature čak do -30°C, postrojenje je građeno posebnom tehnikom nazvanom "cold dimate", koja je uspješno primijenjena u europskim skandinavskim zemljama.

Osim navedenog postrojenja, sklopljen je predugovor o dobavi daljnjih 8 vjetroelektrana tipa N-60.

EW, god. 100 (2001), br. 6

Mrk

KATAR POVEĆAVA INSTALIRANU SNAGU TERMOELEKTRANA

Tvrtka za elektroprivredu id obavu vode QEWC u Kataru (Emirat u Arapsko-perzijskom zaljevu) ugovorila je s tvrtkom Alstom proširenje termoelektrane Ras-Abu-Fortas-B, dobavu triju plinskih turbina tipa GT13E2, snage 165 MW. Kompletni završetak postrojenja predviđen je 2002. godine. Ugovorom vrijednim 170 milijuna eura obuhvaćen je i uređaj za odsoljavanje vode.

Ugradnjom ugovorenih agregata, termoelektrana Ras-Abu-Fortas imat će ukupno 8 jedinica plinskih turbina, jer već od godine 1995. radi 5 jedinica istog tipa, koje je također dobavio Alstom.

EW, god. 100 (2001), br. 6

Mrk

ŠTEDNJA PRIMARNE ENERGIJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Uvećanom primjenom električne energije podiže se ekonomičnost i štedi primarna energija. To se postiže prvenstveno u komunikacionoj tehnici, industrijskim procesima ili toplinskim crpkama.

Prema podacima njemačke udruge VDEW s početka godine 2001. strujni intenzitet njemačkog narodnog gospodarstva pao je, u vremenskom razdoblju od god. 1991. do god. 2000, za 8,5%.

U istom je razdoblju domaći bruto proizvod porastao za 14,8%, a potrošak primarne energije pao je za 3%.

EW, god. 100 (2001), br. 7

Mrk

RASTE TRGOVINA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

U Njemačkoj je prema prethodnoj godini porastao izvoz i uvoz električne energije. Izvoz je porastao za 9%, a uvoz za 11%. Uvoz je prema izvozu premašen za 2TWh, a to je 0,4% ukupno utrošene električne energije u 2000. godini.

U njemačkoj elektroenergetskoj uvoznoj bilanci izvoz je premašio uvoz u razmjeni energije s Nizozemskom i Danskom, a premašenje uvoza uslijedilo je u razmjeni sa Francuskom i Češkom Republikom.

EW, god. 100 (2001), br. 7

Mrk

USAVRŠAVANJE RUSKIH MANAGERA U NJEMAČKOJ

Od godine 1997. provodi se u Njemačkoj projekt usavršavanja ruskih managera. Projekt je osnovan u okviru transformacijsko-savjetodavnog programa za Srednju i Istočnu Europu. U njega su uključena poduzeća diljem Njemačke, koja omogućuju usavršavanje ruskih stručnjaka. Time je dan doprinos potpori ruskoj privredi. Osim osobnog usavršavanja, provodi se savjetovanje za potrebno prestrukturiranje ruskih poduzeća i stvaranje poslovnih veza. Već je više od 1300 vodećih ljudi iz Rusije došlo na usavršavanje u Njemačku. U Njemačkoj smatraju da je putem ovog projekta uspjelo ispreplesti mnoge interese. Projektom su obuhvaćene mnoge njemačke pokrajine i ruske regije, međudržavne komisije, udruge i poduzeća.

EW, god. 100 (2001), br. 7

Mrk

VISOKOTEMPERATURNI SUPRAVODIČI

Kad su, sredinom osamdesetih, pronađeni supravodljivi materijali, koji održavaju svoju supravodljivost na višoj temperaturi od dotada poznatih, povećao se kod elektroindustrije inters za primjenu supravodljivosti. Umjesto hlađenja skupljim tekućim vodikom, kod temperatura u blizini apsolutne nule, halđenje je moguće, kod temperature 77K (-196°C) tekućim dušikom, koji je jeftiniji i vrlo pogodan za elektrotehničke svrhe. Osim toga, velika je ušteda na energiji potrebnoj za održavanje niskih temperatura, a i rashladne su aparature jednostavnije i jeftinije.

Mnoge elektrotehničke tvrtke izvode opsežna ispitivanja o primjeni nove supravodljive tehnologije. Za primjenu u energetici pokazao se pogodnim oksid bizmut-olovo-stroncij-kalcij-bakar, a za uređaje koji ograničavaju struje kratkog spoja, oksidi nitrija-barija-bakra.

U veljači 2001. godine održano je u Njemačkoj u Darmstadtu savjetovanje pod nazivom "Supravodljivost – jedna od komponenata opskrbe električnom energijom" kojem su prisustvovali stručnjaci iz industrije i elektroprivrede.

Iz diskusije i održanih predavanja proizašlo je da industrija i elektroprivreda neće prihvatiti novu tehnologiju ukoliko ona ne pruži veću ekonomičnost i barem tolika pouzdanost kao što imaju postojeća postrojenja. Glavna će nastojanja biti u budućnosti optimiranje. Primjena nove tehnologije u energetici pruža mnoge prednosti. Smanjuje se npr. veličina i težina transformatora i motora, a smanjuju se i električni gubici.

U mnogim su zemljama, kao pokusni proto-tipovi, ugrađeni uređaji za ograničenje struja kratkog spoja, konstruirani na osnovu nove supravodljive tehnike. No, kako je već istaknuto, sve ovisi o cijeni i pouzdanosti novih postrojenja za primjenu nove tehnologije u energetici ima još mnogo posla, prvenstveno u razvoju sistema hlađenja i sniženju troškova općenito. Bazni materijali za supravodljive vrpčane vodiče morali bi projektirati za faktor 20. S takvim uređajima nema iskustva pa su nepriznati pogonski troškovi i troškovi održavanja. Za sada tržne usporedbe troškova nisu moguće.

Savjetovanje je pokazalo, da primjena tzv. Visokotemperaturnih supravodiča, uz sve današnje nedostatke i poteškoće, predstavlja doprinos osiguranju dobave energije u 21. stoljeću.

EW, god. 100 (2001), br. 7

Mrk

NA RODOSU SE GRADI PARK VJETROELEKTRANA

Širom se svijeta nastoji što više koristiti obnovljive energetske izvore za proizvodnju električne energije. Uz hidroelektrane najveće mogućnosti pružaju vjetroelektrane, toliko tehnički dotjerane, da se mogu ekonomično koristiti. Uz obilje sunčanih kolektora, otok Rodos (Grčka) odlučio je izgraditi park vjetroelektrana. Zaključen je ugovor vrijedan 15 milijuna eura s tvrtkom ABB, o dobavi 15 vjetroelektrana ukupne instalirane snage od 12 MW. Postrojenja će biti instalirana do kraja lipnja 2001. godine.

EW, god. 100 (2001), br. 7

Mrk

NOVA GENERACIJA MJERNIH SUSTAVA

Digitalna zaštita električnih mreža, koja je u pogonu već godinama pokazala se praktičnom i pouzdanom. Takva vrsta zaštite za svoje djelovanje treba iz električne mreće signale vrlo male snage za koje nisu potrebni veliki i skupi induktivni mjerni transformatori. Mjerni uređaji koje se osniva na kvalitetnim mjernim senzorima i pretvornici mjernih signala, predstavlja velike mogućnosti uštede u svojoj konstrukciji i cijeni. Također pruža prednosti u planiranju, montaži i stavljanju u pogon. Zahvaljujući svojim prednostima postat će nove generacije mjernih sustava vrlo konkurentna.

EW, god. 100 (2001), br. 7

Mrk

UCTE SLAVI 50. GODIŠNJICU

UCTE (Unija za koordinaciju prijenosa električne energije) najveći je savez prijenosnih mreža u Europi. Savez koordinira elektroenergetski sustav svojih članica u pogledu sigurnosti i pouzdanosti. U godini 2001. Slavi 50 godina svojeg postojanja i uspješnog djelovanja u izmjeni električne energije u Europi.

UCPTE je osnovan u Parizu, u svibnju 1951. Godine, po preporuci privredne zapadnoeuropske organizacije (zemlje obuhvaćene Marshalovim planom, poslije 2. Svjetskog rata) OEEC. Tada je trebalo provoditi štednju energije i svaki višak npr. u hidroelektranama korisno upotrijebiti. Tokom proteklih 50 godina zadatak savezu se promijenio. Danas, u doba slobodne trgovine električnom energijom, Savez treba doprinijeti da koordinacijom tehničkih sustava svojih članica učini prijenos električne energije sigurnim i pouzdanim. Upravo zbog toga promijenjena je kratica Saveza. Ispalo je slovo "P", koje se odnosilo na proizvodnju (produkciju), koja nije više obuhvaćena djelovanjem Saveza. Učinkovitost i razvoj ove organizacije može se najbolje procijeniti po ukupnoj godišnjoj razmjeni električne energije između zemalja članica. Razmjena godine 1958. godine iznosila je 8,3TWh, a godine 1999. 157 TWh.

EW, god. 100 (2001), br. 8

Mrk

PLINSKI KABELI

Prvi plinom izolirani prijenosni val ili kraće plinski kabel, izoliran plinom SF6, montiran je godine 1974. U pumpnoj hidroelektrani Schuchsec u Schwarzwaldu u Njemačkoj, kao veza genertorskih transformatora u kavezni i nadzemnog voda. Kabel je vođen tunelom duljine 700m, pod naponom 420 kV i nazivne struje 2500A. Za vrijeme od 25 godina nisu bile potrebne nikakve mjere održavanja.

Tvrtka Siemens izgradila je u svijetu od godine 1975. više od 30 sistemskih kilometara takvih plinskih vodova, za napone 420 kV do 500 kV i nazivne struje 3150 A do 4000 A. Izolacioni plin bila je mješavina 80% N2 i 20% SF6. Druga generacija takvih uređaja ugrađena je prvi puta na aerodromu u Genevi (Švicarska).

Visoka pouzdanost ovakvog prijenosa električne energije postignuta je jednostavnom koaksijalnom građom aluminijskih cijevi kao vodiča, u aluminijskoj cijevi koja je plašt kabela. Vodiči su smješteni na izolatorima od lijevane smole, izolirani navedenom stabilnom smjesom plinova. Kabel se može direktno ukopati u zemlju ili voditi tunelima.

Ovakav kabel predstavlja nadopunu klasičnih kabelskih veza u slučaju velikih opterećenja i specijalnih primjena.

Kabel ima slijedeće tehničke prednosti:

- visoke prijenosne snage od 1000MVA do 2000MVA u specijalnim primjenama
- više od 100 km sistemskih duljina, bez održavanja
- mali energetski gubici, mali pogonski troškovi
- pogon kabela, kao nadzemnog voda
- visoka sigurnost zbog metalnog plašta
- zanemarivo mala elektromagnetska polja u području izvan kabela
- neosjetljivost prema vanjskim utjecajima npr. zmazanoći.

Druga generacija ovakvih plinskih kabela djeluje kao "pipeline za struju", čime će biti moguće riješiti mnoge probleme prijenosa električne energije u budućnosti.

EW, god. 100 (2001), br. 8

Mrk

BUDUĆNOST UGLJENA U PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE

U ožujku 2001. Godine u Berlinu je održan kongres koji je raspravljao o budućnosti ugljena kao energenta za proizvodnju električne energije. Tom su skupu, osim stručnjaka, prisustvovali i istaknuti predstavnici vlade, koji su u predavanjima iznosili svoje mišljenje i gledišta upotrebe ugljena u budućnosti.

Premda je ovaj problem diskutiran u prvome redu s njemačkog gledišta, on je zanimljiv i šire. Istaknuto je, da bi se izvozom u svijet njemačkih standarda, u proizvodnji i učinkovitoj energetskoj pretvorbi u mnogo doprinijelo smanjenju emisije C02.

Ministar predsjednik Clement je naglasio da se daljnji razvoj energetske politike ne može prepustiti samo liberaliziranom tržištu. Energija nije samo tržišna roba, kao svaka druga koja ovisi o međunarodnim prilikama. Jeftina električna energija uvezena iz inozemstva, proizvedena u nuklearnim elektranama ili termoelektranama s niskom tehnologijom zaštite okoliša, ne može neograničeno prodirati u Njemačku. Ekodamping i povećan riziko sigurnosti ne smiju obezvrijediti nacionalne napore u korištenju domaćih ugljena koji izgaraju uz maksimalnu zaštitu okoliša i pomaganjue u primjeni obnovljive energije u proizvodnji struje.

Ministar predsjednik je nadalje upozorio da bi bilo vrlo štetno osloniti se na samo jedan energent, odnosno malo njih ili na uvoz jeftine električne energije. Gospodarstvo mora shvatiti da se ne može orijentirati samo na kratkoročnu rentabilnost.

Istaknuto je da budućnost ugljena u proizvodnji električne energije mnogo ovisi, u doba sve strožih ekoloških uvjeta, hoće li se ostvariti dovoljno čista tehnologija i koliki će biti pritisak u vezi emisije CO2. Osim toga, mnogo će utjecati politika o korištenju nuklearne energije i energetskoj učinkovitosti postrojenja. Treba i nadalje unapređivati nove tehnologije izgaranja ugljena i istrživati mogućnosti povećanja efikasnosti. Opće je mišljenje da ugljen u proizvodnji električne energije gubi na važnosti.

EW, god. 100 (2001), br. 8

Mrk

NADOPLATA ZA OBNOVLJIVU ENERGIJU

Potrošači električne energije u Njemačkoj moraju i nadalje plaćati od države određenu nadoplatu za potporu korištenju obnovljive energije. Ta je nadoplata u godini 2000. Iznosila ukupno 2 milijarde DEM. Od uvođenja zakona o dobavi električne energije, u godini 1991. Ova uplati iznosi ukupno oko 5 milijardi DEM. Tom je subvencijom ostvarena proizvodnja od 45TWh električne energije, a to je previsoka cijena.

Potrošači u Njemačkoj, u usporedbi s potrošačima u zemljama EU, ne smiju biti neproporcionalno opterećeni.

EW, god. 100 (2001), br. 9

Mrk

NIJEMCI O POVRATKU PRERAĐENOG NUKLEARNOG OTPADA

Putem ankete izjasnilo se 73% građana Njemačke za povratak prerađenog nuklearnog otpada iz Francuske u Njemačku. Oko 22% bilo je protiv, a ostatak se nije odredio. Za povratak prerađenog otpada bilo je 80% do 90% činovnika i građana visokih školskih kvalifikacija. Pripadnici "zelenih" u 83% slučaja bili su protiv. Anketom je obuhvaćeno 2008 osoba, pa je statistička pogreška procijenjena na 2,5%.

EW, god. 100 (2001), br. 9

Mrk

400 kV KABELSKA VEZA U LONDONU

britanska nacionalna kompanija National Grid Company (NGC) polaže ispod Londona visokonaponski kabel 400 kV, izoliran umreženim polietilenom. Kabel će bit položen u tunelu dugom 20 km, a dobavlja ga tvrtka ABB. Slično rješenje tunelom i platičnim 400 kV kabelom izvedeno je 1995. u Berlinu. Kabelom je vezana električna mreža nekadašnjeg zapadnog i istočnog Berlina, koje su bile potpuno odvojene.

EW, god. 100 (2001), br. 9

Mrk

SPECIJALNI PODMORSKI KABEL ZA VELIKE DUBINE

Norveška tvrtka Nexas, u svijetu vodeća u području proizvodnje podmorskih energetskih kabela, dobavlja za naftnu kompaniju Stell podmorski kabel, ukupne duljine 135 km, koji će biti položen u duboko more oko 2500 m. Ovim će se kabelom međusobno povezati i spojiti s kopnom 6 naftnih platformi u Meksičkom zaljevu. Kabel je građen za prijenos električne energije i telekomunikacija a istovremeno i transport tekućih i plinskih medija.

EW, god. 100 (2001), br. 9

Mrk

NAUČNO PROUČAVANJE PROMJENE KLIME

Za naučno proučavanje promjene klime i utjecaja tih promjena na prilike u svijetu, UN osnovao je godine 1988 odbor koji će se baviti tim pitanjima, pod imenom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Odbor je podređen svjetskoj meteorološkoj organizaciji (WMO) i Programu Ujedinjenih naroda za okoliš (UNEP). Time je stvoren međunarodni forum za debate iz područja klime i njenih promjena.

Rad se odvija u tri radne grupe, koje se bave određenim problemima. R.g. I klimatskim sustavima, r.g. II učincima promjene klime i prilagodbama, r.g. III mjerama smanjenja štetnih emisija. Odnosno, kratko rečeno, cilj je ovog Odbora da naučno proučava sve klimatske promjene uzrokovane ljudskom djelatnošću i utjecaj tih promjena na prilike u svijetu.

Radne grupe Odbora izradile su izvješća koja su objavile na svojim zasjedanjima. Upravo je u izradi treće sažeto izvješće (pod kraticom TAR) o globalnim pitanjima klime. Općenito se može reći da su znanstvenici nedvojbeno zaključili da je započela promjena klime, no te je promjene moguće ublažiti tehničkim i organizacionim mjerama. Istraživanja su pokazala da već ima mnogo znakova zatopljenja.

Od godine 1750. koncentracija CO2 u atmosferi povećala se za 30%, a od toga tri četvrtine u posljednjih 20 godina. Povećanje koncentracije štetnih stakleničkih plinova još je veće. Globalno povećanje temperature od godine 1860. Iznosi 0,6°C. Devedesete su godine bile najtoplije u stoljeću, a najtoplija je godina bila 1998. U posljednjem se stoljeću razina mora podigla za 10 do 20 cm. Padavine su povećane u srednjem i sjevernom zemljinom pojasu, a smanjene u subtropskom pojasu.

Ispitivanja na mnogim klimatskim modelima pokazuju da bi do godine 2000. Globalno povišenje temperature moglo iznositi 1,4°C do 5,8°C, a razina bi se mora povećals za 9-88cm. Razlike množina padavina bi se povećale uz povećanje broja nevremena.

Ovakve klimatske promjene sigurno će imati veliki utjecaj na ljudski život na Zemlji. Povišenje razine mora nepovoljno će utjecati na naselja, infrastrukturu i gospodarstvo. Znatno će biti i djelovanje na ljude zbog promjena u prehrani, kvaliteti i raspoloživosti vode i smetnjama na ekosustavima. Takve će promjene sigurno pogodovati povećanju infektivnih bolesti.

Mnogo se može učiniti prilagodbama ali se šteta ne može potpuno izbjeći.

EW, god. 100 (2001), br. 10

Mrk

Energija

Godište 50 (2001) Br. 4

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1363

UDK 621.316.9
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/4, 273-279

OTPOR SUSTAVA I KOMPONENTI UZEMLJENJA GRADSKE TS 10(20)/0.4 kV

Pavle Filko, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda, Šetalište kardinala F. Šepera 1a, 31000 Osijek, Hrvatska

Rad prikazuje mjerenje otpora rasprostiranja uzemljenja sustava uzemljivača gradske TS 10(20)/0.4 kV i analizira rezultate tih mjerenja. Cilj je pokazati udjele pojedinih komponenti uzemljenja međusobno i u odnosu na sustav uzemljenja. Mjerenje je izvršeno na stvarnoj mreži TS 10(20)/0,4 kV grada Osijeka.

(Lit. 3, sl. 6 – original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/4/273-279/2001.

Energija 1364

UDK 621.316.7
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/4, 237-247

REGULACIJA I DEREGULACIJA U ELEKTROPRIVREDI

Mr. sc. Sonja Tomašić-Škevin, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda – Sektor za upravljanje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

U ovom se članku govori o osnovnim razlozima i ciljevima regulacije i deregulacije elektroenergetskih sustava. Dan je pregled usluga, tj. servisa, koji se mogu prodavati na nivou prijenosa, te stupnjevi stvaranja konkurencije. Navedeni su osnovni kriteriji i podloge na koje treba obratiti pozornost pri formiranju cijena prijenosa.

(Lit. 3, sl. - – original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/4/237-247/2001.

Energija 1365

UDK 621.315.2:621.516.6
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/4, 265-272

PODMORSKI ENERGETSKI KABELI – NOVA TEHNOLOGIJA IZVEDBE PRIOBALNIH ZAŠTITA I MOGUĆA KOORDINACIJA MEĐU KORISNICIMA PODMORSKIH TRADA

Ivo Santica, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda, Gundulićeva 42, 21000 Split, Hrvatska

Od mehaničkih oštećenja podmorske energetske kabele u priobalju štitimo priobalnom zaštitom. Nakon kratkog pregleda zahtjeva i načina dosadašnje izvedbe zaštite dan je prikaz nove tehnologije. Ovakvim načinom izvedbe priobalne zaštite i grupiranjem podmorskih instalacija u podmorske instalacijske koridore uveliko doprinosimo zaštiti okoliša priobalja i podmorja.

(Lit. 3, sl. 13 – original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/4/265-272/2001.

Energija 1365 UDK 621.315.2:621.516.6

1. Podmorski energetski kabeli – nova tehnologija izvedbe priobalnih zaštita i moguća koordinacija među korisnicima podmorskih trada
I. *Santica, I.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Gundulićeva 42, 21000 Split, Hrvatska

energetski podmorski kabeli
priobalna zaštita
podmorski koridori
pomorsko dobro
zaštita okoliša

Energija 1364 UDK 621.316.7

1. Regulacija i deregulacija u elektroprivredi
I. *Tomašić-Škevin, S.*
II. Hrvatska elektroprivreda – Sektor za upravljanje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb

regulacija
deregulacija
elektroenergetski sustav
prijenos

Energija 1363 UDK 621.316.9

1. Otpor sustava i komponenti uzemljenja gradske TS 10(20)/0.4 kV
I. *Filko, P.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Šetalište kardinala F. Šepera 1a, 31000 Osijek, Hrvatska

sustav uzemljenja gradske TS 10(20)/0.4 kV
mjerenje otpora rasprostiranja uzemljivača
veličine pojedinih komponenti uzemljenja

Energija

Godište 50 (2001) Br. 4

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1366

UDK 621.311.1:621.313.322
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/4, 249-253

OPTIMIRANJE PODEŠENJA STABILIZATORA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA ANALIZOM OSJETLJIVOSTI KARAKTERISTIČNE VRIJEDNOSTI

Mato Mišković, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda – HE Dubrovnik, A. Starčevića 51, 20000 Dubrovnik, Hrvatska

U članku se analizira mogućnost optimalnog podešenja parametara stabilizatora elektroenergetskog sustava, s ciljem postizanja maksimalnog prigušenja elektromehaničkih njihanja pogonskih veličina generatora. Razmatra se potpuno numerički postupak za koji je nužan matematički model koji po strukturi i parametrima odgovara stvarnom sustavu, ovim postupkom dobivamo funkcionalnu ovisnost karakterističnih vrijednosti sustava o iznosu podesivih parametara stabilizatora elektroenergetskog sustava, što proračun parametara svodi na određivanje minimuma navedene funkcije.

(Lit. 10, sl. 6 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/4/249-253/2001.

Energija 1367

UDK 621.316.1.001:681.3
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 50/2001/4, 219-236

METODOLOGIJA PLANIRANJA RAZVOJA PRIJENOSNE MREŽE ZASNOVANA NA EKONOMSKIM I TEHNIČKIM KRITERIJIMA

Mr. sc. Davor Bajs, dipl. ing.

EI „Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku se opisuje metodologija planiranja razvoja prijenosne mreže zasnovana na dva modela: Mexico metodi za procjenu godišnjih operativnih troškova rada elektroenergetskog sustava i očekivanog iznosa neisporučene električne energije, te modela izmjeničnih tokova snaga za određivanje naponskog profila i opterećenja vodiča u mreži za definiranu potrošnju i angažman elektrana u EES-u. Za postojeću konfiguraciju prijenosne mreže izračunavaju se godišnji operativni troškovi rada EES koji se sastoje od troškova proizvodnje elektrana i očekivanih troškova neisporučene električne energije. Određuju se slabije grane u mreži, te se ispituje profitabilnost novih grana – kandidata za pojačanje mreže. U ekonomski optimalnu konfiguraciju prijenosne mreže za promatrani vremenski presjek uključuju se samo one grane čija je izgradnja ekonomski opravdana. Tehničke analize se provode radi provjere naponskog profila u mreži i određivanja potrebne ugradnje kompenzacijskih uređaja, prijelazne i dinamičke stabilnosti sustava, razine struja kratkih spojeva i ostalih tehničkih pokazatelja pogona prijenosne mreže. U radu su prikazani rezultati opisane metodologije planiranja razvoja prijenosne mreže na test modelu EES-a, te je uzvršena usporedba s klasičnim pristupom planiranju razvoja prijenosne mreže (N-1 kriterij).

(Lit. 7, sl. 5 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/4/219-236/2001.

Energija 1368

UDK 620.9:728
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/4, 255-264

MJERE ZA POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI U ZGRADAMA

Mr. sc. Vesna Kolega, dipl. ing.

EI „Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku je iznesen presjek preliminarnih rezultata rada na programu energetske efikasnosti u zgradarstvu – KUENzgrada koji obuhvaćaju ekološke karakteristike programa i njihov doprinos zaštiti okoliša.
Nadalje, opisane su neke od važnijih mjera s ciljem povećanja udjela obnovljivih izvora energije i poboljšanja energetske efikasnosti u energetskom i graditeljskom sektoru Hrvatske.

(Lit. 18, sl. 2 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/4/255-264/2001.

Energija 1368 UDK 620.9:728

1. Mjere za povećanje energetske efikasnosti u zgradama
I. *Kolega, V.*
II. EI „Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

energetska efikasnost
zgrada
zaštita okoliša

Energija 1367 UDK 621.316.1.001:681.3

1. Metodologija planiranja razvoja prijenosne mreže zasnovana na ekonomskim i tehničkim kriterijima
I. *Bajs, D.*
II. EI „Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

planiranje razvoja prijenosne mreže
Mexico metoda
model izmjeničnih tokova snaga
ekonomski optimalna konfiguracija prijenosne mreže
tehničke analize

Energija 1366 UDK 621.311.1:621.313.322

1. Optimiranje podešenja stabilizatora elektroenergetskog sustava analizom osjetljivosti karakteristične vrijednosti
I. *Mišković, M.*
II. Hrvatska elektroprivreda – HE Dubrovnik, A. Starčevića 51, 20000 Dubrovnik, Hrvatska

elektroenergetski sustav
sustav regulacije uzbude
stabilizator elektroenergetskog sustava
matematički model
karakteristična vrijednost
stabilnost

Energija

Volume 50 (2001) Nº 4

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1363

UDK 621.316.9
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 50/2001/4, 273-279

SYSTEM AND GROUNDING COMPONENTS' RESISTANCE OF URBAN 10(20)/0.4 kV TS

Pavle Filko, B. Sc.

Hrvatska elektroprivreda, Šetalište kardinala F. Šepera 1a, 31000 Osijek, Croatia

This work presents resistance measuring of grounding spreading from the 10(20)/0.4 kV TS urban grounding system and analyses the measurement results. The aim is to show the shares of certain grounding components among themselves and related to the grounding system. Measurements were carried out on a real 10(20)/0.4 kV network TS of the town of Osijek.

(No. of References: 3, Fig.: 6 - original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/4/273-279/2001.

ENERGIJA 1364

UDK 621.316.7
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/4, 237-247

REGULATION AND DEREGULATION IN ELECTRIC POWER COMPANIES

Sonja Tomašić-Škevin, M. Sc.

Hrvatska elektroprivreda – Sektor za upravljanje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

The paper is about basic reasons and scopes of regulation and deregulation of electric power systems. A review of services that could be sold on the level of transmission is given as well as the steps of creating competition. Basic criteria and bases that have to be taken into account when defining the transmission price are also listed.

(No. of References: 3, Fig.: – - original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/4/237-247/2001.

ENERGIJA 1365

UDK 621.315.2:621.516.6
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 50/2001/4, 265-272

UNDERSEA ENERGY CABLES – NEW TECHNOLOGY OF COASTAL PROTECTION AND POSSIBLE COORDINATION AMONG USERS OF UNDERSEA ROUTES

Ivo Santica, B. Sc.

Hrvatska elektroprivreda, Gundulićeva 42, 21000 Split, Croatia

In coastal areas, undersea cables are protected from mechanical damages by coastal protection. After a short analysis of demands and current ways of protection realisation a review of a new technology is given. This kind of coastal protection and grouping of undersea installations into undersea installation corridors remarkably increases environmental protection of coast and undersea.

(No. of References: 3, Fig.: 13 - original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/4/265-272/2001.

ENERGIJA 1365 UDK 621.315.2:621.516.6

1. Undersea Energy Cables – New Technology of Coastal Protection and Possible Coordination Among Users of Undersea Routes
I. *Santica, I.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Gundulićeva 42, 21000 Split, Croatia

Energy Undersea Cables
Coastal Protection
Undersea Corridors
Sea Good
Environmental Protection

ENERGIJA 1364 UDK 621.316.7

1. Regulation and Deregulation in Electric Power Companies
I. *Tomašić-Škevin, S.*
II. Hrvatska elektroprivreda – Sektor za upravljanje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Regulation
Deregulation
Electric Power System
Transmission

ENERGIJA 1363 UDK 621.316.9

1. System and Grounding Components' Resistance of Urban 10(20)/0.4 kV TS
I. *Filko, P.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Štalište kardinala F. Šepera 1a, 310000 Osijek, Croatia

Urban TS Grounding System
10(20)/0.4 kV
Grounding Spreading Resistance Measurement
Values of Certain Grounding Components

Energija

Volume 50 (2001) Nº 4

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1366 UDK 621.311.1:621.313.322
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 50/2001/4, 249-253

OPTIMISATION OF ELECTRIC POWER SYSTEM STABILISER FITTING BY SENSITIVITY ANALYSES OF CHARACTERISTIC VALUES

Mate Mišković, B. Sc.

Hrvatska elektroprivreda – HE Dubrovnik, A. Starčevića 51, 20000 Dubrovnik, Croatia

The paper analyses the possibilities of optimal electric power system's stabiliser parameters fitting in order to obtain maximal smother of electric mechanical swinging of generator operation values. A completely numerical model is analysed that requires a mathematical model, by structure and parameters adequate to a real system. This procedure results in the functional dependence of characteristic system values on the figures of adapted parameters of electric power system's stabiliser, thus turning the parameter calculation into the minimum function determination.

(No. of References: 10, Fig.: 6 - original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448

ENJAAC 50/4/249-253/2001.

ENERGIJA 1367 UDK 621.316.1.001:681.3
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 50/2001/4, 219-236

METHODOLOGY OF TRANSMISSION NETWORK DEVELOPMENT PLANNING BASED ON ECONOMIC AND TECHNICAL CRITERIA

Davor Bajs, M. Sc.

Energetski institut „Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

The paper describes the methodology of transmission network development planning based on two models. The first is the Mexico method for the evaluation of yearly electric power system's operating costs and expected non-supplied electric energy. The second is the model of alternating load flows to determine the voltage profile and conductor load in a network for defined consumption and plant schedule in an electric power system. For the existing transmission network configuration, yearly electric power system's operating costs are calculated that are composed of electric power plant production costs and expected costs of non-supplied electric energy. Determined are weak branches in the network and the profitability of new reinforcement branches-candidates is tested. In the optimal economic configuration of transmission network over the observed time period only those branches are included that are economically justified. Technical analyses are done to test the voltage profile of a network and to determine the need of compensation devices, transient and dynamic stability of the system, level of short circuit currents and other technical parameters of the transmission network operation. The work includes the results of the transmission network development planning method described and tested on an electric power system model. There is a comparison with the classical approach to transmission network development planning (N-1 criteria).

(No. of References: 7, Fig.: 5 - original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448

ENJAAC 50/4/219-236/2001.

ENERGIJA 1368 UDK 620.9:728
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/4, 255-264

MEASURES TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS

Vesna Kolega, M. Sc.

Energetski institut „Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

In the paper, preliminary results of the energy efficiency programme in buildings - KUENzgrada - are given, containing ecological characteristics of the programme and their contribution to environmental protection.
Further, some of the more important measures aiming at the share increase of renewable energy sources and energy efficiency in the Croatian energy and construction sector are described.

(No. of References: 18, Fig.: 2 - original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448

ENJAAC 50/4/255-264/2001.

ENERGIJA 1368 UDK 620.9:728

1. Measures to Increase Energy Efficiency in Buildings
I. Kolega, V.
II. Energetski institut „Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

Energy Efficiency
Building
Environmental Protection

ENERGIJA 1367 UDK 621.316.1.001:681.3

1. Methodology of Transmission Network Development Planning Based on Economic and Technical Criteria
I. Bajs, D.
II. Energetski institut „Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

Transmission Network Development Planning
Mexico Method
Alternating Load Flow Model
Optimal Transmission Network's Economic Configuration
Technical Analysis

ENERGIJA 1366 UDK 621.311.1:621.313.322

1. Optimisation of Electric Power System Stabiliser Fitting by Sensitivity Analyses of Characteristic Values
I. Mišković, M.
II. Hrvatska elektroprivreda – HE Dubrovnik, A. Starčevića 51, 20000 Dubrovnik, Croatia

Electric Power System
Excitation Regulation System
Electric Power System Stabiliser
Mathematical Model
Characteristic Values
Stability

UDK 621.31

ENJAAC 50 (5) – (2001) – 305-412

ISSN 0013-7448

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČI – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

Godište 50 (2001) Zagreb 2001 Br. 5

SADRŽAJ

Riječ glavnog urednika 307

Jerbić G.: Analiza naponskih prilika na 400 kV potezu Melina - Obrovac - Konjsko (Prethodno priopćenje) 309

Maljković Z.: Mogućnost rada sinkronih generatora u poduzbuđenom stanju (Pregledni članak) 319

Dizdarević N.: Mogućnosti povećanja prijenosne moći EES-a korištenjem konvencionalnih FACTS naprava (Pregledni članak) 323

Goić R. – Lovrić M. – Cvetković Z.: Gubici električne energije u prijenosnoj mreži HEP-a (Pregledni članak). 349

Marušić A.: Zaštita od smetnji u elektroenergetskom sustavu (Prethodno priopćenje). 361

Stojsavljević M. – Mehmedović M. – Nemec D. – Sinovčić J. – – Radić Š. – Rogić M. – Grujić V.: Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a kod uključenja / isključenja 400 kV dalekovoda Tumbri - Hévíz (Prethodno priopćenje). 369

Nemec D. – Stojsavljević M. – Mehmedović M.: Dinamička stabilnost hrvatskog EES-a u UCTE / CENTREL, interkonekciji (Prethodno priopćenje) 377

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja. 391

Iz strane stručne literature. 398

Pregled članaka objavljenih u "Energiji" od 1961. do 1970. godine. 401

Fotografija na omotu:

HIDROELEKTRANA „ZAVRELJE"

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea,* dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić,* dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. inž.

Urednik - Editor: Zdenka *Jelić,* prof.

Lektor: Šime *Čagalj,* prof.

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Redakcija završena 2001 - 10 - 02

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove.** Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

   Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteliung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

RIJEČ GLAVNOG UREDNIKA

Ovaj namjenski broj časopisa posvećen je nekim problemima hrvatskog elektroenergetskog sistema (EES). Prvenstveno se to odnosi na problem naponskih prilika u mreži 400 kV, ali također na stabilnost EES-a, na gubitke prijenosa, na kompenzaciju i na odgovarajuće posljedice na visokonaponsku opremu. Neki članci su preuzeti s Okruglog stola HK CIGRE održanog u listopadu 2000. godine u Cavtatu, koji se bavio istom problematikom. Ovim člancima treba dodati i dva članka objavljena u ENERGIJI broj 3/2000 i to:

Lovrić, Gojić
Problemi i mogući načini rješavanja naponskih prilika u prijenosnoj mreži Dalmacije,

i

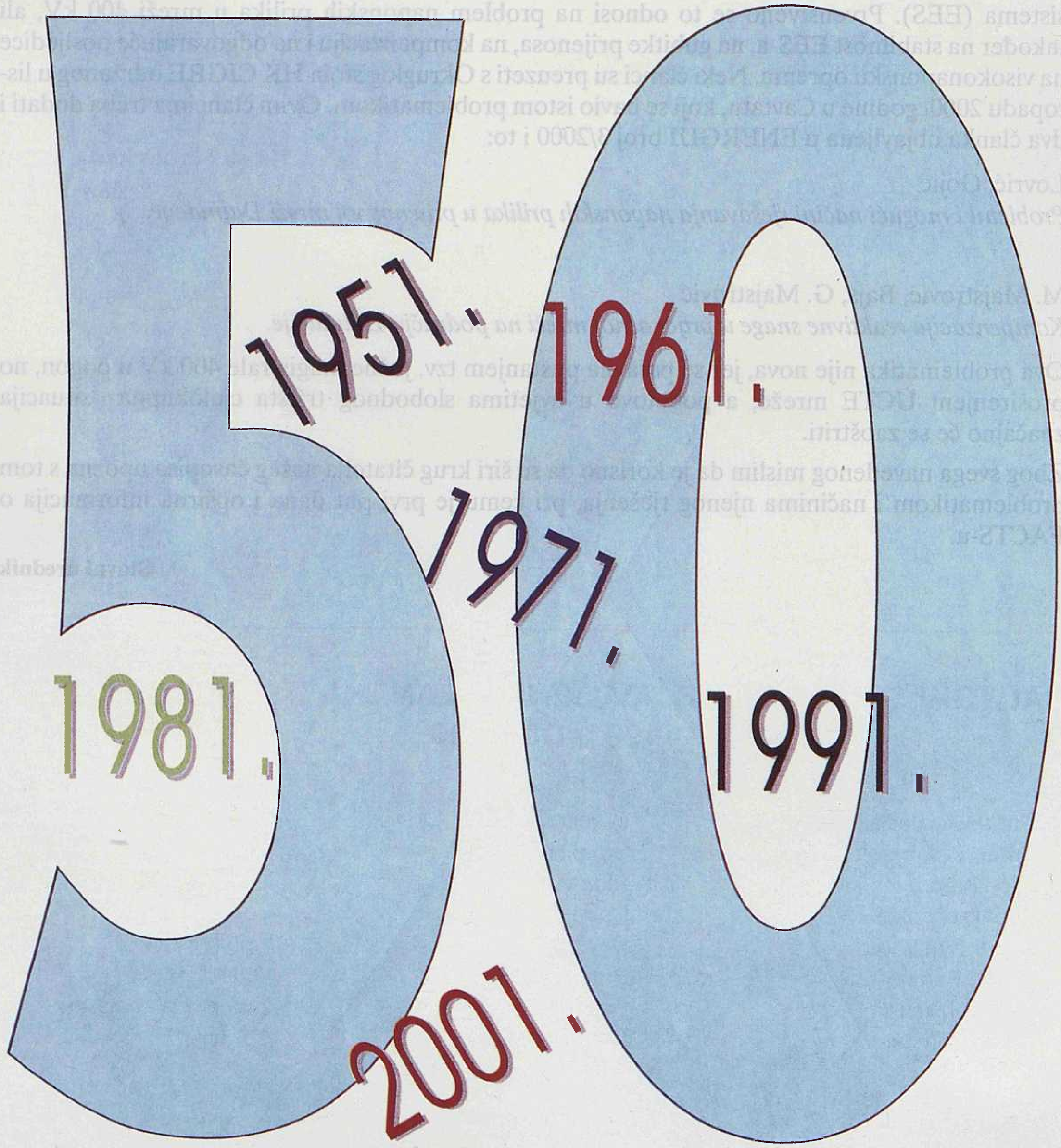
M. Majstrović, Bajs, G. Majstrović
Kompenzacija reaktivne snage u prijenosnoj mreži na području Dalmacije.

Ova problematika nije nova, jer se pojavila puštanjem tzv. južne magistrale 400 kV u pogon, no proširenjem UCTE mreže, a pogotovo u uvjetima slobodnog tržišta cjelokupna situacija značajno će se zaoštriti.

Zbog svega navedenog mislim da je korisno da se širi krug čitatelja našeg časopisa upozna s tom problematikom i načinima njenog rješenja, pri čemu je prvi put dana i opširna informacija o FACTS-u.

Glavni urednik

50 godina ENERGIJE



ANALIZA NAPONSKIH PRILIKA NA 400 kV POTEZU MELINA – OBROVAC – KONJSKO

Goran J e r b i ć, Zagreb

UDK 621.311.1:612.16
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Prikazani su rezultati analize naponskih prilika na južnom 400 kV potezu TS Melina - RHE Obrovac - TS Konjsko za minimum i maksimum opterećenja sistema 1998 godine. Ukratko su objašnjeni osnovni uzroci ponovnoj pojavi visokih napona na južnom potezu. S obzirom na visoke napone koji se javljaju na južnom potezu, uočena je potreba sve učestalijeg angažiranja RHE Obrovac u kompenzatorskom režimu rada. Razmatrana je mogućnost i isplativost kompenzacije južnog poteza. Naglasak u zaključku je na potrebi razmatranja takvih radnih režima već u fazi planiranja novih vodova.

Ključne riječi: napon, naponske prilike, opterećenje sistema, kompenzacija.

1. UVOD

Posljednjih je godina ponovno sve izraženiji problem pojave visokih napona na južnom 400 kV potezu TS Melina - RHE Obrovac - TS Konjsko, pogotovo nakon njegovog ponovnog stavljanja u pogon pod nazivni napon. Visoki naponi, koji su se ranije javljali uglavnom u vrijeme malih opterećenja ljeti (noću), sada su sve učestaliji, a javljaju se i u vrijeme maksimalnih opterećenja sistema zimi. Naponske prilike na južnom potezu u dva karakteristična režima rada elektroenergetskog sistema: minimumu i maksimumu opterećenja sistema 1998. godine prikazane su u ovom članku, a u nastavku su kratko objašnjeni osnovni uzroci pojave tako visokih napona. Angažmanom RHE Obrovac u kapacitivno/generatorskom i kompenzatorsko / motorskom režimu rada može se utjecati na nivo napona u čvoru Obrovac, a posredno i na profil napona na cijelom južnom potezu. Poseban problem rada RHE Obrovac u kompenzatorskom režimu su potrošnja električne energije i troškovi.

2. NAPONSKE PRILIKE NA 400 kV POTEZU MELINA - OBROVAC - KONJSKO

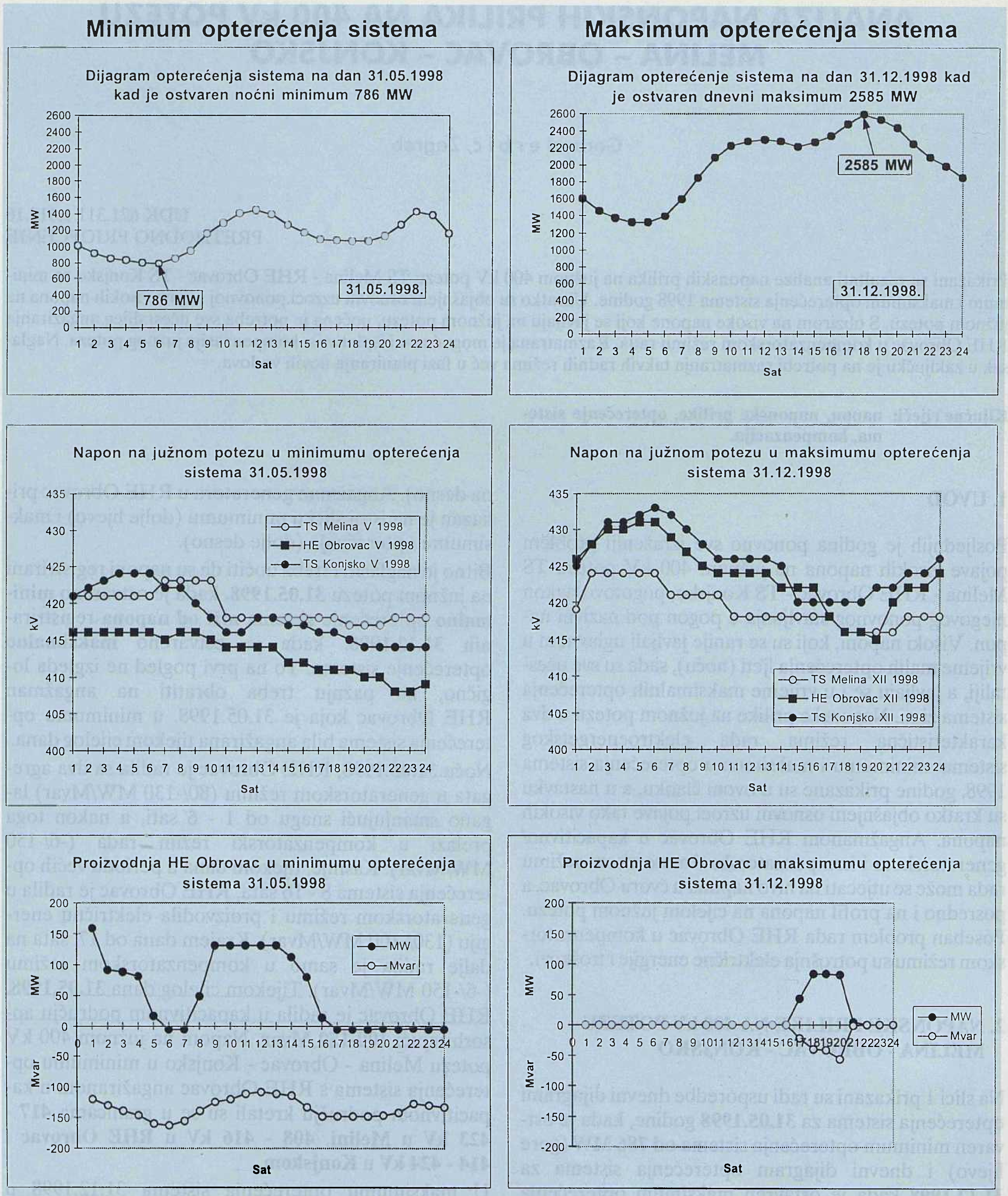
Na slici 1 prikazani su radi usporedbe dnevni dijagrami opterećenja sistema za **31.05.1998** godine, kada je ostvaren minimum opterećenja sistema od **786 MW** (gore lijevo) i dnevni dijagram opterećenja sistema za **31.12.1998** kada je ostavren maksimum opterećenja elektroenergetskog sistema od **2585 MW** (gore desno). Za navedene dane prikazana su u nastavku satna kretanja napona u 400 kV čvorovima na južnom potezu: Melini, Obrovcu i Konjskom u minimumu (sredina lijevo) i maksimumu opterećenja sistema (sredina desno). Angažman generatora u RHE Obrovac prikazan je na istoj slici u minimumu (dolje lijevo) i maksimumu opterećenja (dolje desno).

Bitno je naglasiti i treba uočiti da su naponi registrirani na južnom potezu **31.05.1998.** kada je ostvareno **minimalno** opterećenje sistema **niži od napona** registriranih **31.12.1998.** kada je ostvareno **maksimalno** opterećenje sistema. To na prvi pogled ne izgleda logično, no pažnju treba obratiti na angažman RHE Obrovac koja je 31.05.1998. u minimumu opterećenja sistema bila angažirana tijekom cijelog dana.

Noću **31.05.1998**, RHE Obrovac je radila sa dva agregata u generatorskom režimu (80/-130 MW/Mvar) lagano smanjujući snagu od 1 - 6 sati, a nakon toga prelazi u kompenzatorski režim rada (-6/-150 MW/Mvar). Kasnije, tijekom dana u periodu većih opterećenja sistema 8 - 16 sata, RHE Obrovac je radila u generatorskom režimu i proizvodila električnu energiju (130/-100 MW/Mvar). Krajem dana od 17. sata na dalje radila je samo u kompenzatorskom režimu (-6/-150 MW/Mvar). Tijekom cijelog dana **31.05.1998.** RHE Obrovac je radila u kapacitivnom području apsorbirajući **100-150 Mvar**. Naponi na južnom 400 kV potezu Melina - Obrovac - Konjsko u minimumu opterećenja sistema s RHE Obrovac angažiranom u kapacitivnom području kretali su se u granicama **417 - 423 kV** u **Melini**, **408 - 416 kV** u **RHE Obrovac** i **414 - 424 kV** u **Konjskom**.

U maksimumu opterećenja sistema 31.12.1998 u RHE Obrovac je bio angažiran samo jedan blok u periodu od 16 - 21 sat u generatorskom režimu sa snagom od oko 80/-50 MW/Mvar. Naponi u maksimumu kretali su se u granicama **416 - 424 kV** u **Melini**, **415 - 431 kV** u **RHE Obrovac** i **420 - 433 kV** u

Konjskom. Maksimalni napon na potezu Melina - Obrovac - Konjsko zabilježen **31.12.1998,** kada je ostvaren maksimum opterećenja sistema bio je u Konjskom **433 kV** (6-tom satu), a u maksimumu opterećenja sistema (18-tom satu) napon je bio na gornjoj dopuštenoj granici od **420 kV**.

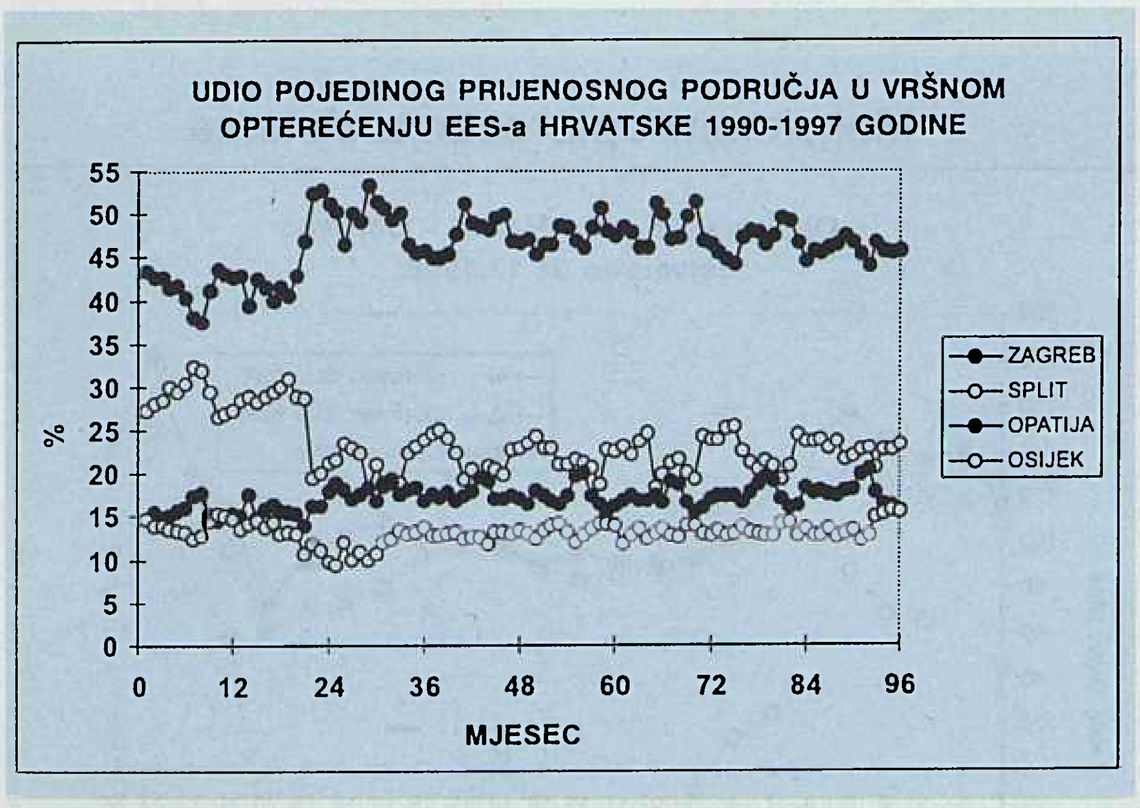


Slika 1. Dnevni dijagram opterećenja za *31.05.1998.* kada je ostvaren minimum (gore lijevo) i za *31.12.1998.*, kada je ostvaren maksimum (gore desno) opterećenja elektro energetskog sistema Hrvatske. Naponi u Melini, Obrovcu i Konjskom u minimumu (sredina lijevo) i maksimumu (sredina desno) i odgovarajući angažman RHE Obrovac u minimumu (dolje lijevo) i maksimumu (desno dolje) opterećenja sistema.

3. ELEKTROENERGETSKI SISTEM HRVATSKE U 1998. GODINI

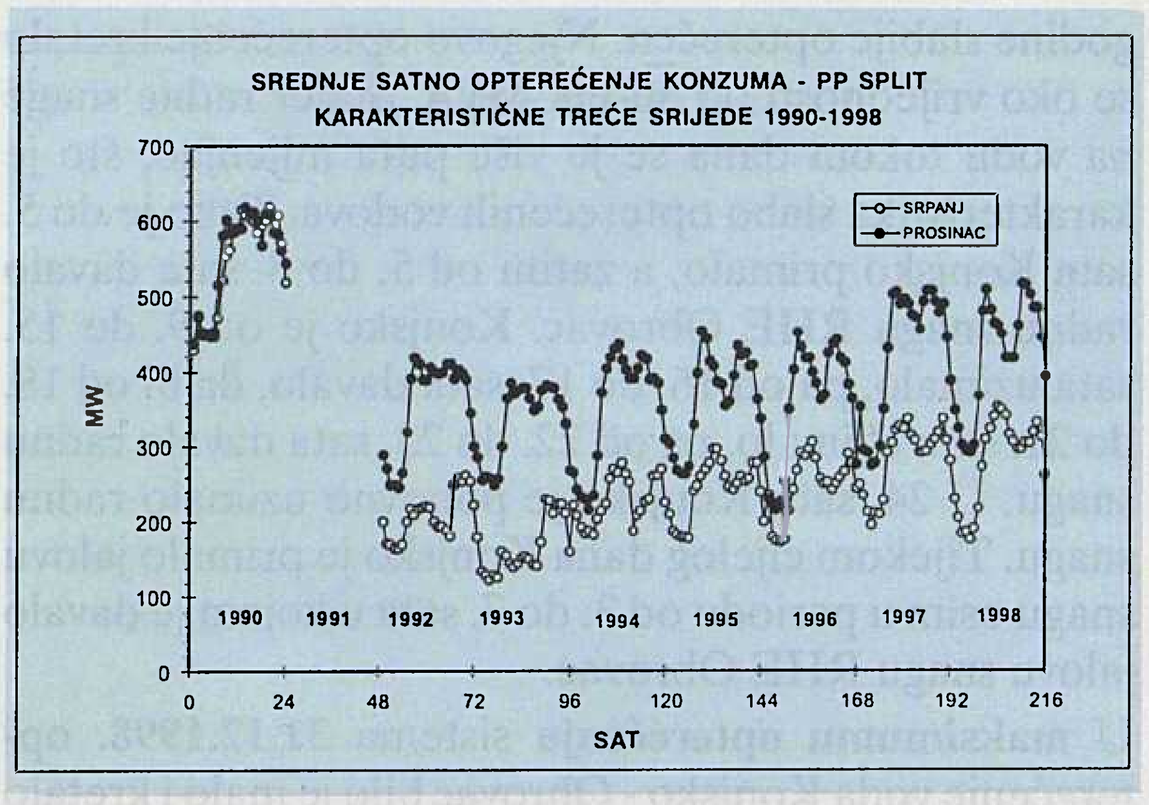
3.1. Potrošnja

Opterećenje elektroenergetskog sistema u 1998. godini kretalo se između **minimalnog opterećenja 786 MW** ostvarenog **31.05.1998** u **6. satu** i **maksimalnog opterećenja 2585 MW** ostvarenog **31.12.1998** u **18. satu**. Dnevni dijagrami opterećenja sistema za navedena dva karakteristična dana u kojima je ostvaren minimum i maksimum opterećenja prikazani su na slici 1. Ukupno opterećenje sistema Hrvatske suma je opterećenja pojedinih prijenosnih područja (Splita, Rijeke, Zagreba i Osijeka). Udio vršnog opterećenja prijenosnog područja Split u ukupnom vršnom opterećenju Hrvatske krajem 1991. godine znatno se smanjio, prije svega zbog gašenja velikih direktnih potrošača (TEF, TAL Ražine, Dugi Rat) i do danas se taj odnos nije znatnije promijenio slika 2.



Slika 2. Udio pojedinog prijenosnog područja u vršnom opterećenju Hrvatske u periodu od 1990.-1997. godine (mjesečni maksimumi)

Karakteristike konzuma prijenosnog područja Split posljednjih su se godina bitno promijenile. Na promjenu karakteristika potrošnje najvećim dijelom utjecalo je gašenje velikih direktnih potoršača električne energije, ali i promjena karakteristika distributivnog opterećenja kao posljedice slabijih turističkih sezona i s tim u vezi manjom potrošnjom u turizmu ljeti. Radi usporedbe napomenimo da je prijenosno područje Split 1990. godine imalo opterećenje od preko 600 MW u maksimumu opterećenja i 450 MW u minimumu. Danas opterećenje prijenosnog područja Split u maksimumu doduše prelazi 500 MW, ali u minimumu pada ispod 200 MW, vidi sliku 3. Opterećenje karakteristične treće srijede u vrijeme maksimalnih i minimalnih opterećenja bilo je zbog razvijene potrošnje u turizmu ljeti, slično (1990), no danas to više nije slučaj. Smanjenje radnog opterećenja dalmatinskog područja pratilo je dakako i odgovarajuće smanjenje optrećenja jalovom snagom što je samo dodatno otežalo naponske prilike.



Slika 3. Srednje satno opterećenje karakteristične treće srijede prijenosnog područja Split za mjesec prosinac i srpanj u periodu od 1990.-1997. godine (za 1991. godinu - nema podataka)

3.2. Prijenosna mreža

Stanje prijenosne mreže na južnom potezu Melina - Obrovac - Konjsko u najkraćim crtama bilo je sljedeće: svi prijenosni vodovi stavljeni su u pogon pod nazivni napon, osim 400 kV voda Konjsko - Mostar. Vod Konjsko - Mostar je i dalje u pogonu pod naponom 220 kV budući da je ratom uništeno postrojenje 400 kV u TS Mostar 4 (Čule). Stanje prijenosne mreže najviših napona 220 i 400 kV tijekom 1998. godine godine nije se bitnije mijenjalo.

Elektroenergetski sistemi Hrvatske i susjedne Bosne i Hercegovine povezani na jugu 400 kV vodom Konjsko - Mostar u pogonu pod 220 kV, a na sjeveru 220 kV vodom Đakovo - Tuzla. Područje Slavonije i dalje se napaja iz Mraclina vodom Tumbri - Ernestinovo u pogonu pod 220 kV i spomenutom 220 kV vezom Đakovo - Tuzla. Zbog slabe prijenosne mreže na području Slavonije, na vodu Đakovo - Tuzla postavljena je usmjerena zaštita koja dopušta razmjenu energije samo u jednom smjeru i to iz sistema Bosne i Hercegovine u Hrvatski sistem.

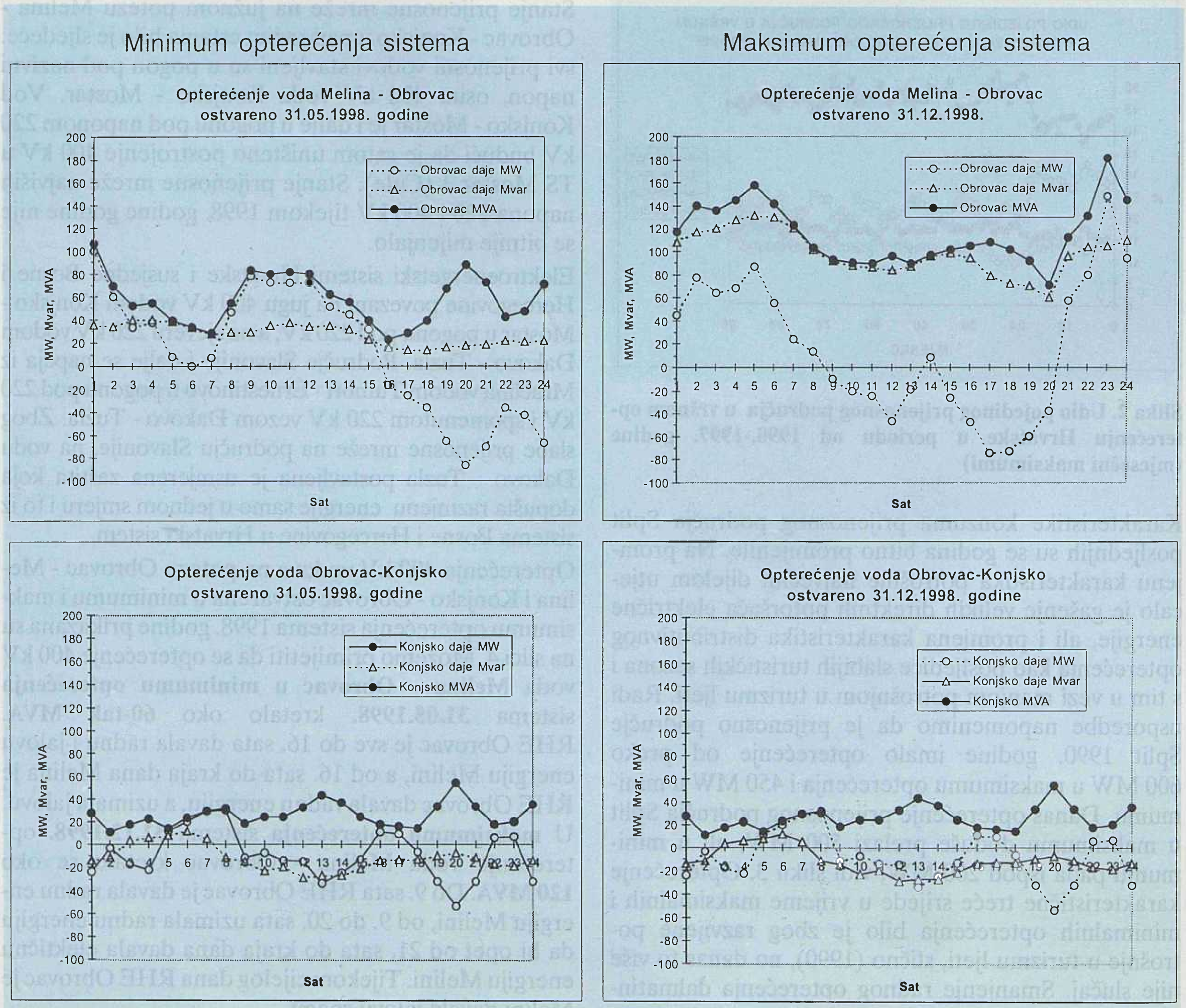
Opterećenja 400 kV vodova na potezu Obrovac - Melina i Konjsko - Obrovac ostvarena u minimumu i maksimumu opterećenja sistema 1998. godine prikazana su na slici 4. Možemo primijetiti da se opterećenje 400 kV voda **Melina - Obrovac** u **minimumu opterećenja** sistema **31.05.1998.** kretalo oko **60-tak MVA**. RHE Obrovac je sve do 16. sata davala radnu i jalovu energiju Melini, a od 16. sata do kraja dana Melina je RHE Obrovac davala radnu energiju, a uzimala jalovu. U **maksimumu opterećenja** sistema **31.12.1998.** opterećenje voda Melina - Obrovac kretalo se oko **120 MVA**. Do 9. sata RHE Obrovac je davala radnu energiju Melini, od 9. do 20. sata uzimala radnu energiju da bi opet od 21. sata do kraja dana davala elektičnu energiju Melini. Tijekom cijelog dana RHE Obrovac je Melini davala jalovu snagu.

Drugi 400 kV vod na južnom potezu Konjsko - Obrovac bio je u **minimumu opterećenja** sistema **31.05.1998.**

godine slabije opterećen. Njegovo opterećenje kretalo se oko vrijednosti od **30-tak MVA**. Smjer radne snage na vodu tokom dana se je više puta mijenjao, što je karakteristika slabo opterećenih vodova. Tako je do 5. sata Konjsko primalo, a zatim od 5. do 8. sata davalo radnu snagu RHE Obrovac. Konjsko je od 9. do 15. sata uzimalo, pa od 16. do 17. sata davalo, da bi od 18. do 21. sata uzimalo, pa od 22. do 23. sata davalo radnu snagu. U 24. satu Konjsko je ponovno uzimalo radnu snagu. Tijekom cijelog dana Konjsko je primalo jalovu snagu osim u periodu od 3. do 7. sata u kojem je davalo jalovu snagu RHE Obrovac.

U **maksimumu opterećenja** sistema **31.12.1998.** opterećenje voda Konjsko - Obrovac bilo je malo i kretalo se također oko **30-tak MVA**. I u maksimumu opterećenja sistema smjer radne snage na vodu mijenjao se više puta tijekom dana. Konjsko je do 4. sata uzimalo radnu energiju od Obrovca, od 5. do 8. sata davalo je radnu energiju, zatim od 9. sata do 15. sata uzimalo energiju, da bi od 16. do 17. sata davalo, od 18. do 21.sata uzimalo, 22. do 23. sata davalo i u 24.satu davalo električnu energiju RHE Obrovac. Tijekom cijelog dana Konjsko je primalo oko 20-tak Mvar jalove snage od RHE Obrovac osim u preiodu od 3. do 7. sata (slika 4).

Radi usporedbe na slici 5. prikazana su opterećenja 400 kV vodova na južnom potezu (Melina - Obrovac, Obrovac - Konjsko i Konjsko - Mostar) ostvarena u vrijeme maksimalnih (lijevo) i minimalnih opterećenja sistema (desno) 1990. godine. Treba naglasiti da su opterećenja vodova ostvarena 1990. godine bila također - **ispod prirodne snage** kako u vrijeme minimalnih tako i u vrijeme maksimalnih opterećenja sistema. Opterećenje voda Melina - Obrovac kretalo se oko 100 MVA, opterećenje voda Obrovac - Konjsko također oko 100 MVA i Konjsko - Mostar oko 250 - 300 MVA. Opterećenje voda Konjsko - Mostar bilo je nešto veće jer je Hrvatska u to doba imala zakupljene izvore u Bosni i Srbiji, a u pogonu su bili i svi direktni potrošači u Dalmaciji. Smanjenje opterećenja dalmatinskog područja na koje smo

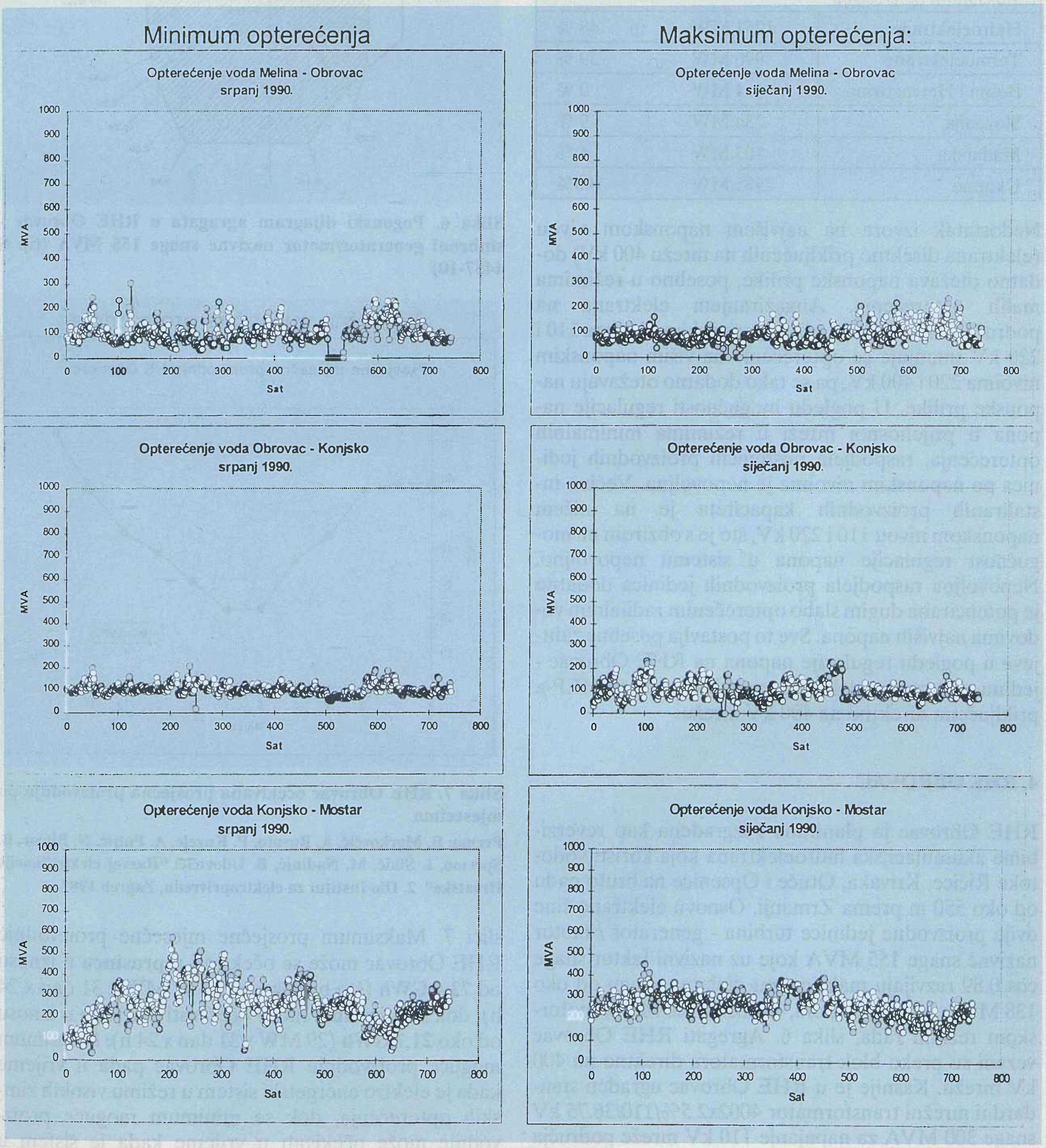


Slika 4. Opterećenja 400 kV vodova Melina - Obrovac (gore) i Obrovac - Konjsko (dolje) ostvareno u minimumu opterećenja sistema 31.05.1998 (lijevo) i maksimumu opterećenja sistema 31.12.1998. (desno)

ukazali u prethodnom poglavlju rezultiralo je i odgovarajućim smanjenjem opterećenja prijenosnih vodova najvišeg napona. Posljedica toga je logično povećanje napona u prijenosnoj mreži.

3.3. Proizvodnja

U vrijeme minimalnog opterećenja sistema u 6. satu **31.05.1998.** ukupan angažman elektrana bio je **641 MW**. Od toga hidroelektrana 206 MW a termoelektrana 435 MW. Ostatak do 786 MW opterećenja sistema pokrivao se nabavom iz Bosne, Slovenije i Mađarske (u iznosu od145 MW). U vrijeme maksimalnog opterećenja sistema u 18. satu **31.12.1998.** ukupan angažman elektrana bio je **2247 MW**. Od tog angažmana su termoelektrane 996 MW a hidroelektrane 1251 MW. Ostatak do 2585 MW opterećenja sistema pokrivao se nabavom iz Bosne, Slovenije i Mađarske (u iznosu od 338 MW):



Slika 5. Opterećenje 400 kV vodova Melina - Obrovac, Obrovac - Konjsko i Konjsko - Mostar ostvarena u vrijeme minimalnih (lijevo) i maksimalnih (desno) opterećenja sistema 1990. godine (posljednja godina u kojoj je prijenosna mreža bila još povezana)

Minimum opterećenja			
Hidroelektrane	206 MW	ili	26 %
Termoelektrane	435 MW		55 %
Bosna i Hercegovina	110 MW		14 %
Slovenija	6 MW		1 %
Mađarska	29 MW		4 %
Ukupno	786 MW		100 %

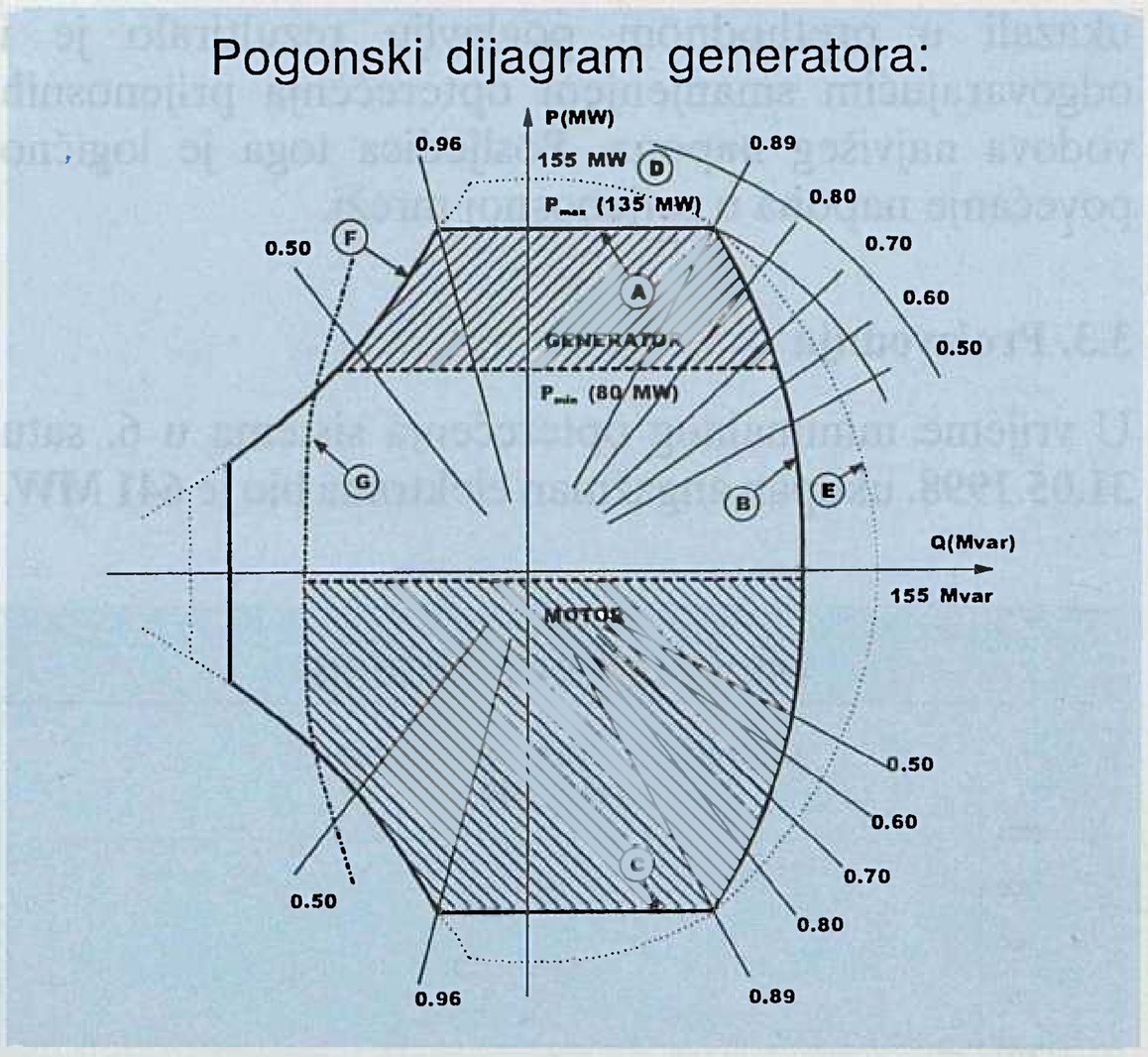
Maksimum opterećenja			
Hidroelektrane	1251 MW	ili	48 %
Termoelektrane	996 MW		39 %
Bosna i Hercegovina	1 MW		0 %
Slovenija	234 MW		9 %
Mađarska	103 MW		4 %
Ukupno	2585 MW		100%

Nedostatak izvora na najvišem naponskom nivou (elektrana direktno priključenih na mrežu 400 kV) dodatno otežava naponske prilike, posebno u režimima malih opterećenja. Angažiranjem elektrana na području Dalmacije na nižim naponskim nivoima 110 i 220 kV smanjuje se opterećenje na višim naponskim nivoima 220 i 400 kV, pa se tako dodatno otežavaju naponske prilike. U pogledu mogućnosti regulacije napona u prijenosnoj mreži u režimima minimalnih opterećenja, raspodjela postojećih proizvodnih jedinica po naponskim nivoima je nepovoljna. Većina instaliranih proizvodnih kapaciteta je na nižem naponskom nivou 110 i 220 kV, što je s obzirom na mogućnost regulacije napona u sistemu nepovoljno. Nepovoljna raspodjela proizvodnih jedinica dodatno je potencirana dugim slabo opterećenim radijalnim vodovima najviših napona. Sve to postavlja posebne zahtjeve u pogledu regulacije napona na RHE Obrovac - jedinu elektranu u elektroenergetskom sistemu HEP-a priključenu direktno na 400 kV mrežu.

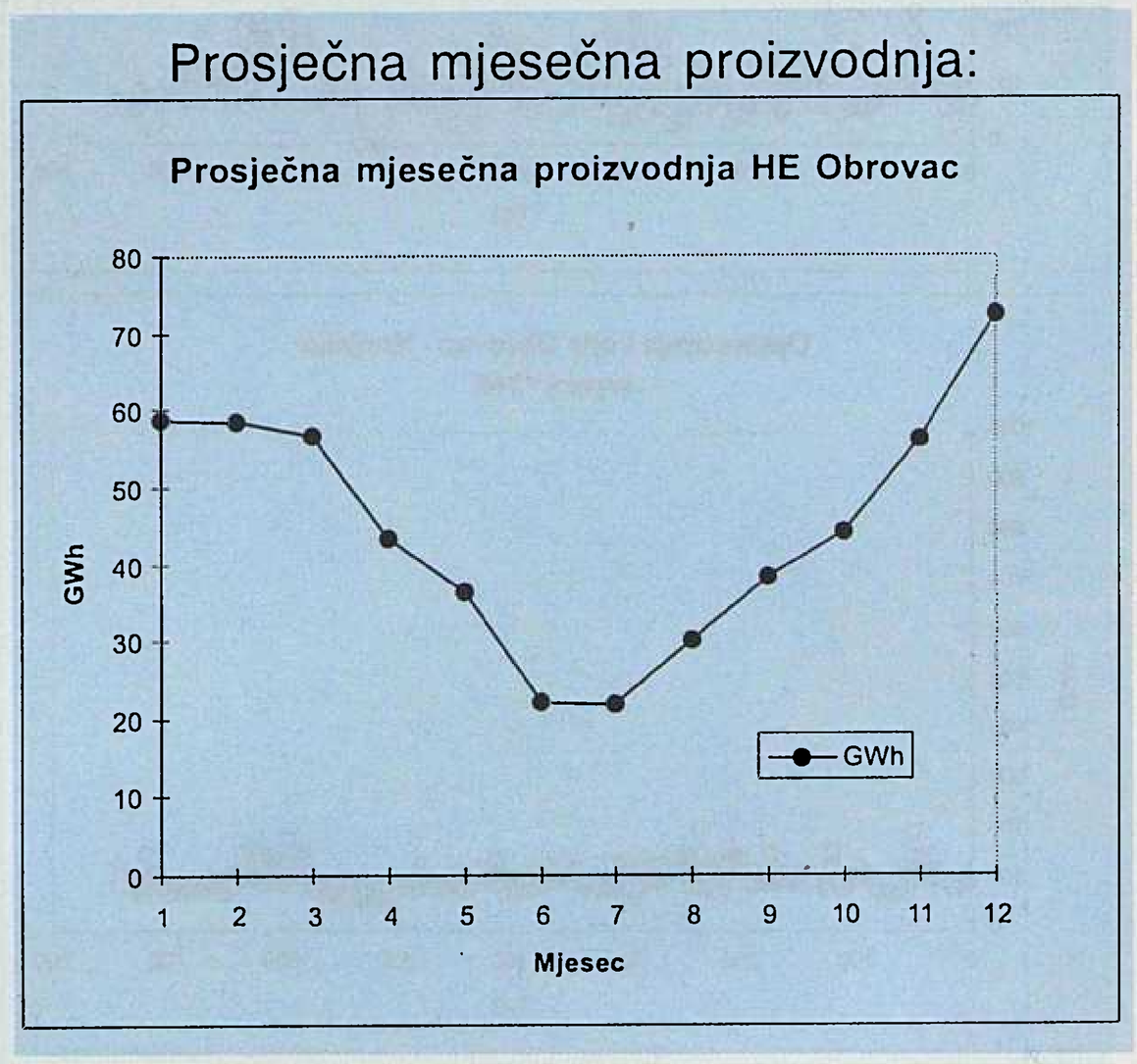
4. RHE OBROVAC

RHE Obrovac je planirana i izgrađena kao reverzibilna akumulacijska hidroelektrana koja koristi vodotoke Ričice, Krivaka, Otuče i Opsenice na bruto padu od oko 550 m prema Zrmanji. Osnovu elektrane čine dvije proizvodne jedinice turbina - generator / motor nazivne snage 155 MVA koje uz nazivni faktor snage cos 0.89 razvijaju maksimalnu djelatnu snagu od oko 138 MW u generatorskom, odnosno 120 MW u motorskom režimu rada, slika 6. Agregati RHE Obrovac vezani su preko blok transformatora direktno na 400 kV mrežu. Kasnije je u RHE Obrovac ugrađen standardni mrežni transformator 4002x2.5%/110/36.75 kV snage 300 MVA za napajanje 110 kV mreže područja Zadra, Benkovca, Obrovca i Gračaca.

Prosječna mjesečna proizvodnja RHE Obrovac na temelju višegodišnjeg praćenja vodotoka prikazana je na



Slika 6. Pogonski dijagram agragata u RHE Obrovac - sinhroni generator/motor nazivne snage 155 MVA (tip S 4457-10)



Slika 7. RHE Obrovac očekivana prosječna proizvodnja po mjesecima

Prema: B. Markovčić, A. Busato, P. Kuzele, A. Puljić, N. Bilčar, B. Spremo, I. Šikić, M. Nadinić, B. Udovičić: "Razvoj elektrifikacije Hrvatske" 2. Dio Institut za elektroprivredu, Zagreb 1987.

slici 7. Maksimum prosječne mjesečne proizvodnje RHE Obrovac može se očekivati u **prosincu** u iznosu od **72.4 GWh** (što bi odgovaralo 97 MW x 31 dan x 24 h), dok se minimum može očekivati u **srpnju** u iznosu od oko **21.7 GWh** (29 MW x 31 dan x 24 h). Maksimum moguće proizvodnje RHE Obrovac pada u vrijeme kada je elektro energetski sistem u režimu visokih zimskih opterećenja, dok se minimum moguće proizvodnje može očekivati u vrijeme kada je sistem u režimu niskih ljetnih opterećenja, što je u pogledu vođenja i sigurnosti rada elektro energetskog sistema povoljno. RHE Obrovac je u osnovi koncipirana tako

da u reverzibilnom radu koristiti noćne viškove energije (kada ih ima i kad se to isplati) za pumpanje vode u akumulacioni bazen Štikada (korisnog volumena 9,1 hm^3) radi proizvodnje dnevne vršne energije sa svrhom pokrivanja vršnog opterećenja u dnevnom dijagramu opterećenja elektroenergetskog sistema (npr. od 10.-14. sata i 16.-20. sata). S tim u vezi treba se podsjetiti da je reverzibilna RHE Obrovac planirana zajedno sa nuklearnom elektranom u Dalmaciji (NE Vir). Međutim, kako se od izgradnje nuklearne elektrane odustalo, a u elektroenregetskom sistemu nema dovoljno jeftine temeljne energije za angažman RHE Obrovac u reverzibilnom pogonu ostaje otvoreno pitanje pokrivanja troškova njenog rada u reverzibilnom i kompenzacijskom režimu.

5. KOMPENZACIJA U RHE OBROVAC

Provedene analize naponskih prilika pokazuju da su naponi s obzirom na postojeću opremu previsoki, kako u minimumu opterećenja tako danas sve češće i u maksimumu opterećenja sistema. Maksimalni trajno dopušteni napon postojeće opreme je **420 kV**. Oprema dakako može podnijeti i više napone, a praksa i različite analize pokazuju da podnosi i znatno više napone od standardom propisanih. Međutim, treba biti svjestan posljedica koje takav način eksploatacije električne opreme može uzrokovati. Previsoki pogonski naponi mogu izazvati parcijalna izbijanja i ubrzano starenje izolacije čime se njen životni vijek rapidno smanjuje.

RHE Obrovac bi se s obzirom na naponske prilike na južnom potezu Melina - Obrovac - Konjsko trebala angažirati kao kompenzator tijekom većeg dijela godine. Pri tom treba naglasiti i imati na umu da RHE Obrovac kada radi samo u kompenzatorskom režimu troši oko 3 MW radne snage po agregatu. Pretpostavimo li da je RHE Obrovac potrebno angažirati samo 20 % vremena godišnje u kompenzatorskom režimu rada što odgovara angažmanu od 5 sati/dan (noću). Električna energija potrošena u kompenzatorskom radu tada bi bila oko **10.6 GWh** (0.2x6MWx8760sati) što uz cijenu električne energije od npr. 0.1 DEM/kWh daje ukupni godišnji trošak energije u kompenzacijskom radu reda 1×10^6 DEM. Ugradnjom kompenzacijske prigušnice u čvoru RHE Obrovac mogla bi se ostvariti ušteda električne energije s obzirom na činjenicu da bi elektrana u kompenzatorskom režimu trebala raditi tijekom većeg dijela godine.

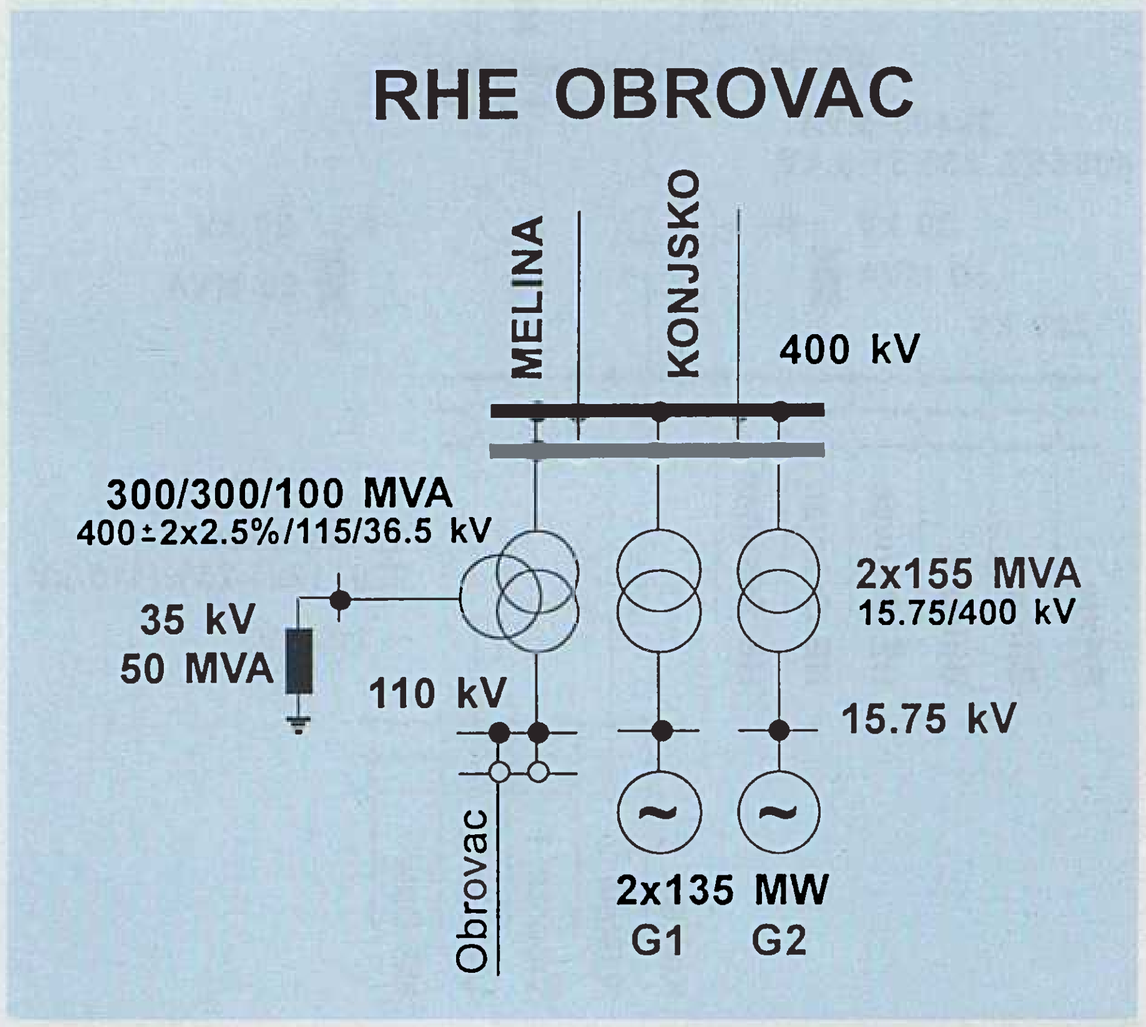
Prigušnica direktno na mreži

Prethodna analiza pokazuje da bi snaga kompenzacijske prigušnice u RHE Obrovac s obzirom na naponske prilike trebala biti barem 100 Mvar, jer se sa angažiranom RHE Obrovac u kompenzacijskom režimu snagom 150 Mvar već u današnjoj konfiguraciji mogu očekivati naponi viši od dopuštenih (u Melini 423 kV i Konjskom 424 kV, slika 1). Kada bismo umjesto rada RHE Obrovac u kompenzatorskom režimu ugradili prigušnicu za kompenzaciju nazivne snage npr. 100 MVA na 400 kV strani po cijeni od 2×10^6 DEM (što odgovara cijeni transformatora od 2×10^4 DEM/MVA) i opremili odgovarajuće polje 400 kV po cijeni od oko 2.3×10^6 DEM (cijena vodnog polja 400 kV) ukupna bi investicija iznosila oko 4.3×10^6 DEM. Ulaganje bi se vratilo kroz relativno kratak vremenski period od 5 godina. Pri tom treba naglasiti da bi cijena prigušnice trebala biti manja od cijene transformatora iste snage (prigušnica za razliku od transformatora ima jedan namot), no trebalo bi uzeti u obzir održavanje i cijenu kapitala kroz odgovarajuće kamate koje će povećati početnu cijenu kompenzacije. Kompenzacijsku prigušnicu trebalo bi priključiti direktno na mrežu najvišeg napona (400 kV) kako ne bi opterećivala mrežni transformator, a zbog cijene prateće opreme povoljniji je manji broj prigušnica veće snage (npr. 100 Mvar) što opet smanjuje mogućnosti regulacije napona.

Primjedbe na ovakvu pojednostavljenu analizu mogu biti u pogledu pretpostavljene cijene električne energije kao i snage koju agregat troši u kompenzatorskom režimu rada. Međutim, pretpostavljena cijena opreme također je veća od realne, no nisu uzeti u obzir troškovi građevinskih radova. Dakako, preciznija anliza mogla bi se ponoviti s realnijim podacima.

Prigušnica na tercijaru transformatora

Kada bi se kompletni južni potez kompenzirao, odnosno ako bi se i u drugim čvorovima južnog poteza predvidjele kompenzacijske prigušnice (u Konjskom i po potrebi u Melini) snaga kompenzacijske prigušnice u RHE Obrovac mogla bi biti manja. U tom slučaju mogla bi se u RHE Obrovac predvidjeti jedna

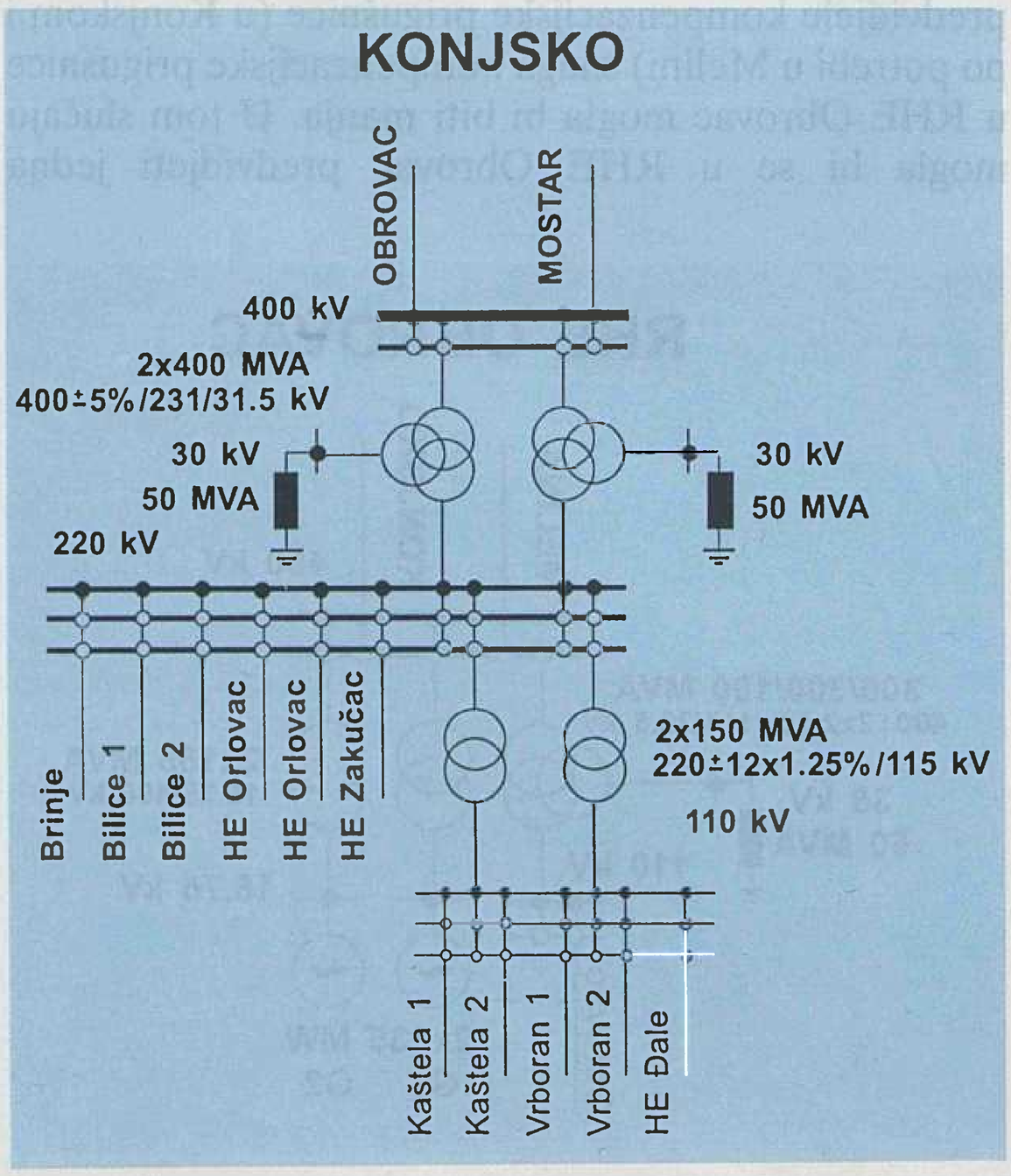


Slika 8. Kompenzacija u RHE Obrovac - standardna prigušnica za kompenzaciju snage 50 Mvar na tercijaru mrežnog transformatora 400/110 kV 300 MVA

prigušnica snage 50 Mvar (snaga standardne prigušnice za kompenzaciju u našoj prijenosnoj mreži kakvu imamo u Tumbrima i kakve su bile u Ernestinovu), a druga u Konjskom. Veći dio uštede u toj varijanti ostvario bi se na razlici cijena 35 i 400 kV polja (cijena 35 kV vodnog polja može se procijeniti na oko 0.15 x 10^6 DEM, umjesto 2.3 x 10^6 DEM na koliko se procijenjuje 400 kV vodno polje). Troškovi kompenzacije primjenom standardnog rješenja dvije prigušnice 50 Mvar na tercijarima transformatora bili bi manji i u ovom primjeru mogu se grubo procijeniti na 60 % cijene jedne prigušnice 100 Mvar priključene direktno na 400 kV. Dakako, detaljniji proračun moguće je provesti uzimanjem u obzir drugih utjecajnih parametara i realnijih cijena.

6. MOGUĆNOSTI KOMPENZACIJE U TS KONJSKO I TS MELINA

Primjenom standardnog rješenja kompenzacije kakav je primijenjen na sjevernom 400 kV potezu Tumbri - Ernestinovo (jedna prigušnica 50 Mvar na tercijaru mrežnog transformatora 400/110 kV 300 MVA u Tumbrima, odnosno po jedna prigušnica na tercijaru svakog od dva mrežna transformatora 400/110 kV 300 MVA u Ernestinovu) u Konjskom bi se mogle instalirati dvije kompenzacijske prigušnice, slika 9: po jedna standardna prigušnica snage 50 Mvar na tercijar svakog od dva mrežna transformatora 400/220 kV snage 400 MVA kao što je to bilo u Ernestinovu.



Slika 9. Kompenzacija u TS Konjsko - standardna prigušnica za kompenzaciju snage 50 Mvar na tercijaru mrežnog transformatora 400/220 kV 400 MVA

Analogno Konjskom i u Melini bi se mogla instalirati po jedna standardna prigušnica 50 Mvar na tercijar svakog od mrežnog transformatora 400/220 kV, no tek kada bi se nakon ugradnje prigušnica u Konjskom i Obrovcu u eksploataciji utvrdila potreba za njihovom ugradnjom.

Dakle, kompenzacija južnog poteza mogla bi se riješiti ugradnjom po jedne standardne kompenzacijske prigušnice snage 50 Mvar u svaku točku južnog poteza na način kako je kompenziran sjeverni 400 kV potez sljedećim redoslijedom: Konjsko, Obrovac i po potrebi Melina (sa mogućnošću kasnije ugradnje druge prigušnice u Konjskom i eventualno Melini). Pri tom dakako nailazimo na problem različitih napona na tercijarima mrežnih transformatora u Konjskom, Melini (Tumbrima i Ernestinovu) 30 kV i RHE Obrovac 35 kV. Nazivni napon kompenzacijske prigušnica u RHE Obrovac bio bi 35 kV, a može imati "nestandardnu" snagu npr. 68 Mvar. Tako bi se po potrebi mogla koristiti na tercijarima transformatora u drugim čvorovima mreže 400 kV (pri naponu 30 kV njena snaga bila bi 50 Mvar). Nedostatak ovog rješenja je stalno opterećenje tercijara mrežnog transformatora prigušnicom, dok bi prednost bila više manjih prigušnica u sistemu i veća mogućnost regulacije napona.

7. ZAKLJUČAK

Problem visokih napona na 400 kV potezu Melina-Obrovac-Konjsko susreće se tako reći od njegovog puštanja u pogon. Posljednjih se godina opterećenje prijenosnog područja Split smanjilo prije svega zbog prestanka rada direktnih potrošača i tako dodatno otežalo naponske prilike. Visoki naponi, koji su se ranije javljali uglavnom u vrijeme malih opterećenja ljeti (noću), sada su sve učestaliji, a javljaju se i u vrijeme maksimalnih opterećenja sistema zimi.

Angažmanom hidroelektrana na području Dalmacije smanjuje se opterećenje na nivou prijenosne mreže pa se tako dodatno otežavaju naponske prilike čak i u vrijeme maksimalnih opterećenja sistema. Pored toga, angažman većih agregata hidoelektrana sa znatnijom mogućnošću apsorpcije jalove snage u minimumu opterećenja sistema nije moguć ispod tehničkog minimuma (50 % maksimalne snage). Sve to zahtijeva pažljivo planiranje rada sistema u režimima malih opterećenja s obzirom na bilancu radne snage sistema i mogućnost pojave visokih napona.

Zbog svega navedenog sve češće se javlja potreba za angažiranjem RHE Obrovac posebno u kompenzatorskom režimu rada sada i u vrijeme maksimalnih opterećenja zimi. Kako u kompenzatorskom režimu RHE Obrovac troši približno oko 3 MW po agregatu, analize koje su u članku samo grubo naznačene pokazuju da bi se investicijsko ulaganje u kompenzaciju moglo relativno brzo isplatiti. Pri tom dakako treba imati

na umu i druge neizravne koristi i uštede koje je teško kvantificirati kao što je npr. skraćenje životne dobi postojeće opreme zbog rada u području iznad dopuštenog nivoa napona, kao i štednju agregata kroz smanjenje broja ulazaka/izlaska iz pogona i rada u kapacitivnom području.

S obzirom na naponske prilike nije sporno da bi južni 400 kV potez Melina - Obrovac - Konjsko trebalo kompenzirati, pitanje je međutim da li primijeniti dosadašnje rješenje kompenzacije (prigušnica 50 Mvar na tercijaru mrežnog transformatora) ili definirati novo standardno rješenje npr. prigušnica priključena direktno na mrežu. Time se otvara pitanje **nazivne snage** (100 Mvar) i **nazivnog napona** (400 kV) novog standardnog rješenja prigušnice za kompenzaciju. Tehnoekonomskom usporedbom ta dva rješenja imat ćemo odgovor na pitanje kako riješiti kompenzaciju južnog poteza.

Kompenzaciju u visokonaponskoj mreži treba predvidjeti već u fazi planiranja i vezati je uz izgradnju visokonaponskih 400 kV vodova, kako ne bismo bili prisiljeni naknadno rješavati posljedice nekompenziranih vodova prijenosne mreže kroz sanaciju naponskih prilika u proizvodnim i prijenosnim objektima.

Konačno, naponske prilike na južnom potezu trebat će i u budućnosti pažljivo pratiti i poduzimati određene mjere sa svrhom održavanja napona u dopuštenim granicama. Otvaranje tržišta električne energije koje će uslijediti potaknut će ponovno pitanja naknada za pomoćne usluge u prijenosnoj mreži (regulacija frekvencije, napona i druge).

LITERATURA

[1] Z. TONKOVIĆ: "Aspekti visokih napona u sistemu s posebnim osvrtom na uklapanje voda Konjsko-Obrovac-Melina" Elektroprivreda br. 1-2, Beograd 1984 godine

[2] K. OŽEGOVIĆ: "Opis postupaka i događaja pri puštanju u rad 400 kV poteza od Divače do Mostara", časopis Elektroprivreda br. 1-2, Beograd 1986 godine

[3] S. TEŠNJAK, I. KUZLE, N. PULJIĆ, Š. RADIĆ: "Sekundarna regulacija napona i jalove snage u EES-u HEP-a" Zavod za visoki napon i energetiku, Elektrotehnički fakultet Zagreb Zagreb, Studija veljača 1995

[4] G. JERBIĆ: "Istraživanje naponskih prilika na južnom 400 kV potezu elektroenergetskog sustava Hrvatske pri uključivanju u isti TE na uvozni ugljen - Lukovo Šugarje, snage 1x350 MW (2x350 MW) na pragu", Studija Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. Zagreb, travanj 1999. godine

[5] M. LOVRIĆ, R. GOJIĆ, M. MAJSTROVIĆ: "Problematika previsokih napona u prijenosnoj mreži" R 39-13 četvrto savjetovanje Hrvatskog komiteta međunarodne konferencije za velike električne sisteme Cavtat 17-21 listopada 1999.

[6] M. MAJSTROVIĆ, D. BAJS, G. MAJSTROVIĆ: "Kompenzacija reaktivne snage u prijenosnoj mreži na području Dalmacije" R 38-3 četvrto savjetovanje Hrvatskog komiteta međunarodne konferencije za velike električne sisteme Cavtat 17-21 listopada 1999.

VOLTAGE SITUATION ANALYSIS ON MELINA-OBROVAC-KONJSKO 400 kV LINE

The results of voltage situation analysis on the south 400 kV line TS Melina-RHPP Obrovac – TS Konjsko for the minimum and maximum system loads for the year 1998 are given. There is a brief explanation of basic reasons for repeated high voltage appearance. Because of the high voltage appearing on the south line there is a need of a frequent RHPP Obrovac operation in the compensation mode. The review evaluates the possibility and costs of the south line compensation. The conclusion maintains that these operation modes should be evaluated already during the line's planning phase.

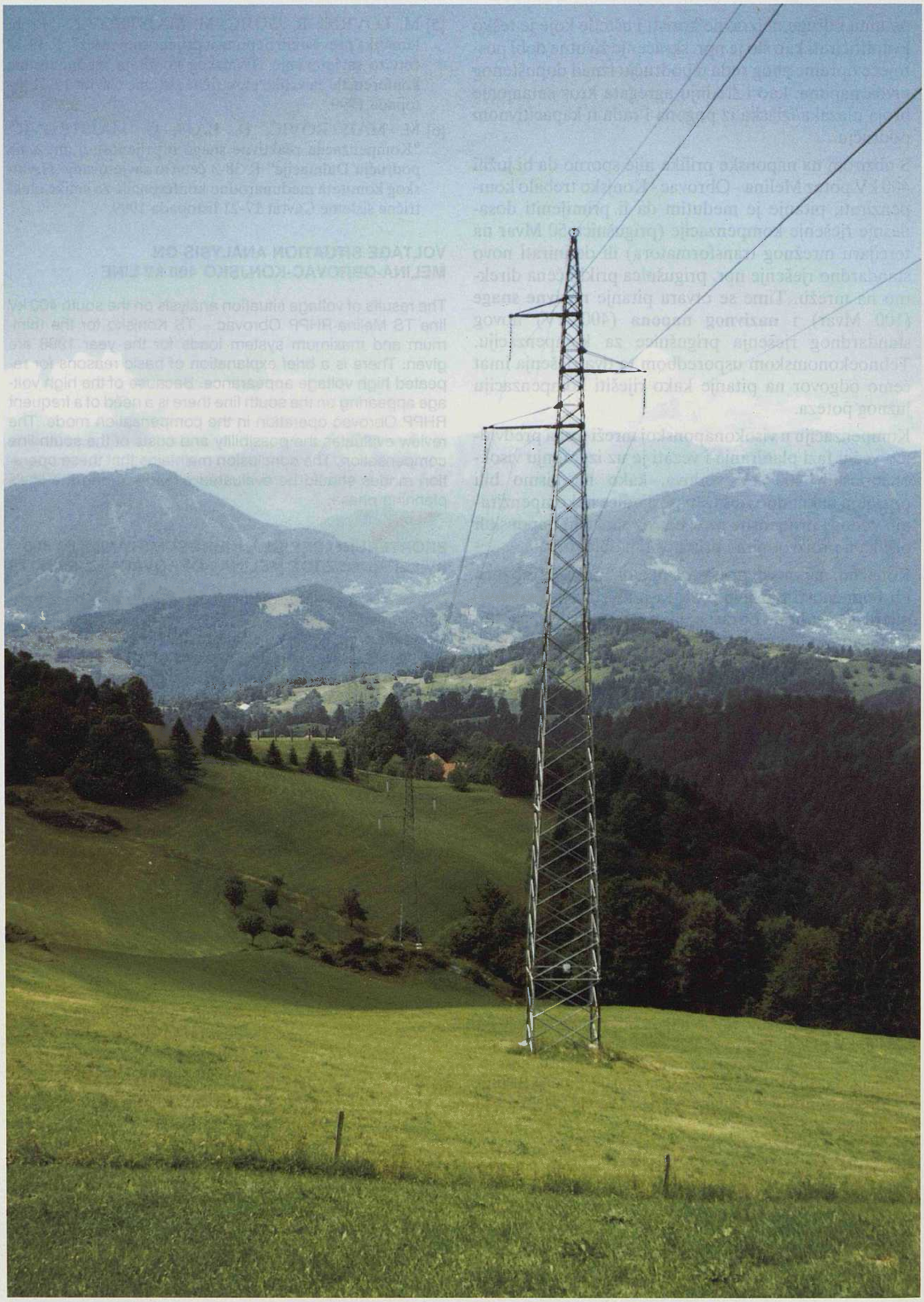
ERÖRTERUNG DER SPANNUNGSUMSTÄNDE IM 400 KV-LEITUNGSZUGE MELINA - OBROVAC - KONJSKO

Dargestellt sind die Ergebnisse der Erörterung der Spannungsumstände im südlichen 400 kV-Leitungszuge: Umspannwerk Melina - Pumpspeicher-Wasserkraftwerk OBROVAC - Umspannwerk Konjsko für die minimale und für die maximale Belastung des Systems im Jahre 1998. Erläutert sind in Kürze die Grundursachen wiederholter Erscheinungen erhöhter Spannungen im südlichen Leitungszuge. Mit Rücksicht auf diese Erscheinungen ist die Notwendigkeit des immer häufigeren Kompesationseinsatzes des Kraftwerkes Obrovac bemerkt worden. Abgewogen ist die Möglichkeit und die Rentabilität der Kompensation des südlichen Leitungszuges. Die Betonung liegt auf der Notwendigkeit der Überlegung solcher Betriebszustände schon bei der Planung neuer Leitungen.

Naslov pisca:

Goran Jerbić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu d.d.
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis.
2001-06-28.



MOGUĆNOSTI RADA SINKRONIH GENERATORA U PODUZBUĐENOM STANJU

Prof. dr. sc. Zlatko M a l j k o v i ć, Zagreb

UDK 621.313.322
PREGLEDNI ČLANAK

Mogućnost rada sinkronog generatora u poduzbuđenom stanju definiran je pogonskom kartom generatora. Međutim, stvarno podešenje najvećih iznosa djelatne i kapacitivne jalove snage definirano je podešenjem limitera u regulatoru uzbude generatora. Ti limiteri su u pravilu podešeni na strani sigurnosti, tj. s većim ograničenjem poduzbudnog rada nego je to vidljivo iz pogonske karte. Treba učiniti napor da se prikupe stvarne vrijednosti udešenja limitera barem za veće generatore.

Ključne riječi: generator, limiter, uzbuda, jalova snaga, pogonska karta.

1. UVOD

Mogućnost trajnog rada elektroagregata sa sinkronim strojem u EES-u vidljiva je iz pogonske karte agregata. U poduzbuđenom stanju sinkronog generatora granice rada u pravilu predstavljaju: praktička granica stabilnosti i/ili dodatno zagrijavanje dijelova u čeonom prostoru generatora, minimalna uzbuda, te maksimalna i minimalna djelatna snaga.

Iz teorije sinkronih strojeva poznata je pojava povećanog zagrijavanja dijelova stroja koji se nalaze u čeonom prostoru. To su krajnji bočni dijelovi statorskog paketa (krajnji limovi), te tlačne ploče i tlačni prsti kojima je pritegnut paket statora, kao i ostali konstrukcijski dijelovi u tom čeonom prostoru stroja koji su izvedeni od magnetskog materijala. Fizikalno tumačenje zasniva se na postojanju aksijalnog magnetskog toka nastalog uzbudnim i armaturnim protjecanjem u čeonom prostoru, tj. u dijelu stroja izvan statorskog paketa. Intenzitet aksijalne komponente rasipnog polja predočene silnicama koje aksijalno ulaze u bočne strane statora direktno utječe na intenzitet stvaranja vrtložnih struja u dijelovima stroja u čeonom prostoru, a time i na povećane gubitke i zagrijavanje tih dijelova. Ta aksijalna komponenta polja je to veća što je stroj opterećeniji kapacitivnom strujom, tj. pri radu u poduzbuđenom stanju, dakle u pogonskom stanju kada stroj šalje u mrežu osim djelatne i kapacitivnu komponentu struje. Pojednostavljeno fizikalno tumačenje dobiva se vektorskim dijagramima protjecanja i magnetske indukcije, koji vrijedi za rasipna polja armaturnog i uzbudnog namota u čeonom prostoru [1]. Problemi su izraženiji kod turbogeneratora, pogotovo većih snaga, gdje su u pravilu i veća specifična opterećenja. Svjetski proizvođači velikih strojeva, u pravilu, danas rješavaju problem povećanog zagrijavanja nekom od metoda koje su prikazane u t.3, tako da je poduzbuđeno pogonsko stanje ograničeno praktičnom granicom statičke stabilnosti. Međutim, kod instaliranih generatora može se pretpostaviti da to nije u potpunosti uspješno riješeno, pogotovo kod onih starijih (starijih od npr. 20 godina). Postoje iskustva da proizvođač ni nakon upita korisnika nije argumentirao ograničenja koja je odredio pogonskom kartom za trajni rad u poduzbuđenom stanju, bilo zbog nepoznavanja problema u potpunosti, ili poznavajući problem koji nije efikasnom mjerom riješio, pa se na taj način osiguravao da ne nastupi dodatno zagrijavanje [2].

U domaćoj literaturi taj je fenomen obrađivan (još) prije više od 25 godina. Tako npr. u [3] eksperimentalnom je provjerom zagrijavanja dijelova u čeonom prostoru generatora HE Orlovac (generator 1) potvrđena zakonitost da pri prijelazu iz induktivnog u kapacitivno pogonsko stanje, uz održavanje približno istog djelatnog ili strujnog opterećenja (po iznosu), treba očekivati porast vrijednosti aksijalne komponente indukcije i temperature u čeonim dijelovima generatora (krajnji paketi, tlačne ploče, bandažni prstenovi).

U [4] su predočeni dijagrami povećanih temperatura na ključnim mjestima (krajnji dioni paket i tlačna ploča) za dva hidrogeneratora (190 MVA i 167 MVA) iz kojih se uočava značajnije povišenje temperature krajnjih limova paketa statora.

U [5] predočen je pregled tri tipa limitera minimalne uzbude, odnosno ograničenja rada u poduzbuđenom stanju (američki, te stariji i noviji europski tip). Ograničivač je sastavni dio automatskog regulatora napona, a počinje djelovati povećavajući uzbudu kad djelatna i jalova snaga nadmaše odgovarajuće vrijednosti

u kapacitivnom kvadrantu pogonske karte. Uređaj djeluje tako da s regulacije konstantnog napona sabirnica prelazi na regulaciju po jalovoj snazi generatora, u skladu s udešenom proradnom karakteristikom, a napon generatora u tom režimu slijedi promjene napona sustava.

Neka iskustva iz 80-tih godina dana su u [2] za turbogeneratore snaga većih od 200 MW. Na starijim turbogeneratorima na kojima nisu poduzete mjere za smanjenje gubitaka u čeonom prostoru najugorženiji su bočni statorski limovi u zoni od 1/2 do 2/3 visine zuba.

Pokušaji računanja magnetskog polja i na temelju toga dobivanja zagrijavanja dijelova u čeonom prostoru velikih turbogeneratora prikazani su u [6], [7] i [8].

Način približnog konstruiranja pogonskog dijagrama za poduzbuđeno stanje dobiven primjenom mjerenja aksijalne kompnente indukcije u praznom hodu i pod opterećenjem turbogeneratora, predočen je u [9]. Na taj se način mogu definirati točke dodatne kružnice kojom je definirano jednako zagrijavanje čeonog prostora generatora. Time se dobiva granica rada u poduzbuđenom stanju, ako je zagrijavanje dijelova u čeonom prostoru limitirajući faktor, dakle u slučaju kad je to stroži zahtjev od praktične granice stabilnosti.

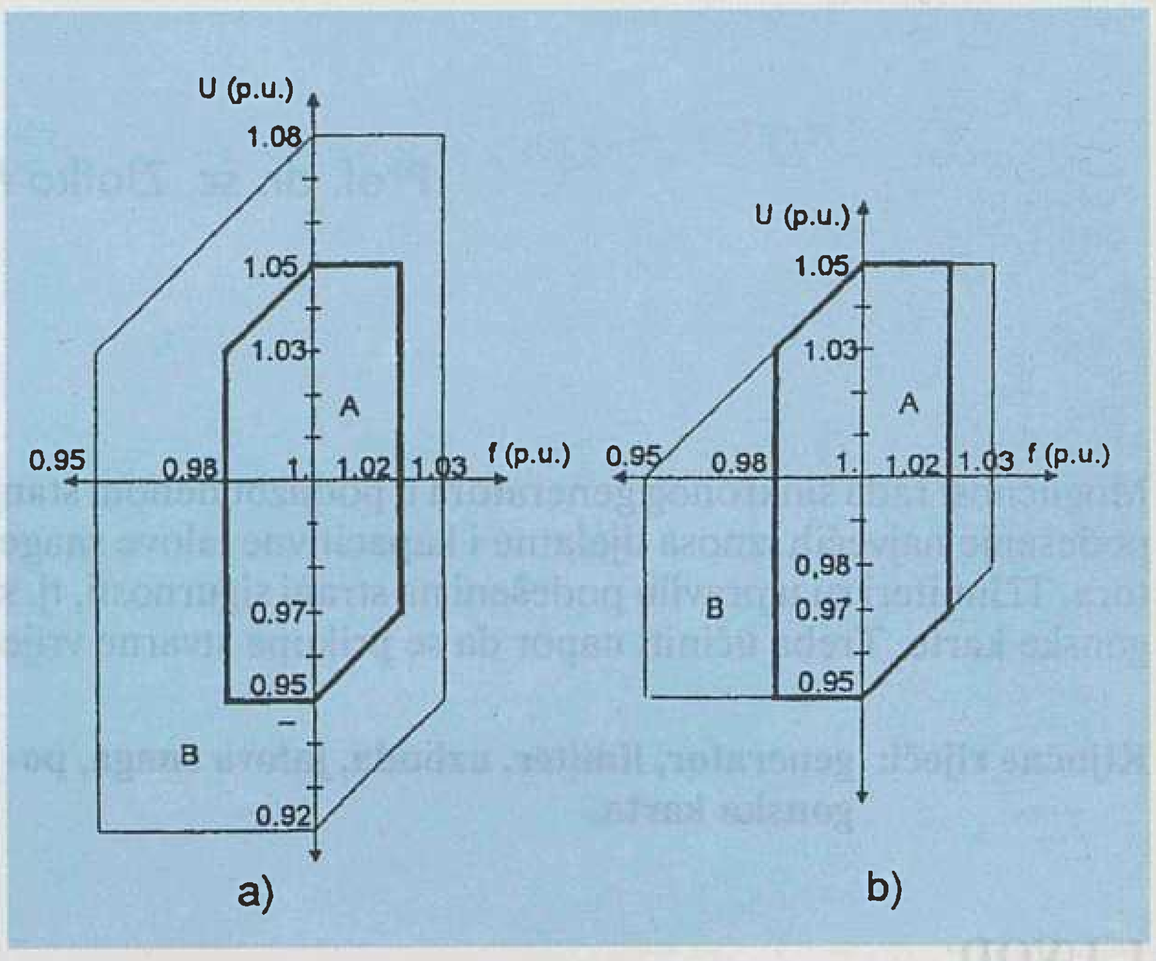
U [12] su opisane mogućnosti fleksibilnijeg upravljanja elektranama uključujući upravljanje jalovom snagom, te ekonomski aspekti takvog upravljanja.

2. MOGUĆNOSTI TRAJNOG RADA GENERATORA DEFINIRANE IEC NORMAMA PRI PROMJENI NAPONA I FREKVENCIJE

Mogućnosti trajnog rada sinkronih strojeva definirane su IEC normama (niz normi IEC 34 - Rotacijski strojevi). Turbogenerator mora biti izveden tako da može trajno dati nazivnu snagu pri nazivnom faktoru snage uz napon ±5% različit od nazivnog napona i frekvenciju ±2% različitu od nazivne frekvencije prema dijelu dijagrama koji je obuhvaćen debljom punom linijom na slici 1 (područje A). Pri tome povišenje nadtemperature (zagrijanja) ne smije biti više od približno 10 K. Turbogenerator će moći raditi i u dijelu dijagrama koji je obuhvaćen tankom linijom na slici 1b (područje B) definiranim granicama napona ±5% i granicama frekvencije +3%/-5%, ali uz dodatno povišenje nadtemperature. Zbog mogućeg smanjenja životnog vijeka stroja, takav rad treba ograničiti po dužini i učestalosti. Zahtjeva li se rad izvan navedenih granica napona i frekvencije, to treba definirati ugovorom [10].

Pri istodobnom povišenju napona i sniženju frekvencije, ili sniženju napona i povišenju frekvencije, nastupaju najnezgodniji uvjeti rada. Pri prvom slučaju najvjerojatnije će zagrijanje uzbude biti povišeno. Dijagram na slici 1 ograničen je u navedenim kvadrantima tako da magnetski tok stroja i bloktransformatora ne prelazi granicu od približno +5%, odnosno -5% od nazivne vrijednosti magnetskog toka.

Za ostale generatore (osim turbogeneratora) zona B je prema [11] nešto proširenija po naponu tako da npr. hidrogeneratori moraju podnijeti promjene napona do ±8% (slika 1a, područje B), ako nije drugačije dogovoreno ugovorom.



Slika 1. Radno područje a) generatora prema IEC 34-1 i b) turbogeneratora prema IEC 34-3 pri promjeni napona i frekvencije

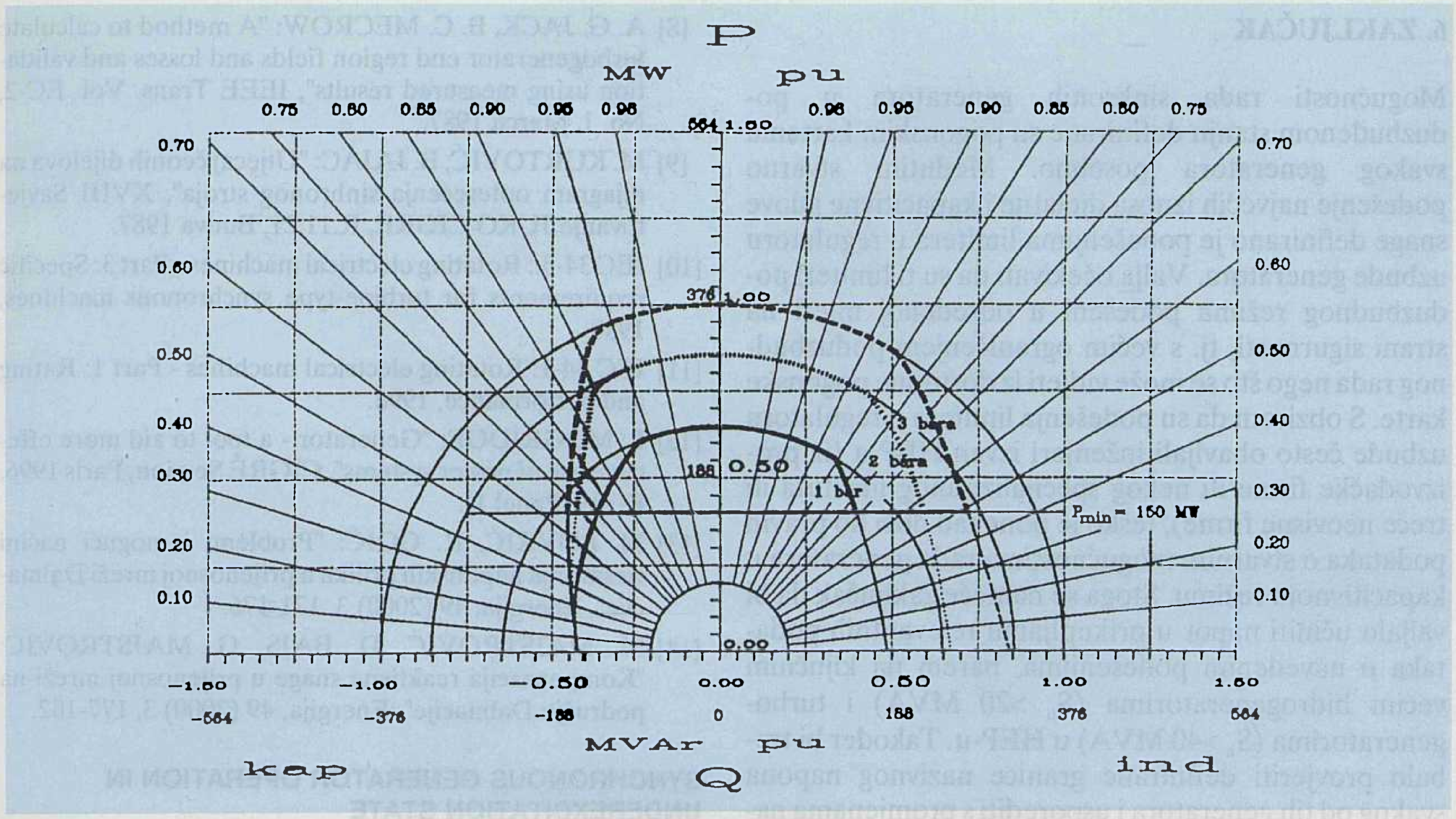
3. MJERE ZA SMANJENJE DODATNOG ZAGRIJAVANJA DIJELOVA STROJA U ČEONOM PROSTORU

Mjere za smanjenje dodatnog zagrijavanja dijelova stroja u čeonom prostoru su sljedeće:

- intenzivnije ili poboljšano hlađenje čeonog prostora,
- zamjena tlačnih ploča i tlačnih prstiju od magnetskih materijala s nemagnetskim,
- ugradnja električki vodljivih ekrana iznad steznih ploča ili između njih i krajnjih statorskih limova,
- ugradnja magnetskog prstena koji može biti ujedno i magnetski šent i mehanički držač za čeone veze namota,
- stupnjevit presjek krajnjih paketa limova, itd.

4. POGONSKA OGRANIČENJA U PODUZBUĐENOM STANJU TURBOGENERATORA U HEP-u

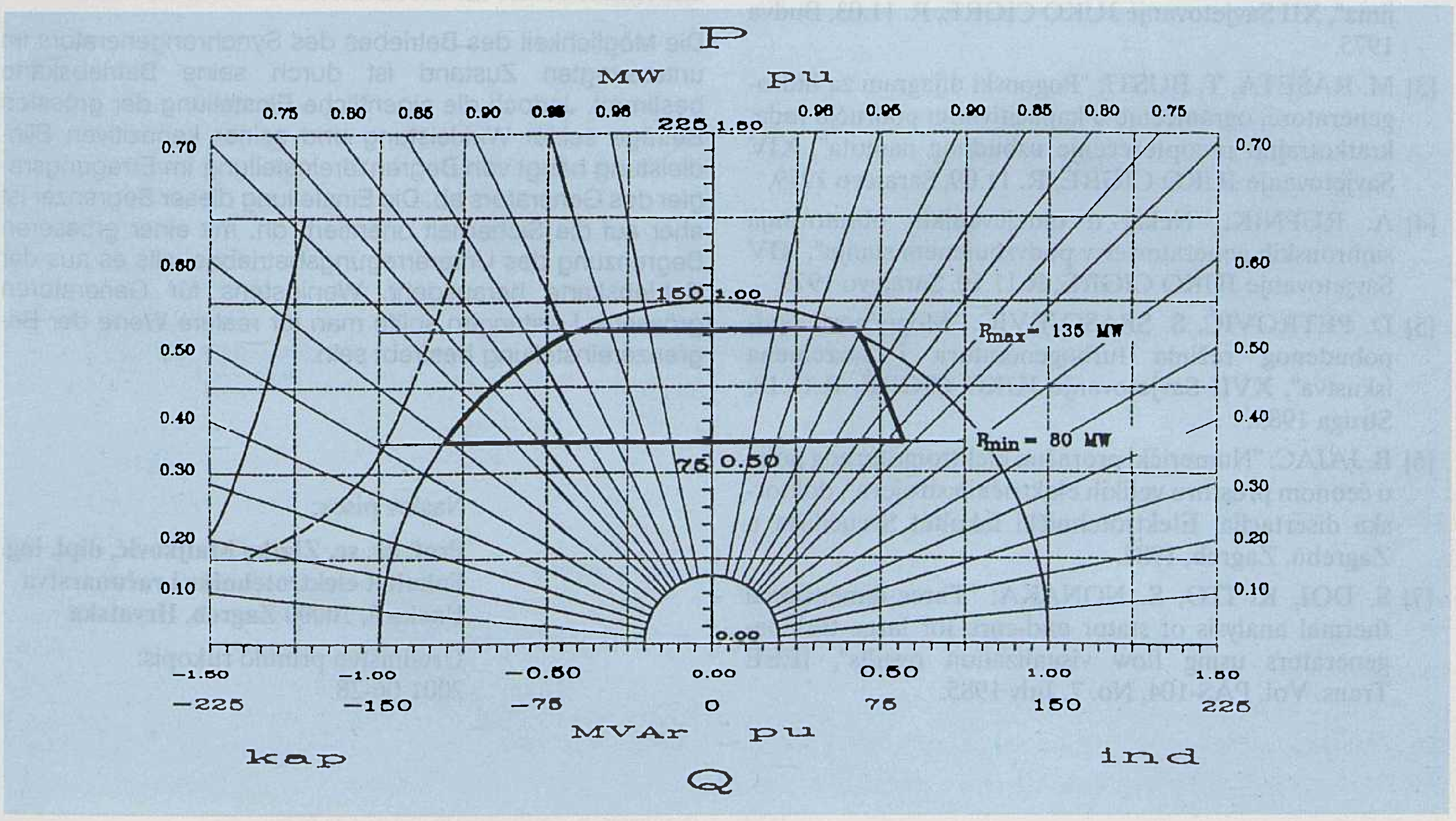
Na temelju pregleda nazivnih podataka turbogeneratora (TG) i pripadnih pogonskih karata može se uočiti raznolikost ograničenja u kapacitivnom kvadrantu dijagrama, od potpuno nedopuštenog rada (npr. TG u PTE Osijek) do izrazito dopuštenog rada, vjerojatno definiranog praktičnom granicom statičke stabilnosti (npr. TG u TE Rijeka). Primjer ograničenja radnog područja TG predočen je na slici 2 pogonskom kartom najvećeg turbogeneratora u elektranama Hrvatske elektroprivrede, TG snage 376 MVA u TE Rijeka.



Slika 2. Pogonska karta turbogeneratora u TE Rijeka

5. POGONSKA OGRANIČENJA U PODUZBUĐENOM STANJU HIDROGENERATORA U HEP-u

Prema očekivanjima zbog značajno manjih sinkronih reaktancija hidrogeneratora (HG) u usporedbi s turbogeneratorima, zbog osiguranja statičke stabilnosti ograničenja u kapacitivnom radu hidrogeneratora su blaža. No i ovdje postoje izrazite razlike dopuštenog rada u poduzbuđenom režimu hidrogeneratora ugrađenih u elektranama HEP-a, od potpuno dopuštenog (HG u HE Zakučac, HE Đale i HE Dubrovnik), do vrlo uskog radnog područja na cijevnim elektranama (HG u HE Čakovec i HE Dubrava). Za primjer tipičnih granica radnog područja HG, nacrtana je na slici 3 pogonska karta novijih hidrogeneratora u HE Zakučac pojedinačne snage 150 MVA.



Slika 3. Pogonska karta hidrogeneratora br. 3 u HE Zakučac

6. ZAKLJUČAK

Mogućnosti rada sinkronih generatora u poduzbuđenom stanju definirane su pogonskim kartama svakog generatora posebno. Međutim stvarno podešenje najvećih iznosa djelatne i kapacitivne jalove snage definirano je podešenjima limitera u regulatoru uzbude generatora. Valja očekivati da su ti limiteri poduzbudnog režima podešeni u određenoj mjeri na strani sigurnosti, tj. s većim ograničenjem poduzbudnog rada nego što se može vidjeti iz dostupne pogonske karte. S obzirom da su podešenja limitera u regulatoru uzbude često obavljali inženjeri izvan HEP-a (iz proizvođačke firme ili nekog specijaliziranog instituta ili treće neovisne firme), teško je ponekad doći do pravih podataka o stvarnim mogućnostima rada generatora u kapacitivnom režimu. Stoga se nameće zaključak da bi valjalo učiniti napor u prikupljanju relevantnih podataka o navedenim podešenjima, barem na ključnim većim hidrogeneratorima (S_n >20 MVA) i turbogeneratorima (S_n >40 MVA) u HEP-u. Također bi trebalo provjeriti definirane granice nazivnog napona svakog od tih generatora i usporediti s promjenama napona (računskim ili mjerenim) koje se pojavljuju u mreži.

LITERATURA

[1] W. LATEK, W. PARTYKA, A. BYTNAR: "New operating chart for large power turbogenerators", CIGRÉ Session, Paris 1990, 11-101.

[2] Z. ČULIG, I. KURTOVIĆ, S. ŠTEFANKO: "Istraživanje elektromagnetskih i toplinskih prilika u sinhronom generatoru u posebnim pogonskim stanjima", XII Savjetovanje JUKO CIGRÉ, R. 11.03, Budva 1975.

[3] M. RAŠETA, T. BUSTI: "Pogonski dijagram za hidrogeneratore, ograničenje u kapacitivnom području rada, kratkotrajno preopterećenje uzbudnog namota", XIV Savjetovanje JUKO CIGRÉ, R. 11.09, Sarajevo 1979.

[4] A. RUPNIK: "Nekaj o omejevanikih obratovanja sinhronskih generatorjev v podvzbujenem stanju", XIV Savjetovanje JUKO CIGRÉ, R.11.10. Sarajevo 1979.

[5] D. PETROVIĆ, S. SPASOJEVIĆ: "Mogućnosti podpobuđenog režima turbogeneratora i savremena iskustva", XVII Savjetovanje JUKO CIGRÉ, R.11.18, Struga 1985.

[6] B. JAJAC: "Numerički proračun elektromotornog polja u čeonom prostoru velikih električnih strojeva", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1984.

[7] S. DOI, K. ITO, S. NONAKA: "Three-dimensional thermal analysis of stator end-core for large turbine-generators using flow visualization results", IEEE Trans. Vol. PAS-104, No. 7, July 1985.

[8] A. G. JACK, B. C. MECROW: "A method to calculate turbogenerator end region fields and losses and validation using measured results", IEEE Trans. Vol. EC-2, No. 1, March 1987.

[9] M. KURTOVIĆ, B. JAJAC: "Utjecaj čeonih dijelova na dijagram opterećenja sinhronog stroja", XVIII Savjetovanje JUKO CIGRÉ, R.11.21, Budva 1987.

[10] IEC 34-3.: Rotating electrical machines - Part 3: Specific requirements for turbine-type synchronous machines, 1988.

[11] IEC 34-1: Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance, 1996.

[12] L. MOGRIDGE: "Generator - a tool to aid more effecitve use of power systems", CIGRÉ Session, Paris 1996, P1-03 (Panel 1).

[13] M. LOVRIĆ, R. GOIĆ: "Problemi i mogući načini rješavanja naponskih prilika u prijenosnoj mreži Dalmacije", Energija, 49 (2000) 3, 171-176.

[14] M. MAJSTROVIĆ, D. BAJS, G. MAJSTROVIĆ: "Kompenzacija reaktivne snage u prijenosnoj mreži na području Dalmacije", Energija, 49 (2000) 3, 177-182.

SYNCHRONOUS GENERATOR OPERATION IN UNDEREXCITATION STATE

Possibility of synchronous generator operation in an underexcitation state is defined by generator's performance chart. In fact, real values of the highest values of active and reactive power are defined by a limitator situated in the excitation regulator. These limitators are usually regulated on the security side that is with higher boundary of underexcitation operation than visible from the performance chart. It is necessary to collect real values of limitator regulation, at least for bigger generators.

DIE BETRIEBSMÖGLICHKEITEN VON SYNCHRON-GENERATOREN IM UNTERERREGTEN ZUSTAND

Die Möglichkeit des Betriebes des Synchrongenerators im untererregten Zustand ist durch seine Betriebskarte bestimmt. Jedoch die eigentliche Einstellung der grössten Beträge seiner Wirkleistung und seiner kapazitiven Blindleistung hängt von Begrenzereinstellung im Erregungsregler des Generators ab. Die Einstellung dieser Begrenzer ist eher auf die Sicherheit orientiert, dh. mit einer grösseren Begrenzung des Untererregungsbetriebes, alls es aus der Betriebskarte herausgeht. Wenigstens für Generatoren grösserer Leistungen sollte man für realere Werte der Begrenzereinstellung bestrebt sein.

Naslov pisca:

Prof. dr. sc. Zlatko Maljković, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-06-28.

MOGUĆNOSTI POVEĆANJA PRIJENOSNE MOĆI EES-a KORIŠTENJEM KONVENCIONALNIH I FACTS NAPRAVA

Mr. sc. Nijaz Dizdarević, Zagreb

UDK 621.311.1:621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

U ovom je radu opisana problematika utjecaja FACTS naprava na povećanje prijenosne moći. Pri tome su korišteni statički i dinamički aspekti rješavanja problema stabilnosti napona te problema regulacije napona i kompenzacije jalove snage. Pregledom je obuhvaćen EES u uvjetima dužih prijelaznih razdoblja smanjene razine sigurnosti napona koji uključuje FACTS naprave različitog djelovanja. Opisane su mogućnosti primjene FACTS naprava s obzirom na granice opteretivosti prijenosnog sustava. Pored kratkog opisa i definicija naprava, navedeni su primjeri njihove praktične primjene. Uspoređena su svojstva i troškovi konvencionalnih i FACTS naprava.

Ključne riječi: prijenosna moć, kompenzacija jalove snage, regulacija napona, FACTS, stabilnost elektroenergetskog sustava.

1. UVODNA RAZMATRANJA

Problemi prijenosa električne energije i stabilnosti napona EES-a u posljednjem su desetljeću postali jedan od glavnih izazova pri planiranju i pogonu EES-a. Stabilnost napona [1-17], kao jedna od smjernica razvoja EES-a kako u svijetu tako i u nas, motivirana je pojavom uvjeta prijenosa različitih iznosa snage između različitih sustava ili dijelova istog sustava. Pri tome se očekuje da je elektroenergetska mreža sposobna prenijeti najveći mogući iznos snage pri različitim ograničenjima proizvodnih i prijenosnih elemenata.

Jedan od osnovnih uzroka povećanog zanimanja svjetske znanstvene i stručne javnosti za probleme ograničenog prijenosa električne energije nalazi se u opasnom približavanju mnogih sustava granicama stabilnosti zbog povećanog opterećenja sustava koje nije praćeno odgovarajućim povećanjem prijenosne moći. Također, u uvjetima malih opterećenja prijenosnih elemenata, prvenstveno zbog prevladavajućih poprečnih kapaciteta vodova, moguća je pojava povišenih iznosa napona koji u konačnici mogu dovesti do ozbiljnih oštećenja pojedinih elemenata rasklopnih postrojenja.

Dakle, problem prijenosa u elektroenergetskim sustavima u kojima se očekuju različite snage prijenosa predstavlja ozbiljan inženjerski izazov u fazi projektiranja sustava, ali i operaterski pri vođenju sustava. Nedovoljan iznos jalove snage kompenzacije može uzrokovati značajne probleme pa i prekide opskrbe električnom energijom. Zbog toga se velika pozornost posvećuje razumijevanju problema ograničenosti prijenosne moći u uvjetima povećane nesigurnosti napona te projektiranju različitih načina njegova izbjegavanja, kako u normalnim uvjetima tako i u uvjetima poremećenog pogona.

Budući da je EES Hrvatske značajno oštećen ratnim razaranjima uz potpuno transformiranu strukturu sustava prema longitudinalnoj od koje se očekuje nekoliko različitih smjerova prijenosa (npr. prijenos snage iz južnog dijela sustava s dominantnim hidroenergetskim izvorima u sjeverni dio s kombiniranim hidro i termoenergetskim izvorima korištenjem dugih prijenosnih vodova, zatim prijenos snage iz središnjeg dijela sustava prema istočnom dijelu Slavonije, te prijenos snage između sustava Hrvatske i Mađarske), postoji osnovana bojazan i određena očekivanja naglašenije pojave navedenog problema i u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede. Osnovni uzrok tim očekivanjima pronalazi se u činjenici da je u sustavu značajno smanjena razina sigurnosti pogona zbog mnogih prenamjena vodova i ispada postrojenja izvan provotnog kriterija planiranja. Sustav može postati ozljediv i pri očekivanom povećanju industrijskih opterećenja. Dakle, osim teorijskih izazova postoje i praktični razlozi razmatranja utjecaja naponskih prilika na mogućnosti prijenosa snage sa stajališta planiranja i pogona EES-a.

FACTS (eng. **F**lexible **AC** **T**ransmission **S**ystem) naprave, zasnovane na energetskoj elektronici, pored teorijskog razmatranja doživljavaju posljednjih godina i svoju praktičnu primjenu [18-24]. Putem doprinosa CIGRÉ Studijskog komiteta 14, namjera je informirati stručnu javnost u kojoj mjeri FACTS naprave doprinose povećanju prijenosne moći sa statičkog i dinamičkog aspekta rješavanjem problema stabilnosti

napona te problema regulacije napona i kompenzacije jalove snage. Ovim pregledom obuhvaćen je EES u uvjetima dužih prijelaznih razdoblja smanjene razine sigurnosti napona koji uključuje FACTS naprave različitog djelovanja.

2. MOGUĆNOSTI PRIMJENE FACTS NAPRAVA

Većina današnjih elektroenergetskih sustava međusobno je izrazito povezana prvenstveno iz ekonomskih razloga, u svrhu smanjenja troškova i povećanja pouzdanosti dobave električne energije. Prijenosne veze omogućavaju korištenje raznolikosti opterećenja, raspoloživosti izvora i cijene goriva kako bi dobavljale električnu energiju potrošačima s minimalnim troškovima uz zahtijevanu razinu pouzdanosti.

U posljednje doba, prijenosni dio EES-a se sve češće tretira kao alternativa novim energetskim izvorima. Naime, u uvjetima smanjene prijenosne moći postavljaju se povećani zahtjevi za građenjem novih izvora. Time se poznavanje optimalno uravnotežene izgrađenosti sektora proizvodnje i prijenosa čini vrlo teškim. Osobito ukoliko u fazi planiranja nisu korištene metode uključenja prijenosnog sustava u scenarij planiranja ukupnog proizvodno-prijenosnog sustava. Troškovi izgradnje prijenosnog voda i gubici prijenosa, pored administrativnih poteškoća u pribavljanju svih potrebnih dozvola za građenje, često ograničavaju ulaganje u izgradnju novih prijenosnih veza čime se uvelike ograničava prijenosna moć. U dereguliranom okruženju, učinkovitost elektroenergetske mreže od vitalnog je značenja za uspostavu tržišnog nadmetanja zbog zahtjeva za visokim stupnjem pouzdanosti.

Razmatranjem trenutnog stanja razvijenosti i trendova primjene energetske elektronike (uz očekivano smanjenje troškova, veličine izgradnje i gubitaka) prepoznaje se zapravo tek početna faza korištenja nove tehnologije. Elektroenergetski sustavi današnjice velikom su većinom mehanički upravljivi. Bez obzira na široko korištenje mikroelektronike, računala i komunikacijskih sredstava velikih brzina, ipak kada se upravljački signali šalju u energetske krugove te kada je potrebno poduzeti krajnje upravljačko djelovanje razina je mehanička. Na toj razini postoji vrlo malo mogućnosti brzog upravljanja. Drugi problem s korištenjem mehaničkih naprava odnosi se na nemogućnost učestalog upravljačkog djelovanja. Naime, mehaničke naprave tendiraju bržem trošenju u usporedbi sa statičkim napravama energetske elektronike. Sa stajališta dinamičkog i stacionarnog pogona takav sustav je izrazito neupravljiv.

Mogućnosti primjene naprava zasnovanih na energetskoj elektronici vrlo su raznolike u sektorima proizvodnje, distribucije i prijenosa.

Sektor proizvodnje. U sektoru proizvodnje, potencijalna primjena energetske elektronike najizraženija je kod obnovljivih izvora energije. Fotonaponski izvori i generatori koji koriste gorivne ćelije, kao i vjetrogenerator-ske turbine s promjenjivom brzinom vrtnje te male hidroelektrane s promjenjivom brzinom vrtnje, zahtijevaju pretvorbu iz istosmjernog u izmjenični sustav. Proizvodnja iz izvora s promjenjivom brzinom vrtnje karakteristična je za vjetroelektrane i male hidroelektrane. Generatori u tim elektranama zahtijevaju pretvorbu promjenjive izmjenične frekvencije na razinu konstantne frekvencije sustava. U navedenim primjenama energetske elektronike, raspon dimenzioniranja pretvarača kreće se između nekoliko kW i nekoliko MW. Brzi razvoj tehnologije energetske elektronike zasigurno će utjecati i na dobavu električne energije malim izoliranim potrošačima, gdje dovođenje standardnog sustava ne bi bilo ekonomski isplativo. U termoelektranama, značajan dio potrošnje moguće je uštedjeti korištenjem pumpi i kompresora koje imaju pogon s promjenjivom brzinom vrtnje. U idućem razdoblju, očekivanja su također usmjerena prema uskladištenju električne energije korištenjem kondenzatora, baterija i supravodljivih magneta. Njihova primjena zahtijeva pretvorbu tipa ac/dc/ac u rasponu snage od nekoliko kW do nekoliko desetaka MW.

Sektor distribucije. U sektoru distribucije, mogućnost primjene rješenja po mjeri potrošača (eng. Custom Power Solutions) čini se najprihvatljivijom varijantom. Dobava električne energije industrijskim i ostalim velikim potrošačima time bi se oslobodila od problema poput smanjene pouzdanosti opskrbe zbog smanjenog napona, distorziranog napona ili prenapona. Danas je vrlo dobro poznato da smanjenje napona u iznosu od 15-20% i trajanju dužem od nekoliko perioda (zbog atmosferskog pražnjenja ili isklapanja/uklapanja elemenata u prijenosnom i distribucijskom sustavu) uzrokuje značajne gubitke u visoko automatiziranoj industriji. Koncept rješenja po mjeri potrošača uključuje primjenu naprava zasnovanih na energetskoj elektronici čija se nazivna snaga kreće u rasponu od nekoliko desetaka kW do nekoliko desetaka MW. Na strani krajnjih korisnika sa širokim rasponom potreba, energetska elektronika predstavlja područje brzog razvitka već 20-ak godina. Pretvorba u impulse i elektromagnetske valove omogućila je pojavu suvremenih računala i komunikacija. Pretvorba u mikrovalove omogućila je pojavu mikrovalnih pećnica, industrijskih procesa i radara. Učinkovita rasvjeta, laseri, vizualna pomagala, roboti, medicinska oprema i naravno pogoni s promjenjivom brzinom vrtnje samo su neki od mnogih primjera. Pored rješenja po mjeri potrošača, postoji i cijelo područje tehnologije poboljšanja dobave električne energije koju koriste krajnji potrošači. To je područje poznato pod nazivom kvaliteta dobave (eng. Power Quality). Sustavi besprekidnog napajanja i regulacije napona predstavljaju područja primjene energetske elektronike s najbržim rastom. Raspon snage kreće se od nekoliko W do nekoliko desetaka MW.

Sektor prijenosa. U sektoru prijenosa, primjena energetske elektronike izrazita je u tehnici visokonaponskog istosmjernog prijenosa (eng. HVDC, High

Voltage Direct Current) te kod FACTS naprava. **HVDC** je danas u stanju zrelog tehnološkog razvitka i često isplativiji način povezivanja nekih EES-a, osobito onih koji su locirani u različitim regijama odvojenim velikim udaljenostima (iznad 50 km za podmorske kabele i 1000 km za nadzemne vodove). Također, primjena je moguća i kod povezivanja sustava različite frekvencije ili sustava iste frekvencije, ali različitih načina njezine regulacije. HVDC na jednom kraju izvodi pretvorbu izmjeničnog sustava u istosmjerni, a na drugom kraju pretvorbu iz istosmjernog u izmjenični sustav. Općenito, snage potrebne pri spomenutim pretvorbama kreću se u rasponu od nekoliko stotina MW do nekoliko tisuća MW. U svijetu danas postoji više od 50 završenih projekata. Njihova ukupna prijenosna moć iznosi približno 50 000 MW (100 000 MW snage pretvorbe) i to na naponskim razinama do ±600 kV. Za udaljene i relativno male potrošače od nekoliko MW, udaljenost pri kojoj je HVDC isplativiji od izmjeničnog prijenosa može biti samo cca 100 km. **FACTS** naprave imaju ulogu poboljšanja upravljivosti prijenosnom snagom i povećanja prijenosne moći u prijenosnom sustavu. FACTS naprave uključuju pretvorbu korištenjem energetske elektronike čija se snaga kreće u rasponu od nekoliko desetaka MW do nekoliko stotina MW.

3. GRANICE OPTERETIVOSTI UNUTAR PRIJENOSNOG SUSTAVA

Kako snage prijenosa rastu tako EES postaje sve složeniji za upravljanje. Time se uvelike može smanjiti razina sigurnosti pri većim ispadima. Pri tome se mogu pojaviti veliki tokovi snage s neodgovarajućim stupnjem upravljivosti, preveliki iznosi jalove snage u različim dijelovima sustava i velika elektromehanička njihanja između različitih dijelova sustava. Tada je potpuno korištenje prijenosnih veza značajno umanjeno. Mnogi prijenosni sektori suočeni su s ograničenjima jednog ili više parametara mreže uz već poznatu neupravljivost tokovima snage prema htijenjima dispečera.

Kod izmjeničnih sustava s beznačajnom mogućnosti uskladištenja električne energije, proizvodnja i opterećenje moraju biti konstantno uravnoteženi. Jednim manjim dijelom, EES može iskazati osobine samo-regulacije. Ako je proizvodnja manja od opterećenja, napon i frekvencija se smanjuju čime se i opterećenje smanjuje na razinu proizvodnje umanjenu za gubitke prijenosa. Ipak, samo-regulacija se javlja u margini od nekoliko postotaka. Ako se podigne iznos napona injektiranjem jalove snage, opterećenje će porasti čime se frekvencija nadalje smanjuje te se sustav kreće prema slomu frekvencije. Međutim, ako ne postoji dovoljna potpora jalovom snagom, sustav može ići i prema slomu napona. U uvjetima odgovarajuće raspoložive proizvodnje, djelatna snaga teče iz područja viška u područja manjka putem paralelnih veza koje su često vrlo visokog i visokog napona. Često se takav prijenos odvija na velikim udaljenostima, zapravo preko samo nekoliko značajnih veza i puno više veza manjeg značenja.

Uz pretpostavku da vlasništvo nije upitno, u korištenju sektora prijenosa za cilj se postavlja maksimiziranje moguće opteretivosti prijenosnog sustava u uvjetima predvidivih ispada elemenata mreže. Svakako je tada nužno znati čime je prijenosna moć ograničena te što je moguće učiniti ne bi li se uočena ograničenja ublažila.

U osnovi, tri su vrste ograničenja:

- termička ograničenja,
- dielektrička ograničenja i
- ograničenja stabilnosti.

Termička ograničenja. Termička ograničenja nadzemnih vodova ovisna su o temperaturi okoliša, vjetrovitosti, stanju vodiča, čistini ozemlja i prethodnim opterećenjima. Moguće su razlike dvostrukog iznosa u ovisnosti o promjenjivosti okoliša i prethodnim stanjima opterećenja. Nominalno opterećenje voda uobičajeno se određuje na konzervativnoj osnovi predviđanjem statistički najtežeg slučaja stanja okoliša. Marginu dodatnog opterećenja moguće je koristiti nadzorom u realnom vremenu. Osim toga, opteretivost je moguće povećati zamjenom postojećih vodiča s onima koji imaju veću nazivnu opteretivost te uvođenjem dvostrukih umjesto jednostrukih vodova. U slučaju povećanja termičke opteretivosti postavljaju se pitanja njezine iskoristivosti. Naime, upitno je hoće li dodatna snaga zaista teći i može li biti upravljiva, odnosno jesu li naponski uvjeti prihvatljivi u slučaju iznenadnog smanjenja opterećenja. FACTS tehnologija može biti od velike pomoći u učinkovitom korištenju novostvorene prijenosne moći.

Dielektrička ograničenja. Sa stajališta izolacije, mnogi su vodovi projektirani vrlo konzervativno. Pri definiranom nazivnom naponu, često je moguće povećati uvjete normalnog pogona i za 10% njegovog iznosa. Pozornost je potrebna pri osiguranju zadovoljenosti uvjeta ograničenja koje postavlja pojava dinamičkih prenapona. Suvremeni odvodnici prenapona (bez raspora), izolatori s unutarnjim odvodnicima (bez raspora) i tiristorski upravljivi potiskivači prenapona mogu u značajnoj mjeri omogućiti povećanje iskoristivosti voda ili rasklopnog postrojenja. FACTS tehnologija može biti korištena radi osiguranja zadovoljenosti prihvatljivih uvjeta pojave prenapona i velikih tokova snage.

Ograničenja stabilnosti. Značajan je broj problema stabilnosti koji ograničavaju prijenosnu moć, kako sa stajališta kuta rotora sinkronih generatora tako i sa stajališta iznosa napona u čvorištima EES-a:

- prijelazna stabilnost,
- dinamička stabilnost,
- stabilnost stacionarnog stanja,
- subsinkrona stabilnost,

- slom frekvencije i
- slom napona.

FACTS tehnologija zasigurno može biti korištena u prevladavanju navedenih problema stabilnosti, nakon čega kao krajnja ograničenja preostaju ona termičke i dielektričke prirode.

Odnedavna, sve se veći zahtjevi postavljaju na prijenosnu mrežu i za očekivati je da će se ti zahtjevi nastaviti povećavati zbog sve većeg broja malih proizvođača i povećanog tržišnog natjecanja između elektroprivreda. Štoviše, povećavaju se administrativni problemi pri dobivanju svih potrebnih dozvola za izgradnju novih prijenosnih objekata. Povećani zahtjevi, nepostojanje ili nepridržavanje dugoročnih planova te omogućavanje otvorenog pristupa prijenosnom sustavu svih proizvodnih kompanija i potrošača uzrokom su stvaranja tendencije smanjenja razine sigurnosti pogona i kvalitete dobave električne energije. FACTS tehnologija je značajna, ali ne i jedina mogućnost rješenja problema korištenja prijenosnog sustava i povećanja pouzdanosti mreže. Nužno je naglasiti da za mnoge potrebe povećanja prijenosne moći nije moguće izbjeći gradnju novih vodova ili nadogradnju postojećih.

Najzanimljivija osobina FACTS tehnologije u sektoru prijenosa svakako je upravljanje tokovima snage i poboljšanje iskoristivosti kako postojećih tako i novih vodova. Mogućnost upravljanja strujom voda uz prihvatljive troškove rezultira s velikim povećanjem prijenosne moći postojećih vodova (s dostatno dimenzioniranim vodičima). FACTS tehnologija nije samo jedna naprava koja rješava postavljani problem, već skup naprava koje mogu biti primijenjene individualno ili u koordinaciji s drugima radi upravljanja s jednim ili više parametara sustava. U tom svjetlu, upravljanje korištenjem mehaničkih naprava nije prihvatljivo. Korištenjem svojstva fleksibilnosti FACTS naprava, moguće je postići opterećenje voda koje je vrlo blizu termičkom ograničenju. Upravljanje je moguće zahvaljujući sposobnosti FACTS naprava da nadziru veličine koje su iznimno značajne u prijenosnom sustavu; serijska impedancija, poprečna impedancija, struja, napon, fazni kut te stupanj prigušenja njihanja na različitim frekvencijama ispod nazivne.

Okosnicu primjene FACTS naprava čini izvor napona koji se injektira u serijsku ili/i poprečnu granu. Promjenom injektiranog napona po iznosu i kutu u odnosu prema naponu čvorišta incidentnog voda, moguće je istodobno utjecati na tok djelatne i jalove snage.

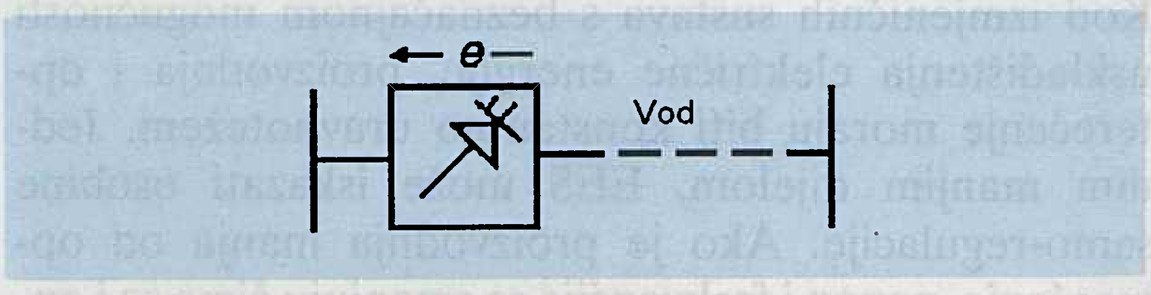
S obzirom na injektirani izvor napona, značajno je uočiti nekoliko elementarnih stavova koji se koriste u upravljanju tokovima snage:

- upravljanje serijskom impedancijom voda omogućava provođenje učinkovitog upravljanja tokom struje,
- u relativno čestom slučaju kada kut prijenosa nije velikog iznosa, upravljanje serijskom impedancijom voda ili kutem prijenosa značajno utječe na upravljanje tokom djelatne snage,
- upravljanje kutem prijenosa omogućava upravljanje tokom struje i tokom djelatne snage kada kut prijenosa nije velik,
- injektiranjem napona u serijskoj grani koji je u okomici, obzirom na tok struje, moguće je mijenjati iznos toka struje kroz vod (budući da tok struje zaostaje za naponom za 90°, injektiranjem jalove snage u serijskoj grani upravlja se strujom voda i djelatnom snagom kada kut prijenosa nije velik),
- injektiranjem napona u serijskoj grani, uz bilo koji iznos kuta tog napona, obzirom na napon čvorišta, moguće je upravljati iznosom i kutem struje voda (injektiranjem fazora napona promjenjivog po kutu istodobno se upravlja tokom djelatne i jalove snage),
- s obzirom da su iznosi jediničnih vrijednosti impedancija voda najčešće samo mali dio linijskog napona, nazivna snaga serijske naprave često je samo mali dio ukupne prijenosne moći voda,
- kada kut prijenosa nije velik, upravljanjem iznosom jednog ili više napona čvorišta moguće je učinkovito upravljati tokom jalove snage u interkonekciji,
- istodobnim kombiniranim upravljanjem serijskom impedancijom voda pomoću serijske naprave i reguliranjem napona pomoću poprečne naprave, moguće je učinkovito upravljati tokovima djelatne i jalove snage između dva sustava.

Općenito uzevši, FACTS naprave je prema vrsti priključka na prijenosni sustav moguće podijeliti na:

- serijske naprave,
- poprečne naprave,
- kombinirane serijsko-serijske naprave i
- kombinirane serijsko-poprečne naprave.

Serijske naprave. Serijska naprava se izvodi u obliku promjenjive impedancije (kondenzator ili prigušnica) ili promjenjivog izvora napona zasnovanog na energetskoj elektronici. U osnovi sve serijske naprave injektiraju napon u seriji s vodom (slika 1).

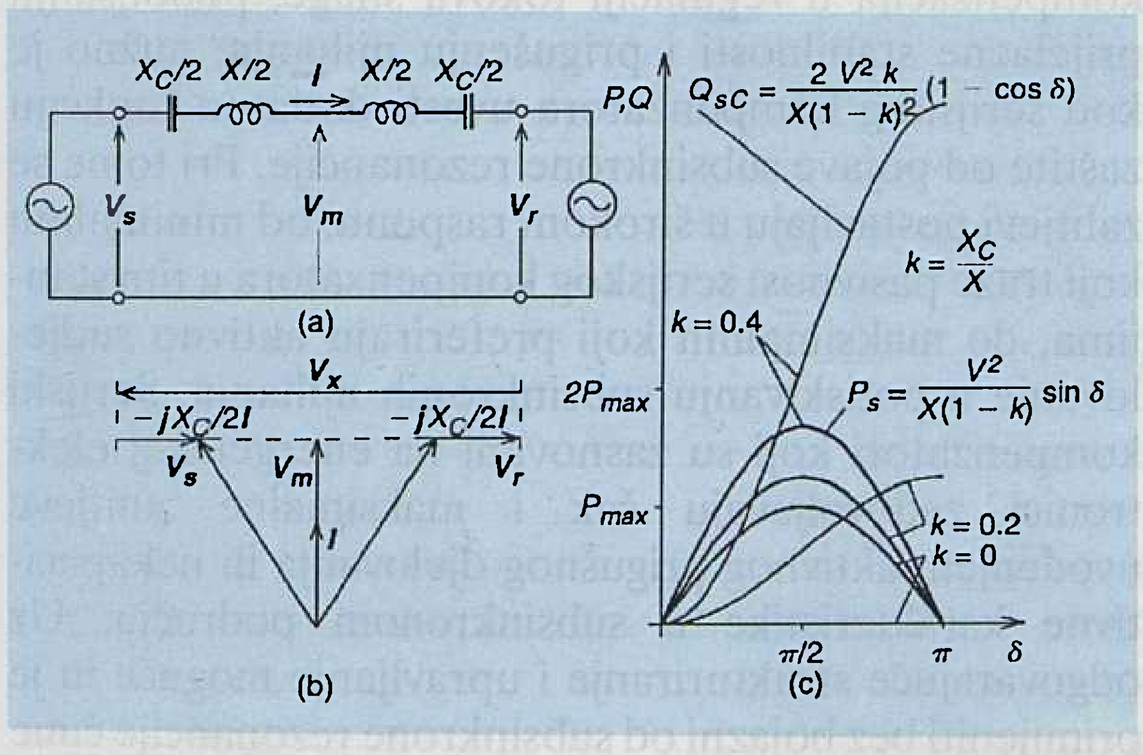


Slika 1. Serijska naprava

Čak i promjenjiva impedancija pomnožena sa strujom predstavlja jedan oblik injektiranja serijskog napona u vodu. Održavajući napon fazno okomitim obzirom na struju koja teče vodom, serijska naprava proizvodi ili troši jalovu snagu promjenjivog iznosa. U slučaju odstupanja faznog položaja od okomitog pojavljuje se i djelatna snaga. Pri definiranim iznosima napona čvorišta, prijenosnu snagu određuje serijska impedancija voda i razlika kuteva napona čvorišta između kojih teče

snaga. Serijska kapacitivna kompenzacija u pogonu je već nekoliko desetljeća. Naime, već je odavno poznato kako je snaga izmjeničnog prijenosa na velikim udaljenostima ograničena prvenstveno serijskom induktivnom reaktancijom voda. Primjenom serijskih FACTS naprava moguće je uvesti promjenjivu serijsku kompenzaciju putem učinkovitog upravljanja tokom snage i poboljšanja stabilnosti. Upravljiva serijska kompenzacija predstavlja osnovu razvoja FACTS tehnologije. Primjenjuje se radi postizanja pune iskoristivosti prijenosnog sustava putem upravljanja tokovima snage u vodovima, uklanjanja petljastih tokova snage te minimiziranja utjecaja poremećaja korištenjem brzih upravljačkih krugova. Na taj se način ublažavaju zahtjevi stabilnosti za tradicionalnim sigurnosnim marginama pogona.

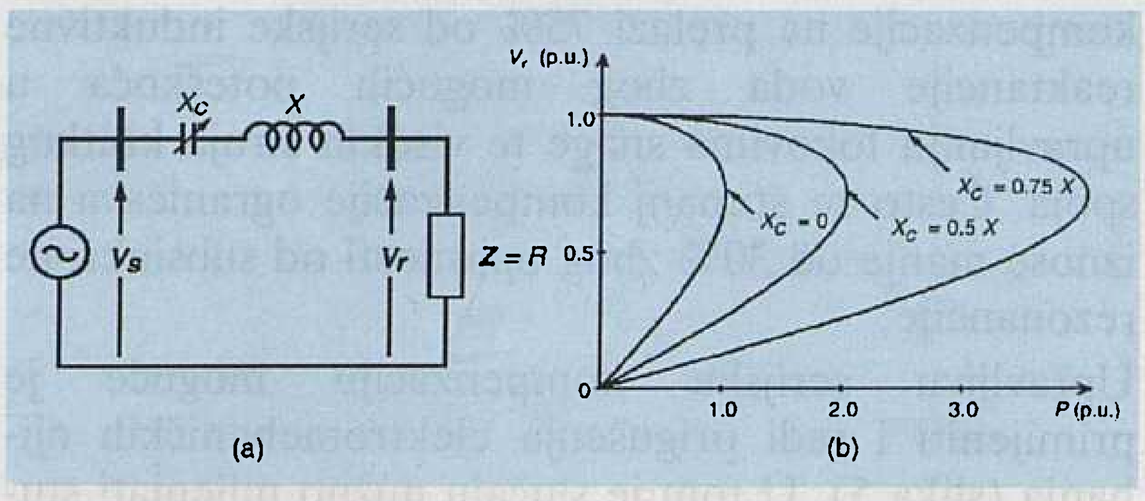
Osnovna ideja vodilja serijske kapacitivne kompenzacije jest smanjenje ukupne serijske reaktancije između dvije točke prijenosnog sustava. U jednostavnom dvostrojnom sustavu (slika 2.a), pomoću serijskog kondenzatora kompenzira se induktivna reaktancija voda prema standardnom vektorskom dijagramu (slika 2.b). Prema očekivanju, djelatna snaga prijenosa izrazito se povećava s povećanjem stupnja serijske kompenzacije k (slika 2.c). Slično, jalova snaga koju dobavlja serijski kondenzator također se izrazito povećava s povećanjem stupnja kompenzacije te se mijenja u ovisnosti o kutu ä na slican način kao i jalova snaga voda.



Slika 2. Kompenzacija pomoću serijske naprave; (a) dvostrojni sustav, (b) vektorski dijagram i (c) ovisnost djelatne i jalove snage o kutu i stupnju kompenzacije

Nakon predočavanja elementarnih jednadžbi, nužno je ukazati i na dualnost fizikalnog objašnjenja serijske kompenzacije, osobito stoga jer omogućava primjenu FACTS naprava. Prema konvencionalnom objašnjenju, reaktancija serijskog kondenzatora poništava dio serijske induktivne reaktancije voda čime se smanjuje ukupna efektivna serijska reaktancija kao da je vod fizički skraćen. Prema drugom objašnjenju, da bi se povećala struja kroz serijsku induktivnu reaktanciju voda (ujedno i snaga), nužno je povećati napon na toj reaktanciji. Povećanje napona stvara se priključenjem serijskog elementa čija impedancija (uz struju) proizvodi napon suprotnog smjera naponu serijske induktivne reaktancije voda. Temeljem drugog objašnjenja slijedi da fizički oblik serijskog elementa nije značajan sve dok element rezultira potrebnim kompenzacijskim naponom. Stoga element može biti u obliku elektroničkog izvora izmjeničnog napona (FACTS naprava) koji izravno injektira potrebni napon kompenzacije u seriji s vodom.

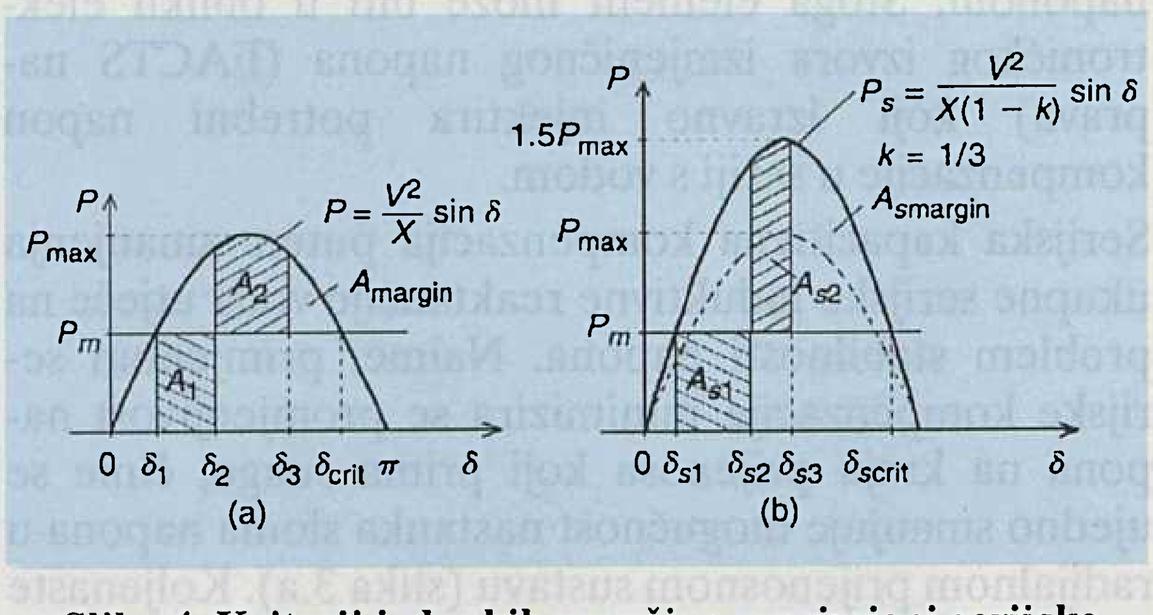
Serijska kapacitivna kompenzacija putem smanjenja ukupne serijske induktivne reaktancije voda utječe na problem stabilnosti napona. Naime, primjenom serijske kompenzacije minimizira se promjenjivost napona na kraju prijenosa koji prima snagu, čime se ujedno smanjuje mogućnost nastanka sloma napona u radijalnom prijenosnom sustavu (slika 3.a). Koljenaste točke predočenih *V-P* krivulja (slika 3.b) ukazuju na najveće iznose snage koje je moguće prenijeti. Očito se primjenom serijske kompenzacije značajno povećava najveća snaga prijenosa, čime se utječe i na ograničenje postavljeno pojavom problema stabilnosti napona.



Slika 3. Utjecaj serijske kompenzacije na stabilnost napona; (a) radijalni sustav i (b) V-P krivulja

S obzirom da primjena serijske kompenzacije uvelike omogućava upravljanje tokovima snage u vodu, među FACTS napravama postoje i one naprave koje su iskoristive tijekom pojava vezanih uz prijelaznu stabilnost. Ako je u jednostavnom dvostrojnom sustavu u slučajevima sa i bez serijske kompenzacije snaga prijenosa određena iznosom P_m (slika 4), isti poremećaj uzrokuje različite prijelazne pojave. Prema kriteriju jednakih površina, snazi prijenosa P_m odgovaraju kutevi δ_1 (slika 4.a, bez kompenzacije) i δ_{s1} (slika 4.b, s kompenzacijom). Tijekom poremećaja, električna snaga prijenosa postaje jednaka nuli dok mehanička snaga generatora P_m ostaje konstantna. Stoga se generator ubrzava od vrijednosti kuteva δ_1 i δ_{s1} (ovisno o primjeni kompenzacije) do vrijednosti δ_2 i δ_{s2}, kada dolazi do prestanka trajanja kvara. Energije ubrzavanja predstavljene su površinama A_1 i A_{s1}. Nakon prestanka kvara, električna snaga prijenosa nadvisuje mehaničku ulaznu snagu i generator se počinje usporavati. Ipak, akumulirana kinetička energija i nadalje se povećava sve do uspostavljanja ravnoteže između energije ubrzavanja i usporavanja (površine A_1 i A_{s1}, te A_2 i A_{s2}). Površine između *P*-δ krivulje i crte konstantne mehaničke snage P_m u rasponu iznosa kuta od δ_3 do δ_{crit} te od δ_{s3} do δ_{scrit}, određuju margine prijelazne stabilnosti predočene površinama A_{margin} i $A_{smargin}$. Usporedbom nji-

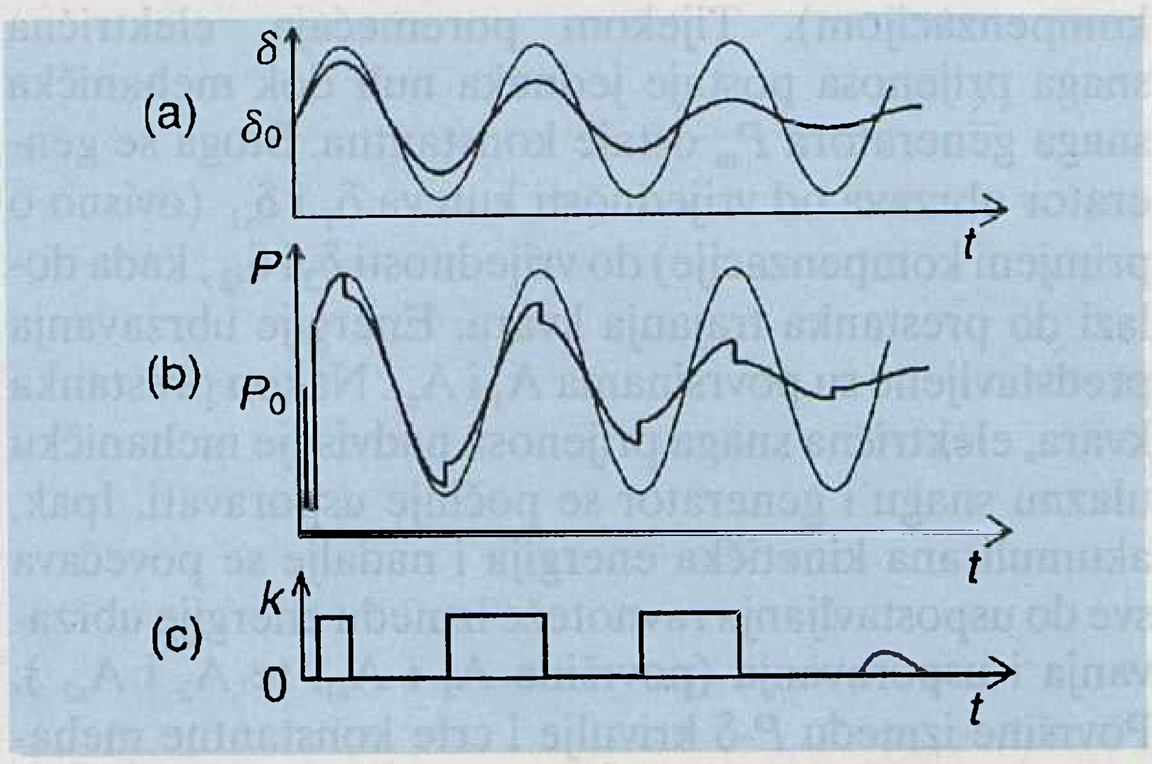
hovih veličina zaključuje se kako je u slučaju primjene serijske kompenzacije margina prijelazne stabilnosti znatno veća.



Slika 4. Kriterij jednakih površina u primjeni serijske kompenzacije; (a) bez primjene i (b) s primjenom serijske kompenzacije

Teorijski, povećanje margine može biti neograničeno ako se serijska induktivna reaktancija voda u potpunosti kompenzira. U praktičnim slučajevima, stupanj kompenzacije ne prelazi 75% od serijske induktivne reaktancije voda zbog mogućih poteškoća u upravljanju tokovima snage te visokih struja kratkog spoja. Često se stupanj kompenzacije ograničava na iznose manje od 30% zbog opasnosti od subsinkrone rezonancije.

Upravljivu serijsku kompenzaciju moguće je primijeniti i radi prigušenja elektromehaničkih njihanja (slika 5). U tom je slučaju nužno mijenjati stupanj kompenzacije velikom brzinom, kako bi se utjecalo na ubrzavajuće i usporavajuće njihanje generatora u poremećaju. Ako se generator za vrijeme njihanja ubrzava i povećava kut δ (dδ/dt>0), električnu snagu prijenosa potrebno je povećati kako bi se kompenzirao višak mehaničke ulazne snage. U obrnutom slučaju, ako se generator usporava i smanjuje kut δ (dδ/dt<0), električnu snagu potrebno je smanjiti kako bi se kompenzirao manjak mehaničke ulazne snage. Zahtijevane promjene kuta (a), električne snage prijenosa (b) i stupnja serijske kompenzacije (c) predočene su na slici 5 za jedan hipotetski slučaj. Uočava se da je

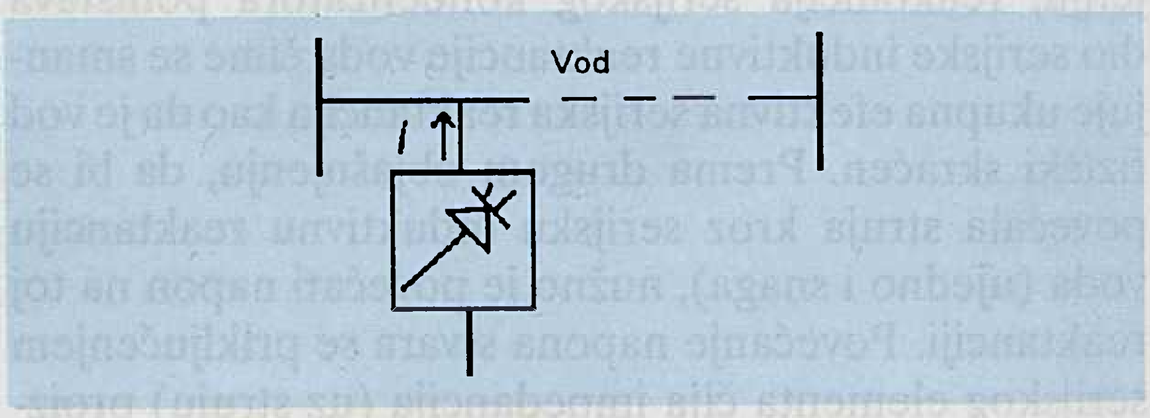


Slika 5. Prigušenje njihanja primjenom serijske kompenzacije; (a) kut generatora, (b) djelatna snaga prijenosa i (c) stupanj kompenzacije

stupanj kompenzacije maksimalnog iznosa kada je dδ/dt>0, a jednak nuli kada je dδ/dt<0. Pri maksimalnom iznosu stupnja kompenzacije, efektivna reaktancija voda je minimalna. Pri nultom iznosu stupnja kompenzacije, efektivna reaktancija voda je maksimalna. U primjeru je predočena skokovita promjena stupnja kompenzacije sa samo dvije njegove vrijednosti (maksimalnom i minimalnom), što predstavlja vrlo učinkovit pristup u prigušenju velikih njihanja. U postupku prigušenja malih njihanja, osobito s velikim serijskim kompenzatorom, kontinuirano upravljanje stupnjem kompenzacije može biti bolje rješenje s obzirom na kut ili snagu.

Primjena serijske kapacitivne kompenzacije može, u nekim slučajevima, izazvati pojavu torzijskog naprezanja na frekvencijama manjim od temeljne frekvencije sustava, odnosno subsinkronu rezonanciju. Teorijska su istraživanja pokazala da međudjelovanje serijski kapacitivno kompenziranog voda i mehaničkog sustava turbine i generatora može uzrokovati pojavu negativnog prigušenja. Kao posljedica javljaju se električne i mehaničke (torzijske) oscilacije. Veliki generatori s višestupanjskom parnom turbinom, koji imaju višestruke torzijske modove s frekvencijama ispod temeljne, najugroženiji su u primjeni serijski kapacitivno kompenziranih vodova upravo zbog pojave subsinkrone rezonancije. Kako bi se u potpunosti iskoristile mogućnosti koje pruža upravljiva serijska kapacitivna kompenzacija u regulaciji tokova snage, poboljšanju prijelazne stabilnosti i prigušenju njihanja, nužno je kod serijskog kompenzatora uvesti dodatnu funkciju zaštite od pojave subsinkrone rezonancije. Pri tome se zahtjevi postavljaju u širokom rasponu; od minimalnih koji traže pasivnost serijskog kompenzatora u tim stanjima, do maksimalnih koji preferiraju aktivno sudjelovanje u potiskivanju subsinkronih njihanja. Serijski kompenzatori koji su zasnovani na energetskoj elektronici zadovoljavaju čak i maksimalne zahtjeve uvođenjem aktivnog prigušnog djelovanja ili nekapacitivne karakteristike u subsinkronom području. Uz odgovarajuće strukturiranje i upravljanje moguće ih je primijeniti bez bojazni od subsinkrone rezonancije čime se omogućava potpuno korištenje prijenosne moći.

Poprečne naprave. Kao i u slučaju serijskih naprava, izvedbe poprečnih naprava mogu biti u obliku promjenjivih impedancija, promjenjivih elektroničkih izvora napona ili njihove kombinacije. U osnovi, sve poprečne naprave injektiraju struju u čvorište povezivanja sa sustavom (slika 6). Čak i promjenjiva poprečna impedan-



Slika 6. Poprečna naprava

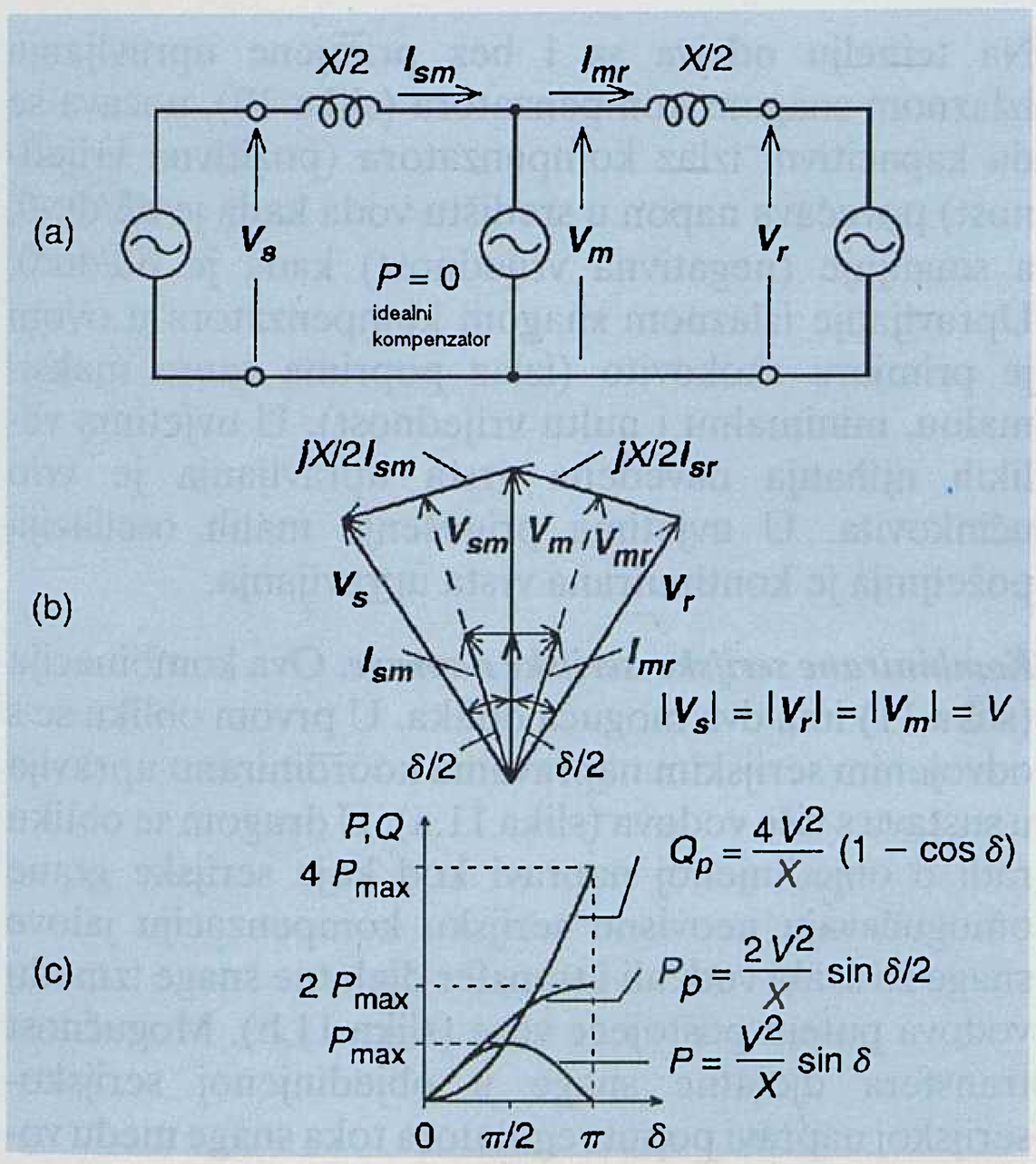
cija spojena u čvorištu voda, uzrokuje promjenjivi tok struje kroz vod što se može shvatiti kao poprečno injektiranje struje. Ako je injektirana struja u položaju fazne okomice u odnosu prema naponu čvorišta priključka, poprečna naprava proizvodi ili troši promjenjivu jalovu snagu. Bilo koji drugi fazni položaj uzrokuje pojavu djelatne snage.

Poznato je da primjena odgovarajuće poprečne kompenzacije jalove snage utječe na povećanje prijenosne moći i poboljšanje profila napona uzduž voda. Svrha poprečne kompenzacije nalazi se u mijenjanju prirodnih električnih osobina prijenosnog voda kako bi ga se učinilo prilagodljivijim promjenama opterećenja. Stoga se poprečne prigušnice koriste za snižavanje napona u uvjetima malih opterećenja, a poprečni kondenzatori za podizanje napona pri velikim opterećenjima. Krajnji cilj primjene poprečne kompenzacije ipak se nalazi u povećanju prijenosne moći radi poboljšanja osobina sustava u stacionarnim i prijelaznim stanjima. Primjena kompenzacije u sredini (ili negdje između čvorišta) voda omogućava regulaciju napona u sredini voda u svrhu njegovog segmentiranja, odnosno na kraju radijalnog voda u svrhu izbjegavanja nestabilnosti napona. Također, koristi se za dinamičku regulaciju napona u svrhu poboljšanja prijelazne stabilnosti i prigušenja njihanja.

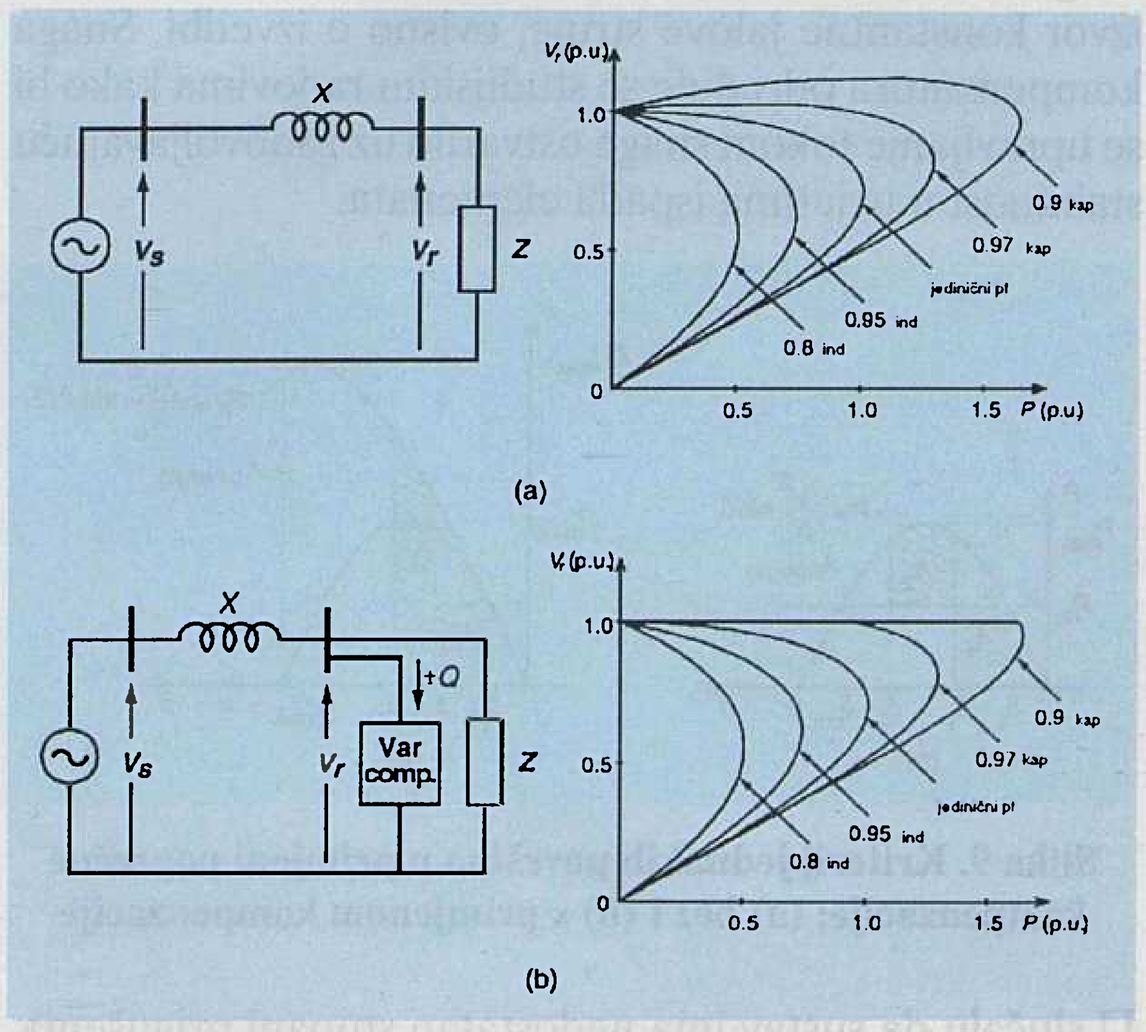
Na temelju jednostavnog dvostrojnog sustava s idealnim poprečnim kompenzatorom smještenim u sredini voda (slika 7.a), moguće je postaviti temeljne jednadžbe koje opisuju prednosti regulacije napona korištenjem poprečnog kompenzatora (slike 7.b-c).

Iz ovisnosti djelatne i jalove snage o kutu prijenosa, uočava se da se s primjenom idealne poprečne kompenzacije u sredini voda značajno povećava snaga prijenosa (udvostručena najveća vrijednost), ali uz izrazito povećanje potrebe za jalovom snagom. Za sustav iz navedenog primjera, izbor sredine voda kao mjesta primjene poprečnog kompenzatora predstavlja najbolje rješenje. Naime, pad napona uzduž nekompenziranog voda najveći je u sredini. Štoviše, primjenom kompenzacije u sredini segmentira se vod u dva jednaka dijela s jednakim maksimalnim prijenosnim snagama. U slučaju nejednakih segmenata, maksimalna snaga prijenosa dužeg segmenta određivala bi ograničenje prijenosa ukupnog voda. Teorijski, najveća snaga koju je moguće prenijeti udvostručuje se udvostručenjem broja segmenata voda. S povećanjem broja segmenata, promjena napona uzduž voda značajno se smanjuje, približavajući se u idealnom slučaju konstantnom profilu.

Prethodni slučaj poprečne kompenzacije smještene u sredini voda dvostrojnog sustava moguće je proširiti na posebni slučaj radijalnog prijenosa. Ako se pasivni teret koji troši snagu P pri naponu V_r priključi na kraj voda, bez primjene kompenzacije napon u tom čvorištu bio bi izrazito promjenjiv obzirom na promjenu tereta i faktora snage tereta (slika 8.a). Koljenasta točka V-P krivulje koja odgovara pojavi najveće snage prijenosa ukazuje na ublažavanje ograničenja stabilnosti napona priključkom kapacitivnog tereta, a pooštravanje priključkom induktivnog. Poprečna kompenzacija jalove snage učinkovito povećava najveću snagu prijenosa dobavljanjem jalove snage teretu i reguliranjem napona u čvorištu (slika 8.b). U ovom je slučaju krajnja točka prijenosa najbolje mjesto primjene kompenzatora, s obzirom da se u tom čvorištu napon najviše mijenja. Poprečna kompenzacija jalove snage često se u praktičnim primjenama koristi radi regulacije napona u za-



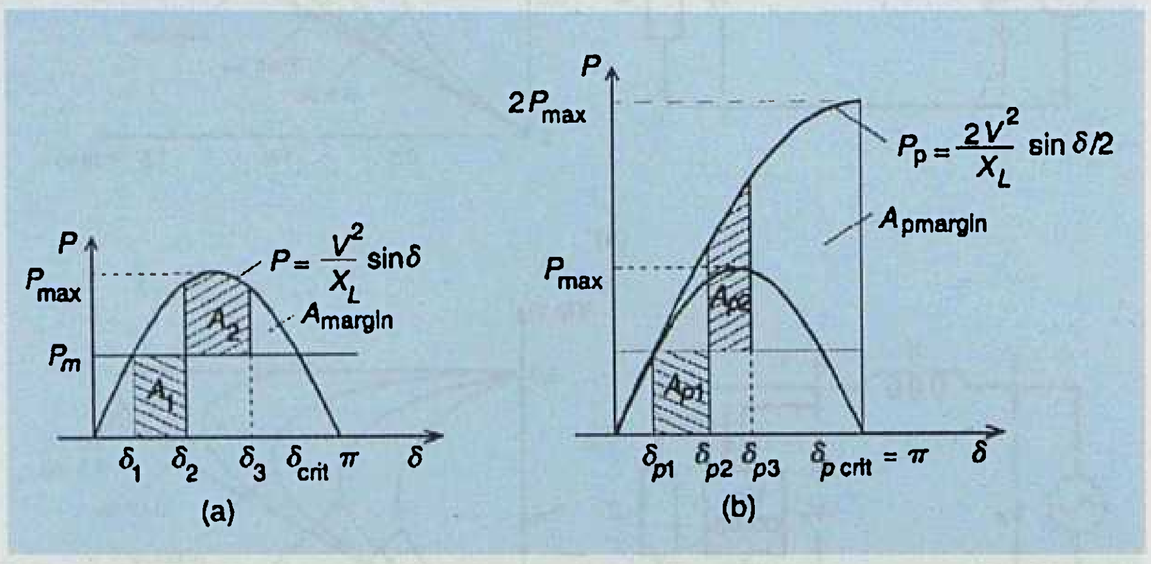
Slika 7. Kompenzacija pomoću poprečne naprave; (a) dvostrojni sustav, (b) vektorski dijagram i (c) ovisnost djelatne i jalove snage o kutu



Slika 8. Utjecaj poprečne kompenzacije na stabilnost napona; (a) bez i (b) s regulacijom napona u čvorištu

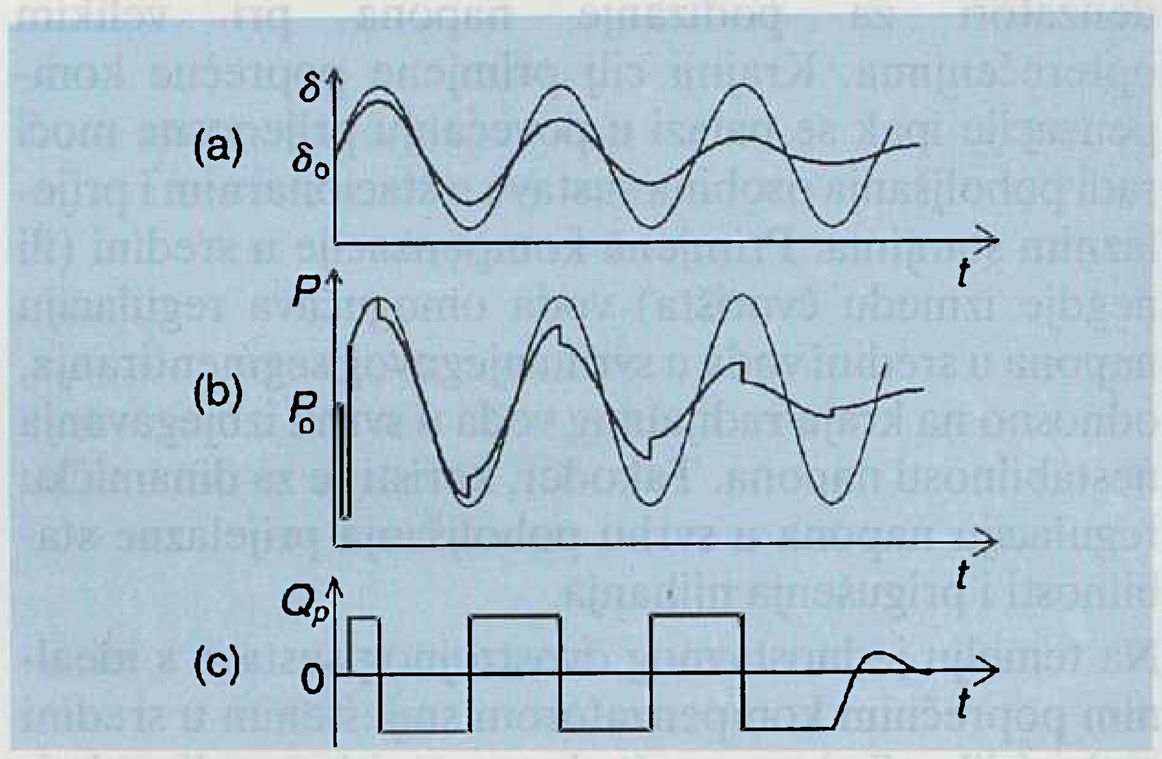
danom čvorištu u kojem dolazi do velikih promjena opterećenja ili radi održavanja napona u slučajevima ispada generatora ili vodova na početnoj strani prijenosa. Vrlo često se jedno područje opterećenja napaja sa strane dvaju ili više generatora s nezavisnim prijenosnim vezama. Ispad jednog od izvora može iznenada povećati opterećenje na preostalom dijelu prijenosnog sustava i uzrokovati ozbiljan pad napona koji se u krajnjem slučaju može razviti do sloma napona.

Budući da se primjenom poprečne kompenzacije jalove snage povećava najveća snaga prijenosa, racionalno je očekivati da je uz odgovarajuću brzinu upravljanja moguće utjecati na promjene tokova snage u prijelaznim stanjima. Na taj bi se način ublažila ograničenja postavljena prijelaznom stabilnosti. Prema kriteriju jednakih površina za slučajeve sa i bez poprečne kompenzacije (objašnjenje slično kao i slučaju serijske kompenzacije) uočava se značajna razlika između veličine margina prijelazne stabilnosti. Margina u slučaju bez primjene kompenzacije A_{margin} (slika 9.a) znatno je manja od margine u slučaju s primjenom kompenzacije $A_{pmargin}$ (slika 9.b), uz pretpostavku primjene idealnog poprečnog kompenzatora. Time se zapravo pretpostavlja da iznos napona u sredini voda ostaje konstantan tijekom cijelog razdoblja razmatranja (osim za vrijeme trajanja kvara) te da njegov fazni kut slijedi njihanje kuta generatora. Dakle, kompenzator ne sudjeluje u razmjeni djelatne snage sa sustavom, ali kontinuirano dobavlja jalovu snagu. Potreba za jalovom snagom značajno raste s porastom djelatne snage prijenosa i u uvjetima najvećeg prijenosa poprima dvostruko veći iznos od djelatne snage. Zbog ekonomičnosti najveća izlazna jalova snaga stvarnog poprečnog kompenzatora značajno je manja od one koju zahtijeva potpuna kompenzacija. Stoga stvarni kompenzatori djeluju kao idealni samo dok su potrebe tereta manje od nazivne snage kompenzatora. Iznad nazivne snage, kompenzator postaje konstantna reaktancija ili izvor konstantne jalove struje, ovisno o izvedbi. Snaga kompenzatora određuje se studijskim radovima kako bi se upravljanje tokom snage ostvarilo uz zadovoljavajuću stabilnost u uvjetima ispada elemenata.



Slika 9. Kriterij jednakih površina u primjeni poprečne kompenzacije; (a) bez i (b) s primjenom kompenzacije

U slučaju da sustav ima nedostatan stupanj prigušenja, mali poremećaj može uzrokovati njihanje kuta generatora oko stacionarne vrijednosti (slika 10). Njihanje kuta rezultira odgovarajućim njihanjem snage. Nedostatak prigušenja u nekim je sustavima izrazito naglašen pa se tretira kao ograničavajući faktor prijenosne moći. S obzirom da je njihanje snage dinamička pojava, poprečna kompenzacija treba biti promjenjivog karaktera. Time bi se napon u sredini voda mijenjao i prilagođavao ubrzavajućem i usporavajućem njihanju. Ako se generator u njihanju ubrzava i povećava kut δ ($d\delta/dt>0$), nužno je povećati električnu snagu prijenosa kako bi se kompenzirao višak mehaničke ulazne snage. U obrnutom slučaju, ako se generator usporava i smanjuje kut δ ($d\delta/dt<0$), električnu snagu potrebno je smanjiti kako bi se kompenzirao manjak mehaničke ulazne snage. Pretpostavlja se da je mehanička ulazna snaga konstantna u vremenskom rasponu razdoblja njihanja.

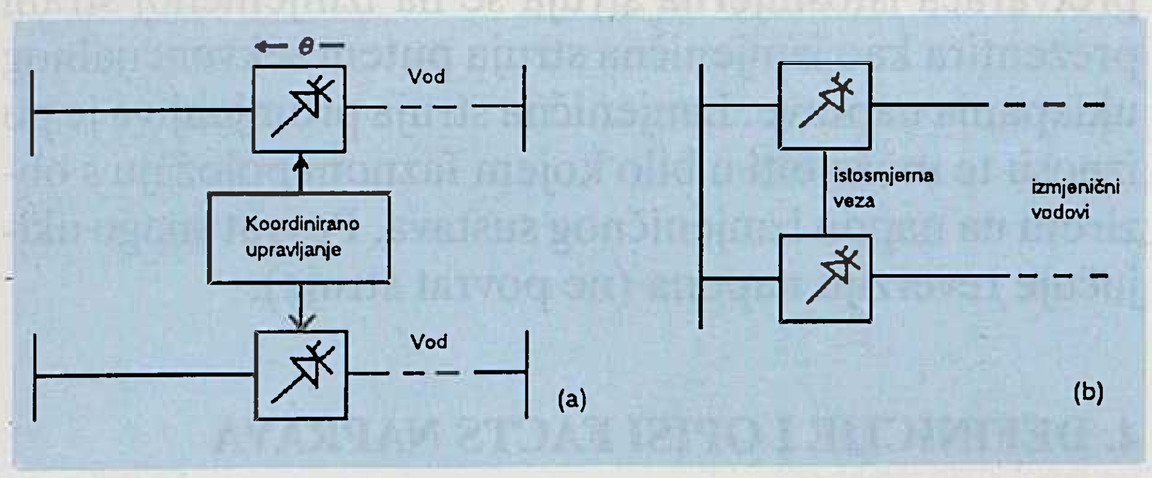


Slika 10. Prigušenje njihanja primjenom poprečne kompenzacije; (a) kut generatora, (b) djelatna snaga prijenosa i (c) izlazna jalova snaga kompenzatora

Na temelju odziva sa i bez primjene upravljanja izlaznom snagom kompenzatora (slika 10), uočava se da kapacitivni izlaz kompenzatora (pozitivna vrijednost) povećava napon u središtu voda kada je $d\delta/dt>0$, a smanjuje (negativna vrijednost) kada je $d\delta/dt<0$. Upravljanje izlaznom snagom kompenzatora u ovom je primjeru skokovito (izlaz poprima samo maksimalnu, minimalnu i nultu vrijednost). U uvjetima velikih njihanja navedena vrsta upravljanja je vrlo učinkovita. U uvjetima prigušenja malih oscilacija poželjnija je kontinuirana vrsta upravljanja.

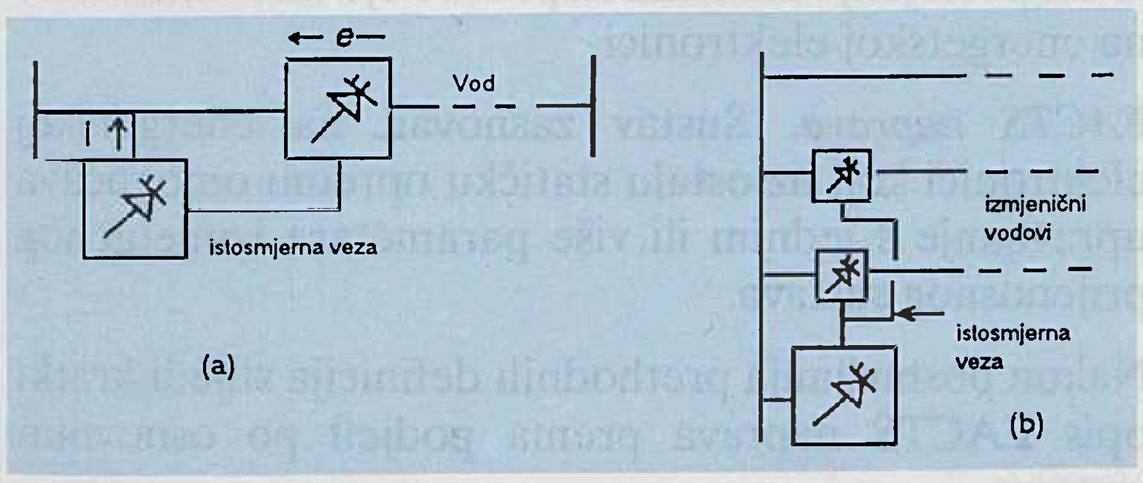
Kombinirane serijsko-serijske naprave. Ova kombinacija (slika 11) ima dva moguća oblika. U prvom obliku se s odvojenim serijskim napravama koordinirano upravlja u sustavu s više vodova (slika 11.a). U drugom se obliku radi o objedinjenoj napravi kod koje serijske grane omogućavaju neovisnu serijsku kompenzaciju jalove snage za svaki vod, ali i transfer djelatne snage između vodova putem postojeće veze (slika 11.b). Mogućnost transfera djelatne snage u objedinjenoj serijsko-serijskoj napravi poput regulatora toka snage među vodovima (eng. Interline Power Flow Controller), omogućava ravnotežu između toka djelatne i jalove snage u vodovima te time maksimizira iskoristivost prijenosnog sustava. Termin "objedinjeni" u ovom

slučaju označava stanje u kojem su svi dc terminali navedene naprave spojeni zajedno radi transfera djelatne snage.



Slika 11. Kombinirane serijsko-serijske naprave; (a) odvojene i koordinirano upravljane i (b) objedinjene i povezane s dc vezom

Kombinirane serijsko-poprečne naprave. Ova kombinacija ima oblik razdvojenih poprečnih i serijskih naprava kojima se koordinirano upravlja ili oblik objedinjenog regulatora toka snage (eng. Unified Power Flow Controller) s objedinjenim poprečnim i serijskim napravama. U osnovi, kombinirane poprečne i serijske naprave injektiraju struju u sustav pomoću poprečne naprave te napon u seriji s vodom pomoću serijske naprave (slika 12.a). Kada se poprečna i serijska naprava objedine javlja se razmjena djelatne snage između serijske i poprečne naprave putem istosmjerne veze. Moguća je i izvedba kod koje svaki vod zahtijeva posebnu serijsku napravu (slika 12.b), osobito ako se primjenom želi izbjeći problem ispada voda.

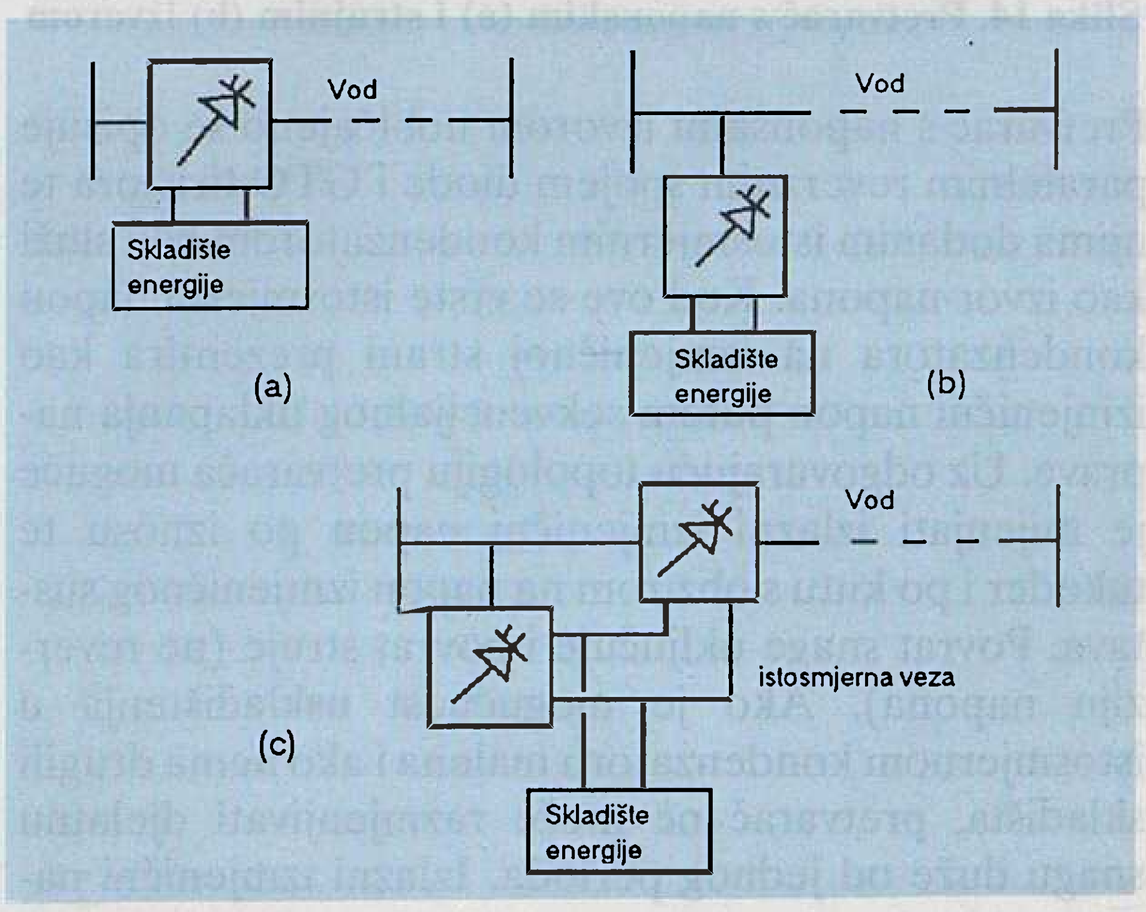


Slika 12. Kombinirane serijsko-poprečne naprave; primjena serijske grane samo na jednom vodu (a) i na više vodova (b)

Značajno je napomenuti da serijski spojena naprava utječe na napon i time na tok struje odnosno snage. Ako je zadaća upravljati tokom struje/snage i prigušiti njihanje tada je serijska naprava uz zadano nazivno dimenzioniranje nekoliko puta moćnija od poprečne naprave. Poprečna naprava, s druge strane, predstavlja strujni izvor koji injektira ili povlači struju iz voda. Stoga je poprečna naprava korisna za regulaciju napona u čvorištu priključenja putem injektiranja samo jalove snage ili kombiniranim injektiranjem djelatne i jalove snage radi učinkovitije regulacije napona i prigušenja njihanja napona. Time se ne želi reći da serijske naprave nije moguće koristiti za regulaciju napona. Promjene napona uvelike su posljedica pada napona na serijskoj impedanciji voda. Stoga se dodavanjem ili oduzimanjem napona u serijskoj grani može učinkovito poboljšati naponski profil. Poprečna naprava ipak je znatno bolji izbor ako se zahtijeva samo regulacija napona u čvorištu.

Značajna prednost poprečne naprave nalazi se u njezinom utjecaju samo na jedno čvorište neovisno o pojedinačnim vodovima koji su incidentni sa čvorištem priključka. Ipak to nije odlučujući faktor u primjeni poprečne naprave budući da je zahtijevano nazivno dimenzioniranje serijske naprave maleno u usporedbi s poprečnom napravom. Također, poprečna naprava ne omogućava upravljanje tokom snage u vodu. S druge strane, serijske naprave se projektiraju tako da imaju i utjecaj na sustav tijekom ispada i dinamičkih preopterećenja. Tijekom stanja kvara (kratki spoj), naprave mogu biti privremeno premoštene ili opremljene odvodnicima ako je struja kvara prevelika. Navedeni argumenti sugeriraju da bi se kombiniranjem serijske i poprečne naprave postigla najbolja svojstva od obje vrste. Time bi se uz regulaciju napona istodobno omogućilo učinkovito upravljanje tokovima snage.

Zasnovanost FACTS naprava. FACTS naprave zasnovane su ili na tiristorima koji nemaju mogućnost isključenja primjenom signala na upravljačku elektrodu (struja se prekida u trenutku prolaska kroz nultu vrijednost sinusoide) ili na onima koji tu mogućnost imaju (eng. GTO, Gate Turn-Off Capability). Naprave koje tu mogućnost imaju zasnovane su na dc/ac pretvaračima koji mogu razmjenjivati djelatnu i/ili jalovu snagu s ac sustavom. Ako razmjena uključuje samo jalovu snagu, naprava je opremljena minimalnim uskladištenjem na istosmjernoj strani. Međutim, ako je fazni kut između struje i napona različit od 90o, uskladištenje na istosmjernoj strani može se razlikovati od minimalnog koje je potrebno u pogonu pretvarača kao izvora samo jalove snage. Dakle, potrebno je skladište energije. Svaka od serijskih, poprečnih ili kombiniranih serijsko-poprečnih naprava, općenito može uključivati u sebi skladište poput kondenzatora, baterije ili supravodljivog magneta čime se dodaje nova dimenzija FACTS tehnologiji (slika 13). U tim



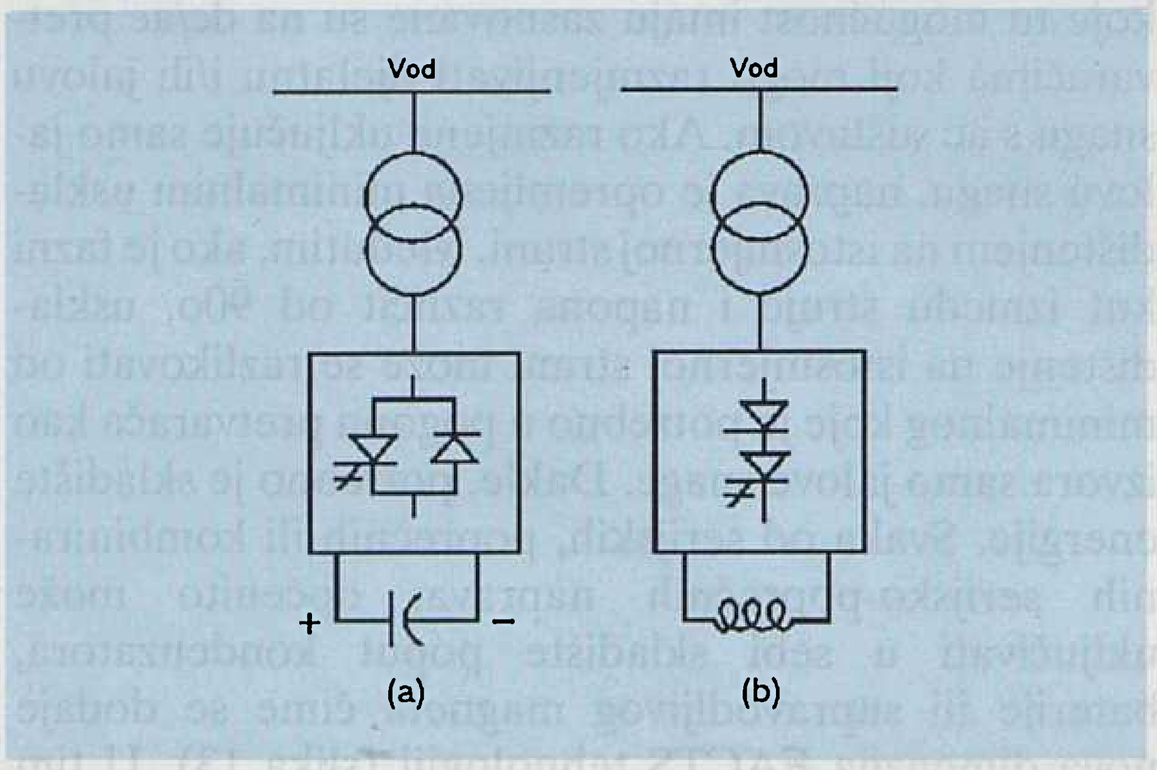
Slika 13. Naprave s dodatnim uskladištenjem energije; (a) serijska, (b) poprečna i (c) kombinirana serijsko-poprečna naprava

slučajevima korisnost je vrlo značajna. Naprave s dodatnim uskladištenjem učinkovitije upravljaju dinamikom sustava zahvaljujući dinamičkoj izmjeni djelatne snage sa sustavom.

Naprave se mogu također zasnivati i na pretvaračima s pulsno-širinskom modulacijom radi smanjenja utjecaja harmoničkih članova. Pretvarač je moguće projektirati tako da proizvodi ispravan valni oblik i time djeluje kao aktivni filtar. Također, njime je moguće upravljati tako da uravnotežuje nesimetrične napone uključujući transfer energije između faza. Sve dodatne funkcije moguće je izvoditi istodobno ako je pretvarač tako projektiran.

Dakle, moguće je reći da je pri rješavanju zadanog problema potrebno vrednovati sve opcije u rasponu od serijske i poprečne do kombinirane serijsko-poprečne kao i opcije sa i bez dodatnog uskladištenja energije.

Kod FACTS naprava zasnovanih na pretvaračima s tiristorima koji imaju mogućnost isključenja primjenom signala na upravljačku elektrodu, moguće je razlikovati dvije vrste: pretvarači s naponskim izvorom (slika 14.a) i pretvarači sa strujnim izvorom (slika 14.b). Sa stajališta troškova, preferira se pretvarač s naponskim izvorom koji ujedno predstavlja i osnovu za predstavljanje većine pretvarački zasnovanih FACTS naprava.



Slika 14. Pretvarač s naponskim (a) i strujnim (b) izvorom

Pretvarač s naponskim izvorom uobičajeno se opisuje paralelnim reverznim spojem diode i GTO tiristora te njima dodanim istosmjernim kondenzatorom koji služi kao izvor napona. Kod ove se vrste istosmjerni napon kondenzatora na izmjeničnoj strani prezentira kao izmjenični napon putem sekvencijalnog uklapanja naprave. Uz odgovarajuću topologiju pretvarača moguće je mijenjati izlazni izmjenični napon po iznosu te također i po kutu s obzirom na napon izmjeničnog sustava. Povrat snage uključuje i povrat struje (ne reverziju napona). Ako je mogućnost uskladištenja u istosmjernom kondenzatoru malena i ako nema drugih skladišta, pretvarač ne može razmjenjivati djelatnu snagu duže od jednog perioda. Izlazni izmjenični napon održava se pod kutem od 90° u odnosu prema struji voda te se pretvarač koristi samo za razmjenu jalove snage.

Pretvarač sa strujnim izvorom opisuje se serijskim spojem diode i GTO tiristora te njima dodanom istosmjernom prigušnicom kao izvorom struje. Kod ove vrste pretvarača istosmjerna struja se na izmjeničnoj strani prezentira kao izmjenična struja putem sekvencijalnog uklapanja naprave. Izmjenična struja promjenjiva je po iznosu te može biti u bilo kojem faznom položaju s obzirom na napon izmjeničnog sustava. Povrat snage uključuje reverziju napona (ne povrat struje).

4. DEFINICIJE I OPISI FACTS NAPRAVA

Jedan od problema s kojima se susreće FACTS tehnologija nalazi se i u usvajanju velikog broja novih pojmova i skraćenica, kako od proizvođača opreme tako i od autora raznih teorijskih radova. Prije kratkog opisa svake od FACTS naprava, nužno je postaviti slijedeće elementarne definicije:

Prilagodljivost prijenosa električne energije. Sposobnost prilagođavanja promjenama u prijenosnom sustavu ili uvjetima pogona uz zadržavanje dostatnih sigurnosnih margina stacionarnog i prijelaznog stanja.

Prilagodljivi izmjenični prijenosni sustav (eng. FACTS, Flexible AC Transmission System). Izmjenični prijenosni sustav s uključenim napravama zasnovanim na energetskoj elektronici te ostalim statičkim napravama koje služe poboljšanju upravljivosti i povećanju prijenosne moći. Pojam "ostalih statičkih naprava" odnosi se na postojanje statičkih naprava koje nisu zasnovane na energetskoj elektronici.

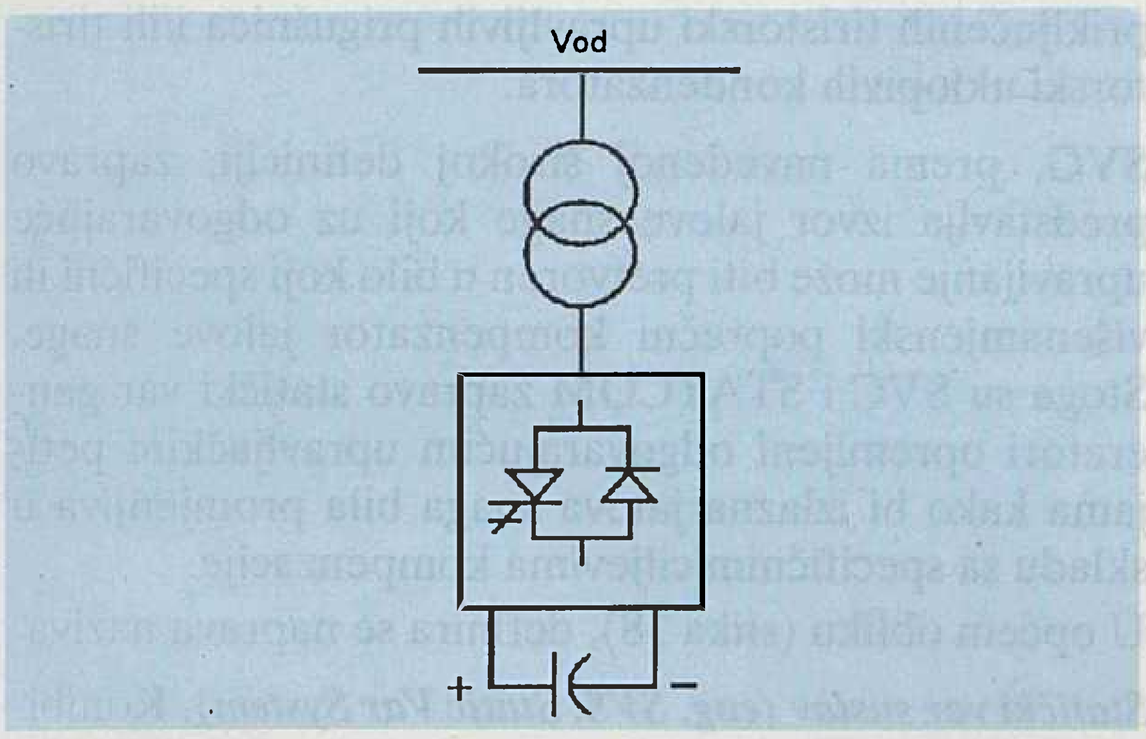
FACTS naprava. Sustav zasnovan na energetskoj elektronici koji uz ostalu statičku opremu omogućava upravljanje s jednim ili više parametara izmjeničnog prijenosnog sustava.

Nakon postavljanja prethodnih definicija slijedi kratki opis FACTS naprava prema podjeli po osnovnim vrstama.

1. Poprečne naprave

Statički sinkroni kompenzator (eng. STATCOM, Static Synchronous Compensator). Statički sinkroni generator u pogonu kao poprečno priključeni statički var kompenzator, čija kapacitivna ili induktivna izlazna struja može biti upravljiva neovisno o naponu izmjeničnog sustava.

STATCOM je jedna od ključnih FACTS naprava. Može biti zasnovan na pretvaračima naponskog ili strujnog izvora. S općeg stajališta troškova, preferiraju se pretvarači s naponskim izvorom (slika 15). Kod njih se s izlaznim izmjeničnim naponom upravlja na način da se automatskim reguliranjem napona istosmjernog kondenzatora koji služi kao naponski izvor pretvarača utječe na zahtijevanu razinu injektirane jalove struje u čvorište izmjeničnog sustava. STATCOM može biti projektiran i da djeluje kao aktivni filtar radi neutraliziranja harmonika.

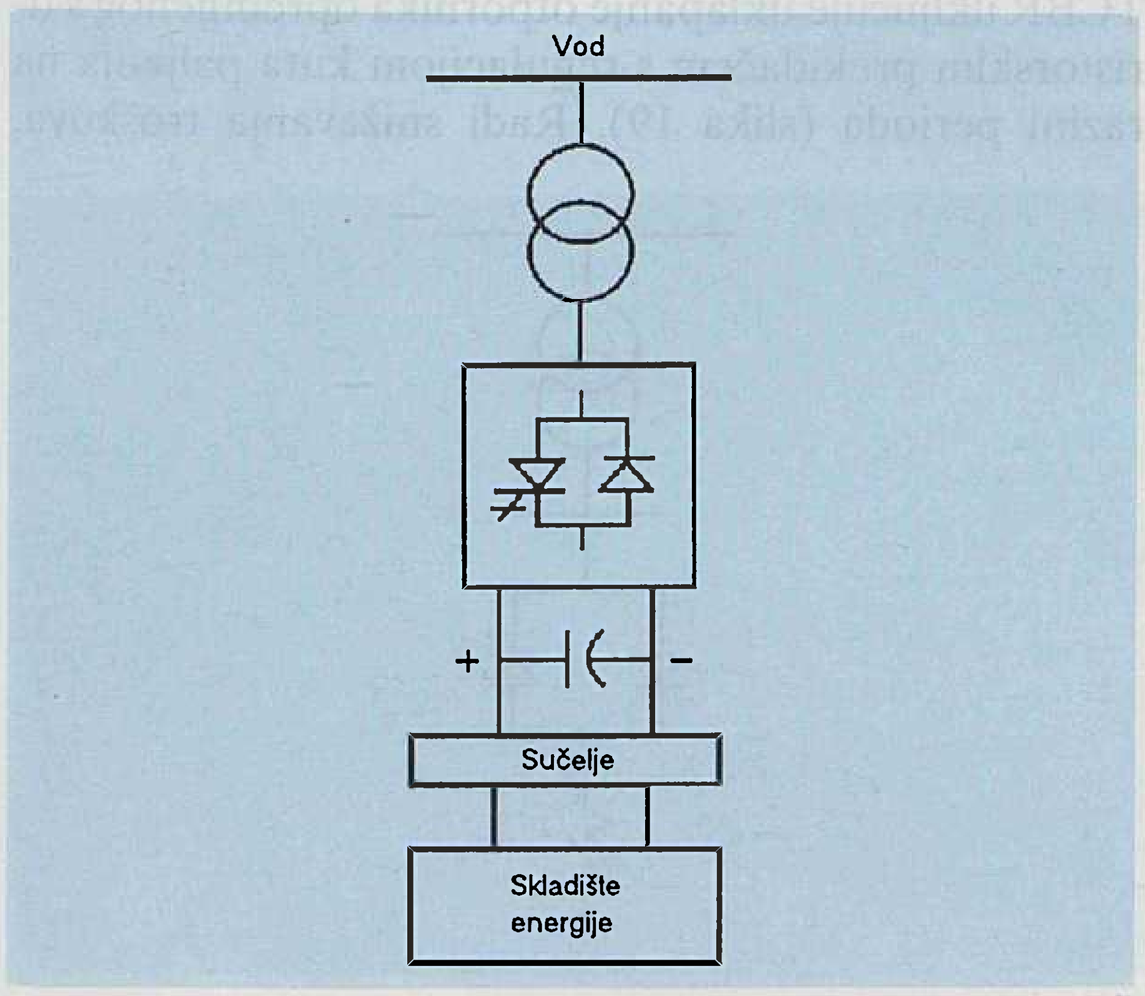


Slika 15. Statički sinkroni kompenzator, STATCOM

Prema postavljenoj definiciji STATCOM je samo jedan član u spektru poprečnih naprava u kojem je moguće uključiti i izvor djelatne snage ili skladište energije na istosmjernoj strani tako da injektirana struja može imati i djelatnu komponentu. Takva naprava se definira kao

Statički sinkroni generator (eng. SSG, Static Synchronous Generator). Statički samokomutirani energetski pretvarač napajan iz odgovarajućeg skladišta energije i pogonjen u svrhu proizvodnje promjenjivog višefaznog izlaznog napona. Priključen je na izmjenični sustav kako bi s njim ostvario razmjenu djelatne i jalove snage koje su međusobno neovisno upravljive.

SSG (slika 16) je zapravo kombinacija STATCOM-a i skladišta energije. Naziv, SSG, u sebi uključuje općenito priključenje bilo kojeg skladišta energije (baterija, zamašna masa, supravodljivi magnet, veliki istosmjerni kondenzator, drugi ispravljači...). Uobičajena je primjena elektroničkog sučelja ("čoper") između skladišta energije i pretvarača. Kod pretvarača s naponskim izvorom, skladište energije koristi se u svrhu odgovarajuće kompenzacije pražnjenja kondenzatora kako bi se održavao zahtijevani napon kondenzatora.



Slika 16. Statički sinkroni generator, SSG

Unutar definicije SSG-a nalazi se i naprava poznata kao

Baterijski sustav uskladištenja energije (eng. BESS, Batery Energy Storage System). Sustav uskladištenja energije na kemijskoj osnovi koji se sastoji od poprečno priključenih pretvarača s naponskim izvorom. Ima sposobnost brzog prilagođavanja količine energije koja se razmjenjuje s izmjeničnim sustavom.

Kod primjena u prijenosnom sustavu, veličina BESS skladišne jedinice uglavnom je mala (nekoliko desetaka MWh). Ako je pretvarač dovoljno dimenzioniran moguće ga je koristiti u rješavanju problema prijelazne stabilnosti na način da kratkotrajno razmjenjuje djelatnu snagu s visokim MW/MWh omjerom. Pretvarač je također moguće koristiti u razmjeni jalove snage s izmjeničnim sustavom u skladu s njegovom nazivnom snagom. U slučaju u kojem ne dolazi do razmjene djelatne snage s izmjeničnim sustavom, pretvarač se koristi za punjenje baterije odgovarajućom brzinom.

Slijedeći podskup SSG-a čini naprava poznata kao

Sustav uskladištenja energije pomoću supravodljivog magneta (eng. SMES, Superconducting Magnetic Energy Storage). Supravodljivi elektromagnetski sustav uskladištenja energije koji sadrži elektroničke pretvarače. Može brzo injektirati ili apsorbirati djelatnu i/ili jalovu snagu, odnosno dinamički upravljati tokom snage u izmjeničnom sustavu.

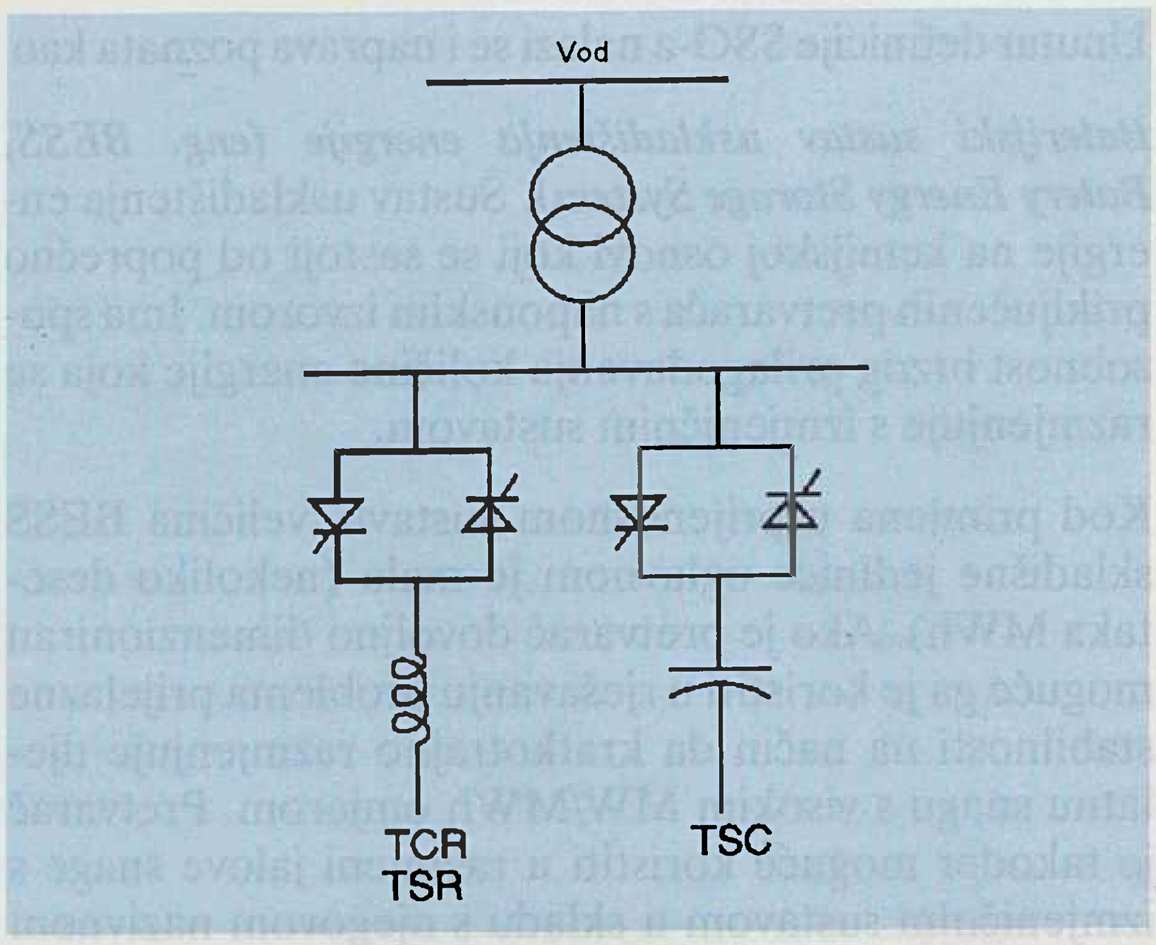
Budući da se istosmjerna struja magneta ne mijenja brzo, izlazna snaga magneta se mijenja putem upravljanja naponom magneta uz odgovarajuće elektroničko sučelje.

Jedna od prihvaćenih poprečnih naprava poznata je kao

Statički var kompenzator (eng. SVC, Static Var Compensator). Statički generator jalove snage u poprečnom spoju koji se koristi radi razmjene kapacitivne ili induktivne struje sa sustavom kako bi upravljao sa specifičnim parametrima sustava (uobičajeno s naponom čvorišta).

SVC se općenito odnosi na tiristorski upravljive ili tiristorski uklopive kondenzatore ili neku od kombinacija kondenzatora i prigušnica (slika 17). Zasnovan je na tiristorima koji nemaju mogućnost isključenja signalom na upravljačku elektrodu. U njemu je uključena posebna oprema za razmjenu jalove snage; tiristorski upravljiva ili tiristorski uklopiva prigušnica za apsorbciju jalove snage te tiristorski uklopiv kondenzator za dobavu jalove snage. Tretira se kao jeftiniji nadomjestak za STATCOM iako to ne mora nužno biti slučaj, pogotovo ako se usporedba ne zasniva samo na veličini izgradnje.

Tiristorski upravljiva prigušnica (eng. TCR, Thyristor Controlled Reactor). Tiristorski upravljiva prigušnica u poprečnom spoju čija je efektivna reaktancija kontinuirano promjenjiva putem djelomičnog vođenja tiristorskog ventila.



Slika 17. Statički var kompenzator, SVC

TCR je podvrsta SVC-a kod koje se s vremenom vođenja te sa strujom prigušnice upravlja korištenjem tiristorskog prekidača. Tiristori su upravljivi putem kuta paljenja.

Tiristorski uklopiva prigušnica (eng. TSR, Thyristor Switched Reactor). Tiristorski uklopiva prigušnica u poprečnom spoju čija je efektivna reaktancija skokovito promjenjiva putem pune/nulte vodljivosti tiristorskog ventila.

TSR je slijedeća podvrsta SVC-a. Naprava je načinjena od nekoliko poprečnih prigušnica koje se uključuju i isključuju tiristorskim prekidačima bez upravljanja kutem paljenja. Time se postižu zahtijevane skokovite promjene jalove snage koja se troši iz sustava. Korištenjem tiristorskih prekidača bez upravljanja kutem paljenja postižu se niži troškovi i gubici, ali bez mogućnosti kontinuirane promjene.

Tiristorski uklopivi kondenzator (eng. TSC, Thyristor Switched Capacitor). Tiristorski uklopivi kondenzator u poprečnom spoju čija je efektivna reaktancija skokovito promjenjiva putem pune/nulte vodljivosti tiristorskog ventila.

TSC je također podvrsta SVC-a kod koje se tiristorski prekidači koriste radi uključivanja i isključivanja (bez regulacije kuta paljenja) poprečnih kondenzatora. Time se postižu zahtijevane skokovite promjene jalove snage koja se injektira u sustav. Za razliku od poprečnih prigušnica, poprečni kondenzatori ne mogu biti kontinuirano upravljivi primjenom regulacije kuta paljenja.

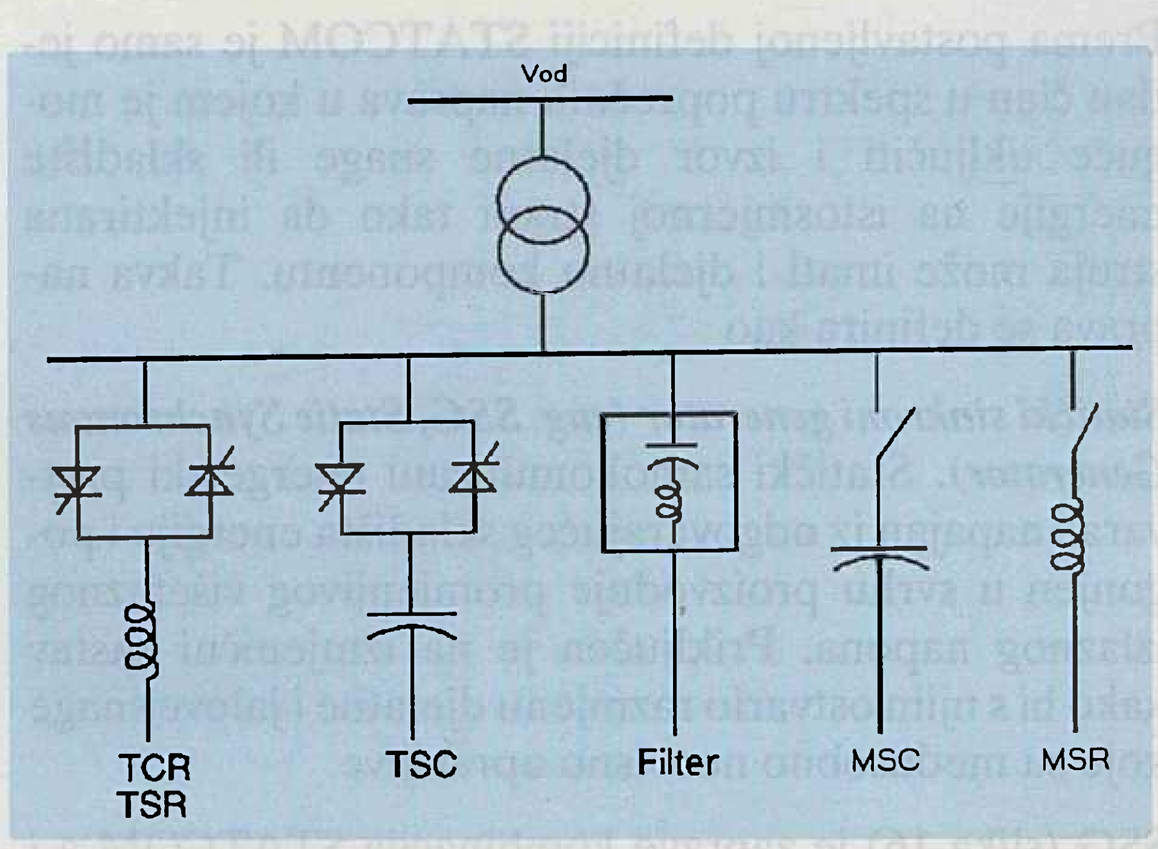
U općem obliku, moguće je definirati napravu naziva

Statički var generator ili trošilo (eng. SVG, Static Var Generator or Absorber). Statička električna naprava, oprema ili sustav koji je sposoban razmjenjivati upravljivu kapacitivnu i/ili induktivnu struju s izmjeničnim sustavom te time proizvoditi ili trošiti jalovu snagu. Općenito se sastoji of poprečno priključenih tiristorski upravljivih prigušnica i/ili tiristorski uklopivih kondenzatora.

SVG, prema navedenoj širokoj definiciji, zapravo predstavlja izvor jalove snage koji uz odgovarajuće upravljanje može biti pretvoren u bilo koji specifični ili višenamjenski poprečni kompenzator jalove snage. Stoga su SVC i STATCOM zapravo statički var generatori opremljeni odgovarajućim upravljačkim petljama kako bi izlazna jalova snaga bila promjenjiva u skladu sa specifičnim ciljevima kompenzacije.

U općem obliku (slika 18), definira se naprava naziva

Statički var sustav (eng. SVS, Static Var System). Kombinacija različitih statičkih i mehanički uklopivih var kompenzatora s koordiniranim izlaznim veličinama.

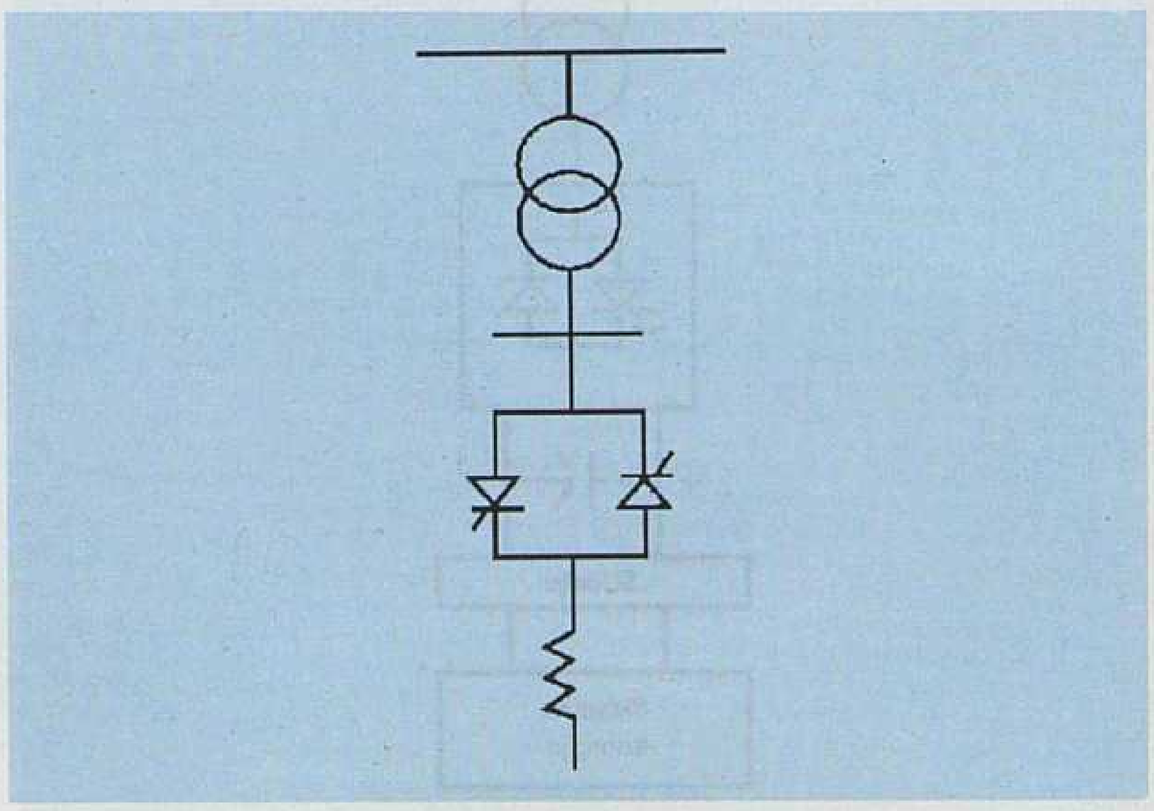


Slika 18. Statički var sustav, SVS

U uvjetima prijelazne stabilnosti, često je od velikog značenja naprava poznata pod nazivom

Tiristorski upravljivi kočni otpor (eng. TCBR, Thyristor Controlled Braking Resistor). Tiristorski uklopivi otpornik u poprečnom spoju kojim se upravlja radi pomoćne stabilizacije sustava ili minimiziranja ubrzavanja rotora generatora tijekom poremećaja.

TCBR uključuje uklapanje otpornika opremljenog s tiristorskim prekidačem s regulacijom kuta paljenja na razini perioda (slika 19). Radi snižavanja troškova,



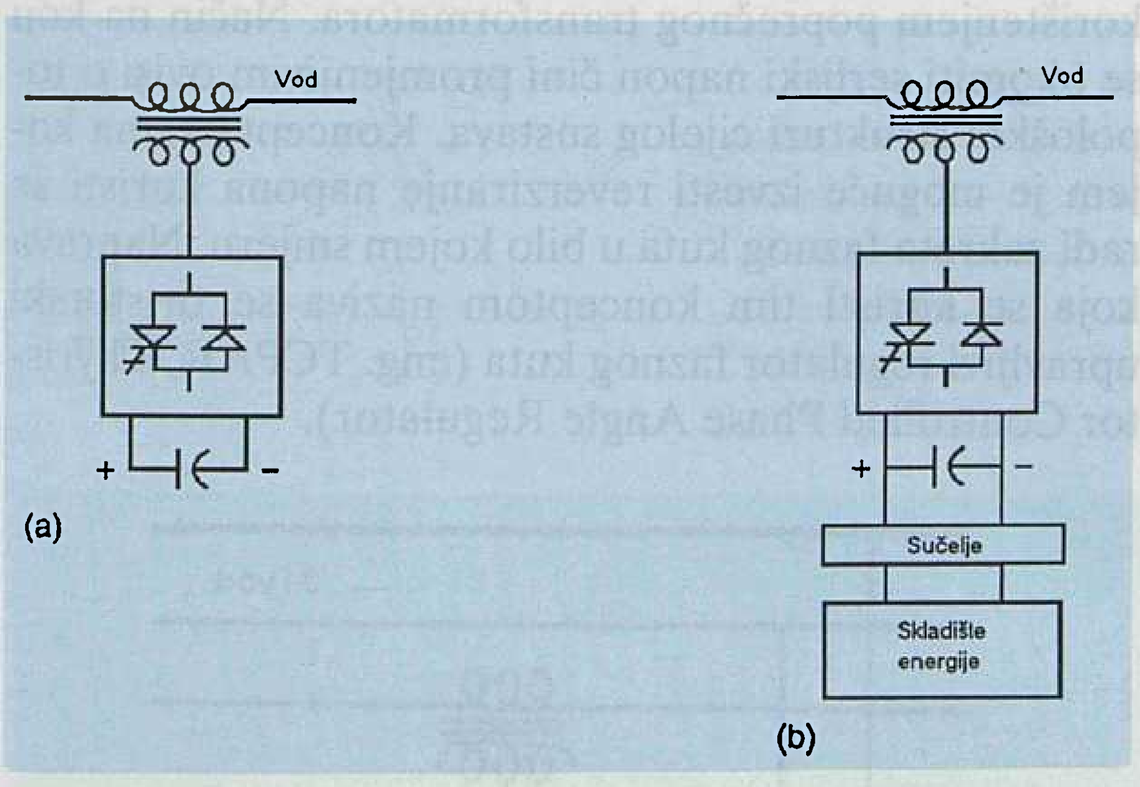
Slika 19. Tiristorski upravljivi kočni otpor, TCBR

TCBR može biti samo tiristorski uklopiv, odnosno bez regulacije kuta paljenja. Međutim, uz regulaciju kuta paljenja, upravljanje na razini poluperioda primjenjivo je radi selektivnog prigušenja njihanja niske frekvencije.

2. Serijske naprave

Statički sinkroni serijski kompenzator (eng. SSSC, Static Synchronous Series Compensator). Statički sinkroni generator u pogonu kao serijski kompenzator čiji je izlazni napon (neovisno upravljiv) u okomici sa strujom voda ako nije uveden vanjski izvor energije. Time se povećava ili smanjuje jalova komponenta pada napona na vodu i upravlja snagom prijenosa. SSSC može uključivati skladište energije radi poboljšanja prijelaznih pojava u sustavu korištenjem dodatne privremene kompenzacije djelatne snage (trenutna promjena djelatne komponente pada napona na vodu).

SSSC, jedna je od najznačajnijih FACTS naprava. Izvedbom podsjeća na STATCOM, ali injektira izvor napona u serijsku granu (slika 20. a). Može biti zasnovan na pretvaraču s naponskim ili strujnim izvorom. Uobičajeno je serijski injektirani napon prilično malen u usporedbi s linijskim naponom, dok zahtjevi za dozemnom izolacijom mogu biti prilično visoki. Uz odgovarajuću izolaciju između primara i sekundara transformatora, pretvaračka oprema je smještena na zemnom potencijalu ukoliko nije na platformi u stanju potpune izolacije od zemlje. Omjer transformacije se određuje prema kriteriju najekonomičnije izvedbe pretvarača. Bez dodatnog izvora energije, SSSC može injektirati samo promjenjivi napon koji je u okomici sa strujom. Skladište energije može biti priključeno na serijsku napravu kako bi injektirao vektor napona promjenjivog kuta u seriji s vodom (slika 20. b).

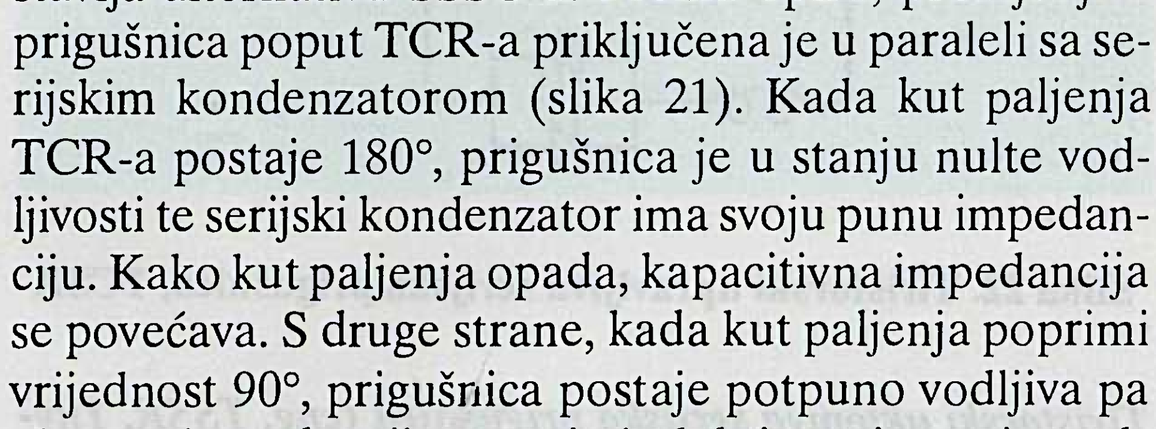


Slika 20. Statički sinkroni serijski kompenzator, SSSC; bez (a) i s (b) dodatnim skladištem energije

Regulator toka snage među vodovima (eng. IPFC, Interline Power Flow Controller). Kombinacija dvaju ili više SSSC-ova priključenih na zajedničku istosmjernu vezu radi omogućavanja dvosmjernog toka djelatne snage između izmjeničnih terminala. SSSC-ovi su upravljani kako bi omogućili neovisnu kompenzaciju jalove snage, promjenu toka djelatne snage u svakom od vodova te kako bi održavali odabranu raspodjelu toka jalove snage među vodovima. IPFC struktura može također uključivati STATCOM koji se priključuje na IPFC-ovu zajedničku istosmjernu vezu i omogućava poprečnu kompenzaciju jalove snage te razmjenu deficita djelatne snage između kombiniranih SSSC-ova.

Tiristorski upravljivi serijski kondenzator (eng. TCSC, Thyristor Controlled Series Capacitor). Kompenzator s kapacitivnom reaktancijom koji se sastoji od serijske kondenzatorske baterije u paralelnom spoju s tiristorski upravljivom prigušnicom. Omogućava kompenzaciju putem kontinuirano promjenjive ukupne serijske kapacitivne reaktancije.

TCSC je zasnovan na tiristorima bez mogućnosti isključenja signalom na upravljačku elektrodu. Predstavlja alternativu SSSC-u. Prema opisu, promjenjiva prigušnica poput TCR-a priključena je u paraleli sa serijskim kondenzatorom (slika 21). Kada kut paljenja TCR-a postaje 180°, prigušnica je u stanju nulte vodljivosti te serijski kondenzator ima svoju punu impedanciju. Kako kut paljenja opada, kapacitivna impedancija se povećava. S druge strane, kada kut paljenja poprimi vrijednost 90°, prigušnica postaje potpuno vodljiva pa ukupna impedancija postaje induktivna, jer se impedancija prigušnice projektira sa znatno nižim iznosom od impedancije serijskog kondenzatora. Uz kut paljenja u iznosu od 90°, TCSC pomaže u ograničavanju struje kvara. Izvedba TCSC-a može biti u obliku jedne velike jedinice ili više manjih jedinica kako bi se postigla nadmoćnija izvedba.



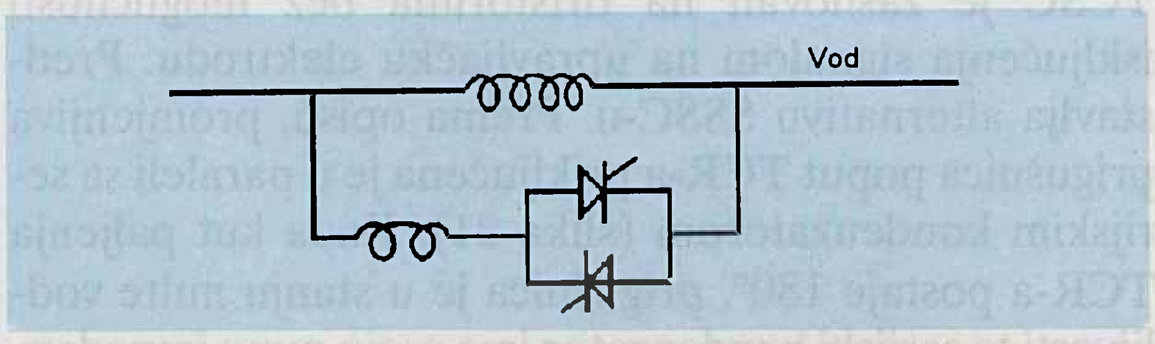
Slika 21. Tiristorski upravljivi serijski kondenzator, TCSC

Tiristorski uklopivi serijski kondenzator (eng. TSSC, Thyristor Switched Series Capacitor). Kompenzator s kapacitivnom reaktancijom koji se sastoji od serijske kondenzatorske baterije u paralelnom spoju s tiristorski uklopivom prigušnicom. Omogućava skokovito upravljanje sa serijskom kapacitivnom reaktancijom.

Umjesto kontinuiranog upravljanja s kapacitivnom impedancijom, u ovom se pristupu prigušnica uklapa samo pri kutu paljenja u iznosu od 90° ili 180°, dakle bez mogucnosti upravljanja s kutem paljenja. Time je moguće smanjiti troškove i gubitke naprave. Često se primjenjuje hibridna varijanta prema kojoj jedan od modula ima tiristorski upravljivi dio, dok su ostali tiristorski uklopivi.

Tiristorski upravljiva serijska prigušnica (eng. TCSR, Thyristor Controlled Series Reactor). Kompenzator s induktivnom reaktancijom koji se sastoji od serijske prigušnice u paralelnom spoju s tiristorski upravljivom prigušnicom. Omogućava uvođenje glatko promjenjive serijske induktivne reaktancije.

Kada kut paljenja tiristorski upravljive prigušnice (slika 22) poprimi iznos od 180°, prestaje stanje vodenja pa neupravljiva prigušnica djeluje kao limiter struje kvara. Kako se kut smanjuje, ukupna induktivna reaktancija opada sve dok kut ne poprimi iznos od 90°, kada postaje jednaka iznosu reaktancije paralelne kombinacije dviju prigušnica. Kao i TCSC, TCSR u izvedbi je s jednom velikom jedinicom ili nekoliko manjih serijskih jedinica.



Slika 22. Tiristorski upravljiva serijska prigušnica, TCSR

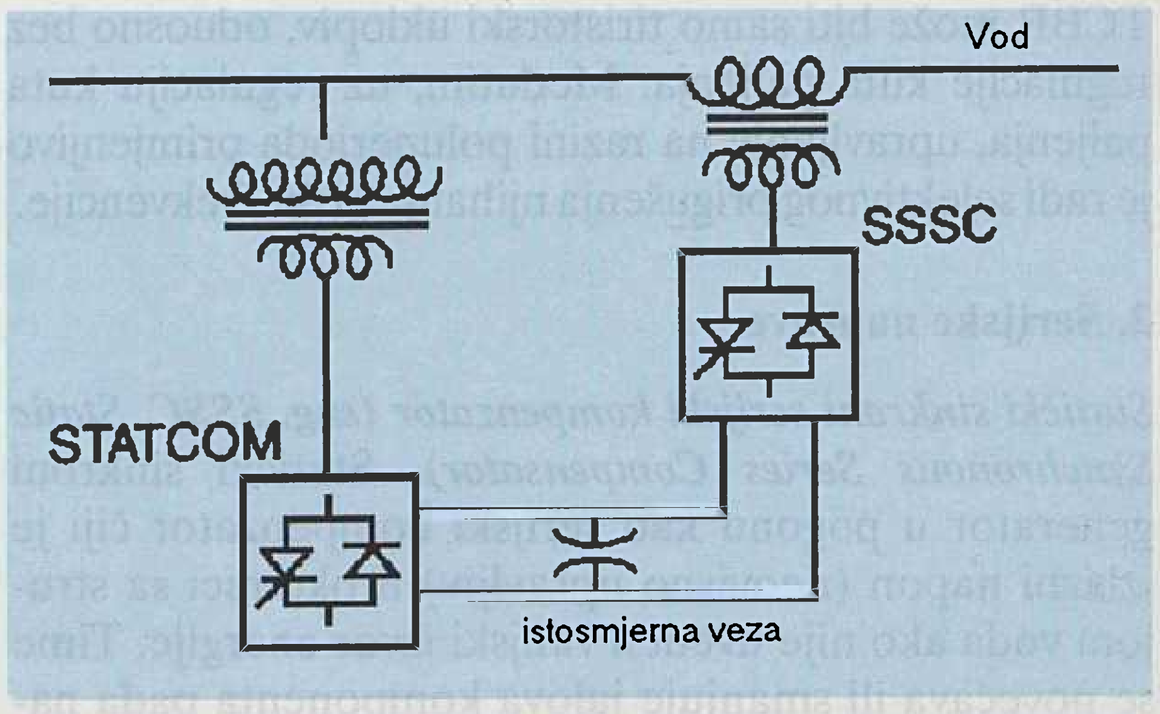
Tiristorski uklopiva serijska prigušnica (eng. TSSR, Thyristor Switched Series Reactor). Kompenzator s induktivnom reaktancijom koji se sastoji od serijske prigušnice u paralelnom spoju s tiristorski uklopivom prigušnicom. Omogućava skokovito upravljanje sa serijskom induktivnom reaktancijom.

Ova naprava je podvrsta TCSR-a, ali s tiristorskim prekidačima koji su ili u stanju punog vođenja ili nultog vođenja (bez mogućnosti upravljanja kutem paljenja). Omogućava postizanje kombinacije skokovitih serijskih induktancija.

3. Kombinirane poprečno-serijske naprave

Objedinjeni regulator toka snage (eng. UPFC, Unified Power Flow Controller). Kombinacija statičkog sinkronog kompenzatora (STATCOM) i statičkog serijskog kompenzatora (SSSC) koji su spojeni putem zajedničke istosmjerne veze kako bi omogućili dvosmjerni tok djelatne snage između izlaznog terminala serijskog SSSC-a i izlaznog terminala poprečnog STATCOM-a.

Upravljanje ovom napravom (slika 23) omogućava izvođenje kompenzacije djelatne i jalove komponente serijske impedancije bez vanjskog izvora električne energije. UPFC, putem injektiranja serijskog izvora napona koji nije kutno ograničen, omogućava upravljanje (istodobno ili selektivno) naponom čvorišta prijenosnog voda, impedancijom i kutem. Alternativno, moguće je upravljanje tokovima djelatne i jalove snage voda. UPFC također omogućava izvođenje neovisne poprečne kompenzacije jalove snage.

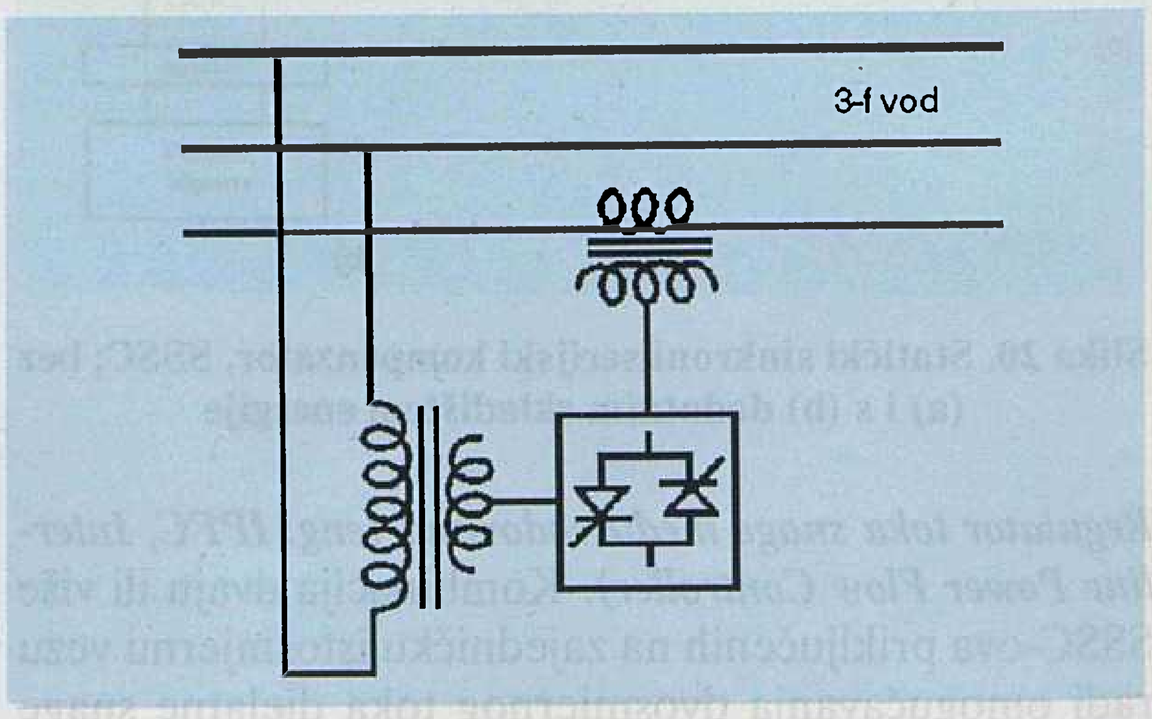


Slika 23. Objedinjeni regulator toka snage, UPFC

Kod UPFC-a, djelatnu snagu koja je potrebna serijskoj jedinici (SSSC) dobavlja poprečna jedinica (STATCOM) iz voda putem zajedničke istosmjerne veze. Poprečna jednica se istodobno može koristiti za regulaciju napona u čvorištu priključka razmjenom jalove snage sa sustavom. Dodavanjem skladišta energije poput supravodljivog magneta, u krug zajedničke istosmjerne veze posredstvom elektroničkog sučelja, nadalje se poboljšava učinkovitost UPFC-a. Upravljiva razmjena djelatne snage s vanjskim izvorom, poput skladišta, znatno je učinkovitije pri upravljanju dinamikom sustava u usporedbi s modulacijom transfera snage unutar sustava.

Tiristorski upravljivi zakretni transformator (eng. TCPST, Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer). Zakretni transformator koji korištenjem tiristorskih prekidača omogućava brze promjene faznog kuta.

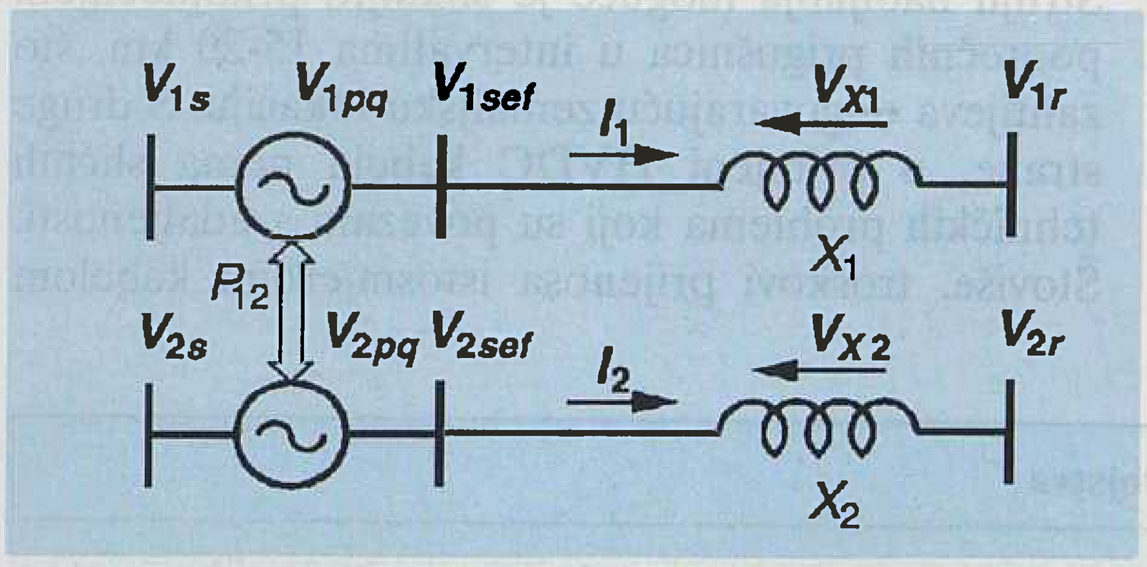
Općenito uzevši, zakretni transformator se zasniva na dodavanju okomitog vektora napona u seriju s fazom (slika 24). Vektor napona se izvodi iz drugih dviju faza korištenjem poprečnog transformatora. Način na koji se okomiti serijski napon čini promjenjivim ovisi o topološkoj strukturi cijelog sustava. Koncept prema kojem je moguće izvesti reverziranje napona koristi se radi zakreta faznog kuta u bilo kojem smjeru. Naprava koja se koristi tim konceptom naziva se tiristorski upravljivi regulator faznog kuta (eng. TCPAR, Thyristor Controlled Phase Angle Regulator).



Slika 24. Tiristorski upravljivi zakretni transformator, TCPST

Međufazni regulator snage (eng. IPC, Interphase Power Controller). Serijska naprava pomoću koje se upravlja djelatnom i jalovom snagom. Sastoji se, u svakoj fazi, od induktivne i kapacitivne grane koje su priključene na međusobno odvojene i fazno zakrenute napone.

Djelatna i jalova snaga mogu se neovisno definirati prilagodbom faznog zakreta i/ili impedancija grana uz korištenje mehaničkih ili elektroničkih prekidača (slika 25). U slučaju da induktivna i kapacitivna impedancija rezultiraju konjugiranim parom, svaki od terminala IPC-a predstavlja pasivni izvor struje ovisan o naponu na drugom terminalu. Ovo je primjer široko definiranog koncepta serijske naprave koji može biti projektiran tako da omogući upravljanje djelatnom i jalovom snagom.



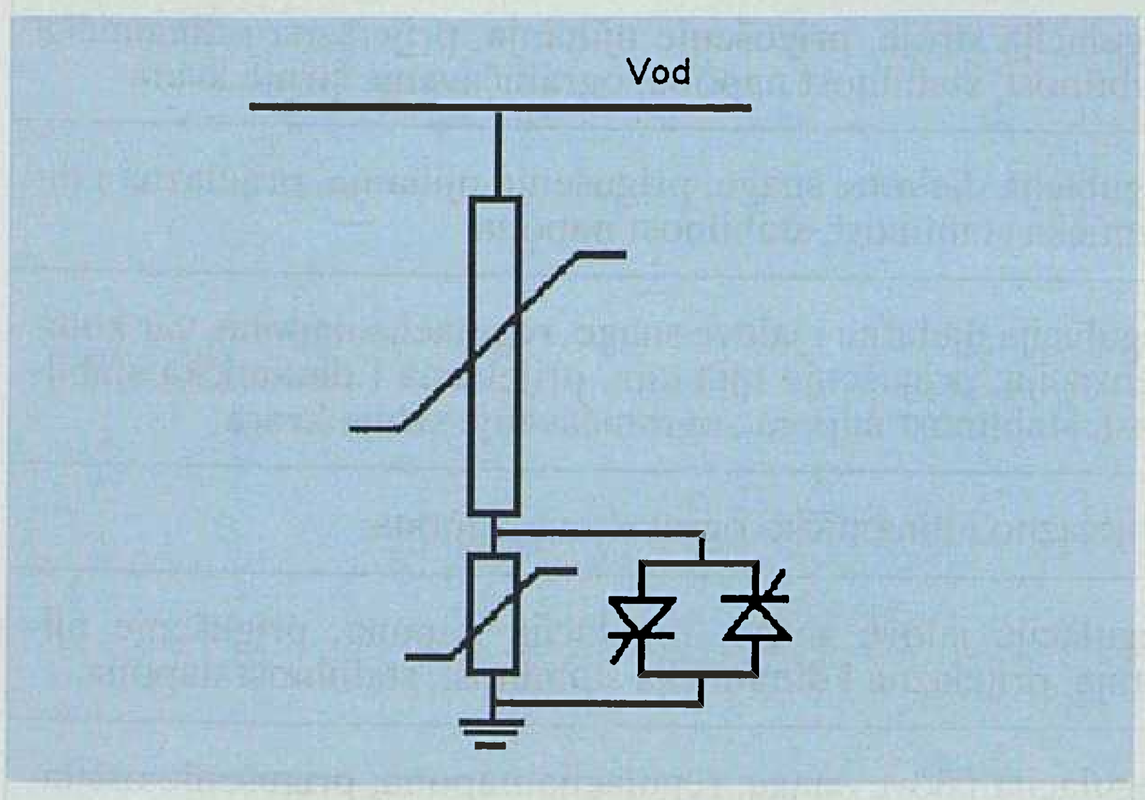
Slika 25. Međufazni regulator snage, IPC

4. Ostale naprave

Od preostalih FACTS naprava neophodno je istaknuti slijedeće

Tiristorski upravljivi limiter napona (eng. TCVL, Thyristor Controlled Voltage Limiter). Tiristorski uklopivi metal-oksidni varistor (MOV) koji se koristi radi ograničavanja napona na krajevima priključenja tijekom prijelaznih pojava.

Tiristorski prekidač može biti spojen u seriju s odvodnikom prenapona (bez raspora) ili dio odvodnika prenapona (10-20%) može biti premošten s tiristorskim prekidačem (slika 26). U potonjem se slučaju dinamički snižava razina ograničenja napona.

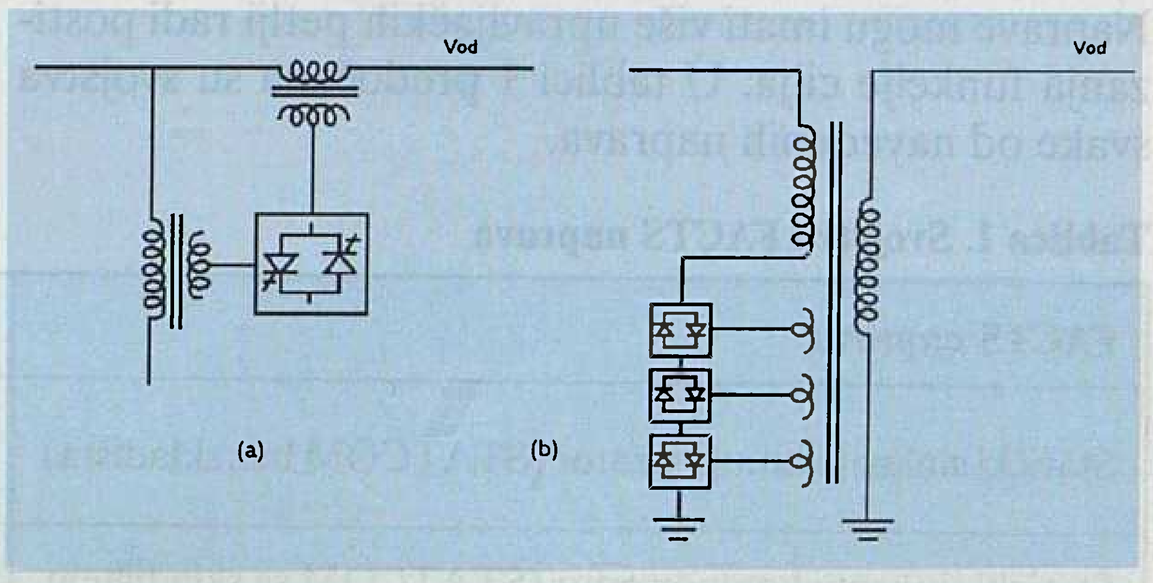


Slika 26. Tiristorski upravljivi limiter napona, TCVL

Općenito uzevši, MOV treba biti znatno moćniji od normalnog odvodnika prenapona bez raspora, kako bi TCVL mogao potisnuti dinamičke prenapone, a koji bi u protivnom trajali nekoliko desetaka perioda.

Tiristorski upravljivi regulator napona (eng. TCVR, Thyristor Controlled Voltage Regulator). Tiristorski upravljivi transformator koji rezultira kontinuirano upravljivim promjenjivim naponom (istog faznog kuta).

U praktičnim primjenama, naprava može biti u izvedbi s tiristorski upravljivim ac/ac naponskim pretvaračem kojim se injektira promjenjivi izmjenični napon istog faznog kuta u seriju s vodom (slika 27. a) ili kao običan transformator s tiristorski upravljivim prijenosnim omjerom (slika 27. b). Navedene relativno ekonomične naprave mogu biti vrlo učinkovite u upravljanju tokom jalove snage između dva izmjenična sustava.



Slika 27. Tiristorski upravljivi regulator napona, TCVR; (a) izvedba s naponskim pretvaračem i (b) transformatorska izvedba

Nakon prethodno provedene diskusije o različitim FACTS napravama, značajno je napomenuti da u okviru osnovnih zahtjeva sigurnosti navedene naprave omogućavaju postizanje jednog ili više slijedećih doprinosa:

- Upravljanje tokovima snage prema postavljenim zahtjevima. Zahtjevi se mogu odnositi na ugovore, vlastite potrebe elektroprivrede, postizanje optimalnih tokova snage, ponašanje u poremećenim stanjima ...
- Povećanje opteretivosti vodova do termičkih i dielektričkih ograničenja. Postiže se prevladavanjem drugih ograničenja te raspodjelom tokova snage među vodovima prema njihovim mogućnostima prijenosa. Značajno je napomenuti da je termičko ograničenje voda vrlo promjenjivo i ovisi o uvjetima okoliša i prošlim opterećenjima.
- Povećanje sigurnosti sustava putem podizanja granice prijelazne stabilnosti, ograničavanjem struje kratkog spoja i preopterećenja, izbjegavanjem kaskadnih raspada sustava i prigušivanjem elektromehaničkog njihanja u sustavu.
- Omogućavanje sigurnog povezivanja spojnim vodom susjednih sustava i područja, čime se smanjuje potreba za ukupnom rezervom proizvodnje na obje strane.

- Omogućavanje veće prilagodljivosti u planiranju novih proizvodnih izvora.
- Pojačavanje postojećih vodova.
- Smanjivanje tokova jalove snage čime se omogućava prijenos većeg iznosa djelatne snage.
- Smanjivanje zamkastih tokova snage.
- Povećanje iskoristivosti proizvodnih izvora s najnižim troškovima. Jedan od osnovnih razloga povezivanja prijenosnog sustava jest korištenje proizvodnih izvora s najmanjim troškovima. U slučaju kada to nije moguće postići, uglavnom se zaključuje da ne postoji dovoljno prijenosne moći. Poboljšanje prijenosne moći stoga bi omogućilo povećanje iskoristivosti najjeftinije proizvodnje.

S obzirom da su napon, struja, impedancija, djelatna i jalova snaga međusobno vrlo ovisne veličine, svaka od navedenih naprava ima višestruka svojstva u upravljanju naponom, tokovima snage ili stabilnosti. Naprave mogu imati više upravljačkih petlji radi postizanja funkcije cilja. U tablici 1 predočena su svojstva svake od navedenih naprava.

Značajno je napomenuti da su HVDC i FACTS vrlo komplementarne tehnologije. HVDC u osnovi ne predstavlja mrežu za sebe već moguću vezu između izmjeničnih sustava, gdje bi pouzdana izmjenična veza bila preskupa.

Danas postoji više od 50 HVDC projekata u svijetu koji se dijele u slijedeće kategorije:

- ***Podmorski kabeli.*** Izmjenični kabeli imaju visoku poprečnu kapacitanciju radi čega zahtijevaju veliku struju nabijanja (jalova snaga), koja je za red veličine veća nego kod nadzemnih vodova. U općenitom slučaju, za duljine podmorskih kabela veće od 30 km, struja nabijanja kabela poprima takav iznos da dovodi do njegovog punog opterećenja čime se ne ostavlja niti malo mjesta za prijenos djelatne snage. Struju nabijanja moguće je smanjiti priključenjem poprečnih prigušnica u intervalima 15-20 km, što zahtijeva odgovarajuću zemaljsku lokaciju. S druge strane, u primjeni HVDC kabela nema sličnih tehničkih problema koji su povezani s udaljenosti. Štoviše, troškovi prijenosa istosmjernim kabelom

Tablica 1. Svojstva FACTS naprava

FACTS naprava	Svojstva
Statički sinkroni kompenzator (STATCOM bez skladišta)	regulacija napona, var kompenzacija, prigušenje njihanja, stabilnost napona
Statički sinkroni kompenzator (STATCOM sa skladištem, BESS, SMES, veliki dc kondenzator)	regulacija napona, var kompenzacija, prigušenje njihanja, prijelazna i dinamička stabilnost, stabilnost napona, AGC
Statički var kompenzator (SVC, TCR, TSC, TSR)	regulacija napona, var kompenzacija, prigušenje njihanja, prijelazna i dinamička stabilnost, stabilnost napona
Tiristorski upravljivi kočni otpor (TCBR)	prigušenje njihanja, prijelazna i dinamička stabilnost
Statički sinkroni serijski kompenzator (SSSC bez skladišta)	regulacija struje, prigušenje njihanja, prijelazna i dinamička stabilnost, stabilnost napona, ograničavanje struje kvara
Statički sinkroni serijski kompenzator (SSSC sa skladištem)	regulacija struje, prigušenje njihanja, prijelazna i dinamička stabilnost, stabilnost napona
Tiristorski upravljivi serijski kondenzator (TCSC, TSSC)	regulacija struje, prigušenje njihanja, prijelazna i dinamička stabilnost, stabilnost napona, ograničavanje struje kvara
Tiristorski upravljiva serijska prigušnica (TCSR, TSSR)	regulacija struje, prigušenje njihanja, prijelazna i dinamička stabilnost, stabilnost napona, ograničavanje struje kvara
Tiristorski upravljivi zakretni transformator (TCPST ili TCPR)	regulacija djelatne snage, prigušenje njihanja, prijelazna i dinamička stabilnost, stabilnost napona
Objedinjeni regulator toka snage (UPFC)	regulacija djelatne i jalove snage, regulacija napona, var kompenzacija, prigušenje njihanja, prijelazna i dinamička stabilnost, stabilnost napona, ograničavanje struje kvara
Tiristorski upravljivi limiter napona (TCVL)	prijelazno i dinamičko ograničenje napona
Tiristorski upravljivi regulator napona (TCVR)	regulacija jalove snage, regulacija napona, prigušenje njihanja, prijelazna i dinamička stabilnost, stabilnost napona
Regulator toka snage među vodovima (IPFC)	regulacija jalove snage, regulacija napona, prigušenje oscilacija, prijelazna i dinamička stabilnost, stabilnost napona

znatno su niži od izmjeničnog. Time HVDC dobiva prednost u primjeni kod podmorskog prijenosa na većim udaljenostima. U tom području, FACTS tehnologija (posebice UPFC) omogućava poboljšanje putem regulacije napona na jednom od krajeva tako da ga izjednačava s naponom na drugom kraju. Time efektivna duljina kabela sa stajališta struje nabijanja može biti i prepolovljena. Ovim se pristupom postiže ekonomično rješenje na srednjim duljinama podmorskog prijenosa (do 100 km), ali za veće udaljenosti HVDC prijenos je nezamjenjiv.

- ***Nadzemni prijenos na velikim udaljenostima.*** U slučaju nadzemnog prijenosa na velikim udaljenostima (red veličine 1000 km), ušteda u kapitalnim troškovima i gubicima kod primjene HVDC-a može biti dovoljna za otplatu dva pretvarača (energetska elektronika kod HVDC-a čini 200% od nazivne snage prijenosa). Ta udaljenost naziva se prekretnom udaljenosti. Na nju utječe veliki broj faktora, od ekonomskih (troškovi izgradnje) do administrativnih (dozvole za gradnju). Značajno je prepoznati da FACTS naprave i u ovom slučaju mogu imati istaknutu primjenu, iako ne utječu u većoj mjeri na prekretnu udaljenost. FACTS naprave imaju ulogu u potpori izmjeničnog prijenosa, gdje HVDC nije ekonomski isplativ.
- ***Podzemni prijenos.*** S obzirom na visoke troškove podzemnih kabela, prekretna udaljenost u ovom slučaju primjene HVDC-a iznosi približno 100 km, dakle znatno manje nego kod nadzemnog prijenosa (1000 km). FACTS tehnologija niti u ovom slučaju ne utječe na značajniju promjenu prekretne udaljenosti. Do danas nema projekata podzemnog prijenosa na velikim udaljenostima, (izmjeničnih i istosmjernih) budući da je nadzemni prijenos znatno jeftiniji (približno 4 puta, a u nekim slučajevima i više).
- ***Povezivanje izmjeničnih sustava s različitom ili nekompatibilnom frekvencijom.*** Dvije su osnovne grupe frekvencije; 50 i 60 Hz. Područja s frekvencijom od 60 Hz nalaze se u obje Amerike, osim u Argentini i Paragvaju. Te dvije zemlje i preostali dio svijeta imaju frekvenciju od 50 Hz. Japan ima obje frekvencije. Budući da su oceani preveliki i preduboki, tržište za ovaj oblik primjene HVDC-a vrlo je ograničeno. Znatno veći opseg primjene moguće je očekivati u povezivanju izmjeničnih sustava koji nemaju kompatibilne sustave regulacije frekvencije. U tim se slučajevima fazni kut između dva sustava često zarotira u punom krugu ili u većem dijelu kruga. Ako učestalost tog događaja iznosi samo jednom ili dva puta na dan (kut iznad 60°), mehanički zakretni transformatori više se ne smatraju prihvatljivim rješenjem. Mnogi HVDC projekti (eng. back-to-back) rješavaju taj problem. Također, postoje i mnoge lokacije u svijetu gdje je sustav regulacije frekvencije kompatibilan, ali radi velike udaljenosti točke priključka od središta inercije sustava nastaju velike promjene faznog kuta tijekom dnevnih promjena opterećenja. FACTS tehnologija može također biti dio rješenja ovog problema. Dovoljno je napravu koja ima mogućnost upravljanja faznim kutem postaviti u jednom čvorištu i regulirati tako da u cijelom krugu prati promjene kuta na drugom kraju.

Veliko potencijalno tržište na kojem je moguća primjena FACTS naprava najčešće se pronalazi unutar izmjeničnih sustava gdje su:

- postojeći stacionarni fazni kutevi između čvorišta unutar razmjerno normalnih okvira,
- troškovi FACTS naprave niži od troškova HVDC-a i
- zahtijevana dimenzioniranja FACTS naprava manja od nazivne opteretivosti prijenosne veze.

5. PRIMJERI PRIMJENE FACTS NAPRAVA

Početak primjene naprava zasnovanih na energetskoj elektronici bilježi se prije 20-ak godina. Naime, statički var kompenzator (SVC) primijenjen je po prvi put 1974. godine u Nebraski, USA (General Electric). Već slijedeće godine druga primjena zabilježena je u Minnesoti, USA (Westinghouse). Prva primjena serijske naprave (NGH-SSR, upravljanje impedancijom serijskog kondenzatora u svrhu prigušenja) bilježi se 1984. godine u Californiji, USA (Siemens). Čak i prije pojave SVC-a, postojale su dvije izvedbe statičke prigušnice sa zasićenjem za ograničavanje prenapona.

Prve primjene naprava uzrokovale su veliki broj daljnjih istraživanja i ukazale na postojanje potencijalnih mogućnosti korištenja. Od tada je u primjeni FACTS tehnologije, koja je pod tim nazivom poznata od početka 1990-ih godina, došlo do brzog razvitka. Na kraju ovog rada, priložena je tablica s popisom primijenjenih naprava u EES-ima širom svijeta od 1990. godine. Pored primjena u prijenosnom i distribucijskom sektoru, uočava se postojanje većeg broja industrijskih primjena (željezare, lučne peći, valjaonice) te primjena u željeznici.

U primjeni u prijenosnom sektoru, ističu se četiri instalacije za koje se procjenjuje da će imati najveći utjecaj na daljnji razvoj FACTS tehnologije:

- **TCSC lociran u Kayenti, Arizona, USA (WAPA).** Proizvođačev naziv za ovu napravu je ASC (eng. Advanced Series Capacitor, Siemens) i odnosi se na sustav za serijsku kompenzaciju koji u sebi uključuje TCSC i konvencionalni serijski kondenzator. Instaliran je u 230 kV-nom sustavu u svrhu povećanja prijenosne moći. Nalazi se u sredini voda ukupne duljine 300 km. Okolni sustav uglavnom se sastoji od 500 kV i 230 kV vodova u području s većim brojem velikih termoenergetskih izvora. U početku je predmetni 230 kV vod korišten za prijenos cca 300 MW, ali je kasnijom izgradnjom paralelnih 500 kV vodova njegovo značenje značajno umanjeno. Zatim je, primje-

nom zakretnog transformatora, prvobitna uloga voda ponovno uspostavljena. Na kraju je primjenom sustava za serijsku kompenzaciju (70%, 110 Ù, 330 Mvar), prijenosna moc dodatno povećana za 100 MW (ukupno 400 MW), čime se približila termičkom ograničenju.

- **TCSC lociran u Slattu, Oregon, USA (BPA).** Naprava je instalirana na 500 kV naponskoj razini u seriji s vodom. Na udaljenosti od 25 km nalazi se velika termoelektrana na ugljen. S obzirom da je ovo jedna od prvih primjena ove vrste, lokacija na kojoj je naprava instalirana nije izabrana da prvenstveno poveća prijenosnu moć, već da izloži napravu ozbiljnim pogonskim uvjetima radi prikupljanja stvarnih iskustava i ponašanja. Postavljeni ciljevi odnose se na proizvodnju višemodulskog TCSC-a, njegovo testiranje i stalni pogon. Uz to što je naprava primijenjena na do tada najvišem naponu (500 kV), lokacija ima vrlo visoku struju kratkog spoja (20.3 kA), a i u neposrednoj blizini nalazi se termoelektrana. Time je projekt korišten i radi razmatranja i izbjegavanja subsinkrone rezonancije.
- **STATCOM lociran u Sullivanu, Tennessee, USA (TVA).** Naprava je namijenjena kompenzaciji jalove snage. Postrojenje se napaja s 500 kV i 161 kV naponske razine, između kojih je 1200 MVA transformator. Na strani 500 kV razine, česta su stanja povišenog napona tijekom malih opterećenja. Na strani 161 kV razine, česta su stanja sniženog napona tijekom vršnih opterećenja. Lokacija je vrlo rijetka s obzirom na pojavu promjenjivog napona tako da je moguće koristiti cijeli simetrični raspon izlazne snage kompenzatora (od induktivne do kapacitivne) bez primjene fiksnih kondenzatora ili prigušnica. Lokacija ujedno pruža mogućnost razmatranja prigušenja elektromehaničkog njihanja s obzirom na blizinu spoja sa susjednim elektroprivrednim sustavom (TVA-AEP). STATCOM je namijenjen regulaciji napona na 161 kV razini tijekom dnevnog podizanja opterećenja tako da se promjena prijenosnog omjera transformatora koristi znatno rjeđe. Korištenjem STATCOM-a očekuje se znatno produženje vijeka trajanja transformatora. Alternativno rješenje umjesto izgradnje STATCOM-a nužno bi uključivalo instalaciju drugog transformatora ili konstrukciju još jednog 161 kV voda. Izgradnjom STATCOM-a navedeni veliki troškovi izbjegnuti su na više godina.
- **UPFC lociran u Inezu, Kentucky, USA (AEP).** Prvi UPFC u svijetu, ukupne snage ±320 MVA, u pogonu je od 1998. godine. Zadaća mu je regulirati napon i upravljati tokovima snage u mreži naponske razine 138 kV. Šira okolina lokacije primjene naprave ima snagu opterećenja u iznosu od 2000 MW. Snaga se prenosi dugačkim 138 kV vodovima. Napon i jalova snaga održavaju se korištenjem SVC-a nazivne snage ±125 Mvar te većeg broja poprečnih kondenzatorskih baterija. S obzirom da šire područje ovisi o dugačkim 138 kV vodovima koji u normalnom pogonu prenose i po 300 MVA, postoji vrlo malena margina sigurnosti u uvjetima ispada elemenata mreže. Štoviše, razina napona vrlo je niska i iznosi 95% od nazivne. Ispadi vodova uzrokuju sniženi napon i/ili preopterećenje preostalih vodova. Kao rješenje nametnula se izgradnja teškog 138 kV voda s visokim termičkim ograničenjem koje se približava termičkom ograničenju normalnog 345 kV voda. Međutim, teškim vodom se neće prenositi snaga samo zbog visoke margine njegove termičke opteretivosti, već će snagu prijenosa određivati impedancije i ostali parametri mreže. U postupku vrednovanja opcija, zaključeno je da kombinirana serijsko-poprečna naprava poput UPFC-a može zadovoljiti postavljene zahtjeve upravljanja tokovima snage kroz teški vod i regulacije napona u čvorištu.

6. USPOREDBA TROŠKOVA INSTALACIJE

U fazi planiranja kompenzacije jalove snage nužno je potrebno držati se slijedećih preporuka:

- najprije primijeniti mehanički uklopivu poprečnu kompenzaciju s niskim troškovima, a zatim u distribuciji kompenzirati blizu jediničnog faktora snage, na visokom naponu kompenzirati mrežu čiji su vodovi opterećeni iznad prirodne snage, izbjeći transfer jalove snage između različitih naponskih razina, razmotriti lokacije primjene transformatora s promjenjivim prijenosnim omjerom pod opterećenjem, te na kraju razmotriti primjenu naprednijih naprava zasnovanih na energetskoj elektronici,
- razmotriti primjenu serijske kompenzacije na dužim vodovima najprije s mehanički uklopivim serijskim kondenzatorima, a zatim i s TCSC ili SSSC (pogotovo ako postoji mogućnost nastanka subsinkrone rezonancije),
- analizirati karakteristike tereta za potrebe primjene SVC-a i STATCOM-a,
- u preliminarnim analizama koristiti V-Q i P-V metode proračuna najvećih opterećenja i radnih točki,
- koristiti simulaciju u vremenskoj domeni za konačnu analizu i koordinaciju upravljanja, i
- kod događaja s ekstremno niskom vjerojatnosti nastanka, razmotriti mjere rasterećenja (podnaponsko i/ili podfrekvencijsko rasterećenje).

Troškovi su svakako jedan od razloga navedenog niza preporuka. Predvidivi troškovi dobave i instalacije opreme u postojećem postrojenju (od strane BPA) iznose:

- 500 kV serijski kondenzator, $3.0 mil + $14.4/kvar,
- 500 kV poprečni kondenzator, $1.4 mil + $5.3/kvar,
- 230 kV poprečni kondenzator, $0.3 mil + $5.4/kvar,
- 500 kV poprečna prigušnica, $1.7 mil + $10.4/kvar.

Raspon troškova suvremenih naprava predviđa se prema slijedećim poznatim troškovima:

- troškovi SVC-a, koji se sastoji od 100 Mvar TSR i 3 x 100 Mvar TSC, iznose $31/kvar (iz 1990. godine),
- troškovi SVC-a snage ±350 Mvar (2 x TCR i 2 x TSC) iznose $35/kvar (podatak iz 1993. godine),
- troškovi STATCOM-a iznose $50/kvar,
- troškovi TCSC-a iznose $40/kvar (slično kao SVC),
- troškovi serijske grane UPFC-a iznose $50/kW,
- troškovi poprečne grane UPFC-a iznose $50/kvar (jednako kao kod STATCOM-a), i
- troškovi sinkronog kompenzatora (Manitoba Hydro) nazivne snage +300(360)/-165 Mvar iznose $50/kvar.

Navedene troškove različitih kompenzacijiskih uređaja moguće je usporediti s troškovima izgradnje visokonaponskog prijenosnog voda nazivnog napona 400 kV i duljine 100 km. Uz kamatnu stopu od 8% i očekivani životni vijek od 30 godina, predvidivi troškovi (ovisni i o izboru trase) iznose:

- troškovi investicije $30 mil + gubici $30/MWh.

7. PRIMJENJIVOST KOMPENZACIJSKIH UREĐAJA U EES-u HRVATSKE S OBZIROM NA NAPONSKE PRILIKE U DALMACIJI

S obzirom na naponske prilike u Dalmaciji [25, 26], gdje postoje problemi s povišenim naponom na razinama 400 kV i 220 kV, ozbiljno se razmišlja o primjeni kompenzacijskog uređaja veličine izgradnje 100 - 150 Mvar na nekoj od odgovarajućih lokacija (Obrovac, Konjsko). Problem povišenih napona u Dalmaciji razmotren je isključivo sa stajališta slabog opterećenja prijenosnih vodova. S obzirom da je u budućnosti moguće očekivati i povećanje prijenosa snage tim vodovima (globalni transfer istok-zapad), problem povišenog napona može se transformirati i u problem stabilnosti napona (sniženi napon). Prema navedenim radovima nije uočena potreba preusmjeravanja tokova snage na različitim vodovima, odnosno različitim naponskim razinama.

Na temelju pregleda postojećih FACTS naprava, moguće je prepoznati poprečne naprave s izrazitim doprinosom u rješavanju problema regulacije napona (tablica 1). Među njima se posebice ističu STATCOM, SVC, TCR, TSC i TSR. Učinkovit bi bio SVS sustav koji uz navedene naprave uključuje i konvencionalne MSC i MSR (slika 18). U slučaju postojanja problema s tokovima snage koji bi pored regulacije napona zahtijevao i njezino preusmjeravanje, u razmatranje bi ušle kombinirane poprečno-serijske naprave poput UPFC i IPFC.

Problem stabilnosti napona iznimno je specifičan. Njegovo rješavanje zahtijeva poznavanje velikog broja scenarija razvoja i nastanka sloma napona. Mjere sprječavanja vrlo su raznolike. U području kompenzacije, pored poprečnih naprava u njegovom izbjegavanju moguće je koristiti i serijske naprave SSSC, TCSC, TSSC, TCSR, TSSR i TSPST, a stoga i već spomenute kombinirane poprečno-serijske naprave UPFC i IPFC.

8. ZAKLJUČAK

FACTS naprave, zasnovane na energetskoj elektronici, nude mogućnost poboljšanja upravljivosti i stabilnosti, čime uvelike utječu na povećanje prijenosne moći izmjeničnog prijenosnog sustava. Pojedinačno ili kombinirano djelovanje FACTS naprava usmjereno je prema:

- prigušenju elektromehaničkih oscilacija,
- regulaciji tokova djelatnih i jalovih snaga,
- serijskoj i poprečnoj kompenzaciji te
- regulaciji kuta prijenosa.

Na temelju ovisnosti o specifičnim potrebama održavanja sigurnog pogona na problematičnim lokacijama u visokonaponskoj prijenosnoj mreži, moguće je prepoznati određenu vrstu FACTS naprave čijim bi se korištenjem eventualni problemi ublažili, odnosno u potpunosti uklonili. Jasno, zbog visokih troškova (čije se sniženje očekuje daljnjim razvojem tehnologije), prethodno je potrebno iscrpiti sve mogućnosti konvencionalnog rješavanja postavljenog problema.

LITERATURA

[1] P. KUNDUR: "Power system stability and control", EPRI McGraw-Hill, ISBN 0-07-035958-X, 1994

[2] C. TAYLOR: "Power system voltage stability", EPRI McGraw-Hill, ISBN 0-07-063184-0, 1994

[3] T. Van CUTSEM, C. VOURNAS: "Voltage stability of electric power systems", Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-7923-8139-4, 1998

[4] C. TAYLOR: "Reactive power compensation and voltage stability: removing transmission limitations", Seminar Book, February 1997

[5] EES-UETP Course, *Stability and control of power networks*, Electric Power Systems, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, June 1993

[6] CIGR TF 39.02, "Voltage and reactive control," *LECTRA*, no. 173, August 1997, pp. 115-141

[7] CIGR TF 38-01-03, *Planning against voltage collapse*, Report, 1986

[8] CIGR TF 38-02-10, *Modelling of voltage collapse including dynamic phenomena*, Report, 1993

[9] IEEE, *Voltage stability of power systems: concepts analytical tools, and industry experience*, IEEE catalogue number 90TH0358-2-PWR, 1990

[10] IEEE, *Suggested techniques for voltage stability analysis*, IEEE, no. 93TH0620-5 PWR, 1993

[11] CIGR TF 11 WG38.02, *Indices predicting voltage collapse including dynamic phenomena*, Report, 1994

[12]]CIGR TF 34-08, *Protection against voltage collapse*, Report, 1998

[13] CIGR WG 39.04, "Coordination of protective relays and controls of generating sets under abnormal voltage conditions on the network," *Proc. of the CIGR Symposium*, 3A-03, Montral, Canada, 1991

[14] IEEE, *System protection and voltage stability*, Report, ISBN 0-7803-9981-1, June 1993

[15] CIGR TF 38-02-12, *Criteria and countermeasures for voltage collapse*, Report, 1995

[16] IEEE WG K12, *Voltage collapse mitigation*, Draft 4.0, IEEE Power System Relaying Committee, 1996

[17] CIGR TF 38-01-07, *Analysis and control of power system oscillations*, Report, 1996

[18] N. HINGORANI, L. GYUGYI: "Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems", IEEE Press, ISBN 0-7803-3455-8, 2000

[19] CIGR TF 38.01.06, *Load flow control in high voltage power systems using FACTS controllers*, Report, 1996

[20] L. GYUGYI: "Solid-state synchronous voltage sources for dynamic compensation and real-time control of AC transmission lines", IEEE Emerging Practices in Technology, IEEE Standards Press, 1993

[21] IEEE FACTS Terms & Definition Task Force, "Proposed terms and definitions for flexible AC transmission system (FACTS)," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 12, no. 4, October 1997, pp. 1848-1853

[22] IEEE Power Electronics Modeling Task Force & Digital Simulation Working Group, "Guidelines for modeling power electronics in electric power engineering applications," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 12, no. 1, January 1997, pp. 505-514

[23] IEEE, *FACTS Application*, IEEE catalogue number 96TP116-0, 1996

[24] CIGR TF 38-01-08, *Modeling of power electronics equipment (FACTS) in load flow and stability programs: a representation guide for power system planning and analysis*, Report 145, 1999

[25] M. LOVRIĆ, R. GOIĆ: "Problemi i mogući načini rješavanja naponskih prilika u prijenosnoj mreži Dalmacije", Energija, god. 49, br. 3, 2000, str. 171-176

[26] M. MAJSTROVIĆ, D. BAJS, G. MAJSTROVIĆ: "Kompenzacija reaktivne snage u prijenosnoj mreži na području Dalmacije", Energija, god. 49, br. 3, 2000, str. 177-182

PRILOG

Popis praktičnih primjena FACTS naprava od 1990. godine (SVC instalacije su navedene samo za veličinu izgradnje veću od 100 Mvar).

Skraćenice:

TCR	- Thyristor Controlled Reactor
TCT	- Thyristor Controlled Transformer
SR	- Saturable Reactor
FC	- Fixed Capacitor
TSC	- Thyristor Switched Capacitor
MSC	- Mechanical Switched Capacitor
BSC	- Breaker Switched Reactor
MSR	- Mechanical Switched Reactor
STATCOM	- Static Synchronous Compensator
TSSC	- Thyristor Switched Series Compensator
TCSC	- Thyristor Controlled Series Compensator
UPFC	- Unified Power Flow Controller
TCBR	- Thyristor Controlled Braking Resistor
IPC	- Interphase Power Controller
TCPST	- Thyristor Cntl Phase Shifting Transformer
VC	- Voltage Control
FC	- Frequency Control
DS	- Dynamic Stability
UL	- Compensation of Unsymmetrical Loading
FRL	- Comp. of Fast Reactive Load Variations
VL	- Voltage Unbalances
SS	- System Voltage Stability
PC	- Power Oscillation Control
DSSR	- Damping of Gen. Subsynch. Resonance
PFC	- Power Flow Control
DT	- Demonstrate Technology
HDS	- Hardware Design Studies
SCL	- Short Circuit Limiter
Arc Furn	- (eng. Arc Furnace) lučna peć
Roll. Mill	- (eng. Rolling Mill) metalna industrija
Tract. Load	- (eng. Traction Load) pružno opterećenje
Valve Test	- testiranje tiristorskih ventila

Developing Concept - razvojne smjernice

Br.	Zemlja	God	Vlasnik	Mjesto	Vrsta	Kori-štenje	Napon sust.	Napon priklj.	Puls	Mvar	Proizv.
1	Bulgaria	1990	Kremikovtzy	Sofia	TCR	Arc Furn	35kV, 50Hz			110	
2	USA	1990	Keystone Steel & Wire	Peoria	TCR	Arc Furn	34kV, 60Hz			165	
3	China	1991	Tianjim Seamless	Tianjin	TCR	Arc Furn	34kV, 50Hz			120	
4	China	1991	Wuyang Steelworks	Wuyang	TCR	Arc Furn	35kV, 50Hz			100	
5	Germany	1991	Stadtwerke	Bremen	TCR	Roll. Mill	33kV, 50Hz			110	
6	S. Korea	1991	Kang Won Industries	Pohang	TCR	Arc Furn	22kV, 60Hz			115	
7	Turkey	1991	Cucurova IIA	Izmir	TCR	Arc Furn	35kV, 50Hz			110	
8	Turkey	1991	Cucurova IIB	Izmir	TCR	Arc Furn	35kV, 50Hz			110	
9	Italy	1992	Ferdofin	Brescia	TCR	Arc Furn	16kV, 50Hz			110	
10	Malaysia	1992	Antara Steel Pasir	Gudang	TCR	Arc Furn	33kV, 50Hz			110	
11	Thailand	1992	NTS Steel Groups	Chonburi	TCR	Arc Furn	22kV, 60Hz			110	
12	USA	1992	Nucor	Blytheville, Ar	TCR	DC-ArcFurn	34kV, 60Hz			195	
13	Iran	1994	NISCO	YAZD	TCR	Arc Furn	33kV, 50Hz			115	
14	South Africa	1994	Columbus Joint Venture	Middelburg	TCR	Arc Furn	33kV, 50Hz			165	
15	Turkey	1994	ICDAS	Istanbul II	TCR	Arc Furn	35kV, 50Hz			105	
16	S. Korea	1996	Posco Stainless	Posco	TCR	Arc Furn	22kV, 60Hz			120	
17	Brazil	1990	Electronorte	Coxipo	TCR+TSC		230kV, 60Hz			130	ABB
18	Canada	1990	Hydro-Quebec	Chamou-chouane I	TCR+TSC	VC+DS +SS	735kV, 60Hz	16kV	6	-145 to 300	ABB
19	Canada	1990	Hydro-Quebec	Chamou-chouane II	TCR+TSC	VC+DS +SS	735kV, 60Hz	16kV	6	-145 to 300	ABB
20	USA	1990	Maine Electric Pwr.	Chester	TCR+TSC		345kV, 60Hz				ABB
21	Malaysia	1991	NEB	KI North 1			275kV, 50 Hz			200	
22	Malaysia	1991	NEB	KI North 2			275kV, 50Hz			200	
23	Malaysia	1991	NEB	Yong Peng			275kV, 50Hz			200	
24	India	1992	NTPC	Kanpur 1			400kV, 50Hz			280	
25	India	1992	NTPC	Kanpur 2			400kV, 50Hz			280	
26	USA	1992	AEA	Soldatna			115kV, 60Hz			110	
27	Canada	1993	B.C. Hydro	Dunsmuir			132kV, 60Hz			300	
28	Norway	1993	Statnett	Sylling			400kV, 50Hz			320	

Br.	Zemlja	God	Vlasnik	Mjesto	Vrsta	Kori-štenje	Napon sust.	Napon priklj.	Puls	Mvar	Proizv.
29	USA	1993	BPA	Keeler			230kV, 60Hz			650	
30	USA	1993	BPA	Maple Valley			230kV, 60Hz			650	
31	USA	1994	North States Power	Forbes			500kV, 60Hz			800	
32	Canada	1995	HQ	Chamou-chouane I			735kV, 60Hz			220	
33	Canada	1995	HQ	Chamou-chouane II			735kV, 60Hz			220	
34	Norway	1995	Statnett	Kristiansand			300kV, 50Hz			400	
35	Thailand	1995	EGAT	Bang Saphan			230kV, 60Hz			350	
36	Zimbabwe	1995	ZESA	Insukamini			330kV, 50Hz			300	
37	Canada	1996	HQ	La Verendrye I			735kV, 60Hz			220	
38	Canada	1996	HQ	La Verendrye II			735kV, 60Hz			220	
39	USA	1996	LANL	Los Alamos			115kV, 60Hz			150	
40	Canada	1997	HQ	Chibougama I			735kV, 60Hz			220	
41	Canada	1997	HQ	Chibougama II			735kV, 60Hz			220	
42	Germany	1995	PSAG	Salzgitter	TCR+FC	FRL	30kV, 50Hz	30kV	6	0 to 110	AEG
43	USA	1992	Appalachian Power	Roanoke Steel	TCR+FC	FRL Arc Furn	34.5kV	34.5kV	6	-42 to 169	Cegelec /CANA
44	UK	1992	Transmanche Link	Folkstone	TCR+FC	UL Tract Load	132kV, 50Hz	26.3kV	6	-126 to 174	Cegelec /CANA
45	USA	1995	AEP	Steel Dynamics	TCR+FC	FRL Arc Furn	34.5kV	34.5kV	6	0 to 250	Cegelec /CANA
46	USA	1995	AEP	Steel Dynamics	TCR+FC	FRL Roll.Mill	34.5kV	34.5kV	6	5 to 175	Cegelec /CANA
47	USA	1996	Centerior Energy	North Star /BHP	TCR+FC	FRL Arc Furn	34.5kV	34.5kV	6	0 to 150	Cegelec /CANA
48	Mexico	1998	CFE	Hylsa, Monterrey	TCR+FC	FLR Arc Furn	34.5	34.5	6	-50 to 100	Cegelec /CANA
49	Zaire	1990	SNEL	Kirvenza	TCR+TSC +FC	VC	220kV, 60Hz	10.5kV	6	130	Cogelex Alsthom
50	U.K.	1990	CEGB	Exeter	TCR+TSC +FC	VC+SS	400kV, 50Hz	400kV	6	-75 to 150	GEC
51	Japan	1991	Kansai Bilet Center		TCR+FC	FRL	77kV	33kV	6	0.1735	Fuji Electric
52	Thailand	1994	Siam Yamato Steel		TCR+FC	FRL	115kV	22kV	6	8 to 108	Fuji Electric
53	Japan	1995	Tokyo Steel	Utsunomia	TCR+FC	FRL+SS	154kV	33kV	6	24 to 119	Fuji Electric
54	Japan	1995	Tokyo Steel	Utsunomia	TCR+FC	FRL+SS	154kV	33kV	6	24 to 119	Fuji Electric
55	U.K.	1996	CEGB	Ninfield	SR+FC +MSC	VC+SS	400kV, 50Hz	56.6kV	18	-150 to 150	GEC

Br.	Zemlja	God	Vlasnik	Mjesto	Vrsta	Kori-štenje	Napon sust.	Napon priklj.	Puls	Mvar	Proizv.
56	U.K.	1991	National Grid Co.	St. John's Wood I	TCR+TSC +FC	VC+SS	275kV, 50Hz	275kV	6	-106 to 150	GEC Alsthom
57	U.K.	1992	National Grid Co.	St. John's Wood II	TCR+TSC +FC	VC+SS	275kV, 50Hz	275kV	6	-106 to 150	GEC Alsthom
58	U.K.	1990	National Grid Co.	Exeter 3	TCR+TSC +FC	SS+VC	400kV, 50Hz	400kV	6	-0.5	GEC Alsthom
59	U.K.	1991	National Grid Co.	Lovedean	TCR+TSC +FC	SS+VC	400kV, 50Hz	400kV	6	-0.5	GEC Alsthom
60	U.K.	1992	National Grid Co.	Exeter 5	TCR+TSC +FC	SS+VC	400kV, 50Hz	400kV	6	-0.5	GEC Alsthom
61	U.K.	1992	National Grid Co.	Mannington	TCR+TSC +FC	SS+VC	400kV, 50Hz	400kV	6	-0.5	GEC Alsthom
62	U.K.	1993	National Grid Co.	Mannington	TCR+TSC +FC	SS+VC	400kV, 50Hz	400kV	6	-0.5	GEC Alsthom
63	U.K.	1994	National Grid Co.	Cellarhead	TCR+TSC +FC	SS+VC	400kV, 50Hz	7.9kV	6	-0.5	GEC Alsthom
64	USA	1994	WAPA	Watertown	TCR+FC+ MSR+MSC	SS+VC	230kV, 60Hz	20 kV	6	-0.75	GEC Alsthom
65	U.K.	1995	National Grid Co.	Cellarhead	TCR+TSC +FC	SS+VC	400kV, 50Hz	7.9kV	6	-0.5	GEC Alsthom
66	U.K.	1995	National Grid Co.	Willington	TCR+TSC +FC	SS+VC	400kV, 50Hz	7.9kV	6	-0.5	GEC Alsthom
67	Japan	1990	Chubu Steel Co.	Nagoya Steel Works	INVERTER	FRL	22kV, 60Hz	1.0kV	36	-1	Mitsu-bishi
68	Japan	1991	Kansai Electric Pwr.	Inuyama SW/S	INVERTER	DS+VU +SS+PC	154kV, 60Hz	2.0 kV	48	-1	Mitsu-bishi
69	Japan	1993	Central Japan Rlwy.	Shin-Biwajima	INVERTER	VC+UL +VU	77kV, 60Hz	2.0 kV	18	-1	Mitsu-bishi
70	Japan	1993	Central Japan Rlwy	Shin-Biwajima	INVERTER	VC+UL +VU	77kV, 60Hz	2.0 kV	18	-1	Mitsu-bishi
71	Japan	1994	Mitsubishi Steel Co.	Muroran Steel	INVERTER	FRL	22kV, 50Hz	2.0 kV	18	-1	Mitsu-bishi
72	Japan	1994	Central Japan Rlwy	Shimizu	INVERTER	VC+UL +VU	154kV, 50Hz	2.0 kV	18	-1	Mitsu-bishi
73	Japan	1994	Central Japan Rlwy	Shimizu	INVERTER	VC+UL +VU	154kV, 50Hz	2.0 kV	18	-1	Mitsu-bishi
74	Japan	1994	Central Japan Rlwy	Shimizu	INVERTER	VC+UL +VU	154kV, 50Hz	2.0 kV	18	-1	Mitsu-bishi
75	Japan	1995	Central Japan Rlwy	Shin-Biwajima	INVERTER	VC+UL +VU	77kV, 60Hz	2.0 kV	18	-1	Mitsu-bishi
76	Japan	1995	Chubu Steel Co.	Nagoya Seel Works	INVERTER	FRL	22kV, 60Hz	2.0kV	24	-1	Mitsu-bishi
77	Japan	1995	Sumitomo Steel Co.	Osaka Steel Works	INVERTER	FRL	22kV, 60Hz	1.2kV	24	-1	Mitsu-bishi
78	Brazil	1993	Eletronote, Brazil	Sao Luis	TCR+TSR	VC	500kV, 50Hz	20kV	6	-140 to 200	Siemens
79	Brazil	1993	Eletronote, Brazil	Sao Luis	TCR+TSR	VC	500kV, 50Hz	20kV	6	-140 to 200	Siemens
80	U.K.	1991	CEGB, U.K.	Pelham	TCR+TSC	VC	400kV, 50Hz	14kV	6	-80 to 150	Siemens
81	U.K.	1991	CEGB, U.K.	Pelham	TCR+TSC	VC	400kV, 50Hz	14kV	6	-80 to 150	Siemens

Br.	Zemlja	God	Vlasnik	Mjesto	Vrsta	Kori-štenje	Napon sust.	Napon priklj.	Puls	Mvar	Proizv.
82	U.S.A.	1992	SPS, Amarillo,Tx,	Eddy County	TCR+TSC	VC +SS	230kV	8.5kV	6	-54 to 144	Siemens
83	Saudi Arabia	1992	Voest Alpine for Saudi I&S Co.	HADEED Al Jubail	TCR	VC +FRL	34.5kV	34.5kV	6	-50 to 110	Siemens
84	Indonesia	1992	P.T. Krak-atau Steel	Kota Baja	TCR	VC +FRL	30kV, 50 Hz	30kV	6	-65 to 115	Siemens
85	U.K.	1993	National Grid Co.	Harker	TCR+TSC	VC+PC	275kV, 50Hz	14kV	6	-80 to 150	Siemens
86	U.K.	1993	National Grid Co.	Harker	TCR+TSC	VC+PC	275kV, 50Hz	14kV	6	-80 to 150	Siemens
87	U.K.	1993	National Grid Co.	Drakelow	TCR+TSC	VC	275kV, 50Hz	14kV	6	-80 to 150	Siemens
88	U.K.	1994	National Grid Co.	Feckenham	TCR+TSC	VC	275kV, 50Hz	14 kV	6	-80 to 150	Siemens
89	Luxem-bourg	1994	Arbed Schifflingen	Arbed Schifflingen	TCR	VC +FRL	33kV, 50Hz	33kV	6	-40 to 150	Siemens
90	India	1994	ESSAR	ESSAR	TCR	VC +FRL	33kV	33kV	6	0 to 150	Siemens
91	India	1994	ESSAR	ESSAR	TCR	VC +FRL	33kV	33kV	6	0 to 150	Siemens
92	Turkey	1994	EGE-METAL	EGE-METAL	TCR	VC +FRL	34.5kV	34.5kV	6	0 to 125	Siemens
93	South Africa	1994	ESKOM	Impala	TCR	VC	275kV, 50Hz	15kV	6	-50 to 100	Siemens
94	South Africa	1994	ESKOM	Illovo	TCR	VC	275kV, 50Hz	15kV	6	-50 to 100	Siemens
95	South Africa	1995	ESKOM	Athene	TCR	VC	400kV, 50Hz	15kV	6	-50 to 100	Siemens
96	Belgium	1994	Marcinelle	Arc Furnace	TCR	VC+FRL	30kV	30kV	6	-10 to 120	Siemens
97	U.S.A.	1994	Gallatin Steel	Ft. Mitchell, Ky	TCR	VC+FRL	34.5kV	34.5kV	6	0 to 150	Siemens
98	U.S.A.	1995	L. A. Dept. Water&Pwr.	Adelanto	TSC	VC+PC +DS	500kV	16kV	6	388	Siemens
99	U.S.A.	1995	L.A. Dept. Water&Pwr.	Marketplace	TSC	VC+PC +DS	500kV	16kV	6	388	Siemens
100	India	1995	ESSAR	DC-Arc Furnace	TCR	VC +FRL	33kV	33kV	6	0 to 150	Siemens
101	Japan	1990	Japan Railway	Tokai Iwabuchi	TCR	VC	154kV, 60Hz			0 to 120	Toshiba
102	Japan	1990	Nisshin Seikou	Sinnannyou Works	STATCOM	FRL	22kV			-20 to 20	Toshiba
103	Japan	1991	Chiyoda Koute	Tokyo Works	STATCOM	FRL	22kV			-15 to 15	Toshiba
104	Brazil	1991	Energ. de Minas Gerais	Ouro Preto 2	TCR	VC	138kV, 60Hz			0 to 100	Toshiba
105	Japan	1991	Tokyo Electric Pwr.	Shin Shinano	STATCOM	PC	66kV, 50Hz	525 kV		-50 to 50	Toshiba
106	Japan	1991	Tokyo Seitetsu	Okayana Works	STATCOM	FRL	33kV			-49.5 to 49.5	Toshiba
107	Japan	1992	Hokkaido Electric Pwr.	Teine	STATCOM	FRL	66kV, 50Hz			-20 to 20	Toshiba

Br.	Zemlja	God	Vlasnik	Mjesto	Vrsta	Kori-štenje	Napon sust.	Napon priklj.	Puls	Mvar	Proizv.
108	Austria	1992	ETZ, AG	Durnrohr	TCR	VC	400kV, 50Hz			-150 to 0	Toshiba
109	Japan	1992	Tokyo Steel Co.	Okayama	TCR	FRL	110kV, 60Hz			0 to 191	Toshiba
110	U.A.E.	1992	Water & Electr.Dept.	Al Ain	TCR	VC	220kV, 50Hz			-80 to 180	Toshiba
111	Japan	1993	Japan Railway	Sintakatsuka	STATCOM	VC	154kV			-48 to 48	Toshiba
112	Japan	1994	Daidou Tokushukou	Shibukawa Works	STATCOM	FRL	22kV			-16.5 to 16.5	Toshiba
113	Japan	1994	Mukoyama Koujyou	Mukoyama Works	STATCOM	FRL	22kV			-22 to 22	Toshiba
114	Japan	1995	Daidou Tokushukou	Chita Works	STATCOM	VC	22kV			-27 to 27	Toshiba
115	Japan	1995	Nihon Kinzoku	Kinuura Works	STATCOM	FRL	22kV			-18 to 18	Toshiba
116	USA	1996	Tennessee Valley Authority	Sullivan, Tn	INVERTER -STATCOM	VC+DT	161kV, 60Hz	6.6kV DC	48	-100 to 100	Westing-house
117	USA	1997	Structural Metals	Seguin, Tx	INVERTER -STATCOM	FRL	15kV, 60Hz	10.4kV DC	48	-80 to 80	Westing-house
118	USA	1997	American Electric Power	Inez,Ky	INVERTER -UPFC (Shunt)	Shunt part of UPFC	138kV, 60Hz	20.9kV DC	48	-160 to 160	Westing-house
119	USA	1998	American Electric Power	Inez, Ky	INVERTER -UPFC (Series)	Seies part of UPFC, &PFC+ PC+HDS	138kV, 60Hz	20.9kV DC	48	-160 to 160	Westing-house
120	USA	1998	Pacific Gas & Electric	Paul Sweet	INVERTER -STATCOM	VC	115kV, 60Hz	10.2kV DC	24	-20 to 60	Westing-house
121	USA	1991	American Electric Power	Kanawha River	TSSC	Valve Test	345kV				ABB
122	USA	1992	WAPA	Kayenta, Az	TCSC - Single Module	PFC +DT				15ohm, 1kA, 16.2kV	Siemens
123	USA	1993	BPA	Slatt, Or	TCSC - Six Module	PFC+PC +DSSR +DT	500kV			8ohm, 2kA, 26.7kV	General Electric
124	USA	1993	WAPA		TCPST	Develop-ing Concept +PC					General Electric
125	USA	1994	Minnesota Power & Light	North Dakota Coal Fields	TCBR	Stability Studies	230kV			100-500 MW	
126	France	1997	EdF		UPFC	PFC +HDS	225kV			-7 to 7	GE/GEC Alsthom
127	Canada	1996	Hydro Quebec		IPC	PFC +SCL	161kV			200	CITEQ /ABB

TRANSMISSION POWER INCREASE POSSIBILITIES FOR ELECTRIC POWER SYSTEM USING CONVENTIONAL AND *FACTS* EQUIPMENT

The influence of the FACTS equipment on transmission power increase is described. In problem solving, both static and dynamic aspects of voltage stability, voltage regulation and reactive power compensation are used. The electric power system during longer transient states with lower voltage security using the FACTS equipment of different operation has been examined. The possibilities of the FACTS equipment considering load boundaries of the transmission system are also described. Apart from a short description and equipment defining, application examples are also included. The characteristics and costs of the conventional and the FACTS equipment are compared.

STEIGERUNG DER ÜBERTRAGUNGSKAPAZITÄT DES STROMVERSORGUNGSSYSTEMS DURCH NUTZUNG HERKÖMMLICHER UND ANPASSUNGSFÄHIGER EINRICHTUNGEN

Beschrieben sind die Fragen des Einflusses von sog. FACTS-Einrichtungen (= Flexible Alternating Current Transmission System = Elastisches Wechselstromübertragungssystem) auf die Steigerung der Übertragungskapazität. Dabei wurden statische und dynamische Gesichtspunkte der Lösungen von Fragen der Spannungs-Stabilität und -Regelung, sowie der Blindleistungskompensation genutzt. In einer Übersicht ist das Stromversorgungssystem umfasst worden, und zwar für die Fälle längerer Zeitspannen vom niedrigen Stand der Spannungssicherheit, verschiedene FACTS Einrichtungen inbegriffen. Beschrieben sind die Möglichkeiten der Anwendung von FACTS Einrichtungen im Bezug auf die Belastbarkeitsgrenzen des Übertragungssystems. Neben der kurzen Beschreibung und Bestimmung der Geräte sind Beispiele ihrer praktischen Anwendung angeführt. Ein Vergleich der Eigenschaften und der Kosten herkömmlicher und anpassungsfähiger (FACTS) Geräte ist durchgeführt worden.

Naslov pisca:

Mr. sc. Nijaz Dizdarević, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-01-19.

GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE U PRIJENOSNOJ MREŽI HEP-a

Mr. sc. Ranko G o i ć – Marko L o v r i ć – dr. sc. Zorko C v e t k o v i ć, Zagreb

UDK 621.311.1:621.3.017.2
PREGLEDNI ČLANAK

Opisana je problematika gubitaka snage i energije u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede. Dan je povijesni osvrt i sadašnje stanje gubitaka u prijenosnoj mreži, dok je analizama tokova snaga pokazana osjetljivost gubitaka o načinu angažiranja elektrana i uvoza električne energije, te smanjenje gubitaka uvjetovano predviđenom izgradnjom prijenosne mreže u narednim godinama.

Ključne riječi: prijenosna mreža, gubici, troškovi.

1. UVOD

Veličina gubitaka u prijenosnoj mreži je najznačajniji pokazatelj ekonomičnosti njena rada. Stoga je određivanju i analizi gubitaka u prijenosnoj i distributivnoj mreži potrebno posvetiti veliku pažnju u cilju njihova dovođenja do normalno tehničkih prihvatljivih granica. U ovom članku opisan je problem gubitaka snage i energije u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede (HEP). Dane su osnovne naznake načina tretiranja gubitaka u tržišnom okruženju kroz cijenu korištenja prijenosne mreže, kratak povijesni osvrt na praćenje gubitaka u HEP-u, kao i neke analize osjetljivosti gubitaka u prijenosnoj mreži u ovisnosti o hidrološkim okolnostima i utjecaju izgradnje novih prijenosnih objekata (i obnove postojećih) na smanjenje gubitaka. Članak nema niti može imati pretenziju da predloži način na koji bi trebalo sustavno raditi s dugoročnim ciljem dovođenja gubitaka u prijenosnoj mreži HEP-a u neke prosječne evropske norme. Međutim, ima za cilj opisati i ukazati na glavne probleme, neke od mogućih načina rješavanja, te prvenstveno kvantitativno pokazati utjecaj razvoja prijenosne mreže na smanjenje gubitaka.

2. PRIJENOSNA MREŽA U TRŽIŠNOM OKRUŽENJU

U svijetu je zadnjih petnaest godina započeo proces deregulacije u elektroenergetskom sektoru u mnogim zemljama. Elektroenergetski sektor se organizira (regulira) na novim osnovama koje prije svega podrazumjevaju promjenu strukture organizacije klasičnog centraliziranog elektroprivrednog poduzeća. Sam proces restrukturiranja elektroenergetskog sektora u jednom trenutku se pokazao nužnim kako bi se osigurala efikasnost rada, privatizacija, konkurencija i niža cijena električne energije, što se prvenstveno postiže ukidanjem monopola i uvođenjem tržišta u domeni proizvodnje i prodaje električne energije.

Osnovni principi restruktuiranog elektroenergetskog sektora dati su u Direktivi EU 92/96, a svode se na to da ni jedno poduzeće nema monopol na nivou prodaje električne energije na veliko i malo iz čega proizlazi da se pojavljuju različiti sudionici na tržištu električne energije i potiče konkurencija. Prijenosna i distributivna mreža i dalje ostaju regulirane, budući da predstavljaju javno dobro gdje nema konkurencije, te moraju osigurati otvoreni pristup svim sudionicima na tržištu bez diskriminacije. Regulatorna agencija koja kontrolira provođenje prethodno definiranih zakona u elektroenergetskom sektoru na svim nivoima formira cijenu korištenja prijenosne i distributivne mreže. Direktivu u različitim oblicima, ovisno o specifičnostima pojedinog elektroenergetskog sustava, prihvaćaju praktički sve europske zemlje.

Da bi se uspostavila nova pravila u organiziranju elektroenergetskog sektora i odnosa na tržištu električne energije potrebno je donijeti zakonsku regulativu koja se sastoji od:

- Pravila trgovine,
- Pravila povezivanja na elektroenergetski sustav i pristup mreži,
- Mjerenja električne energije,
- Cijena korištenja prijenosne i distributivne mreže,
- Mjere sigurnosti, pouzdanosti i razvoja sustava,
- Mjere koje se primjenjuju u prijelaznom razdoblju itd.

Važnu ulogu u radu elektroenergetskog sustava u uvjetima deregulacije imaju prijenosna poduzeća koja mogu biti privatizirana ili državna. Da bi prijenosna mreža mogla zadovoljiti sve zahtjeve ostalih sudionika na tržištu električne energije za prijenosom električne

energije, mora se osigurati adekvatna cijena za korištenje prijenosne mreže koja je regulirana od strane države (Agencije), a koja treba osigurati odgovarajući nivo operativne sigurnosti i razvoja.

Regulatorna agencija mora utvrditi jasne, predvidive i nediskriminirajuće tarife za pristup mreži, te potvrditi tarife za prijenos (i distribuciju). Kod donošenja cijena korištenja prijenosne mreže, regulatorna agencija mora sagledati sljedeće troškove koje imaju prijenosna poduzeća:

- troškovi povezani s investicijama i anuitetima izgrađenih prijenosnih objekata,
- troškovi eksploatacije i održavanja prijenosne mreže,
- troškovi gubitaka električne energije,
- troškovi zbog tehničkih ograničenja (zagušenja) u prijenosnoj mreži kada se zbog sigurnosnih razloga ne može poštivati ekonomski redoslijed angažiranja proizvodnih objekta,
- troškovi tranzita električne energije drugih sustava preko vlastite prijenosne mreže i
- troškovi za održavanje urednog rada elektroenergetskog sustava, tj. za pomoćne servise koji se odnose na regulaciju frekvencije i napona u mreži.

Sve navedene cijene moraju u uvjetima tržišno konkurentnog rada EES-a biti javne i transparentne svim sudionicima na tržištu na svim vremenskim nivoima. U ovom članku opisani su prvenstveno troškovi gubitaka električne energije, kao i neke implikacije vezane za razvoj i izgradnju prijenosne mreže na smanjenje istih.

3. PROBLEM GUBITAKA U PRIJENOSNOJ MREŽI HEP-a

Gubici električne energije u prijenosnim mrežama mogu se podijeliti prema:

a) mjestu njihovog nastanaka (elementi prijenosne mreže) i
b) ovisnosti o opterećenju (gubici neovisni o opterećenju - stalni gubici, gubici ovisni o opterećenju - promjenljivi gubici)

Gubici u prijenosnim mrežama uzrokuju sljedeće posljedice:

- potrebna je dopunska proizvodnja i potrošnja energenata u termoelektranama ili vode u hidroelektranama
- povećanje investicija u proizvodna i prijenosna postrojenja,
- povećava se cijena prijenosa električne energije
- struje gubitaka dopunski opterećuju prijenosnu mrežu, pogoršavaju naponske prilike i smanjuju raspoložive prijenosne kapacitete koji se nude na tržištu.

Praćenje gubitaka u hrvatskoj elektroenergetskoj mreži ima svoj razvitak koji je djelomično utjecao na njihovu veličinu. Kad je riječ o gubicima u distributivnoj mreži, vrlo je teško precizno pratiti razvoj tehničkih gubitaka iz razloga što su u podacima vrlo često iznošeni administrativni gubici koji su služili za međusobne obračune distribucije i ZEOH-a, tako da su često bili manipulirani, a tehnički gubici bi ostali sakriveni. Kad se doda činjenica da se u gubicima skrivaju i neisplaćeni računi za potrošak električne energije i krađa električne energije, jasno je da podacima o gubicima treba pristupiti vrlo oprezno. Bez obzira na navedeno, činjenica je da su tehnički gubici u distributivnoj mreži prvisoki. Dva su osnovna razloga utjecala na iznos tehničkih gubitaka distribucije:

Prvi je nagli rast konzuma u razdoblju od 1945. do 1975. godine, kada je praktički jedini cilj distribucije bio održavanje tempa elektrifikacije, dok se o ekonomskim aspektima malo razmišljalo. Osim toga, u to vrijeme je i ponuda na tržištu bila daleko skromnija i najčešće nije postojala mogućnost odabira, odnosno optimiranja presjeka vodiča i odgovarajućih materijala.

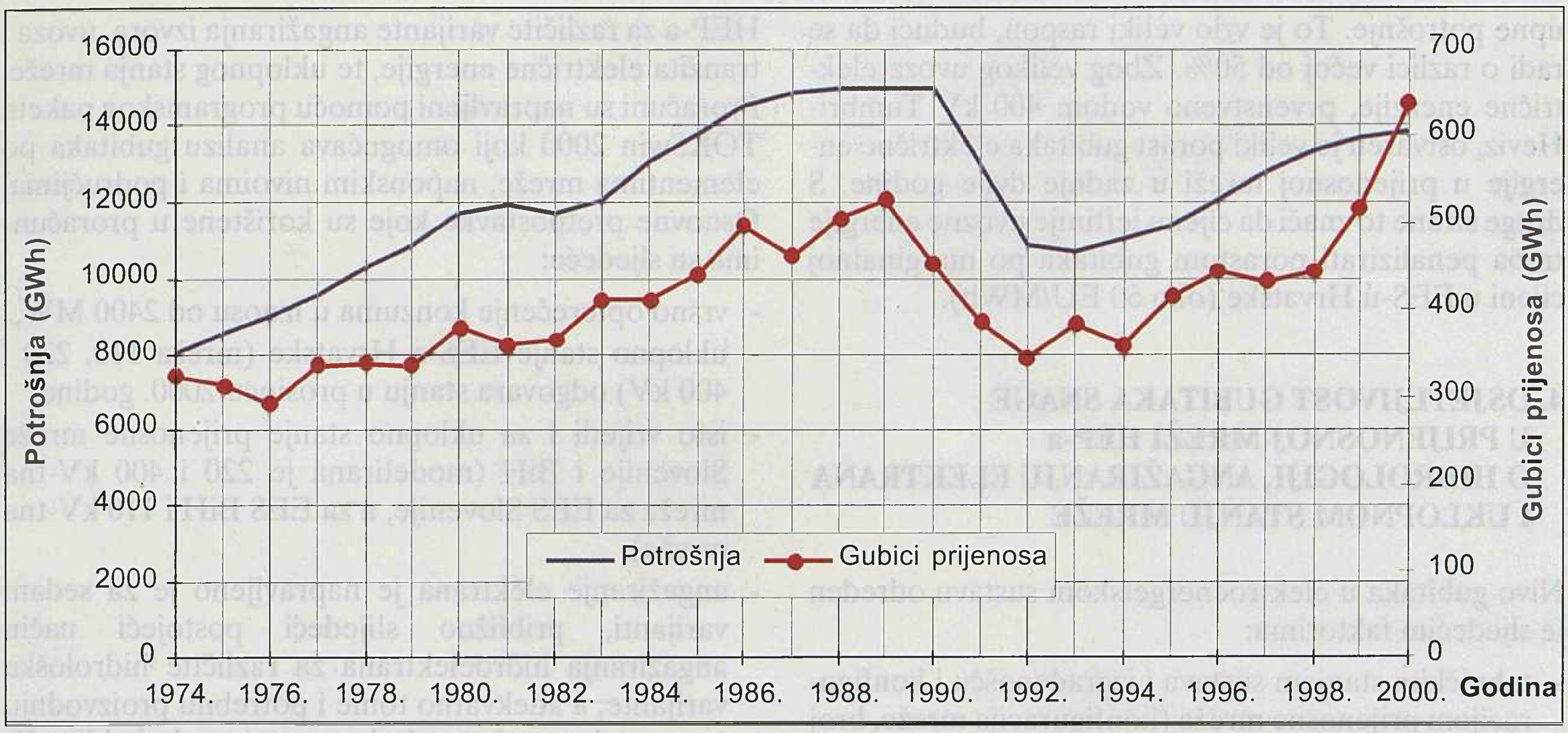
Drugi je razlog bila činjenica da su u proizvodnji električne energije dominirale hidroelektrane, pa se dio gubitaka mogao pokriti "preljevima", što nije ulazilo u troškove. S druge strane, veći presjeci vodiča su tražili i veće investicije, tj. veće izravne troškove, što je uvijek bilo sporno područje.

Kod prijenosne mreže situacija je bitno drugačija. U počecima izgradnje 110 kV-tne mreže ugrađivali su se vodiči manjeg presjeka (AlČe150 mm^2), ali se vrlo brzo prešlo na presjek 240 mm^2, a po potrebi i na veće presjeke odnosno dvostruke dalekovode, što je gubitke prijenosa držalo u prosječnim europskim granicama. Porast konzuma bio je praćen i uvođenjem 220 kV-tne mreže (1962. godine), odnosno 400 kV-tne mreže (razdoblje 1978-1980. g.), što je povoljno utjecalo na smanjenje gubitaka. Jasno je da se pitanje ekonomičnosti izgradnje prijenosne mreže s vremenom mijenja. Nažalost, mijenja se sve više na štetu razvoja prijenosne mreže, tako da će u budućnosti, pogotovo u tržišno orijentiranom i privatiziranom elektroenergetskom sektoru, biti vrlo teško pronalaziti ekonomske argumente za razvoj prijenosne mreže.

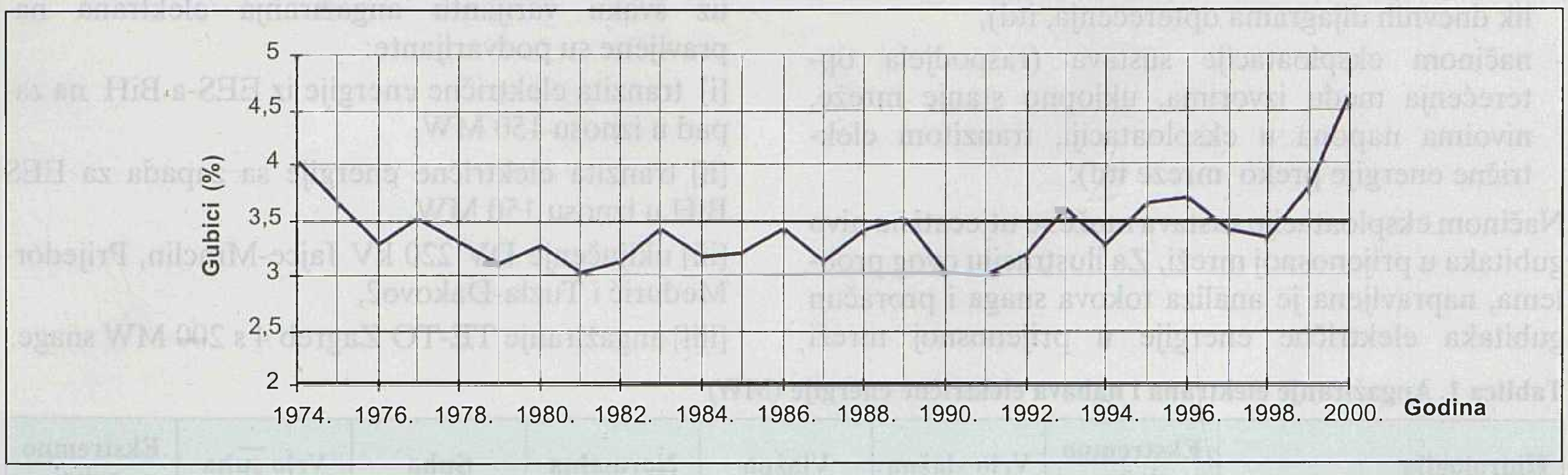
Na slici 1. su prikazani godišnji gubici električne energije usporedno s ukupnom potrošnjom u elektroenergetskom sustavu HEP-a u razdoblju od 1974. do 2000. godine, dok je na slici 2 prikazan postotni iznos gubitaka u odnosu na potrošnju.

Jedan od naslijeđenih problema prijenosne mreže HEP-a jest činjenica da je ona građena kao podsustav prijenosne mreže bivše države. Zbog toga njena konfiguracija nije ni blizu optimalne po pitanju brojnih kriterija, što je ujedno i jedan od razloga relativno velikih gubitaka.

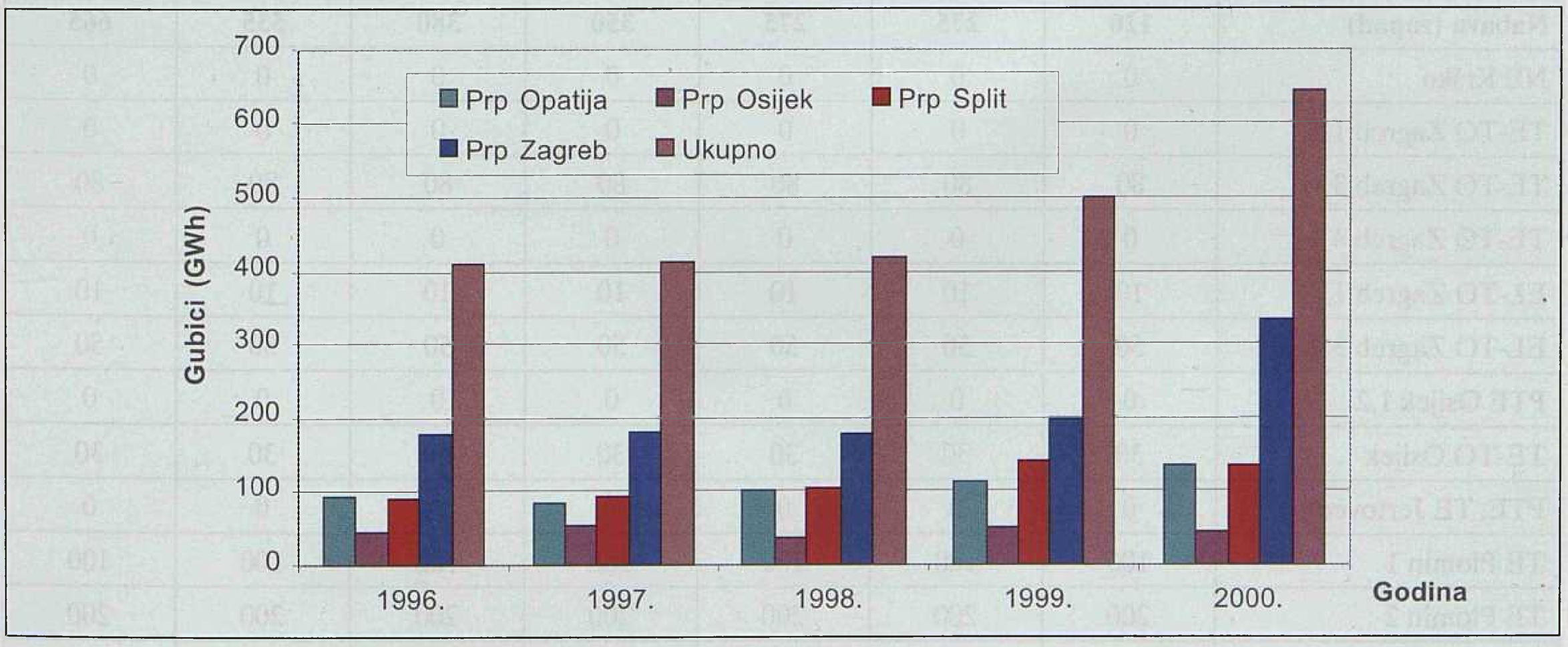
Na slici 3 su prikazani ostvareni gubici električne energije u prijenosnim područjima u razdoblju od 1996. do 2000. godine.



Slika 1. Potrošnja i gubici električne energije u HEP-u u razdoblju od 1974. do 2000. g.



Slika 2. Postotni gubici prijenosa u odnosu na potrošnju u razdoblju od 1974. do 2000. g.



Slika 3. Gubici po prijenosnim područjima u razdoblju od 1996. do 2000. g.

Vidljivo je da veličina ostvarenih gubitaka u elektroenergetskom sustavu HEP-a slijedi logiku oblika krivulje ostvarene potrošnje u navedenom razdoblju(izuzetak zadnje dvije godine gdje je ostvareno znatno povećanje), te da su se gubici električne energije u prijenosnoj mreži kretali od 3 do 4.6% od uk-

upne potrošnje. To je vrlo veliki raspon, budući da se radi o razlici većoj od 50%. Zbog velikog uvoza električne energije, prvenstveno vodom 400 kV Tumbri-Heviz, ostvaren je veliki porast gubitaka električne energije u prijenosnoj mreži u zadnje dvije godine. S druge strane to znači da cijenu jeftinije uvozne energije treba penalizirati porastom gubitaka po marginalnoj cijeni u EES-u Hrvatske (oko 60 EU/MWh).

4. OSJETLJIVOST GUBITAKA SNAGE U PRIJENOSNOJ MREŽI HEP-a O HIDROLOGIJI, ANGAŽIRANJU ELEKTRANA I UKLOPNOM STANJU MREŽE

Nivo gubitaka u elektroenergetskom sustavu određen je sljedećim faktorima:

- tehničkim stanjem sustava i izgrađenošću i konfiguracijom prijenosne mreže (konfiguracija mreže, broj stupnjeva transformacije, parametri vodova i transformatora, struktura i položaj izvora i potrošača, oblik dnevnih dijagrama opterećenja, itd),
- načinom eksploatacije sustava (raspodjela opterećenja među izvorima, uklopno stanje mreže, nivoima napona u eksploataciji, tranzitom električne energije preko mreže itd).

Načinom eksploatacije sustava može se utjecati na nivo gubitaka u prijenosnoj mreži. Za ilustraciju ovog problema, napravljena je analiza tokova snaga i proračun gubitaka električne energije u prijenosnoj mreži HEP-a za različite varijante angažiranja izvora, uvoza i tranzita električne energije, te uklopnog stanja mreže. Proračuni su napravljeni pomoću programskog paketa TOKSwin 2000 koji omogućava analizu gubitaka po elementima mreže, naponskim nivoima i područjima. Osnovne pretpostavke koje su korištene u proračunima su sljedeće:

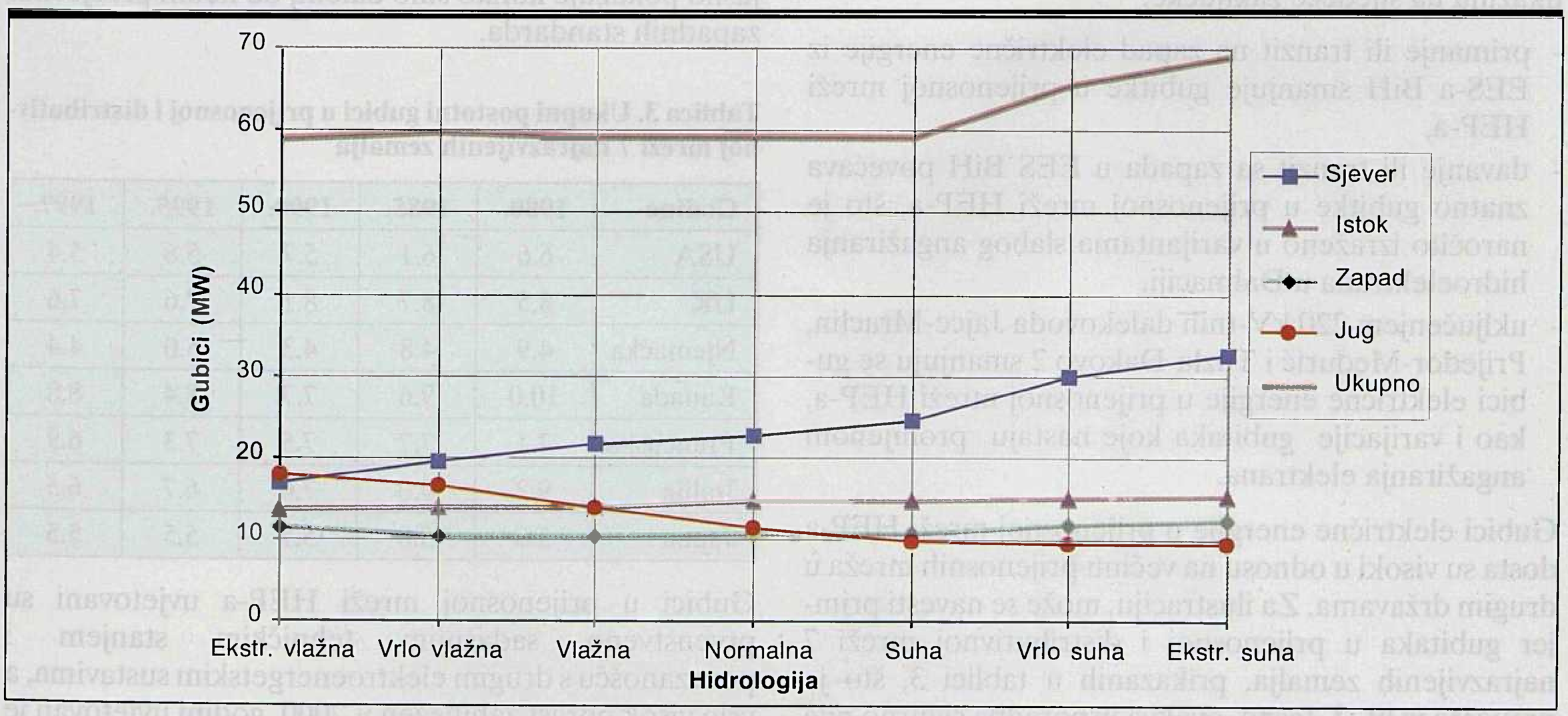
- vršno opterećenje konzuma u iznosu od 2400 MW,
- uklopno stanje EES-a Hrvatske (mreža 110, 220 i 400 kV) odgovara stanju u prosincu 2000. godine,
- isto vrijedi i za uklopno stanje prijenosne mreže Slovenije i BiH (modelirana je 220 i 400 kV-tna mreža za EES Slovenije, a za EES BiH i 110 kV-tna mreža),
- angažiranje elektrana je napravljeno je za sedam varijanti, približno slijedeći postojeći način angažiranja hidroelektrana za različite hidrološke varijante, a adekvatno tome i potrebnu proizvodnju termoelektrana i potrebni uvoz sa zapada (tablica 1),
- nisu uračunati gubici na transformatorima 110/X kV,
- uz svaku varijantu angažiranja elektrana napravljene su podvarijante:
  [i] tranzita električne energije iz EES-a BiH na zapad u iznosu 150 MW,
  [ii] tranzita električne energije sa zapada za EES BiH u iznosu 150 MW,
  [iii] uključenje DV 220 kV Jajce-Mraclin, Prijedor-Međurić i Tuzla-Đakovo2,
  [iiii] angažiranje TE-TO Zagreb 4 s 200 MW snage.

Tablica 1. Angažiranje elektrana i nabava električne energije (MW)

Hidrologija	Ekstremno vlažna	Vrlo vlažna	Vlažna	Normalna	Suha	Vrlo suha	Ekstremno suha
Konzum	**2400**	**2400**	**2400**	**2400**	**2400**	**2400**	**2400**
Nabava (zapad)	**120**	**275**	**275**	**350**	**380**	**535**	**665**
NE Krško	0	0	0	0	0	0	0
TE-TO Zagreb 1,2	0	0	0	0	0	0	0
TE-TO Zagreb 3	80	80	80	80	80	80	80
TE-TO Zagreb 4	0	0	0	0	0	0	0
EL-TO Zagreb 1,2	10	10	10	10	10	10	10
EL-TO Zagreb 3,4	50	50	50	50	50	50	50
PTE Osijek 1,2	0	0	0	0	0	0	0
TE-TO Osijek	30	30	30	30	30	30	30
PTE, TE Jertovec 1,2	0	0	0	0	0	0	0
TE Plomin 1	100	100	100	100	100	100	100
TE Plomin 2	200	200	200	200	200	200	200
TE Sisak 1	190	190	190	190	190	190	190
TE Sisak 2	0	0	0	100	190	190	190
TE Rijeka	0	0	250	250	300	300	300
Ukupno TE	**660**	**660**	**910**	**1010**	**1150**	**1150**	**1150**

Hidrologija	Ekstremno vlažna	Vrlo vlažna	Vlažna	Normalna	Suha	Vrlo suha	Ekstremno suha
Drava ukupno	200	145	95	95	95	75	60
HE Varaždin	70	55	35	35	35	25	20
HE Čakovec	65	45	30	30	30	25	20
HE Dubrava	65	45	30	30	30	25	20
HE Gojak	50	50	40	35	20	15	15
HE Rijeka	35	35	15	15	10	0	0
HE Miljacka	20	20	20	20	20	15	10
HE Golubić	10	10	5	5	5	5	5
HE Jaruga	5	5	5	5	5	5	5
Ukupno HE protočne	**320**	**265**	**180**	**175**	**155**	**115**	**105**
HE Vinodol	70	65	50	45	30	25	15
HE Senj	210	210	190	170	150	140	120
HE Sklope	5	10	15	15	15	10	10
HE Peruča	10	15	10	10	10	10	10
HE Orlovac	210	165	130	110	80	70	60
HE Zakučac	430	410	345	270	225	185	195
HE Kraljevac	5	5	5	5	5	5	5
RHE Obrovac	220	180	160	130	110	80	0
HE Dubrovnik	105	105	100	90	75	65	55
HE Đale	35	35	30	20	15	10	10
Ukupno HE akumul.	**1300**	**1200**	**1035**	**865**	**715**	**600**	**480**

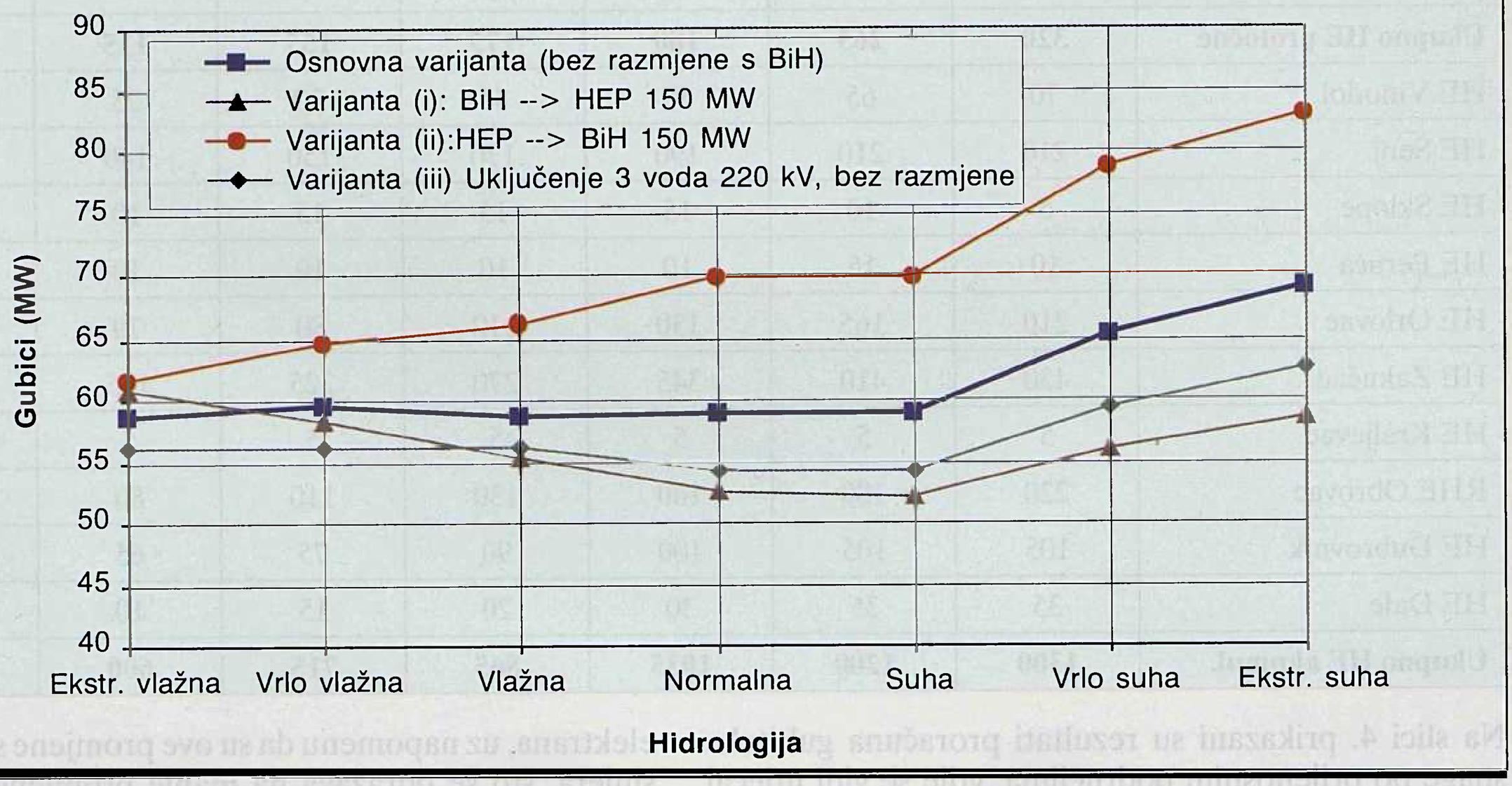
Na slici 4. prikazani su rezultati proračuna gubitaka snage po prijenosnim područjima, gdje se vidi utjecaj angažiranja elektrana na iznose gubitaka. Uočljive su velike promjene gubitaka u prijenosnom području Zagreb (Sjever) i Split (Jug) s promjenom angažiranja elektrana, uz napomenu da su ove promjene suprotnog smjera, što se odražava na manje promjene ukupnih gubitaka u prijenosnoj mreži HEP-a. U tablici 2 i slici 5 dani su iznosi gubitaka snage za navedene podvarijante [i], [ii], [iiii].



Slika 4. Gubici snage u prijenosnoj mreži HEP-a za različite varijante angažiranja HE

Tablica 2. Ukupni gubici snage u prijenosnoj mreži HEP-a (bez transformatora 110/x) za podvarijante [i], [ii], [iiii] (MW)

Hidrologija	Ekstr. vlažna	Vrlo vlažna	Vlažna	Norm.	Suha	Vrlo suha	Ekstr. suha
Osnovna varijanta (bez razmjene s BiH)	58.8	59.5	58.8	58.9	58.9	65.4	68.9
Varijanta (i): BiH -- HEP 150 MW	60.8	58.4	55.4	52.6	52.1	55.9	58.6
Varijanta (ii):HEP -- BiH 150 MW	61.8	64.6	66.1	69.7	69.9	78.8	83.1
Varijanta (iii) Uklj. 3 voda 220 kV, bez razmjene	56.1	56.2	56.2	54.2	54.2	59.5	62.5
Razlika: varijanta (i) - osnovna varijanta	2.0	-1.1	-3.4	-6.2	-6.8	-9.5	-10.3
Razlika: varijanta (ii) - osnovna varijanta	3.0	5.1	7.3	10.8	11.0	13.4	14.2
Razlika: varijanta (ii) - varijanta (i)	1.0	6.2	10.7	17.1	17.8	22.9	24.5
Razlika: varijanta (iii) - osnovna varijanta	-2.7	-3.3	-2.7	-4.7	-4.7	-5.9	-6.4



Slika 5. Ukupni gubici snage u prijenosnoj mreži HEP-a (bez transformatora 110/x) za podvarijante [i], [ii], [iiii]

Rezultati proračuna prikazani u tablici 2 i na slici 5 ukazuju na sljedeće zaključke:

- primanje ili tranzit na zapad električne energije iz EES-a BiH smanjuje gubitke u prijenosnoj mreži HEP-a,
- davanje ili tranzit sa zapada u EES BiH povećava znatno gubitke u prijenosnoj mreži HEP-a, što je naročito izraženo u varijantama slabog angažiranja hidroelektrana u Dalmaciji,
- uključenjem 220 kV-tnih dalekovoda Jajce-Mraclin, Prijedor-Međurić i Tuzla-Đakovo 2 smanjuju se gubici električne energije u prijenosnoj mreži HEP-a, kao i varijacije gubitaka koje nastaju promjenom angažiranja elektrana.

Gubici električne energije u prijenosnoj mreži HEP-a dosta su visoki u odnosu na većinu prijenosnih mreža u drugim državama. Za ilustraciju, može se navesti primjer gubitaka u prijenosnoj i distributivnoj mreži 7 najrazvijenih zemalja, prikazanih u tablici 3, što je preuzeto iz lit. 2. Jasno, ovakva usporedba sigurno nije primjerena s obzirom na nivo tehnološkog razvoja, strukturu mreže i potrošnje električne energije, ali jasno pokazuje koliko smo daleko od nekih prosječnih zapadnih standarda.

Tablica 3. Ukupni postotni gubici u prijenosnoj i distributivnoj mreži 7 najrazvijenih zemalja

Godina	1980.	1985.	1990.	1995.	1997.
USA	6.6	6.1	5.7	5.6	5.4
UK	8.5	8.7	8.1	7.6	7.6
Njemačka	4.9	4.8	4.3	5.0	4.4
Kanada	10.0	9.6	7.7	8.4	8.8
Francuska	7.1	7.7	7.5	7.3	6.9
Italija	9.2	9.0	7.0	6.7	6.5
Japan	5.8	5.8	5.7	5.5	5.5

Gubici u prijenosnoj mreži HEP-a uvjetovani su prvenstveno sadašnjim tehničkim stanjem i povezanošću s drugim elektroenergetskim sustavima, a vrlo visok porast zabilježen u 2000. godini uvjetovan je velikim uvozom, sušnom hidrologijom u prvih deset

mjeseci i tranzitom sa zapada za EES BiH. Na povećanje gubitaka u prijenosnoj mreži HEP-a posebno se može izdvojiti:

- Kruženje snage (parazitski ili crni tranzit, tranzit u petlji) EES-a Slovenije preko 400 kV-tnih dalekovoda na potezu Krško-Tumbri-Meline-Divača. Moguće rješenje problema je u dogradnji 400 kV mreže u Sloveniji.
- Gubici na 400 kV-tnom dalekovodu Tumbri-Heviz (od TS Tumbri do mađarske granice), koje je moguće znatno smanjiti puštanjem u pogon druge trojke. Na slici 6a odnosno 6b prikazani su gubici na DV 400 kV Tumbri-Meline odnosno Tumbri- Heviz (do granice).
- Gubici na 110 kV-tnom vodu Komolac-Ston (godišnje od 20 do 30 GWh), zbog evakuacije energije iz HE Dubrovnik, koji su prikazani na slici 6c. Moguće rješenje je dogradnja prijenosne mreže na području Dubrovnika.

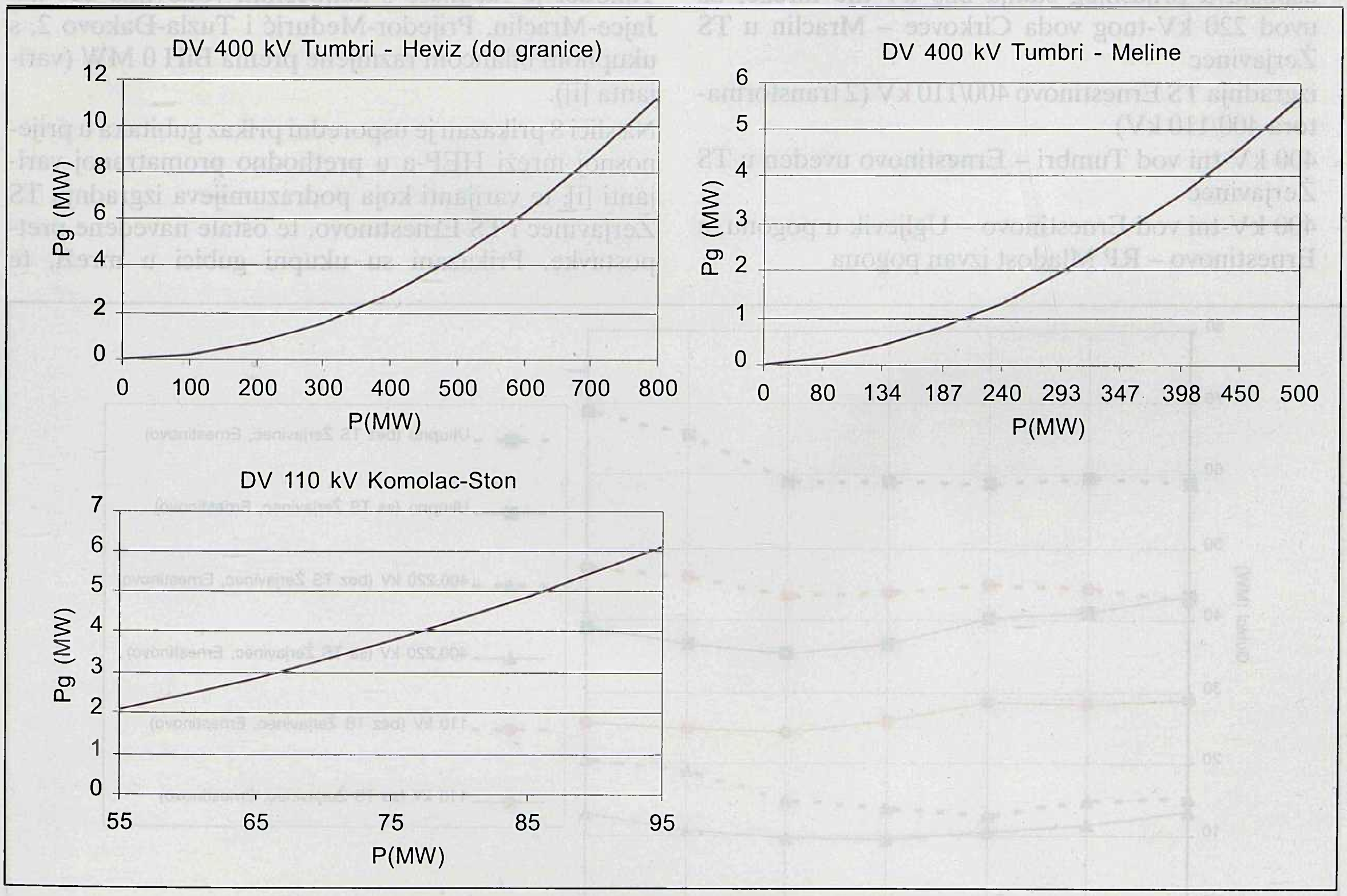
Također se može istaknuti da sadašnja prijenosna mreža HEP-a ima veliku osjetljivost gubitaka s promjenama u proizvodnji i razmjeni električne snage. S druge strane to znači da kod planiranja proizvodnje i razmjene treba uzimati u obzir i faktore penalizacije (obeštećenja) kako bi se osigurali realni troškovi pojedinih elemenata u operativnim troškovima rada EES-a. Nadalje iz ove analize se vidi da daljnje povezivanje prijenosne mreže sa susjednim sustavima smanjuje osjetljivost gubitaka mreže na promjene proizvodnje i razmjene, odnosno smanjuje same gubitke mreže i faktore penalizacije proizvodnje i razmjene.

Na smanjenje gubitaka u prijenosnoj mreži HEP-a, posebno na zagrebačkom području utjecat će uključenje TE-TO Zagreb 4 na mrežu (proizvodnja u centru potrošnje). Slika 7 prikazuje ovisnost gubitaka u prijenosnom području Zagreb pri vršnom opterećenju u varijantama sa i bez TE-TO Zagreb 4 za različite varijante angažiranja hidroelektrana.

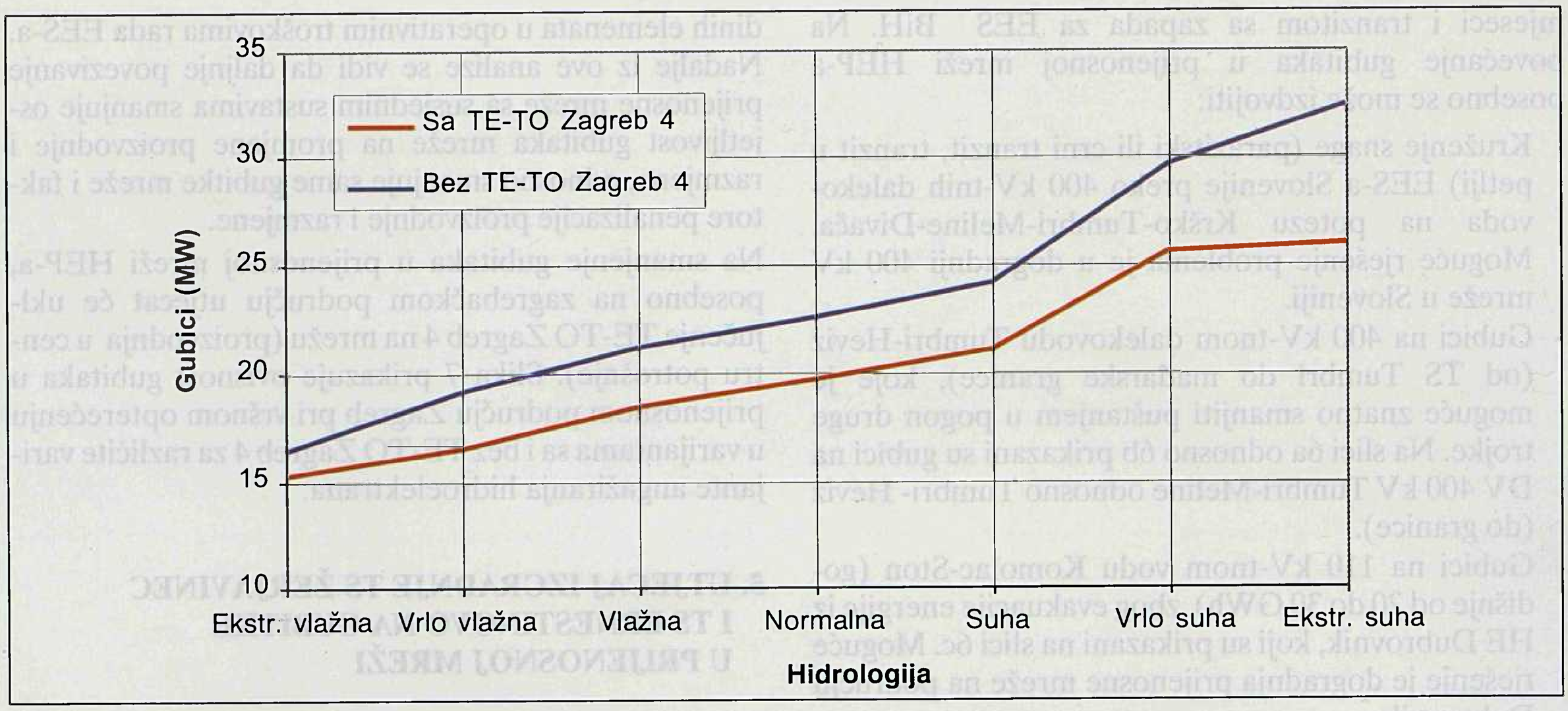
5. UTJECAJ IZGRADNJE TS ŽERJAVINEC I TS ERNESTINOVO NA GUBITKE U PRIJENOSNOJ MREŽI

Posebna varijanta proračuna napravljena je za slučaj izgradnje TS Žerjavinec i TS Ernestinovo. Pretpostavljeno je sljedeće:

- izgradnja TS Žerjavinec 400/220/110 kV (2 transformatora 400/110 kV, 1 transformator 400/220 kV)
- izgradnja novih i uvođenje nekih postojećih vodova 110 kV u TS Žerjavinec, tako da je TS Žerjavinec



Slika 6. Gubici snage (u ovisnosti o snazi prijenosa) na vodovima
a) 400 kV Tumbri-Meline,
b) 400 kV Tumbri – Heviz,
c) 110 kV Komolac-Ston



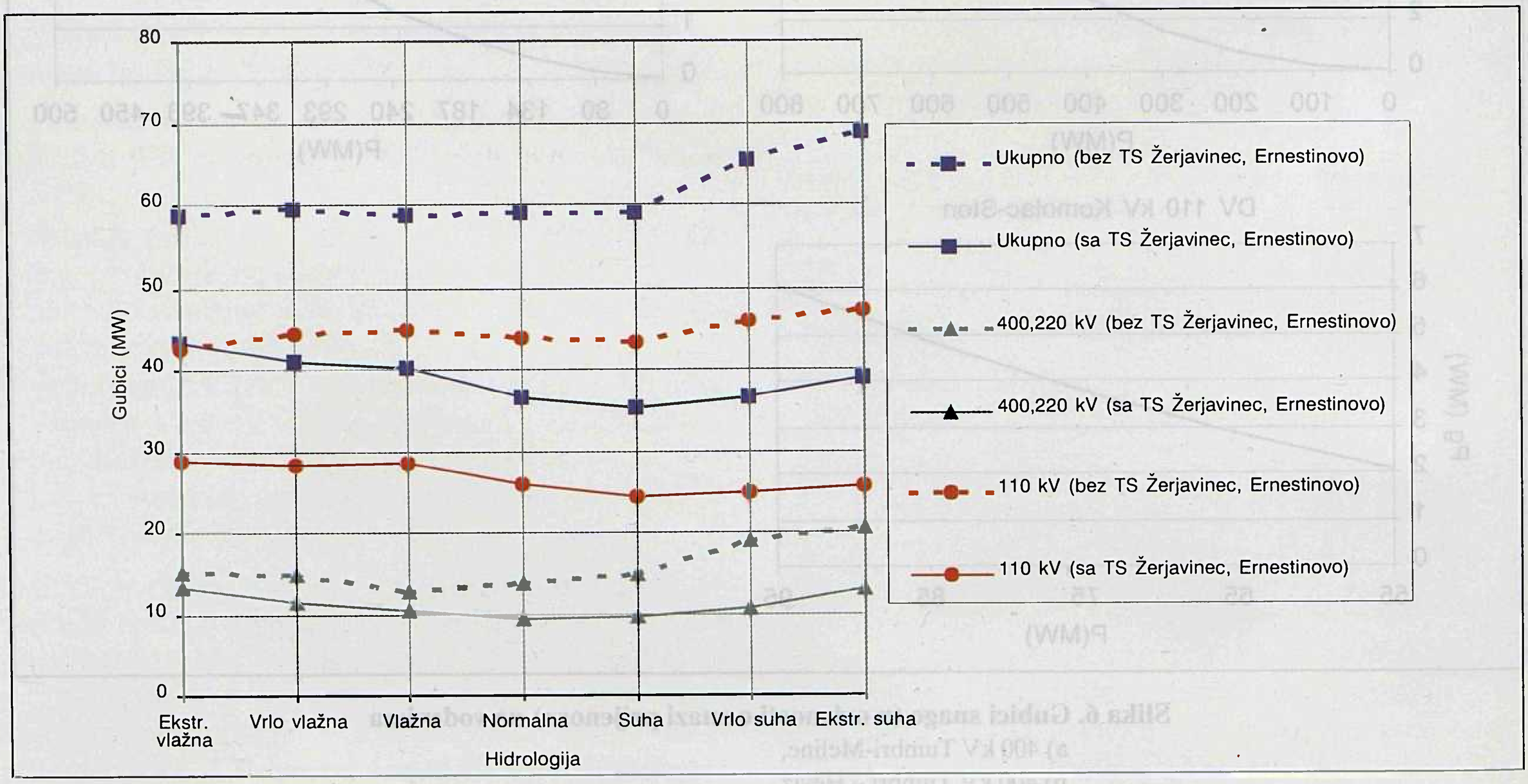
Slika 7. Gubici snage u prijenosnom području Zagreb sa i bez TE-TO Zagreb 4

povezana na 110 kV sa: TS Dubec (dvostruki vod), TS Resnik i TS Dugo Selo (dva voda)

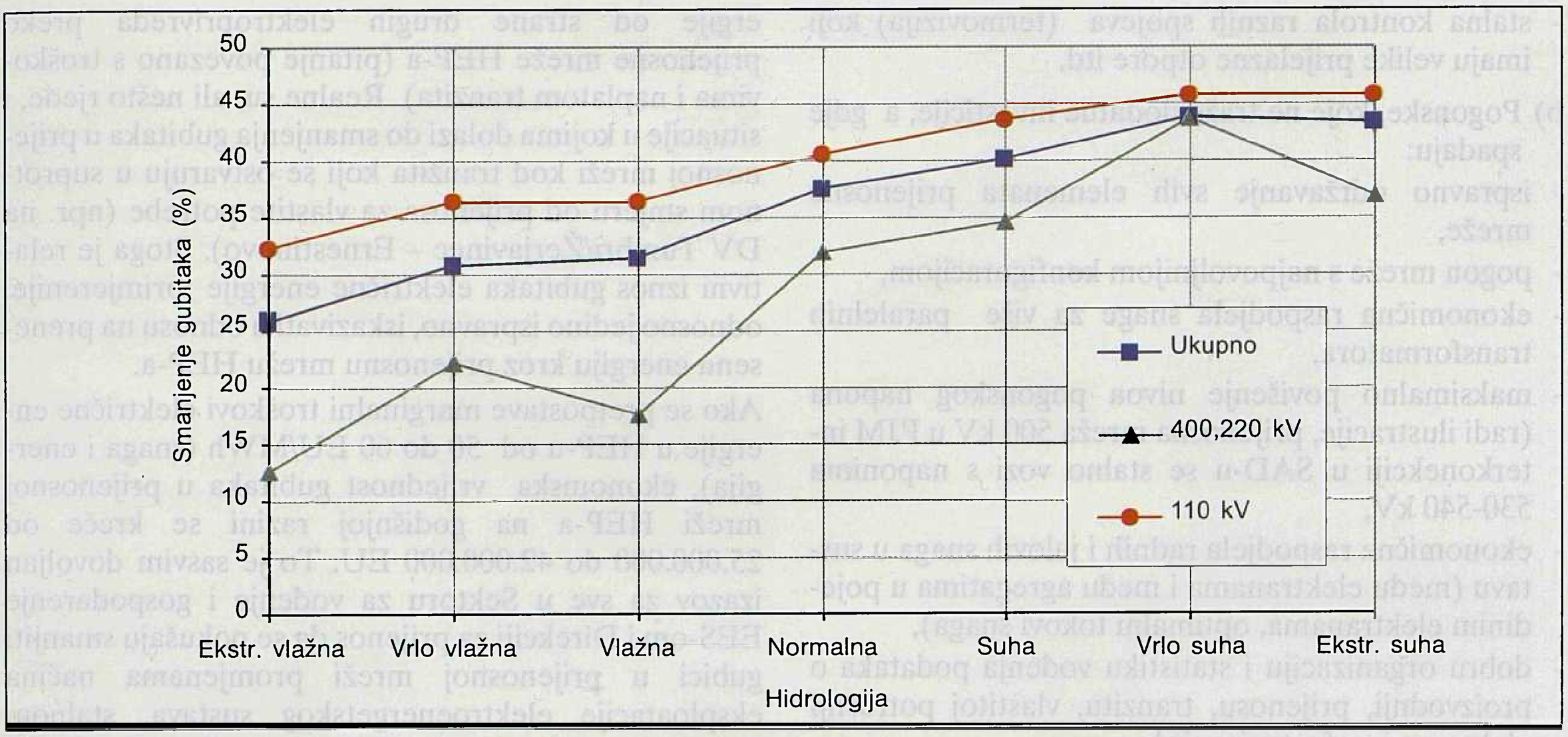
- puštanje u pogon druge trojke 400 kV-tnog voda prema Madžarskoj (Heviz – Žerjavinec 2x, Žerjavinec – Tumbri, Žerjavinec – Ernestinovo)
- uspostava prijašnjeg stanja 220 kV-tne mreže, uz uvod 220 kV-tnog voda Cirkovce – Mraclin u TS Žerjavinec
- izgradnja TS Ernestinovo 400/110 kV (2 transformatora 400/110 kV)
- 400 kV-tni vod Tumbri – Ernestinovo uveden u TS Žerjavinec
- 400 kV-tni vod Ernestinovo – Ugljevik u pogonu, a Ernestinovo – RP Mladost izvan pogona
- na TS Ernestinovo povezani 110 kV-tni vodovi prema TS Osijek 1, TS Osijek 2, TS Valpovo, TS Našice, TS Đakovo i TS Vukovar.

Proizvodnja elektrana i nabava zadržana je kao u prethodnim varijantama (tablica 1), ovisno o hidrologiji. Također je računato s uključenim vodovima 220 kV Jajce-Mraclin, Prijedor-Međurić i Tuzla-Đakovo 2, s ukupnom bilancom razmjene prema BiH 0 MW (varijanta [i]).

Na slici 8 prikazan je usporedni prikaz gubitaka u prijenosnoj mreži HEP-a u prethodno promatranoj varijanti [i], te varijanti koja podrazumijeva izgradnju TS Žerjavinec i TS Ernestinovo, te ostale navedene pretpostavke. Prikazani su ukupni gubici u mreži, te



Slika 8. Usporedni prikaz gubitaka snage u prijenosnoj mreži HEP-a prije i nakon izgradnje TS Žerjavinec i TS Ernestinovo



Slika 9. Postotno smanjenje gubitaka snage u prijenosnoj mreži HEP-a nakon izgradnje TS Žerjavinec i TS Ernestinovo u odnosu na trenutno stanje mreže

posebno gubici u veleprijenosnoj mreži (400,220 kV) i gubici u 110 kV-tnoj mreži. Na slici 9 prikazano je postotno smanjenje gubitaka u odnosu na osnovnu varijantu. U tablici 4 prikazano je smanjenje gubitaka snage u prijenosnoj mreži HEP-a, po prijenosnim područjima i ukupno, nakon izgradnje TS Žerjavinec i TS Ernestinovo. Svi podaci odnose se na gubitke prijenosne mreže bez uračunatih gubitaka transformatora 110/x kV.

Tablica 4. Smanjenje gubitaka snage u prijenosnoj mreži HEP-a po prijenosnim područjima nakon izgradnje TS Žerjavinec i TS Ernestinovo (MW)

Hidrologija / Područje	Ekstr. vlažna	Vrlo vlažna	Vlažna	Norm.	Suha	Vrlo suha	Ekstr. suha	Prosj.
Sjever	4.1	6.5	5.8	6.0	11.2	10.3	15.6	**8.5**
Istok	11.6	11.9	12.4	14.0	9.8	14.0	9.3	**11.9**
Zapad	-0.8	-0.9	-0.5	0.8	0.8	1.8	2.2	**0.5**
Jug	0.4	0.9	0.9	1.4	2.0	2.6	2.9	**1.6**
Ukupno	**15.3**	**18.4**	**18.5**	**22.2**	**23.7**	**28.7**	**29.9**	**22.4**

Napomena: predznak (-) znači povećanje gubitaka

Izloženi rezultati vrlo jasno pokazuju koliki bi utjecaj na smanjenje u prijenosnoj mreži HEP-a imala izgradnja navedenih objekata. Najveće smanjenje gubitaka je u 110 kV-tnoj mreži prijenosnog područja Sjever, a pogotovo Istok, što je prvenstveno rezultat bitnih pojačanja 110 kV-tne mreže u centrima potrošnje (Zagreb, Osijek), većim dijelom napajanih transformacijom 400/110 kV iz TS Žerjavinec, odnosno TS Ernestinovo. Osjetno smanjenje gubitaka, pogotovo u varijantama sušnije hidrologije, očituje se i u veleprijenosnoj mreži (400, 220 kV), što je prvenstveno rezultat puštanja u pogon druge trojke voda prema Madžarskoj, te napajanja Slavonije preko 400 kV-tnog voda Žerjavinec – Ernestinovo. Promijenjen je i oblik krivulje ovisnosti ukupnih gubitaka o hidrologiji, tako da se nešto veće vrijednosti mogu očekivati pri ekstremnim hidrološkim okolnostima (ekstremno suha i ekstremno vlažna hidrologija), a najmanje pri normalnoj i suhoj hidrologiji. Ukupna osjetljivost gubitaka u prijenosnoj mreži s obzirom na različite varijante angažiranja elektrana i nabave električne energije je smanjena. Prosječno postotno smanjenje gubitaka, uzimajući u obzir sve hidrologije s odgovarajućim vjerojatnostima pojave, iznosi oko 36% (ne računajući gubitke u transformatorima 110/x kV).

Izvršena je i analiza gubitaka snage u prijenosnoj mreži u varijanti bez transformacije 400/220 kV u TS Žerjavinec, koja je pokazala neznatno povećanje gubitaka. Povećanje iznosi prosječno oko 120 kW u svim varijantama angažiranja elektrana.

6. MJERE ZA SMANJENJE GUBITAKA

U svakom elektroenergetskom sustavu, pa tako i HEP-u, treba gubitke energije svesti na najmanju moguću mjeru, a jedan od nužnih uvjeta je i točno poznavanje izvora, odnosno strukture gubitaka. U prijenosnoj mreži mjere za smanjenje gubitaka mogu se podijeliti na:

a) Konstruktivne, koje traže dodatne investicije, a to su:

- pojačanje i dogradnja mreže,
- postavljanje uređaja koji rasterećuju mrežu od prijenosa jalovih snaga,
- postavljanje uređaja za regulaciju napona i tokova jalovih snaga,

- stalna kontrola raznih spojeva (termovizija) koji imaju velike prijelazne otpore itd.

b) Pogonske, koje ne traže dodatne investicije, a gdje spadaju:
- ispravno održavanje svih elemenata prijenosne mreže,
- pogon mreže s najpovoljnijom konfiguracijom,
- ekonomična raspodjela snage za više paralelnih transformatora,
- maksimalno povišenje nivoa pogonskog napona (radi ilustracije, prijenosna mreža 500 kV u PJM interkonekciji u SAD-u se stalno vozi s naponima 530-540 kV,
- ekonomična raspodjela radnih i jalovih snaga u sustavu (među elektranama i među agregatima u pojedinim elektranama, optimalni tokovi snaga),
- dobru organizaciju i statistiku vođenja podataka o proizvodnji, prijenosu, tranzitu, vlastitoj potrošnji elektrana i trafostanica, itd.

U većini slučajeva, konstruktivne mjere su efikasnije od pogonskih u pogledu smanjenja gubitaka električne energije. Međutim, one traže dopunske investicije koje uvijek ne moraju biti i ekonomski isplative. Za pogonske mjere nisu potrebne dopunske investicije i stoga ih treba uvijek i potpuno provoditi, bez obzira što efekt njihove primjene možda nije uvijek naročito značajan.

Da bi se gubici u prijenosnoj mreži mogli smanjiti promjenama u načinu eksploatacije, Nacionalni dispečerski centar potrebno je opremiti odgovarajućim informacijskim i programskim sustavom među kojima je najvažniji onaj za analizu mreža (topologija mreže, estimacija stanja, sigurnosne analiza, analiza osjetljivosti, optimalni tokovi snaga, analiza gubitaka), te najkvalitetnijim tehnološkim sustavom za mjerenje i obračun električne energije, čemu se u mnogim elektroprivredama posvećuje izuzetna pažnja. U modernim dispečerskim centrima analiza gubitaka u prijenosnoj mreži sastavni je dio plana voznog reda/bilance (za svaki sat, dan, tjedan, mjesec i godinu), a uključuje faktore penalizacije za svaku proizvodnu/ponuđenu cijenu u određivanju sustavne marginalne cijene. U vođenju elektroenergetskog sustava u realnom vremenu, smanjenje gubitaka u prijenosnoj mreži je stalni zadatak operatora.

Također u studijama za razvoj, proširenje i dogradnju prijenosne mreže pri usporedbi s raznim varijantama budućeg razvoja treba uzimati u obzir i gubitke električne energije u sustavu.

7. ZAKLJUČAK

Za očekivati je da će u idućim godinama kod godišnje potrošnje električne energije u Hrvatskoj od 14 do 15 TWh gubici u prijenosnoj mreži HEP-a iznositi od 500 do 700 GWh. Može se očekivati i povećanje apsolutnog i relativnog nivoa gubitaka zbog tranzita električne energije od strane drugih elektroprivreda preko prijenosne mreže HEP-a (pitanje povezano s troškovima i naplatom tranzita). Realne su, ali nešto rjeđe, i situacije u kojima dolazi do smanjenja gubitaka u prijenosnoj mreži kod tranzita koji se ostvaruju u suprotnom smjeru od prijenosa za vlastite potrebe (npr. na DV Tumbri/Žerjavinec – Ernestinovo). Stoga je relativni iznos gubitaka električne energije primjerenije, odnosno jedino ispravno, iskazivati u odnosu na prenesenu energiju kroz prijenosnu mrežu HEP-a.

Ako se pretpostave marginalni troškovi električne energije u HEP-u od 50 do 60 EU/MWh (snaga i energija), ekonomska vrijednost gubitaka u prijenosnoj mreži HEP-a na godišnjoj razini se kreće od 25.000.000 do 42.000.000 EU. To je sasvim dovoljan izazov za sve u Sektoru za vođenje i gospodarenje EES-om i Direkciji za prijenos da se pokušaju smanjiti gubici u prijenosnoj mreži promjenama načina eksploatacije elektroenergetskog sustava, stalnom kontrolom mjerenja (mjernih strujnih i naponskih transformatora, brojila itd.), te intervencijama u tehničko stanje mreže koje traže dodatne investicije.

Analiza izgradnje TS Žerjavinec, TS Ernestinovo, te izgradnje novih i priključka postojećih 400 kV-tnih i 110 kV-tnih vodova s obzirom na gubitke u prijenosnoj mreži, pokazala je bitno smanjenje istih. Okvirna procjena smanjenja ukupnih godišnjih gubitaka energije, računata na osnovi prosječnog smanjenja gubitaka snage pri vršnom opterećenju, ukupne godišnje potrošnje od 15 TWh, te procijenjenog upotrebnog vremena na godišnjem nivou od 5900 h, iznosi 95 GWh (0,68% ukupne godišnje potrošnje). Uz pretpostavku marginalnih troškova proizvodnje električne energije u HEP-u u rasponu 50-60 EU/MWh, navedeno smanjenje gubitaka u prijenosnoj mreži rezultiralo bi smanjenjem godišnjih troškova za oko $4.75*10^6$-$5.7*10^6$ EU, što je dobar poticaj za intenziviranje radova na pripremi i izgradnji navedenih objekata prijenosne mreže.

LITERATURA

[1] M. OŽEGOVIĆ, K. OŽEGOVIĆ: "Električne mreže I,II,III", FESB Split, 1988.

[2] The Federation of Electric Company, Japan, annual report

[3] Godišnja izvješća Hrvatske elektroprivrede i ZEOH-a

[4] Programski paket TOKSwin, FRACTAL d.o.o. Split

ELECTRIC POWER LOSSES WITHIN THE HEP TRANSMISSION NETWORK

The review describes the background of power and energy losses within the Croatian Electric Power Company's transmission are described. The historical overview and current state of transmission losses are given, whereby the sensitivity of losses on the plants' engagement and electric power import is shown by load flows, so that the decrease of losses is dependent on the future transmission line construction.

VERLUSTE DER ELEKTRISCHEN ENERGIE IM ÜBERTRAGUNGSNETZ KROATISCHER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

Beschrieben sind die Fragen der Leistungs- und Energieverluste im Übertragungsnetz der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft ("HEP"). Dargestellt ist der Rückblick auf die Verluste im Übertragungsnetz in der Vergangenheit und in den jetzigen Umständen, indess wurde mittels Berechnung von Leistungsflüssen die grosse Abhängigkeit der Verluste von der Einsatzweise der Kraftwerke und vom Import elektrischer Energie, sowie die Reduzierung der Verluste bedingt durch den vorgesehenen Ausbau des Übertragungsnetzes in den kommenden Jahren gezeigt.

Naslov pisaca:

Mr. sc. Ranko Goić, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split
R. Boškovića b.b.
21000 Split, Hrvatska

Marko Lovrić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.,
Prijenosno područje Split
Ljudevita Posavskog 5
21000 Split, Hrvatska

dr. sc. Zorko Cvetković, dipl. ing.
HK CIGRE
Berislavićeva 6
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-06-14.

10 godina HK CIGRÉ

50 godina JUKO CIGRÉ



ZAŠTITA OD SMETNJI U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU

Doc. dr. sc. Ante M a r u š i ć, Zagreb

UDK 621.313.322
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Dan je kratki pregled zaštitnih zadaća s obzirom na naponske prilike i stabilnost elektroenergetskog sustava. S aspekta zaštite analiziran je pogon generatora u poduzbudnom režimu, gubitak uzbude, njihanje snage, statička i dinamička stabilnost, automatsko ponovo uključenje visokonaponskih vodova, jednopolno isključenje voda i regulacija napona transformatora.

Ključne riječi: zaštita sinkronog generatora, asinkroni pogon, njihanje snage, automatsko ponovo uključenje, kompenzacijski rad.

1. UVOD

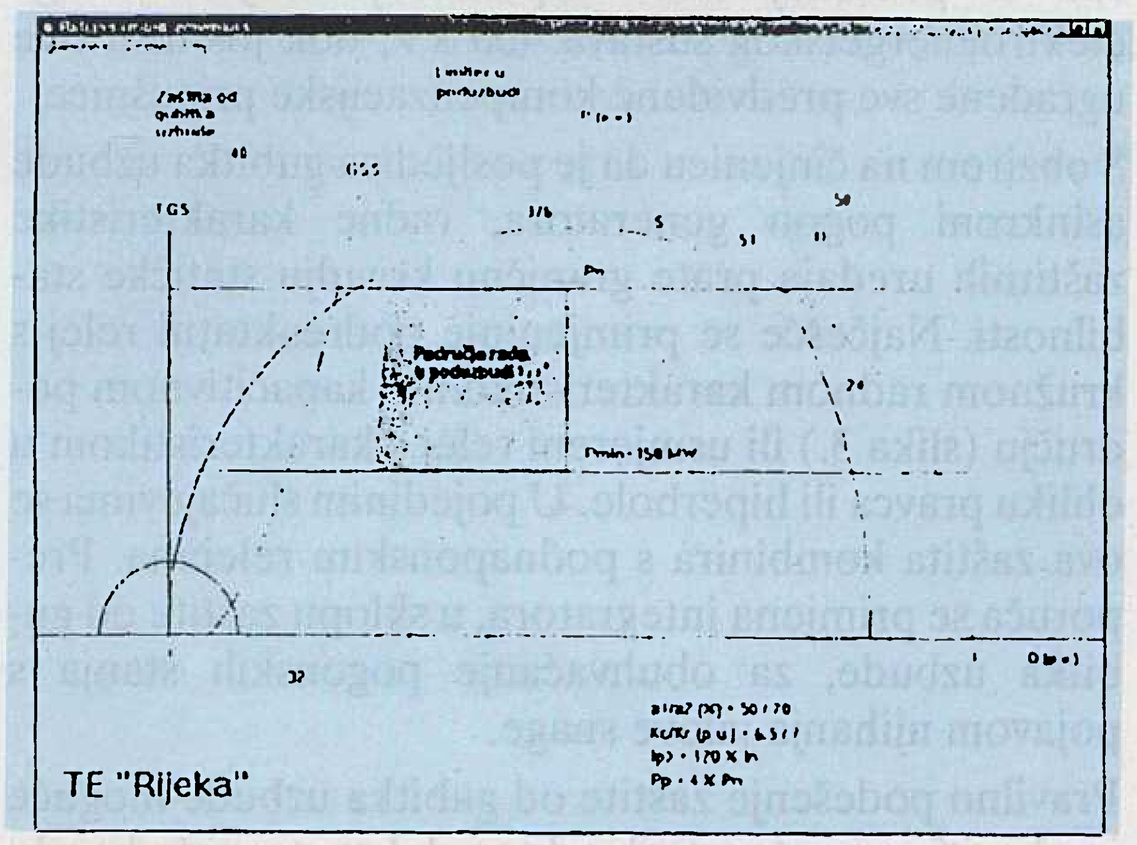
Odabrati relejnu zaštitu za bilo koji element elektroenergetskoga sustava znači donijeti odluku o njenom opsegu s obzirom na očekivane poremećaje u pogonu sustava. Prema tome, osnovni je zadatak pri izboru zaštite u elektroenergetskom sustavu utvrditi očekivane kvarove i smetnje za svaki štićeni objekt. Kvar je poremećaj u pogonu, pri kojem nastaju značajna odstupanja od normalnih električnih prilika, koja su uzrokovana probojem ili preskokom izolacije. Prilikom poremećaja u mreži mogu se pojaviti takvi pogonski uvjeti koji sami po sebi ne predstavljaju kvar, ali dovode do nedozvoljeno visokih termičkih, električnih ili mehaničkih naprezanja na pojedinim elementima elektroenergetskog sustava. Prema tome, smetnje su nedozvoljena odstupanja od normalnih električnih prilika u pogonu, koja nisu uzrokovana probojem izolacije. Uzroci smetnji su: prilike u elektroenergetskom sustavu (npr. povećanje napona, nesimetrično opterećenje, njihanje snage), prilike u generatoru (npr. prekid uzbude) i prilike u pogonskom sustavu (npr. prekid dovoda pare u turbinu). U ovom radu, detaljnije će biti obrađeni aspekti zaštite s obzirom na naponske prilike i stabilnost elektroenergetskog sustava.

2. ZAŠTITA SINKRONIH GENERATORA OD ASINKRONOG POGONA

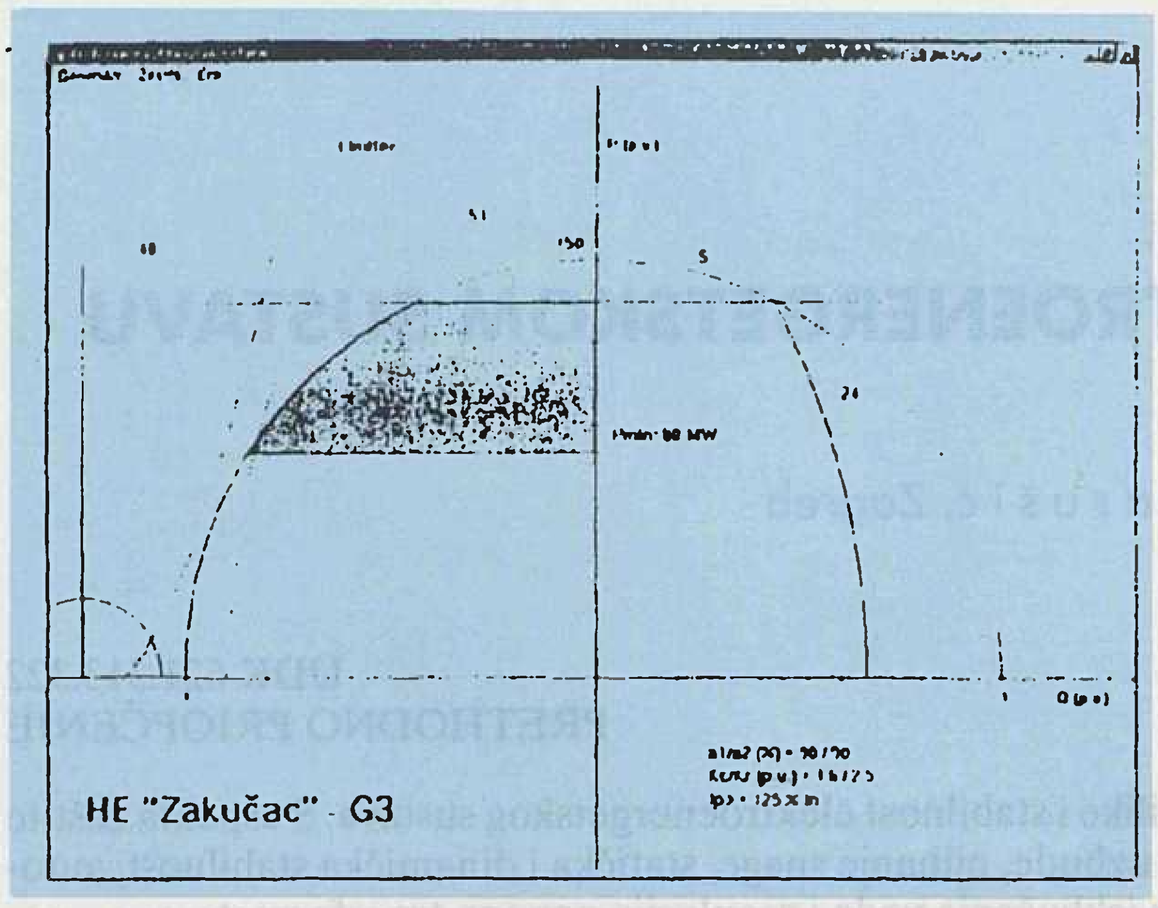
Problem regulacije napona i jalovih snaga u prijenosnoj mreži može se, više manje uspješno, riješiti na nekoliko načina. Jedno od rješenja je korištenje pojedinih (većih) hidrogeneratora u kompenzacijskom radu. Rješenje ne zahtijeva veća financijska ulaganja, međutim, potrebno je istaknuti da postoje i određeni problemi pri takvom pogonu agregata.

Trajni pogon sinkronog generatora u poduzbuđenom stanju, tj. kompenzacijski rad agregata, određen je granicom statičke stabilnosti, minimalnom i maksimalnom djelatnom snagom, te mjerama za smanjenje dodatnog zagrijavanja u čeonom prostoru stroja. U praksi se područje rada u poduzbudi ograničava poduzbudnim limiterom koji se nalazi u sustavu za automatsku regulaciju napona generatora (slike 1 i 2). Dodatno zagrijavanje, koje je izraženije u turbogeneratorima, ubrzava starenje stroja. Zbog toga se limiterom prostorno ograničava područje rada u poduzbudi, a izbjegava se dugotrajni pogon turbogeneratora u kompenzacijskom radu, s većim vrijednostima jalovih snaga.

Prijelaz u asinkroni pogon sinkronog generatora može nastati pri poremećajima u uzbudnom sustavu agregata, tj. pri prekidu uzbude, te vanjskim poremećajima kao što su velike promjene opterećenja i veliki padovi napona radi kratkih spojeva u mreži. Pri priujelazu u asinkroni pogon sinkroni generator počinje uzimati iz mreže značajnu jalovu snagu, što je obično praćeno



Slika 1. Karakteristike limitera uzbude i zaštite od asinkronog pogona za generator u TE "Rijeka"



Slika 2. Karakteristike limitera uzbude i zaštite od asinkronog pogona za blok 3 u HE "Zakučac"

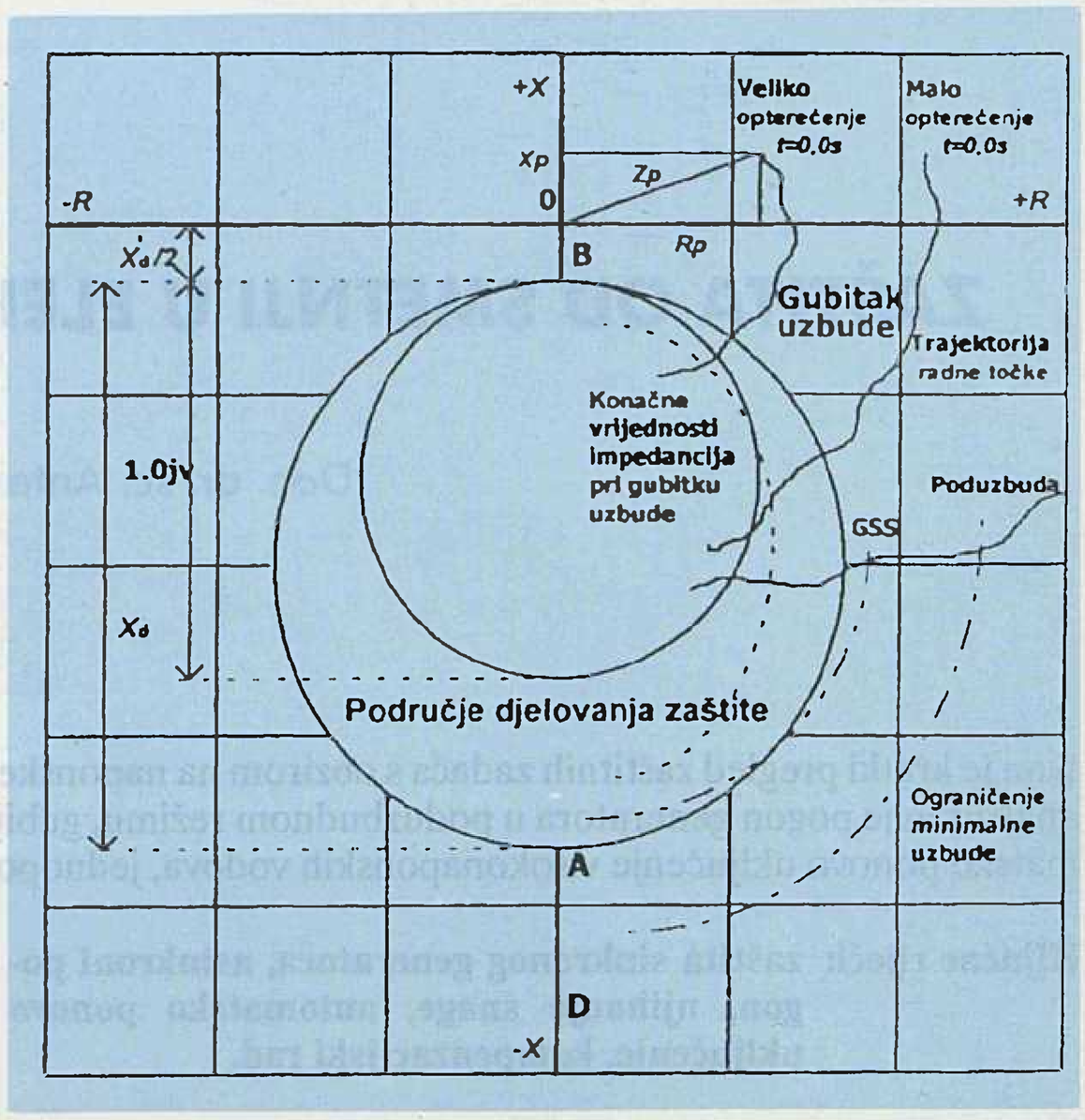
sniženjem napona na stezaljkama generatora. Predanu djelatnu snagu pri tome treba znatno smanjiti da ne nastupi preopterećenje agregata i djelovanje odgovarajuće nadstrujne zaštite. U pravilu se ne dozvoljava asinkroni pogon hidrogeneratora, jer jalova komponenta struje koju generator uzima iz mreže prelazi vrijednost njegove nazivne struje.

Asinkroni pogon turbogeneratora nazivnih snaga manjih od 500 MW se, uz određena ograničenja, dozvoljava u pojedinim zemljama. Elementi koji ograničavaju dužinu rada i snagu u asinkronom pogonu su: povećanje struje statora, gubici vrtložnih struja u rotoru, povećanje gubitaka u čeonom prostoru statora, te nedostatak jalove snage u elektroenergetskom sustavu. Zbog svih navedenih problema, većina vodećih svjetskih proizvođača generatora preporučuje ugradnju zaštitnih uređaja (slika 1, ANSI/IEEE broj zaštite **40**), koji će s minimalnim vremenskim usporenjem odvojiti generator od mreže pri nestanku njegove uzbude.

U Velikoj Britaniji se dulji asinkroni rad turbogeneratora, uz malo djelatno opterećenje, uspješno primjenjivao u početnoj fazi eksploatacije objedinjenoga elektroenergetskog sustava 400 kV, dok još nisu bile ugrađene sve predviđene kompenzacijske prigušnice.

S obzirom na činjenicu da je posljedica gubitka uzbude asinkroni pogon generatora, radne karakteristike zaštitnih uređaja prate graničnu krivulju statičke stabilnosti. Najčešće se primjenjuje podreaktatni relej s kružnom radnom karakteristikom u kapacitivnom području (slika 3.) ili usmjereni relej s karakteristikom u obliku pravca ili hiperbole. U pojedinim slučajevima se ova zaštita kombinira s podnaponskim relejima. Preporuča se primjena integratora, u sklopu zaštite od gubitka uzbude, za obuhvaćanje pogonskih stanja s pojavom njihanja jalove snage.

Pravilno podešenje zaštite od gubitka uzbude moguće je obaviti uz pretpostavku da su dobro poznate karakteristike generatora i pripadnog uzbudnog sustava. Pri tome je potrebno uskladiti radnu karakteristiku zaštite

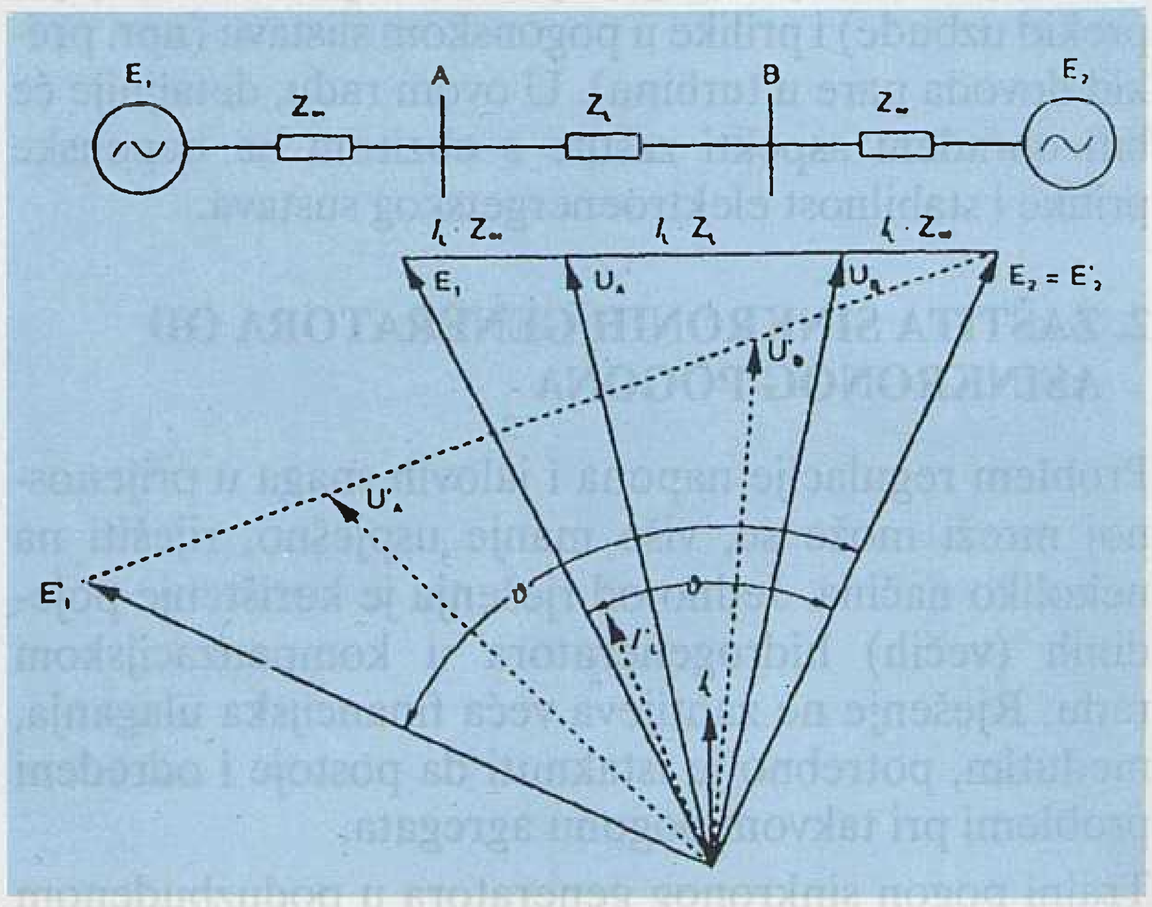


Slika 3. Zaštita od gubitka uzbude

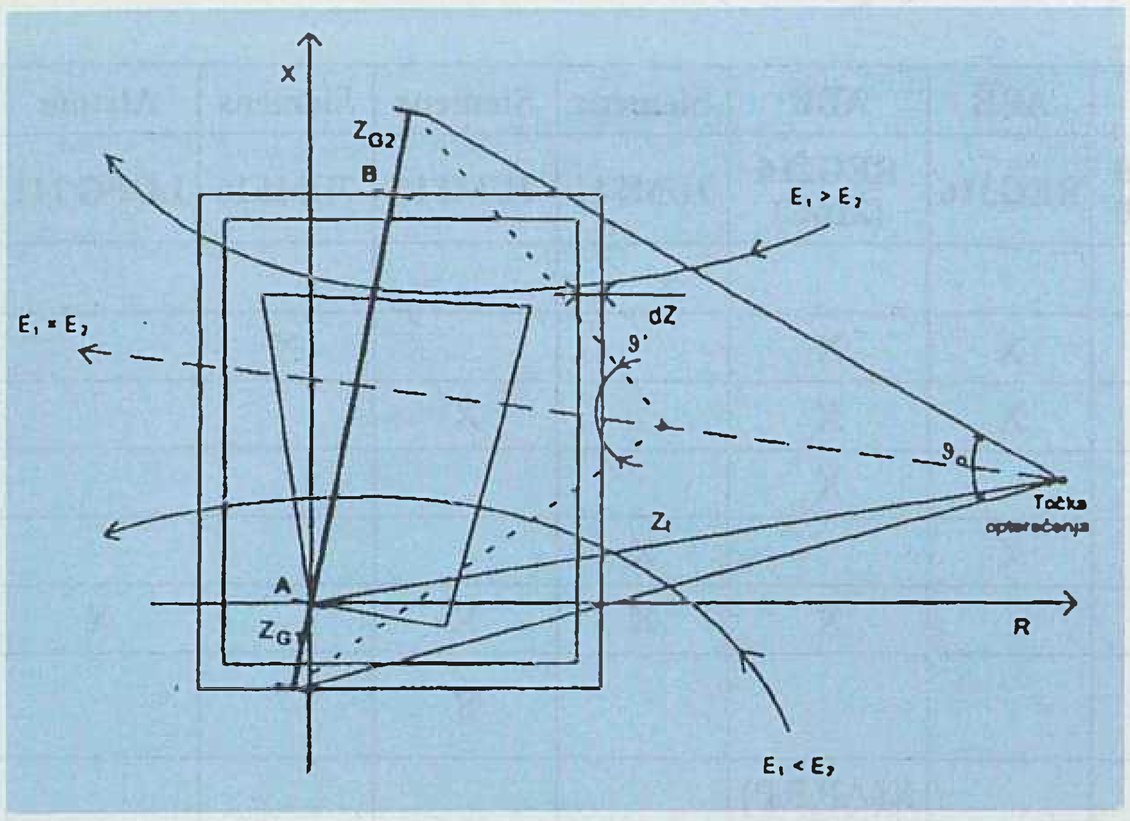
s karakteristikom poduzbudnog limitera u regulatoru uzbude. Predlaže se snimanje stanja, analiza vladanja agregata u poduzbudnom režimu rada, te korekcije podešenja zaštite limitatora, s ciljem postizanja optimalnog pogona pri rješavanju problema naponskih prilika.

3. NJIHANJE SNAGE U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU

Njihanje snage, kao posljedica velikih udarnih opterećenja i rasterećenja, utječe na rad distantnih zaštita prijenosnih vodova. Za procjenu ponašanja zaštita treba utvrditi kada će relej djelovati i koja je to snaga koja može biti prenesena vodom, a da ne uzrokuje djelovanje releja. Problem statičke stabilnosti se najčešće rješava postavljanjem pojednostavljenog sustava s dva izvora (slika 4). Istražuju se pojave njihanja snage, da



Slika 4. Naponski dijagram pri njihanju snage



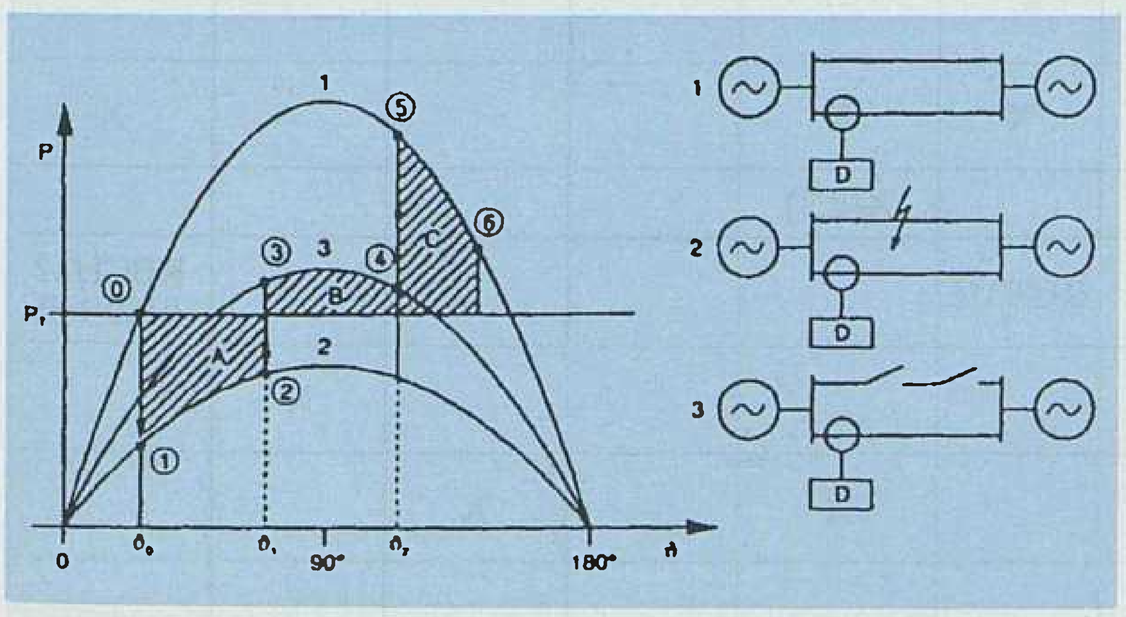
Slika 5. Proces njihanja snage u prijenosnoj mreži

bi se rezultati mogli koristiti pri izboru karakteristika distantnih releja. Ukoliko se njihanje u mreži pojavljuje, tada se u distantnom releju aktivira protunjihajna blokada za sprječavanje nepovoljnog utjecaja njihanja (slika 5). Pretpostavlja se da su EMS izvora različite po iznosu i kutu. Razlika napona po kutu se prati poznatim kutem 9. Opći izraz za impedaciju koju distantni relej mjeri u čvorištu **A** je:

$$Z_{mj}=\{(Z_{G1} + Z_L + Z_{G2})*n*[(n-\cos\vartheta) - j\sin\vartheta]/[(n-\cos\vartheta)^2 - j\sin^2\vartheta]\} - Z_{G1} \quad (1)$$

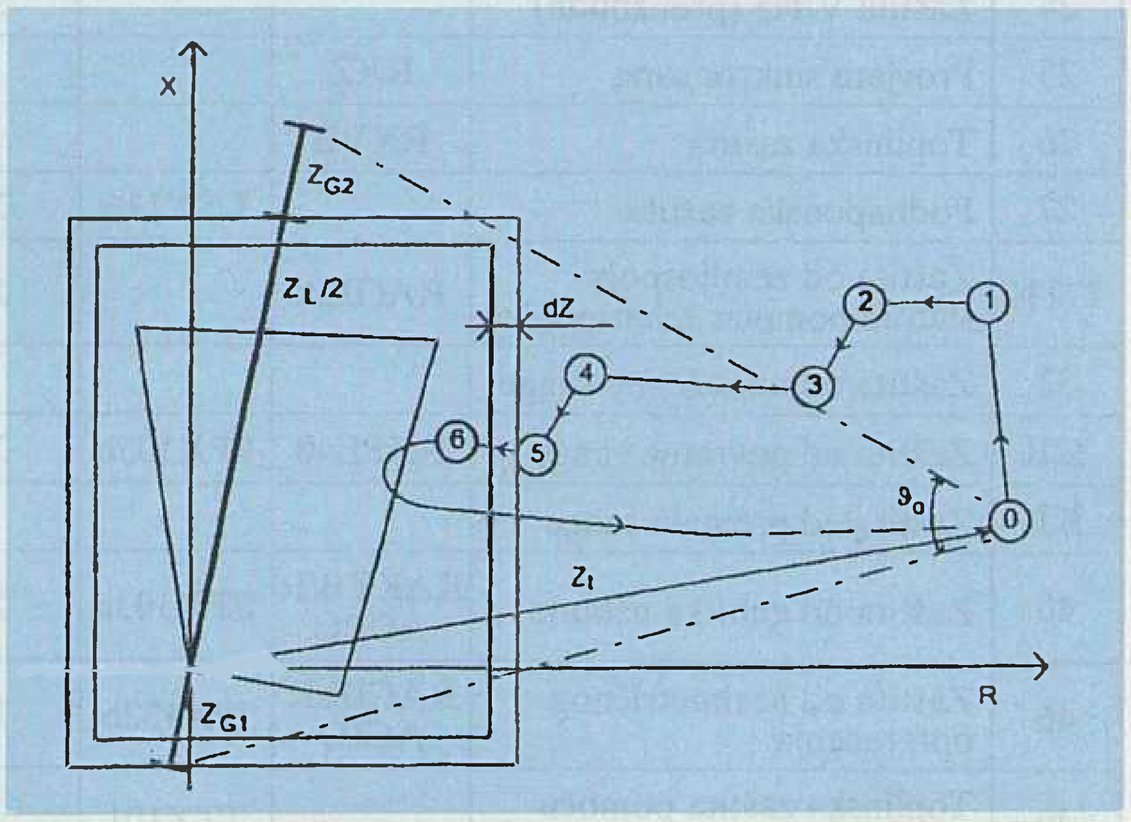
gdje je: Z_{G1} i Z_{G2} impedancija izvora, Z_L impedancija voda, n omjer napona E_1 / E_2. Grafički prikaz dan je na slici 5. Prikazane su moguće trajektorije radne točke u impedantnoj ravnini, te radne karakteristike distantnog releja. Uočava se da radna točka, pri njihanju snage između dva dijela elektroenergetskog sustava, prolazi kroz područje djelovanja distantnog releja (slika 5). Neželjeno djelovanje releja na prekidač onemogućava se pravilnim podešenjem protunjihajne blokade.

Dinamičke promjene kuta iznad 90° mogu izazvati nestabilnost elektroenergetskog sustava. Dinamička stabilnost sustava određuje se na temelju kriterija jednakih površina (slika 6). Na slici 6 je kvalitativno prikazan proces određivanja dinamičke stabilnosti u sustavu s dva izvora i dva paralelna voda, pri kratkom spoju na jednom od vodova. Ovaj proces njihanja



Slika 6. Dinamička stabilnost sustava

snaga prikazan je u impedantnoj ravnini na slici 7. Tijekom normalnog pogona distantni relej mjeri impendanciju Z_t. Nakon nastanka, te potom isključenja kvara (slika 6.3) generatori će se vratiti u stabilnu početnu točku ako su površine (B+C) veće od površine (A) kojom je određeno ubrzanje agregata.



Slika 7. Trajektorija radne točke pri njihanju snage

Tijekom opisanog procesa trajektorija radne točke prolazi kroz područje djelovanja distantnog releja (D). Neželjeno djelovanje na prekidač blokira se protunjihajnom blokadom. Mjerenjem dZ/dt i usporedbom s postavljenim vrijednostima, distantni relej može razlikovati kratki spoj na vodu i njihanje snage. Najjednostavniji način je mjerenje vremena koje je potrebno da vektor impedancije prođe kroz područje koje je određeno s dvije impedantne karakteristike (slika 7). Tipična podešenja su dZ=10 do 20% i dt=20 do 40 ms. S posebnim mjernim tehnikama se mogu utvrditi njihanja snaga s frekvencijama do približno 7 Hz, što zahtijeva vrlo kratki interval dt=5 ms.

Prema tome, pravilno podešenje protunjihajne bolikade u distantnom releju moguće je izvesti na temelju rezultata analize statičke i dinamičke stabilnosti elektroenergetskog sustava. Na taj način se može izbjeći raspad dijela elektroenergetskog sustava, odnosno ispad iz koraka pojedinih agregata pri velikim poremećajima u mreži.

Pregled dobavljivih i ugrađenih zaštitnih sustava sinkronih generatora u elektranama Hrvatske elektroprivrede prikazan je u tablici 1. Podebljano su otisnute osnovne i rezervne zaštitne funkcije koje mogu djelovati pri nenormalnim naponskim prilikama i poremećaju stabilnosti elektroenergetskog sustava. Na temelju rezultata analize dinamike elektroenergetskog sustava, može se za svaki agregat izabrati i postaviti optimalno podešenje zaštite. Agregati u elektranama i visokonaponska mreža rade kao jedan interaktivan sustav, te je stoga nužno uskladiti podešenja zaštite generatora sa zaštitama u prijenosnoj elektroenergetskoj mreži.

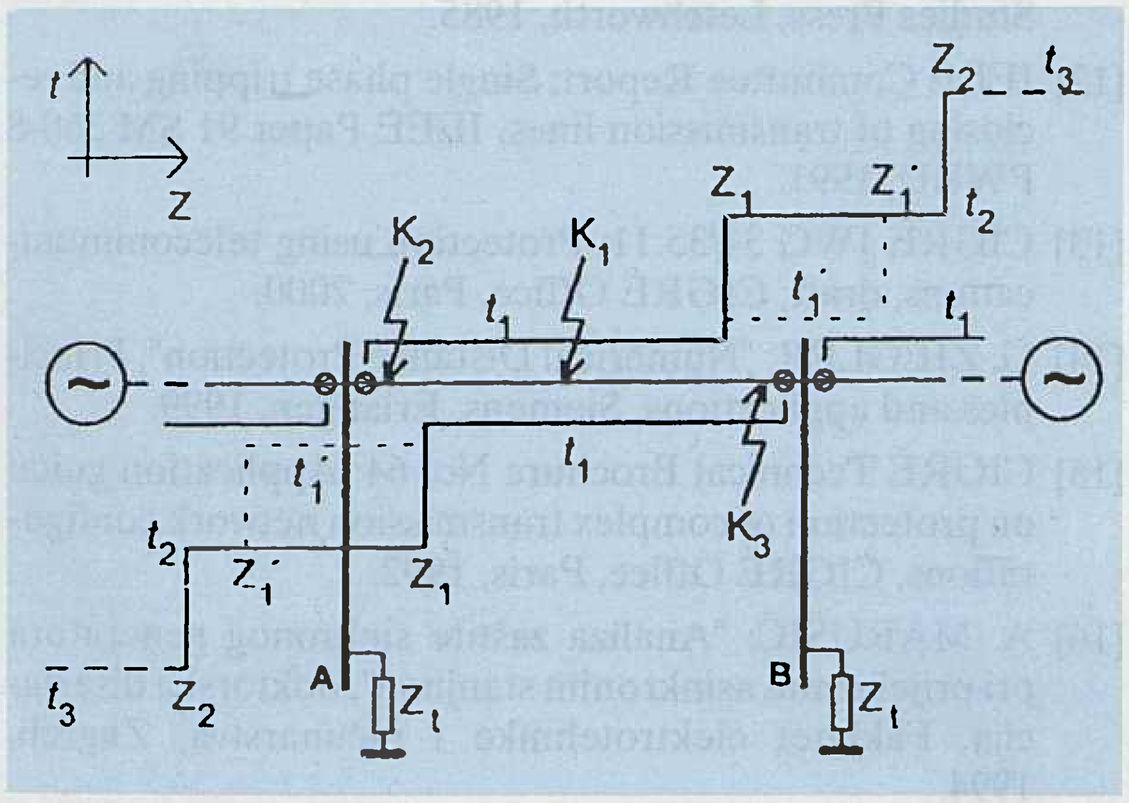
Tablica 1. Pregled zaštitnih sustava sinkronih generatora

	Proizvošač	ABB	BBC	BE	ABB	ABB	Siemens	Siemens	Siemens	Alstom
	Tip releja	COMBI-FLEX	GSX 5 GSX 10	M-0420 M-0430	REG316	REG216 (216C)	7UM511	7UM515	7UM516	LGPG 111
ANSI	Zaštitna funkcija									
21	Podimpedantna zaštita	RAKZB		X	X	X			X	
24	Zaštita V/Hz (preuzbuda)			X	X	X		X		
25	Provjera sinkronizma	RXZ				X				
26	Toplinska zaštita	RXVE			X		X			
27	Podnaponska zaštita		USX116	X		X	X	X		X
27TN	Zaštita od zemljospoja statora pomoću 3. harmonika	RAGEA		X				X		
32	Zaštita od nepoželjne snage					X(AP,RP)				
32R	Zaštita od povratne snage	RXPE40	PPX105b	X	X		X			X
32L	Zaštita od premale snage						X			X
40	Zaštita od gubitka uzbude	RAKZB/RAGPC	ZPX103a	X	X	X	X			X
46	Zaštita od nesimetričnog opterećenja	RACIB/RACID	IPX132b	X	X	X			X	X
49	Toplinska zaštita pomoću modela		TTX101			R, S				
50	Brza nadstrujna zaštita			X	X	X				
51	Nadstrujna zaštita	RXIG	ISX147		X	X	X			
51N	Nadstrujna zaštita od zemljospoja statora pomoću nulte struje	RXIG/RXTFA RXEG		X		X				X
51V	Nadstrujna zaštita s naponskim utjecajem	RXIG/RXEG	IUX159	X		X				X
59	Nadnaponska zaštita	RXEG	USX115	X	X	X	X	X		X
59F	Nadnaponska V/Hz zaštita									
59N	Nadnap. zaštita od zemnog spoja statora		UBX117	X	X	X		X		X
60	Naponska vaga					X				X
64	Zaštita od zemljospoja					X				
64F	Zaštita od zemljospoja rotora	RAGRA /RXNB4	IWX161a							
64S	100%-tni zemljospoj statora					X		X		
64R	100%-tni zemljospoj rotora				X	X		X		
67N	Osjetljiva usmjerena zaštita od zemljospoja									X
78	Zašt. od gubitka sinkronizma					X				
81O	Nadfrekvencijska zaštita			X		X	X	X		X
81U	Podfrekvencijska zaštita	RXFE	FCX103	X	X	X	X	X		X
87	Diferencijalna zaštita									
87G	Diferencijalna zaštita generat.	RADHA	DIX111		X	X				X
87T	Diferencijalna zaštita trafoa		DIX109			X(2,3)				
87U	Diferencijalna zaštita bloka	RADSB	DIX110		RET316					KBCH12 0130,140
-	Zaštita od gubitka s inkronizma	RXZK/ RXPE							X	
-	Zaštita od kratkog spoja među zavojima	RXEG/ RXIG22	UBX114			X		X		
27/50	Zaštita od uključ. mirujućeg generatora	RAGUA		X						

4. AUTOMATSKO PONOVNO UKLJUČIVANJE VISOKONAPONSKIH VODOVA

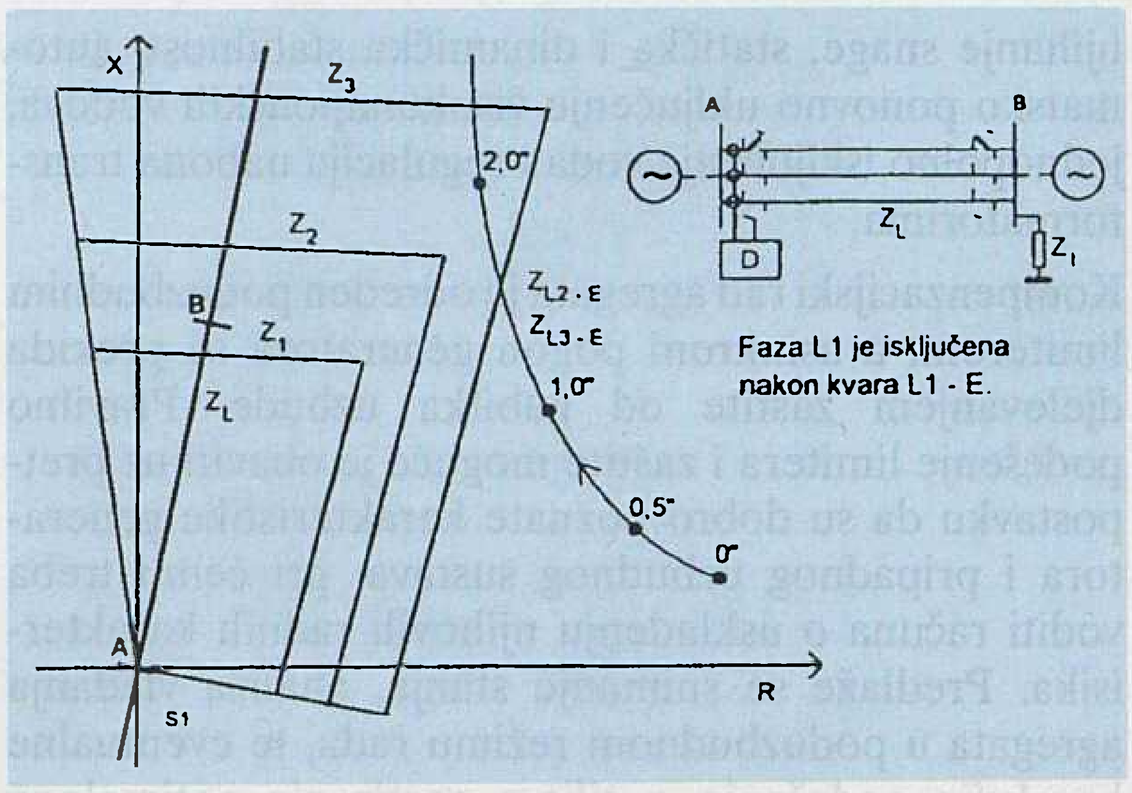
Distantna zaštita prijenosnih vodova je najčešće opremljena uređajem za automatsko ponovno uključenje (APU) voda. Automatsko ponovno uključenje se ne koristi na visokonaponskim vodovima koji radijalno povezuju elektrane s elektroenergetskim sustavom, radi sprječavanja neželjenih dinamičkih pojava (npr. torzionih oscilacija) na agregatima.

Zbog pogrješaka koje unose strujni i naponski transformatori, kao i zbog nedovoljno točnog poznavanja impedancije štićenog voda, podešenje prvog stupnja djelovanja distantnog releja se obično bira tako da obuhvati 80 - 90% duljine voda. To znači da će kvarovi ne samo 60 - 80% voda (K_1) biti istodobno isključeni na oba kraja voda **AB** (slika 8). Neistodobno isključenje voda pri kvarovima (K_2) i (K_3) na njegovim krajevima produljuje vrijeme trajanja kratkog spoja, te može izazvati nestabilnost elektroenergetskog sustava. Potrebno je istaknuti da vrijeme djelovanja releja t_1 iznosi približno 20 do 35 ms, dok vrijeme drugog stupnja (t_2), zbog potrebne selektivnosti, iznosi 400 do 500 ms. Primjena APU s povećanim dosegom prvog stupnja distantnih releja (slika 8) je jedno od mogućih rješenja ovog problema. Na taj način se može postići djelovanje distantne zaštite duž cijelog voda s vremenom kraćim od 50 ms.



Slika 8. APU s povećanim dosegom prvog stupnja distantnih releja (Z_1')

Zbog održanja stabilnosti elektroenergetskog sustava, na prijenosnoj razini se koristi APU s jednopolnim i tropolnim isključenjem, odnosno uključenjem. Pri pojavi jednopolnog kratkog spoja, koji predstavlja oko 80% kvarova na vodovima, isključuje se samo faza [1] pogođena kvarom (slika 9). Preko preostale dvije zdrave faze teče snaga prema trošilima, te sustav ostaje u sinkronizmu. Međutim, tijekom jednopolnog isključenja voda nastaje promjena impedancije tereta koji mjeri distantni relej (D). Pod određenim uvjetima i karakteristikama sustava može trajektorija impedancije tereta ući u područje djelovanja distantnog releja (slika 9). Ovaj problem je izraženiji na dugim prijenosnim vodovima.



Slika 9. Promjena impedancije u zdravim fazama tijekom jednopolnog isključenja voda

Pravilnim izborom radnih karakteristika distantnih releja, te primjenom raznih ograničenja u smjeru djelatne komponente impedancije može se izbjeći neželjeno djelovanje releja. Analiza dinamike sustava pri nastanku jednopolnog kratkog spoja i primjeni jednopolnog APU uređaja može znatno poboljšati sigurnost i pouzdanost distantne zaštite visokonaponskih vodova.

5. ZAŠTITA MREŽNIH I BLOK TRANSFORMATORA

Regulacija napona i jalova snaga u elektroenergetskom sustavu može se djelomično izvesti promjenom prijenosnog omjera na blok transformatorima i spojnim mrežnim transformatorima. Iako su danas u Hrvatskoj elektroprivredi vrlo skromne mogućnosti regulacije napona transformatorima, o njihovoj zaštiti treba voditi računa. Temeljna zaštita mrežnih i blok transformatora je diferencijalna zaštita transformatora (87T) i (u elektranama) diferencijalna zaštita bloka (87U), te ograničena zemljospojna zaštita (87N). Pri izboru transformatora treba voditi računa o promjenljivom prijenosnom omjeru, te radi toga, pojavi diferencijalne struje i u normalnom pogonu. Na temelju rezultata proračuna slijedi podešenje diferencijalne zaštite koje osigurava selektivno djelovanje zaštite pri kvaru na štićenom transformatoru i neosjetljivost na vanjske poremećaje, uklapanje transformatora u praznom hodu, uklapanje paralelnog transformatora i regulaciju transformatora. Rezervne zaštite (npr. 50, 51, 51N, 49, 46 i 51G) su manje osjetljive na regulaciju i vanjske poremećaje.

6. ZAKLJUČAK

U ovom članku je dan kratki pregled zaštitnih zadaća s obzirom na naponske prilike i stabilnost elektroenergetskog sustava. S aspekta zaštite, analiziran je pogon generatora u poduzbudnom režimu, gubitak uzbude,

njihanje snage, statička i dinamička stabilnost, automatsko ponovno uključenje visokonaponskih vodova, jednopolno isključenje voda i regulacija napona transformatorima.

Kompenzacijski rad agregata je određen poduzbudnim limiterom, a asinkroni pogon generatora se prekida djelovanjem zaštite od gubitka uzbude. Pravilno podešenje limitera i zaštite moguće je obaviti uz pretpostavku da su dobro poznate karakteristike generatora i pripadnog uzbudnog sustava, pri čemu treba voditi računa o usklađenju njihovih radnih karakterisika. Predlaže se snimanje stanja, analiza vladanja agregata u poduzbudnom režimu rada, te eventualne korekcije podešenja, s ciljem postizanja optimalnog pogona pri rješavanju problema naponskih prilika.

Njihanje snage u elektroenergetskom sustavu utječe na rad distantnih zaštita visokonaponskih vodova. Pravilno podešenje protunjihajne blokade u distantnom releju moguće je izvesti na temelju rezultata analize statičke i dinamičke stabilnosti elektroenergetskog sustava. Na taj način se može izbjeći raspad elektroenergetskog sustava, odnosno ispad iz koraka pojedinih agregata pri velikim poremećajima u mreži.

Prijenosna mreža, tj. mreža vrlo složene konfiguracije, uspješno se štiti distantnim relejima. Brzo eliminiranje prolaznih kvarova se ostvaruje primjenom uređaja za automatsko ponovno uključenje. Neistodobno isključenje voda pri kvarovima na njegovim krajevima produljuje vrijeme trajanja kratkog spoja, te se može izazvati nestabilnost elektroenergetskog sustava. Primjena APU s povećanim dosegom prvog stupnja distantnih releja je jedno od mogućih rješenja ovog problema. Pri jednopolnom isključenju dugog voda može neželjeno djelovati distantni relej. Problem se može riješiti primjenom ograničenja radne karakteristike distantnog releja u smjeru djelatnog otpora, na temelju analize dinamike elektroenergetskog sustava pri jednopolnom kratkom spoju.

Potrebno je pažljivim izborom radnih karakteristika i podešenja diferencijalnih releja osigurati neosjetljivost zaštite na vanjske poremećaje i selektivno djelovanje pri kvaru na transformatoru, bez obzira na položaj regulacijske sklopke blok ili mrežnog transformatora.

Prije poduzimanja bilo kakvih konkretnih mjera za rješenje problema regulacije napona i tokova jalovih snaga potrebno je snimiti sadašnje stanje relevantne opreme u elektranama i prijenosnim postrojenjima, te obaviti detaljnu studijsku analizu dinamike elektroenergetskog sustava s aspekta regulacije i zaštite pojedinih elemenata sustava.

LITERATURA

[1] M. LOVRIĆ, R. GOIĆ: "Problemi i mogući načini rješavanja naponskih prilika u prijenosnoj mreži Dalmacije", Energija, Zagreb, Vol. 49, Br. 3, lipanj 2000., 171-176

[2] M. MAJSTROVIĆ, D. BAJS, G. MAJSTROVIĆ: "Kompenzacija reaktivne snage u prijenosnoj mreži na području Dalmacije", Energija, Zagreb, Vol. 49, Br. 3, lipanj 2000., 177-182

[3] E. CLARKE: "Impedences seen by relays during power swings with and without faults", AIEE Trans. Vol. 64, 1945., pp 373-384

[4] P. MATHEWS, B. NELLIST: "Transients in distance protection", IEE Conf. Publ. No. 110, 1963., 407-418

[5] E. J. KAZOVSKI i dr.: "Abnormalni režimi rada velikih sinkronih strojeva", Akademija znanosti SSSR, Lenjingrad, 1969 *(na ruskom)*

[6] S. B. JOVANOVSKI, M. S. HAMMAM: "Contribution to the theory of asynchronous performance of synchronous machines with salient poles", Part II, IEEE Trans. PAS-90, No. 2, 1971., 418-426

[7] W. F. MACKENZIE et al.: "IEEE, Power System Relaying Committee: Loss-of-Field Relay Operation During Systems Distturbances", IEEE Trans. PAS-94, No. 5, 1975., 1464-1472

[8] ABB: Type ZPX 103a minimum reaktacne relay, ABB Relays, Västerås, CH-ES 82-86. 10E, 1986.

[9] F. BOŽUTA i dr.: "Aspekti zaštite elektroenergetskog sistema", Svjetost, Sarajevo, 1988.

[10] CIGRÉ WG 34.01: Harmonisation of protection policies for power stations and generators and of protection policies for HV networks., CIGRÉ Office, Paris, 1983, 44 pp.

[11] V. COOK: "Analysis of distance protection", Research Studies Press, Letchworth, 1985.

[12] IEEE Committee Report: Single phase tripping and reclosing of transmission lines, IEEE Paper 91 SM 360-8 PWRD, 1991.

[13] CIGRÉ JWG 34/35.11: Protection using telecommunications, draft, CIGRÉ Office, Paris, 2000.

[14] G. ZIEGLER: "Numerical Distance Protection", Principles and applications, Siemens, Erlangen, 1999.

[15] CIGRÉ Technical Brochure No. 64: Application guide on protection of complex transmission network configurations, CIGRÉ Office, Paris, 1992.

[16] A. MARUŠIĆ: "Analiza zaštite sinkronog generatora pri prijelaznim asinkronim stanjima", doktorska disertacija, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 1994.

[17] Ž. ZLATAR i dr.: "Relejna zaštita bloka 3 od 120 MW i transformatora 31,5 MVA u TE-TO Zagreb", Knjiga 1B, Elektrotehnički fakultet u Zagrebu, 1993.

[18] A. G. PHADKE, S. J. THORP: "Computer Relaying for Power Systems", Research Studies Ltd., London, 1995.

DISTURBANCE PROTECTION IN ELECTRIC POWER SYSTEM

In the work a short description is given on protection tasks regarding voltage situation and electric power system stability. From the aspect of the protection analysed are: generator operation in underexcitation state, excitation loss, power swinging, static and dynamic stability, automatic reclosing of high voltage lines, one phase line switching off and transformer voltage regulation.

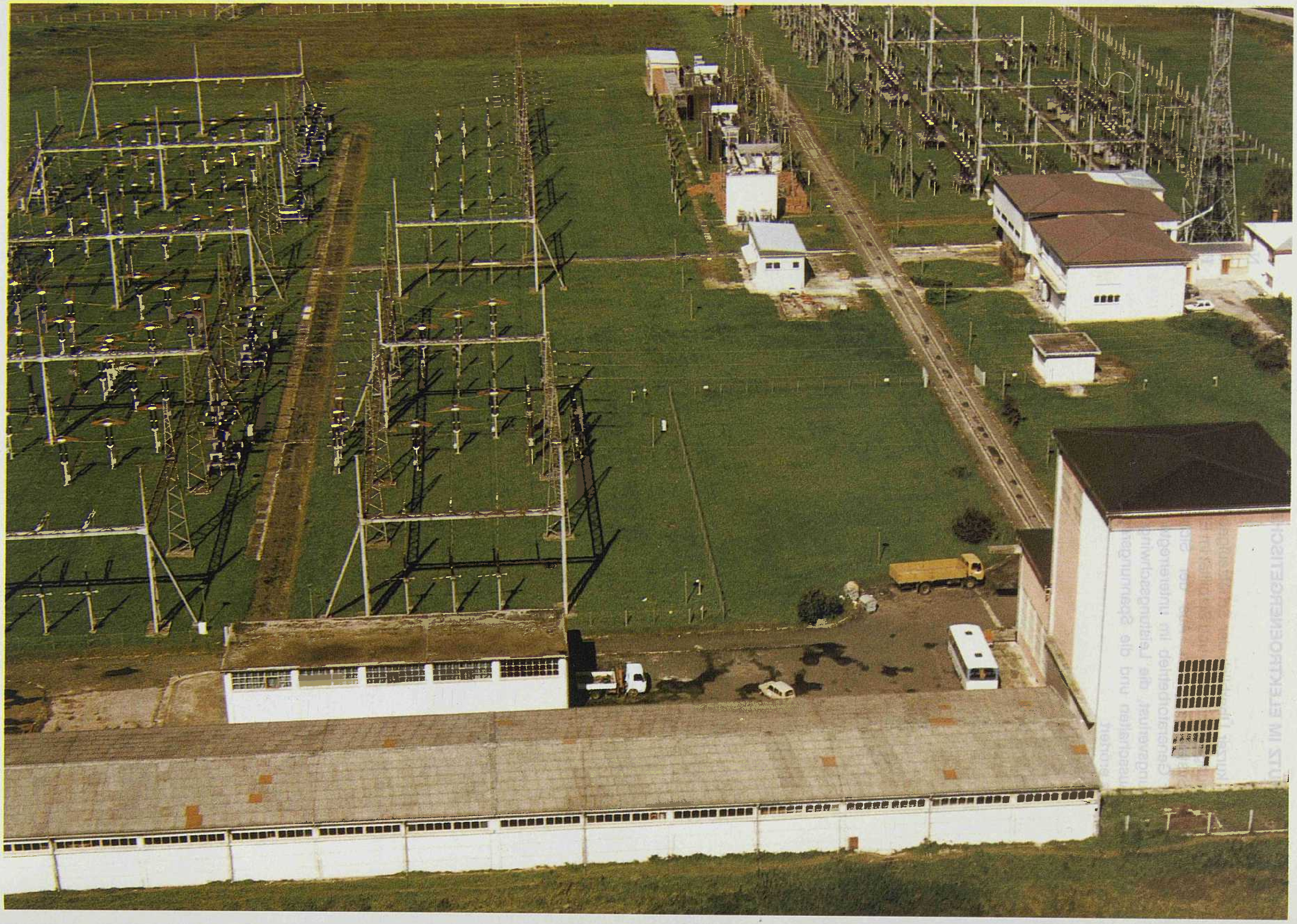
STÖRUNGSSCHUTZ IM ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEM

Im Artikel ist ein kurzer Überblick der Schutzaufgaben im Bezug auf Spannungsverhältnisse und Stabilität im Elektroenergetischen System gegeben. Aus der Sicht des Schutzes ist der Generatorbetrieb im untererregten Zustand, der Erregungsverlust, die Leistungsschwingungen, das einpolige Ausschalten und die Spannungsregelung des Umspanners erörtert

Naslov pisca:

Doc. dr. sc. Ante Marušić, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-06-28.



DINAMIČKO PONAŠANJE HRVATSKOG EES-a KOD UKLJUČENJA / ISKLJUČENJA 400 kV DALEKOVODA TUMBRI – HÉVÍZ

Mr. sc. Milan S t o j s a v l j e v i ć – dr. sc. Muharem M e h m e d o v i ć – mr. sc. Darko N e m e c – Jakov S i n o v č i ć – Šime R a d i ć – Marinko R o g i ć – Vladimir G r u j i ć, Zagreb

UDK 621.311.47:621.311.1
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Prikazani su rezultati mjerenja dinamičkih odziva karakterističnih veličina u hrvatskom EES-u tijekom prijelazne pojave nakon isključenja odnosno ponovnog uključenja 400 kV DV Tumbri – Hévíz. Snimani su odzivi djelatnih snaga na karakterističnim vodovima u TS Tumbri, TS Melina i TS Konjsko te frekvencija napona 400 kV u TS Melina i TS Konjsko. Dani su karakteristični pokazatelji dominantnog moda elektromehaničkih oscilacija u hrvatskom EES-u. Usporedba rezultata mjerenja sa simulacijskim rezultatima pokazuje da su prema očekivanju simulacijski rezultati konzervativniji i ukazuje na potrebu prikupljanja preciznijih podataka za dinamičke modele.

Ključne riječi: prijelazne pojave, karakteristične veličine, dinamički odziv, elektromehaničke oscilacije, simulacijski rezultat, 400 kV dalekovod Tumbri – Hévíz.

1. UVOD

Istraživanje dinamičkog ponašanja elektroenergetskog sustava uglavnom se provodi pomoću simulacijskih modela, i to na planskim konfiguracijama prijenosne mreže. Za provjeru valjanosti modela i verifikaciju simulacijskih rezultata od neprocjenjive je koristi provedba ispitivanja dinamičkog ponašanja sustava u realnim uvjetima te usporedba rezultata mjerenja s rezultatima simulacijskih proračuna. Takva praksa uobičajena je u svjetskim elektroprivredama, a u nekima se za te svrhe koristi čak i trajno ugrađena oprema za automatsku registraciju dinamičkog ponašanja sustava.

U hrvatskom EES-u do sada nisu provođena ispitivanja dinamičkog ponašanja sustava iako su u posljednjih deset godina eksploatacije tijekom i nakon restoracije sustava bili uočavani, a i sada su prisutni, problemi s dinamičkom stabilnošću sustava u karakterističnim konfiguracijama i stacionarnim stanjima.

Od mađarske strane planirano i zatraženo isključenje 400 kV dalekovoda Tumbri – Hévíz u travnju 2000. godine iskorišteno je da se po prvi put snimi dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a kod isključenja, odnosno uključenja tog dalekovoda. U tu je svrhu na inicijativu HEP-a, odnosno Sektora za vođenje i gospodarenje EES-om, organizirano i izvršeno snimanje karakterističnih veličina stanja sustava u tri 400 kV čvora hrvatskog EES-a: 400/110 kV TS Tumbri, 400/220/110 kV TS Melina i 400/220/110 kV TS Konjsko.

Dobiveni rezultati su analizirani i uspoređeni s rezultatima simulacijskih proračuna. Simulacijski model za proračune stabilnosti u vremenskoj domeni obuhvaćao je 400, 220 i 110 kV razine hrvatskog EES-a, 400 i 220 kV mrežu EES-a Slovenije (s dijelom ekvivalentirane 110 kV mreže), 400 i 220 kV razinu EES-a Mađarske, dio EES-a Bosne i Hercegovine na razinama 400 i 220 kV sa 110 kV mrežom u južnom dijelu, te nadomjesne modele EES-a UCTE/CENTREL na naponskim razinama 400 i 220 kV. Polazna stacionarna stanja za simulaciju bila su tako podešena da se što bolje podudaraju sa stacionarnim stanjima iz mjerenja.

2. ZNAČAJKE ORGANIZACIJE ISPITIVANJA

Ispitivanja su trebala obuhvatiti pokus isključenja (05. 04. 2000.) i pokus ponovnog uključenja (06. 04. 2000.) 400 kV dalekovoda Tumbri – Hévíz. Zbog sistemskog karaktera istraživanih pojava i interakcije sa susjednim EES-ima, sudjelovanja velikog broja stručnjaka različitih specijalnosti u izvođenju pokusa i nemogućnosti ponavljanja pokusa ispitivanje je zahtijevalo pažljivu pripremu, planiranje i koordinaciju aktivnosti za oba pokusa. To je bilo regulirano programom ispitivanja koji je obuhvatio:

- pripremu i provedbu mjerenja i registracije veličina stanja na tri dislocirana mjerna mjesta u hrvatskom EES-u i to u TS Tumbri, TS Melina i TS Konjsko

- organiziranje i prikupljanje podataka stacionarnog stanja u hrvatskom EES-u i susjednim EES-ima prije i nakon isključenja, odnosno uključenja dalekovoda
- koordinaciju provedbe pokusa, i
- organizaciju sustava komunikacija.

Ispitivanja su izvršili stručnjaci Instituta za elktroprivredu i energetiku Zagreb, HEP-a (Sektor za vođenje i gospodarenje EES-om, PrP Zagreb, PrP Opatija, PrP Split,) nacionalnih dispečerskih centara susjednih EES-a Slovenije, Mađarske i BiH, Fakulteta elektrotehnike i računarstva Zagreb i Končar Inem-a.

2.1. Mjerni signali i mjerna oprema

Tijekom pokusa snimane su odabrane sljedeće karakteristične veličine:

TS 400/110 Tumbri	tok djelatne snage na 400 kV DV Tumbri-Hévíz
	tok djelatne snage na 400 kV DV Tumbri-Melina
	tok djelatne snage na 400 kV DV Tumbri-Krško
TS 400/220/110 Melina	tok djelatne snage na 400 kV DV Melina-Tumbri
	tok djelatne snage na 400 kV DV Melina-RHE Velebit
	tok djelatne snage na 400 kV DV Melina-Divača
	frekvencija napona na 400 kV sabirnicama
TS 400/220/110 Konjsko	tok djelatne snage na 400 kV DV Konjsko-RHE Velebit
	tok djelatne snage na 220 kV DV Konjsko-Brinje
	tok djelatne snage na 220 kV DV Konjsko-Mostar
	frekvencija napona na 400 kV sabirnicama

S obzirom na razmjerno kratak rok za pripremu mjerenja odlučeno je da se svi mjerni signali uzmu iz postojećih mjernih pretvarača ugrađenih u transformatorskim stanicama. Analizom svojstava tih pretvarača utvrđeno je da oni uglavnom zadovoljavaju potrebe ovih mjerenja.

Mjerni signali snimani su sljedećim digitalnim registracijskim uređajima:

u TS Tumbri: 6-kanalni uređaj za snimanje prijelaznih pojava ABB Goertz SE 560/561 (rezolucija 8 bita, uzorkovanje max. 1 MHz po kanalu, maksimalno 16000 uzoraka po kanalu)

u TS Melina: 4-kanalni digitalni memorijski osciloskop LeCroy 9304AM (rezolucija 8 bita, uzorkovanje max. 100 MHz po kanalu, max. 250000 uzoraka po kanalu)

u TS Konjsko 8-kanalna mjerna centrala Wavebook (rezolucija 12 bita).

2.2. Značajke izvođenja pokusa

Svaki pokus sastojao se u osnovi od sljedećih koraka:

- zapisa konfiguracije mreže i karakterističnih veličina (tokova djelatne i jalove snage, napona u čvorištima) u stacionarnom stanju u hrvatskom EES-u i susjednim EES-ima (Mađarska, Slovenija, Bosna i Hercegovina), približno dvije minute prije isključenja, odnosno uključenja voda
- registriranja odziva karakterističnih veličina stanja sustava tijekom prijelazne pojave, u trajanju od najmanje 160 sekundi
- zapisa konfiguracije mreže i karakterističnih veličina (tokova djelatne i jalove snage, napona u čvorištima) u stacionarnom stanju u hrvatskom EES-u i susjednim EES-ima (Mađarska, Slovenija, Bosna i Hercegovina), približno dvije minute nakon isključenja, odnosno uključenja voda.

U izvođenju pokusa angažiran je veći broj ekipa i sudionika, a ispitivanje je koordinirano iz nacionalnog dispečerskog centra u Zagrebu.

U zapisu stacionarnog stanja sudjelovalo je osoblje područnih dispečerskih centara hrvatskog EES-a u Rijeci, Osijeku i Splitu, osoblje dispečerskih centara susjednih EES-a u Ljubljani, Budimpešti i Sarajevu te osoblje nacionalnog dispečerskog centra u Zagrebu. Zapisi stacionarnih stanja nisu, strogo uzevši, istodobni jer su uvjetovani tehničkim mogućnostima postojećih sustava vođenja, kako u hrvatskom tako i u susjednim EES-ima. Nije bilo moguće da se po nalogu voditelja ispitivanja "zamrzne" stacionarno stanje već su se spremali i ispisivali ekranski prikazi stanja EES-a iz sustava vođenja. Za zapis stacionarnog stanja u hrvatskom EES-u korišteni su također rezultati iz estimatora stanja sustava (DAM) u nacionalnom dispečerskom centru.

Snimanje odziva karakterističnih veličina stanja sustava tijekom prijelazne pojave provodile su tri mjerne ekipe. Početak snimanja koordiniran je telefonskim nalozima iz nacionalnog dispečerskog centra u Zagrebu.

3. REZULTATI ISPITIVANJA

Tokovi djelatnih snaga registrirani neposredno prije izvođenja pokusa i vremenski odzivi djelatnih snaga na odabranim dalekovodima tijekom prijelaznog procesa prikazani su na shematskom prikazu 400 i 220 kV prijenosne mreže hrvatskog EES-a i dijela EES-a BiH.

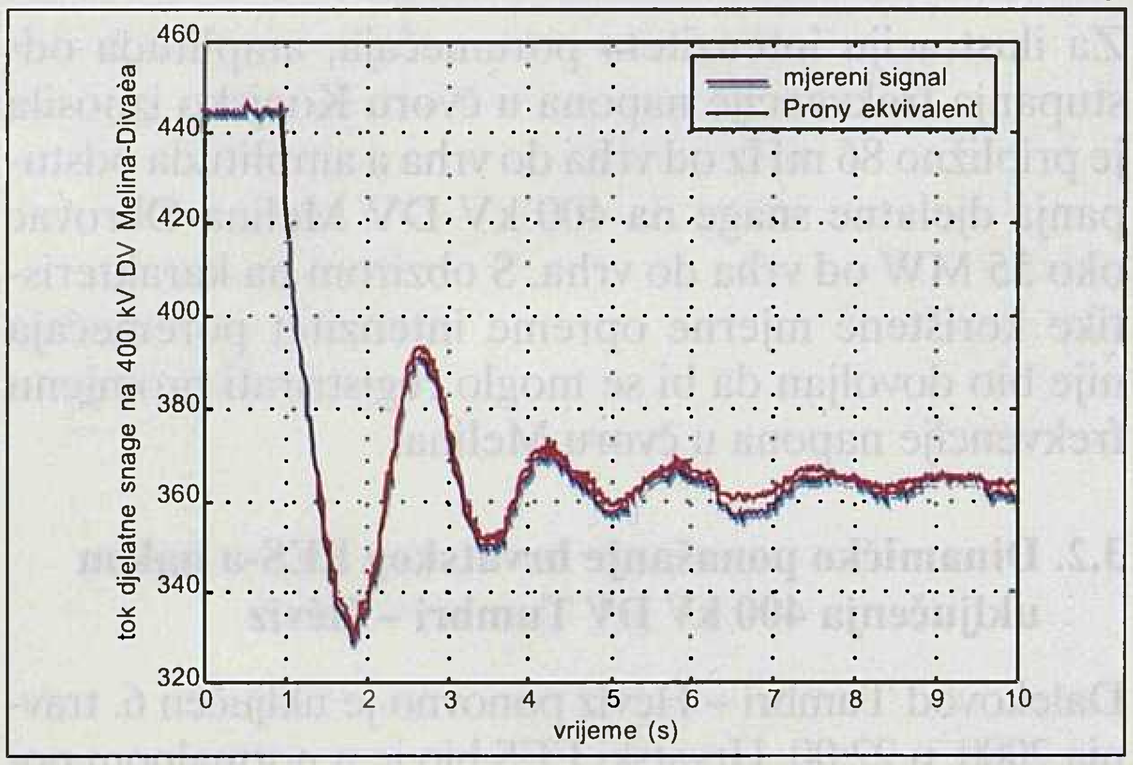
3.1. Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a nakon isključenja 400 kV DV Tumbri – Hévíz

Dalekovod Tumbri – Hévíz isključen je 5. travnja 2000. u 7:20. Neposredno prije isključenja tim je vodom iz Mađarske u Hrvatsku teklo približno 250 MW. Hrvatski EES bio je u normalnom pogonskom stanju sa svim 400 i 220 kV vodovima u pogonu. U 220 kV čvor Đakovo iz smjera Gradačca ulazilo je približno 143 MW.

Značajke osnovnog moda elektromehaničkih oscilacija (njihanja) određeni su Pronyjevim postupkom. Rezultati Pronyjeve analize prikladno odabranog segmenta jednog karakterističnog signala (toka djelatne snage na 400 kV DV Melina-Divača) prikazani su na slici 1.

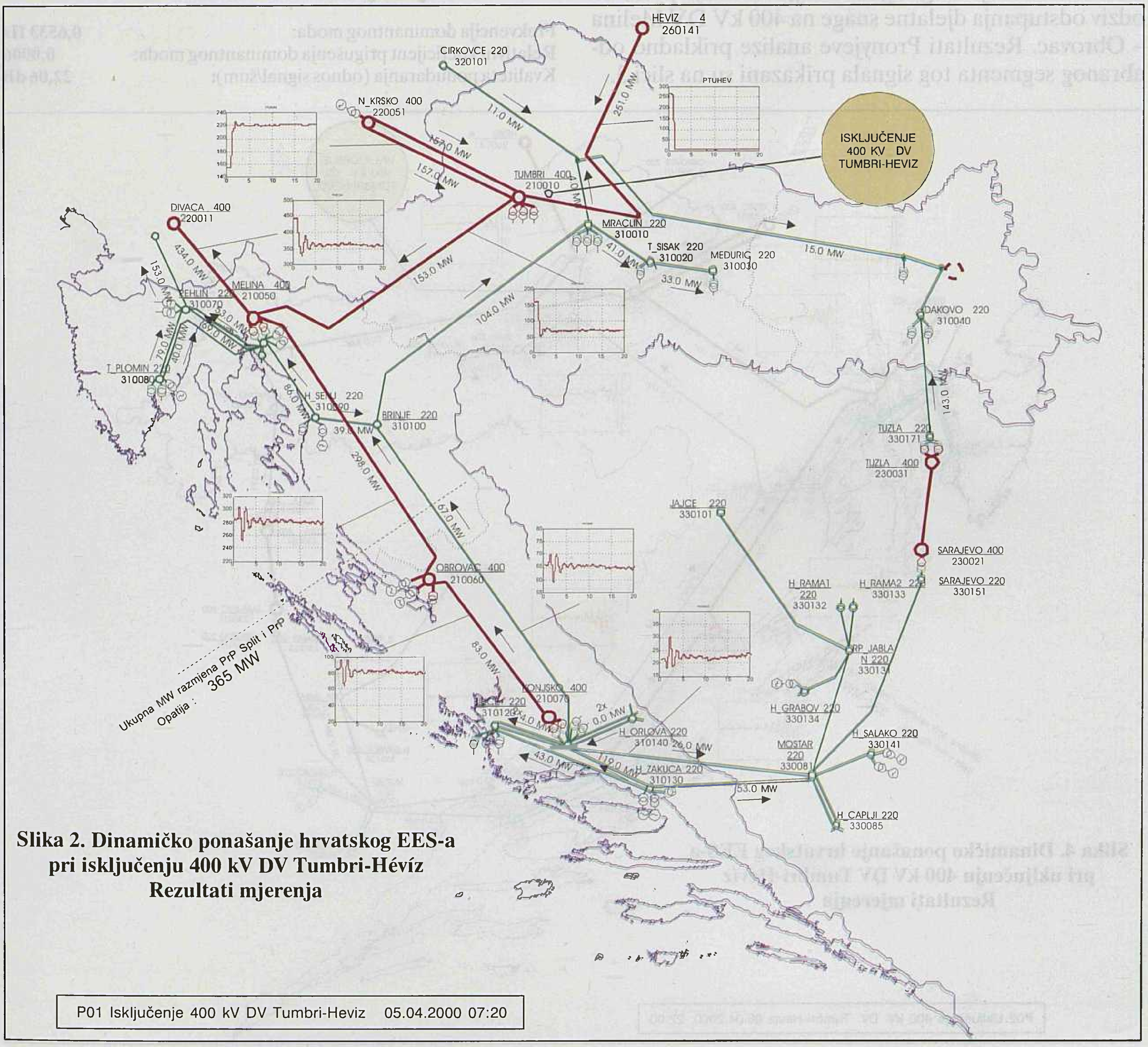
Odziv sustava u ovom pokusu, prezentiran odzivom toka djelatne snage na 400 kV DV Melina-Divača, dobro je prigušen, s relativnim koeficijentom prigušenja osnovnog moda njihanja $\zeta = 0{,}107$ većim od iskustveno usvojenog i prihvatljivog iznosa prigušenja $\zeta = 0{,}05$. Frekvencija osnovnog moda njihanja iznosila je pritom približno 0,62 Hz.

Na slici 2. prikazani su na shematskom prikazu 400 i 220 kV mreže EES-a Hrvatske i dijela EES BiH zapisani tokovi djelatne snage neposredno prije pokusa i snimljeni odzivi karakterističnih veličina stanja sustava u pokusu isključenja 400 kV DV Tumbri - Hévíz. Kako su pojave od interesa u frekvencijskom području od 0.1 do 1 Hz prikazano je radi preglednosti samo prvih 20 sekundi pojave.



Slika 1. Rezultat Pronyjeve analize relevantnog segmenta mjernog signala odstupanja djelatne snage na 400 kV DV Melina – Divača u pokusu isključenja 400 kV DV Tumbri – Hévíz

Frekvencija dominantnog moda:	**0,6199 Hz**
Relativni koeficijent prigušenja dominantnog moda:	**0,1070**
Kvaliteta podudaranja (odnos signal/šum):	**20,48 dB**



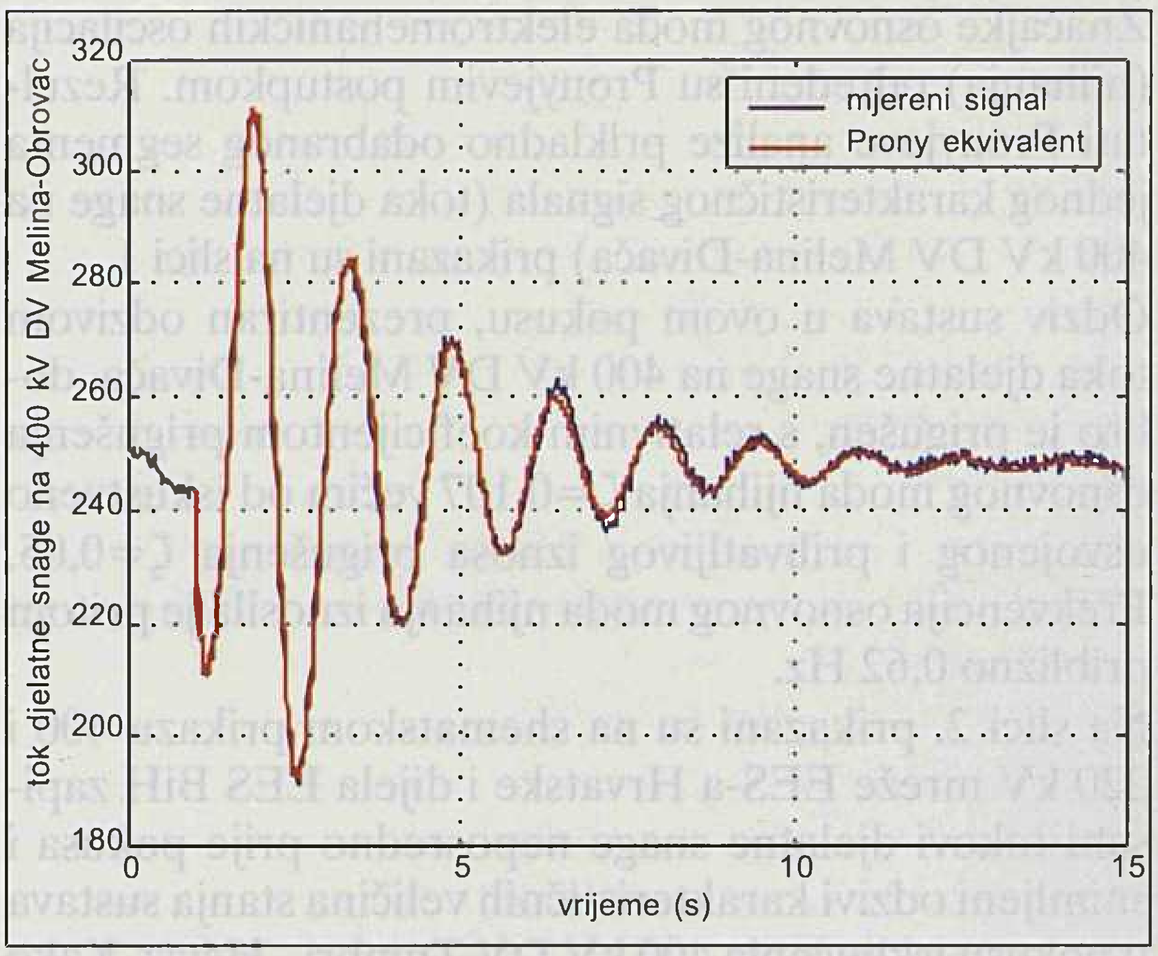
Slika 2. Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a pri isključenju 400 kV DV Tumbri-Hévíz Rezultati mjerenja

Za ilustraciju intenziteta poremećaja, amplituda odstupanja frekvencije napona u čvoru Konjsko iznosila je približno 86 mHz od vrha do vrha a amplituda odstupanja djelatne snage na 400 kV DV Melina-Obrovac oko 55 MW od vrha do vrha. S obzirom na karakteristike korištene mjerne opreme intenzitet poremećaja nije bio dovoljan da bi se moglo registrirati promjenu frekvencije napona u čvoru Melina.

3.2. Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a nakon uključenja 400 kV DV Tumbri – Hévíz

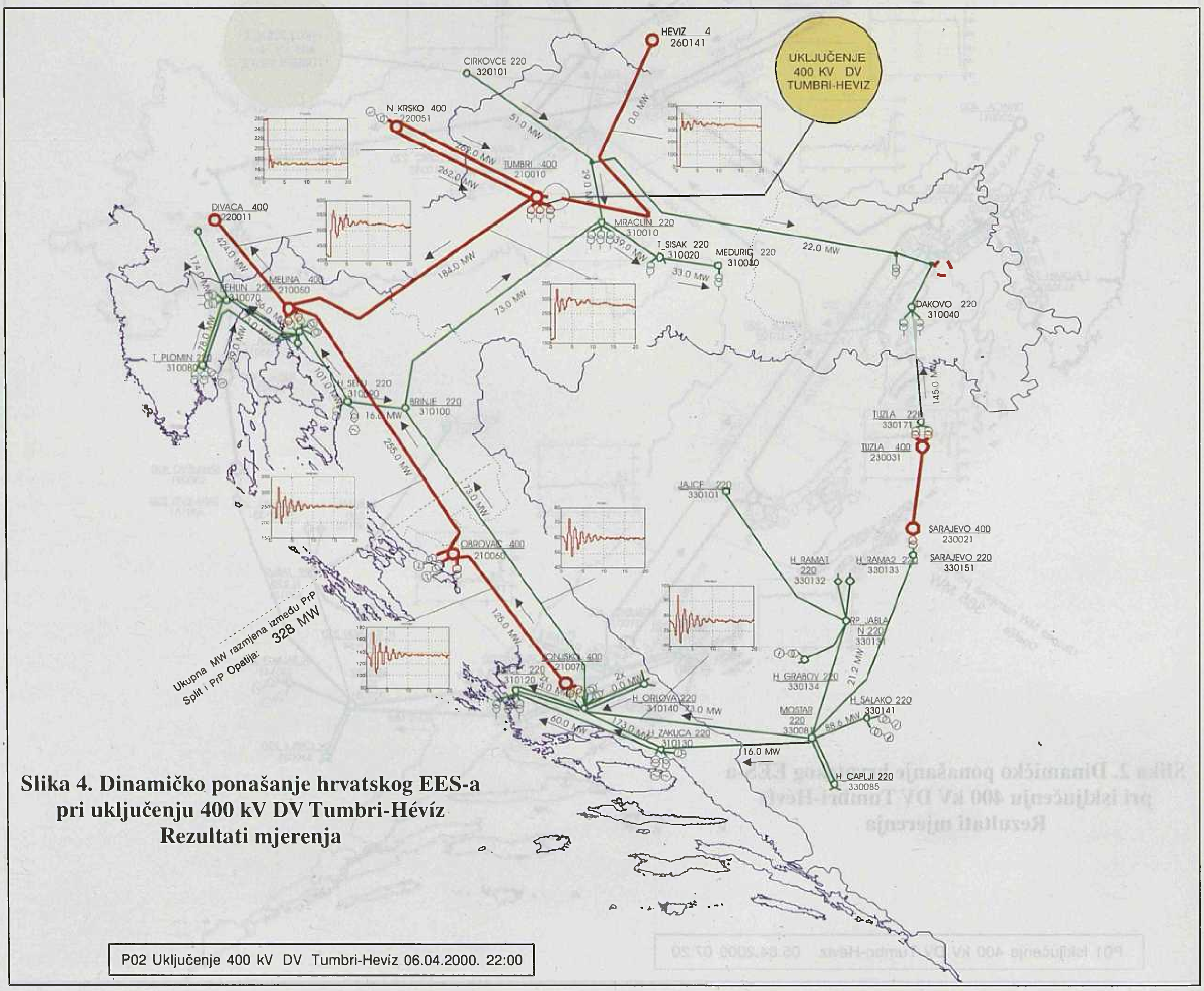
Dalekovod Tumbri – Hévíz ponovno je uključen 6. travnja 2000. u 22:00. Hrvatski EES bio je u normalnom pogonskom stanju sa svim 400 i 220 kV vodovima u pogonu. Neposredno prije uključenja u 220 kV čvor Đakovo iz smjera Gradačca ulazilo je približno 145 MW.

Za određivanje frekvencije i prigušenja dominantnog međupodručnog moda primijenjena je analizira snimljenih odziva Pronyjevim postupkom. S obzirom na kvalitetu mjernog signala najprikladniji je za to odziv odstupanja djelatne snage na 400 kV DV Melina – Obrovac. Rezultati Pronyjeve analize prikladno odabranog segmenta tog signala prikazani su na slici 3.



Slika 3. Rezultat Pronyjeve analize prikladno odabranog segmenta mjernog signala odstupanja djelatne snage na 400 kV DV Melina – Obrovac u pokusu ponovnog uključenja 400 kV DV Tumbri - Hévíz

Frekvencija dominantnog moda:	**0,6533 Hz**
Relativni koeficijent prigušenja dominantnog moda:	**0,0906**
Kvaliteta podudaranja (odnos signal/šum):	**22,06 dB**



Slika 4. Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a pri uključenju 400 kV DV Tumbri-Hévíz Rezultati mjerenja

Uočava se da je frekvencija oscilacija veća nego u pokusu isključenja voda (0,6533 Hz prema 0,6199 Hz) a prigušenje nešto lošije (0,0906 prema 0,107), ali još iznad usvojenog iznosa prihvatljivog prigušenja ($\zeta = 0{,}05$).

Na slici 4 prikazani su na shematskom prikazu 400 i 220 kV mreže EES Hrvatske i dijela EES BiH zapisani tokovi djelatne snage neposredno prije pokusa i snimljeni odzivi karakterističnih veličina stanja sustava u pokusu ponovnog uključenja 400 kV DV Tumbri - Hévíz. I ovdje je radi preglednosti prikazano samo prvih 20 sekundi pojave mjerodavnih za ocjenu dinamičkog ponašanja sustava.

Prijelazna pojava izazvana uključenjem voda dobro je prigušena. Odzivi karakterističnih veličina smiruju se unutar 12 sekundi. Amplituda odstupanja djelatne snage na 400 kV dalekovodu Melina – Obrovac iznosila je 120 MW od vrha do vrha dok je amplituda odstupanja frekvencije napona u čvoru Konjsko iznosila 126 mHz od vrha do vrha.

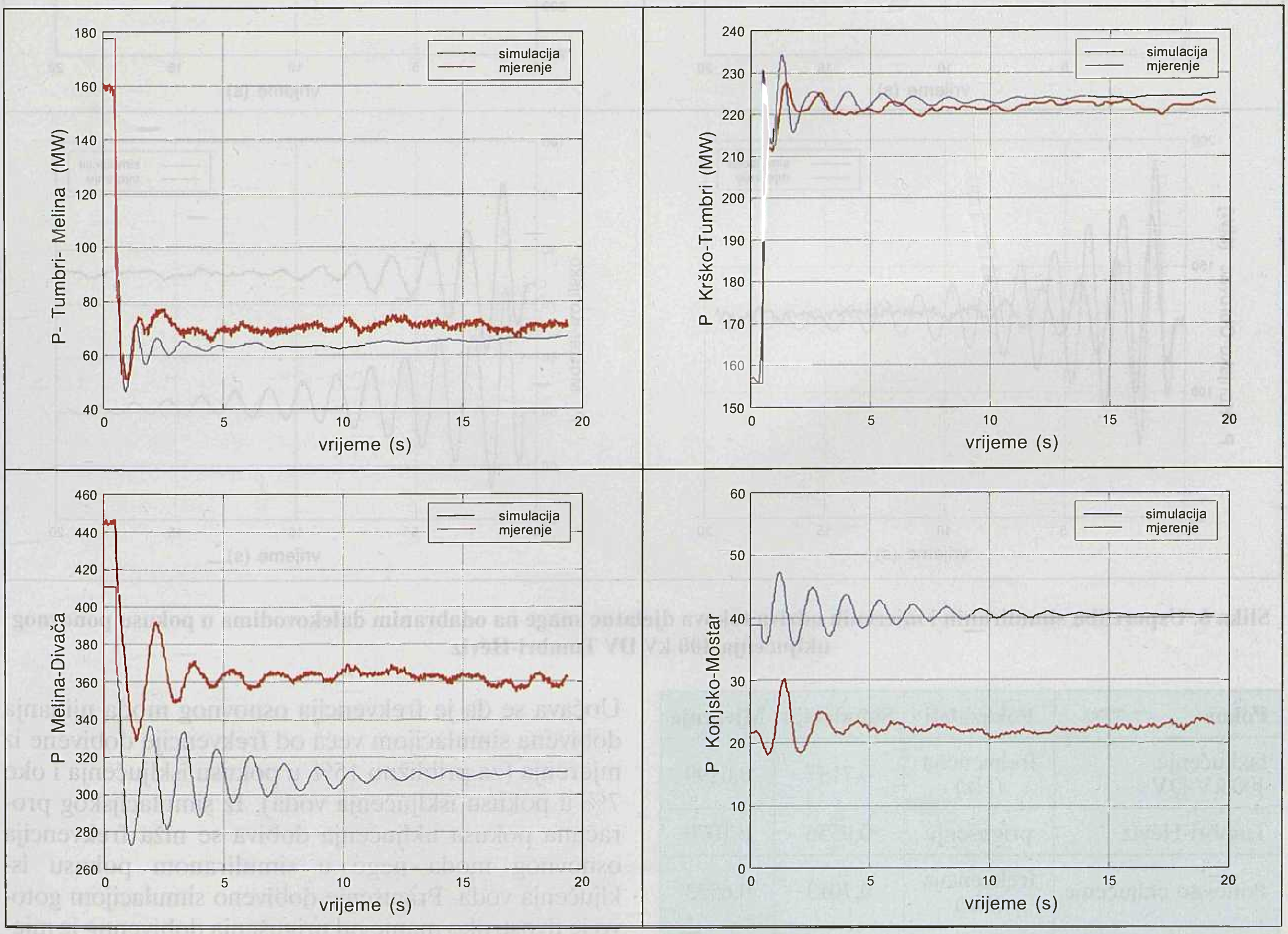
4. USPOREDBA REZULTATA MJERENJA S REZULTATIMA SIMULACIJE

Scenariji isključenja, odnosno ponovnog uključenja 400 kV DV Tumbri-Hévíz, simulirani su na računalu pomoću programskog paketa za proračun prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava (FLOWC – NEWDYN, CESI). U tu je svrhu postavljen odgovarajući dinamički model sustava u kojem su reprezentirane sve proizvodne jedinice u hrvatskom EES-u i hidroagregati u južnom dijelu EES-a BiH, kao i pojedine proizvodne jedinice i dinamički ekvivalenti u EES-ima Slovenije, Mađarske, Austrije, Češke, Slovačke i Italije.

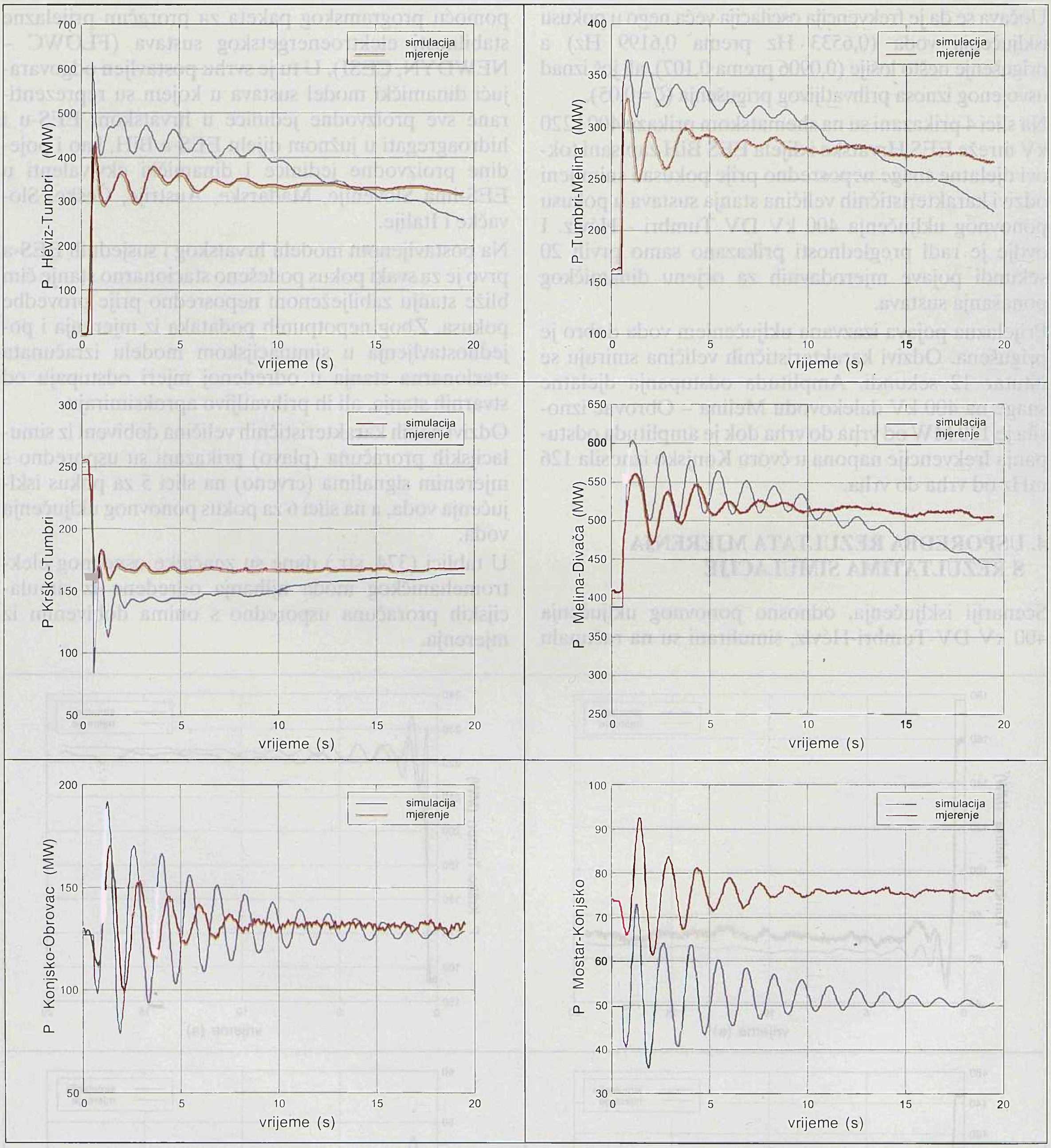
Na postavljenom modelu hrvatskog i susjednih EES-a prvo je za svaki pokus podešeno stacionarno stanje čim bliže stanju zabilježenom neposredno prije provedbe pokusa. Zbog nepotpunih podataka iz mjerenja i pojednostavljenja u simulacijskom modelu izračunata stacionarna stanja u određenoj mjeri odstupaju od stvarnih stanja, ali ih prihvatljivo aproksimiraju.

Odzivi nekih karakterističnih veličina dobiveni iz simulacijskih proračuna (plavo) prikazani su usporedno s mjerenim signalima (crveno) na slici 5 za pokus isključenja voda, a na slici 6 za pokus ponovnog uključenja voda.

U tablici (374. str.) dane su značajke osnovnog elektromehaničkog moda njihanja određene iz simulacijskih proračuna usporedno s onima dobivenim iz mjerenja.



Slika 5. Usporedba simuliranih i mjerenih odziva tokova djelatne snage na odabranim dalekovodima u pokusu isključenja 400 kV DV Tumbri-Hévíz



Slika 6. Usporedba simuliranih i mjerenih odziva tokova djelatne snage na odabranim dalekovodima u pokusu ponovnog uključenja 400 kV DV Tumbri-Hévíz

Pokus	Pokazatelj	Simulacija	Mjerenje
Isključenje 400 kV DV	frekvencija (Hz)	0,7137	0,6199
Tumbri-Hévíz	prigušenje	0,0556	0,1070
Ponovno uključenje	frekvencija (Hz)	0,7013	0,6533
400 kV DV Tumbri-Hévíz	prigušenje	0,0415	0,0906

Uočava se da je frekvencija osnovnog moda njihanja dobivena simulacijom veća od frekvencije dobivene iz mjerenja (za približno 15% u pokusu isključenja i oko 7% u pokusu isključenja voda). Iz simulacijskog proračuna pokusa uključenja dobiva se niža frekvencija osnovnog moda nego u simuliranom pokusu isključenja voda. Prigušenje dobiveno simulacijom gotovo je dvostruko manje od prigušenja dobivenog iz mjerenja, ali još uvijek iznad ili blizu prihvatljivog iznosa (z=0,05). Ove razlike u najvećoj mjeri su posljedica

nemodelirane dinamike objekata u EES-u BiH, razlika stvarnih i simuliranih stacionarnih stanja (angažmani agregata), a dijelom su uzrokovane i odstupanjima nekih parametara modela od stvarnih vrijednosti.

5. ZAKLJUČAK

Rezultati ovih ispitivanja potvrdili su da se u hrvatskom EES-u nakon poremećaja pojavljuju elektromehaničke oscilacije s dominantnom frekvencijom od 0,6 do 0,7 Hz. Ove oscilacije tipičan su primjer međupodručnih (engl. interarea) oscilacija.

Prigušenje međupodručnih oscilacija prihvatljivo je u oba pokusa, za konkretnu konfiguraciju, stacionarno stanje i angažirane agregate. Pritom, međutim, valja imati na umu da je prije isključenja voda tok djelatne snage na tom vodu bio relativno malen (250 MW) u odnosu na vrijednosti koje se inače mogu očekivati u redovnom pogonu (cca 500-600 MW), a time je bila i manja amplituda poremećaja. Osim toga, uz angažman hidroagregata u južnom dijelu sustava (RHE Velebit u pogonu, HE Orlovac izvan pogona, RHE Čapljina izvan pogona ...) kakav je bio tijekom ispitivanja rezultati su u skladu s očekivanjima, no u situaciji s većim angažmanom tih agregata stanje bi, s obzirom na dinamičku stabilnost, bilo znatno nepovoljnije.

Frekvencija oscilacija je viša, a prigušenje nešto lošije u pokusu uključenja nego u pokusu isključenja 400 kV dalekovoda Tumbri – Hévíz. U usporedbi sa simulacijskim rezultatima, frekvencije oscilacija dobivene analizom rezultata mjerenja su niže a prigušenja bolja. To je posljedica nepotpunog modeliranja dijela vanjskog EES-a (posebno EES-a Bosne i Hercegovine), netočnosti u parametrima modela i nekih nemodeliranih efekata (npr. nelinearnih karakteristika potrošača).

Pokazalo se da je teško dobiti istodobni zapis stacionarnog stanja cijelog hrvatskog EES-a i susjednih EES-a iz kojeg bi se jednoznačno moglo rekonstruirati stvarno stanje. U tom pogledu za hrvatski EES poseban je problem bio s podacima za južni dio sustava. Ovdje valja napomenuti da se tijekom izvođenja pokusa nije raspolagalo podacima iz dispečerskog centra u Mostaru. Uz više vremena za pripremu ovakvih ispitivanja i nakon stečenih iskustava u ovim pokusima kod budućih mjerenja bi se mogli izbjeći neki od spomenutih nedostataka.

Iako s nepotpunim modelom EES-a BiH, rezultati simulacijskih proračuna su dobra osnova za predikciju dinamičkog ponašanja sustava kod ovakvih poremećaja. Očigledno je da se ubuduće treba posvetiti više pažnje dinamičkim modelima objekata, prikupljanju i verificiranju njihovih parametara, te izučavanju ostalih utjecajnih efekata (npr. modeliranje potrošača). Isto tako, važno je uspostaviti razmjenu podataka potrebnih za ovakve studije između svih uključenih elektroenergetskih sustava, a posebno s EES-om Bosne i Hercegovine.

Na temelju stečenih iskustava bilo bi korisno nastaviti s eksperimentalnim i studijskim istraživanjima dinamičkog ponašanja hrvatskog EES-a u realnim pogonskim konfiguracijama i stanjima, pri čemu bi trebalo osigurati kontinuiranu suradnju sa susjednim elektroprivredama, a posebno s elektroprivredom Bosne i Hercegovine.

S obzirom na buduću organizaciju i potrebe vođenja elektroenergetskog sustava bilo bi korisno da se u karakterističnim točkama sustava ugradi oprema za automatski trajni nadzor i registraciju veličina stanja potrebnih za ocjenu dinamičkog ponašanja sustava.

LITERATURA

[1] Analysis and Control of Power System Oscillations, CIGRE Report Task Force 07 of Advisory Group 01 of Study Committee 38, 1996.

[2] M. MEHMEDOVIĆ, D. NEMEC: "Analiza mjerenih signala u elektroenergetskom sustavu Pronyevim postupkom", IV. savjetovanje Hrvatskog komiteta CIGRÉ, Cavtat, listopad 1999.

[3] M. MEHMEDOVIĆ: "Identifikacija parametara sustava regulacije uzbude sinkronih strojeva", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1995.

[4] E. GREBE et al.: "Analysis and damping of inter-area oscillations in the UCTE/CENTREL power system", R.38-113, XXXVIII. zasjedanje CIGRÉ, Pariz 2000.

[5] M. STOJSAVLJEVIĆ, M. MEHMEDOVIĆ, D. NEMEC: "Dinamičko ponašanje hrvatskog elektroenergetskog sustava u realnim pogonskim uvjetima", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb 2001.

DYNAMIC BEHAVIOUR OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER SYSTEM WHEN SWITCHING ON AND OFF 400 kV LINE TUMBRI-HEVIZ

The dynamic behaviour measurement results of characteristic values in the Croatian Electric Power System during transient state after switching off and re-closing the Tumbri-Heviz 400 kV line are given. Active power behaviour on characteristic lines in TS Tumbri, Melina nad Konjsko are recorded as well as the 400 kV voltage frequency in TS Melina and Konjsko. The basic characteristics of electric-mechanical oscillations' dominant mode for the Croatian Power System are given. The comparison of measurement results and simulation results shows that the simulation results as expected are more conservative and that means a need to collect more accurate data for dynamic models.

DYNAMISCHES VERHALTEN DES KROATISCHEN VERBUNDES BEIM EIN- UND AUSSCHALTEN DER 400kV FERNLEITUNG TUMBRI-HÉVIZ

Dargestellt sind Messergebnisse der dynamischen Antworte karakteristischer Grössen im kroatischen Verbund im Laufe der Übergangserscheinung nach der Aus-, bzw. Wiedereinschaltung der 400kV Fernleitung. Aufgenommen wurden Antworten der Wirkleistungen in karakteristischen Leitungen in Umspannwerken Tumbri, Melina und Konjsko sowie die Frequenz der Spannungen in Umspannwerken Melina und Konjsko. Angegeben sind Anzeigen vorherschender Weise elektromechanischer Schwingungen im kroatischen Verbund. Vergleich der Messergebnisse mit den Nachahmungsmodellergebnissen zeigt dass, nach Erwartung, Nachahmungsergebnisse eher veraltet sind und deuten auf die Notwendigkeit der Anschaffung genauerer Angaben für dynamische Modelle hin.

Naslov pisaca:

Mr. sc. Milan Stojsavljević, dipl. ing.
dr. sc. Muharem Mehmedović, dipl. ing.
mr. sc. Darko Nemec, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Jakov Sinovčić, dipl. ing.
Šime Radić, dipl. ing.
Marinko Rogić, dipl. ing.
Vladimir Grujić, dipl. ing.
HEP - Sektor za vođenje i gospodarenje EES-om
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-07-09.

DINAMIČKA STABILNOST HRVATSKOG EES-a U UCTE/CENTREL INTERKONEKCIJI

Mr. sc. Darko N e m e c – mr. sc. Milan S t o j s a v l j e v i ć – dr. sc. Muharem M e h m e d o v i ć, Zagreb

UDK 621.311.153
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Prikazani su rezultati istraživanja dinamičke stabilnost hrvatskog EES-a u paralelnom radu s UCTE i CENTREL interkonekcijom u aktualnoj konfiguraciji s 400 kV DV Tumbri - Hévíz (jedna trojka) te u konfiguraciji s obnovljenom TS Ernestinovo, izgrađenom TS Žerjavinec i s obje trojke 400 kV DV Žerjavinec - Hévíz u pogonu.

Za ocjenu dinamičke stabilnosti (stabilnosti na mali poremećaj) razmatrana su svojstva elektromehaničkih oscilacija, odnosno oscilatornih modova sistemskih njihanja. Primijenjen je postupak modalne analize nadomjesnog lineariziranog modela EES-a dobivenog postupkom identifikacije iz vremenskih odziva nelinearnog modela na odabrani mali poremećaj.

Istražen je utjecaj 400 kV interkonekcije u obje konfiguracijske varijante, pokazan utjecaj poprečne veze kroz EES BiH i ocijenjen utjecaj tranzita 400 kV DV Tumbri (Žerjavinec) – Hévíz na dinamičku stabilnost hrvatskog EES-a.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, dinamička stabilnost, modalna analiza, međupodručne oscilacije.

1. UVOD

Stabilnost sustava na mali poremećaj ili dinamička stabilnost (u posljednje vrijeme zamijenjena pojmom statičke stabilnosti) sve se češće postavlja kao ograničenje u eksploataciji suvremenih elektroenergetskih sustava, posebno u novim okolnostima deregulacije koje nerijetko iziskuju maksimalno iskorištenje raspoloživih prijenosnih kapaciteta (putova). Dinamička stabilnost istražuje značajke oscilatornih prijelaznih pojava, frekvencija približno u opsegu od 0.1 do 3 Hz, koje uključuju modove vlastitih oscilacija pojedinačnih agregata u odnosu na sustav, oscilacije između grupa strojeva u pojedinim dijelovima EES-a i oscilacije između područja povezanog EES-a (tzv. međupodručne oscilacije). Poznavanje dopustivih granica prijenosa s obzirom na kriterij dinamičke stabilnosti u tom je smislu nužan preduvjet za siguran pogon i vođenje elektroenergetskog sustava. Pritom se u svjetskoj praksi tzv. procjena dinamičke sigurnosti sustava (DSA, Dynamic Security Assessment) postupno uvodi i u on-line primjenu.

Za razliku od analiza prijelazne stabilnosti dinamička stabilnost hrvatskog elektro-energetskog sustava do sada nije bila predmetom posebnih istraživanja, posebno ne nakon osamostaljenja hrvatske države. Zemljopisno nepovoljna konfiguracija hrvatskog EES-a s dugim 400 kV vodovima i značajnom koncentracijom hidroproizvodnje u južnom dijelu sustava, zatim činjenica da su sjeverni i južni krak hrvatskog EES-a povezani kroz EES-a Bosne i Hercegovine koji još nije u cijelosti obnovljen i, konačno, očekivana deregulacija elektroenergetskog sektora u Hrvatskoj ukazuju na potrebu da se ova problematika počne sustavno izučavati, kako na studijskom tako i na eksperimentalnom planu.

Neposredan poticaj za studiju kojom će se obuhvatiti aspekt dinamičke stabilnosti hrvatskog EES-a bila je izgradnja 400 kV dalekovoda Tumbri (Žerjavinec) - Hévíz kojim je znatno pojačana veza EES-a Hrvatske s EES-om Mađarske odnosno s UCTE i CENTREL interkonekcijom. U sklopu istraživanja razmatrani su, osim utjecaja novog dalekovoda i utjecaja iznosa i smjera tranzita njime, utjecaji nekih drugih čimbenika (npr. angažmana hidroelektrana u južnom dijelu sustava) i konfiguracijskih varijanti. U tu svrhu postavljen je, pored odgovarajućih modela susjednih sustava Mađarske i Slovenije te UCTE-a i CENTREL-a, detaljni model EES-a Hrvatske i dijela EES-a Bosne i Hercegovine s dinamičkim modelima proizvodnih jedinica i njihovih regulacijskih sustava. Razmatrane su sljedeće osnovne konfiguracije:

- polazna konfiguracija (**A**) bez TS Žerjavinec i TS Ernestinovo, sa Slavonijom napajanom 220 kV dalekovodom Mraclin - Đakovo i s jednom trojkom 400 kV DV Tumbri - Hévíz u pogonu, u dvije varijante: s poprečnom vezom kroz EES BiH i bez te veze
- dodatna konfiguracija (**B**) s izgrađenom TS Žerjavinec 400/110 kV, obnovljenom TS Ernestinovo 400/220/110 kV i obje trojke 400 kV DV Žerjavinec - Hévíz u pogonu

Primijenjen je postupak simulacije odziva EES-a u vremenskoj domeni na prikladno odabrane poremećaje. U tu svrhu korišten je programski paket za proračun stabilnosti na standardnom nelinearnom višestrojnom modelu EES-a (CESI FLOWC--NEWDYN). Odabrani su odzivi veličina koje prikladno reprezentiraju dinamiku od interesa (tokovi djelatne snage na karakterističnim prijenosnim vodovima i frekvencije napona u 400 i 220 kV čvorovima) te su iz njih postupkom zasnovanim na minimumu kvadrata identificirani nadomjesni linearizirani modeli sustava.

Modalnom analizom tako dobivenih linear(izira)nih modela određivani su karakteristični parametri značajnih modalnih komponenti. Svođenjem analize na manji broj dominantnih modova (odnosno, kad je to bilo moguće, na jedan) omogućeno je da se njihove značajke - frekvencije i relativni koeficijenti prigušenja – mogu uspoređivati u različitim stanjima sustava (konfiguracija, radna točka, uključenost stabilizatora elektroenergetskog sustava – PSS-a ...) i tako ocjenjivati utjecaj značajki stanja sustava na dinamičku stabilnost.

Dodatna provjera načinjena je pomoću pojednostavljenog lineariziranog modela višestrojnog sustava u kojem su agregati reprezentirani drugim redom, odnosno jednadžbama gibanja rotora (bez prigušenja) a sinkroni generatori modelom s konstantnom elektromotornom silom iza prijelazne reaktancije Š7Ć. Primjenom modalne analize dinamičkog jakobijana ovako dobivenog modela EES istraženo je grupiranje agregata u koherentne grupe i njihov udio u pojedinim modovima elektromehaničkog njihanja. Kako u pojednostavljenom modelu nije reprezentirano prigušenje, rezultati se mogu interpretirati samo s obzirom na frekvencije njihanja. Usporedbom ovisnosti ovih frekvencija o parametrima režima s ovisnošću frekvencija dominantnih modova identificiranih iz odziva nelinearnog modela potvrđena je vjerodostojnost rezultata dobivenih identifikacijom.

Istraživanje dinamičke stabilnosti hrvatskog EES-a trebalo je odgovoriti na sljedeća pitanja:

- postoji li u hrvatskom EES-u jedan ili više izraženih međupodručnih oscilatornih modova i koje su im karakteristike i s kojim karakteristikama (frekvencijom i prigušenjem) ?
- Kako utječe novi 400 kV dalekovod Tumbri (Žerjavinec) - Heviz na prigušenje i frekvenciju dominantnog moda međupodručnih oscilacija karakterističnih za hrvatski EES? Kako se može usporediti utjecaj tog voda s utjecajem nekih drugih interkonekcijskih vodova?
- Kako iznos i smjer tranzita na novom 400 kV dalekovodu utječu na karakteristične pokazatelje dinamičke stabilnosti hrvatskog EES-a i postoje li pri tranzitima u očekivanim granicama opasnosti za dinamičku stabilnost?
- kakav je utjecaj novog 400 kV DV na dinamička svojstva sustava u različitim varijantama angažmana agregata u hrvatskom EES-u?
- kakav je dinamički odziv hrvatskog EES-a u slučaju ispada jednog interkonektivnog voda?

2. OSNOVNE ZNAČAJKE MODELA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

2.1. Konfiguracija

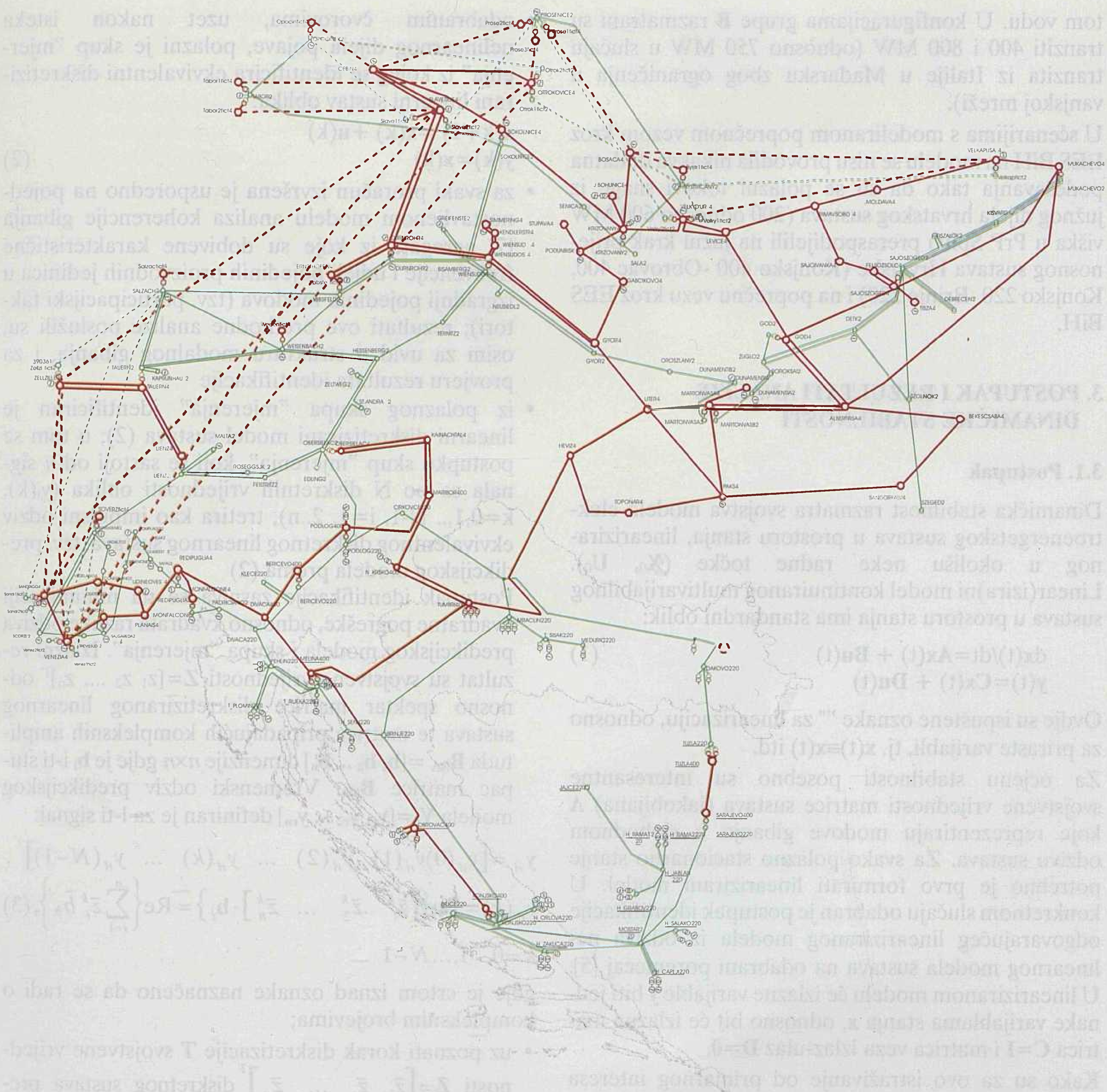
Model prijenosne mreže obuhvaća hrvatski EES-a s dijelom EES BiH ("unutarnji" EES) u paralelnom radu s UCTE/CENTREL interkonekcijom. Model vanjskog elektroenergetskog sustava obuhvaća prijenosnu mrežu naponskih razina 400 i 220 kV Slovenije, Italije, Austrije, Mađarske, Češke, Slovačke te odgovarajući ekvivalent preostalog dijela UCTE/CENTREL interkonekcije. Značajniji agregati u vanjskom sustavu modelirani su pojedinačno, a ostali su reprezentirani u sklopu dinamičkih ekvivalenata [1].

Jednopolna shema 400 i 220 kV mreže modeliranog EES za konfiguraciju A prikazana je na slici 1.

Model hrvatskog elektroenergetskog sustava temelji se na dvije polazne konfiguracije (A i B) spomenute u uvodu. Sve razmatrane varijante konfiguracije i stacionarnih stanja dane su u tablici 1.

Tablica 1. Pregled razmatranih varijanti konfiguracije hrvatskog EES-a

Varijante A – bez TS Ernestinovo i TS Žerjavinec, 1x400 kV DV Tumbri – Hévíz	
- konfiguracija **P0**	**bez** 400 kV DV Tumbri - Heviz i bez poprečne veze kroz EES BiH
- konfiguracija **P1**	**bez** 400 kV DV Tumbri - Heviz, bez poprečne veze kroz EES BiH i s 400 kV DV Melina-Divača izvan pogona
- konfiguracija **P2**	400 kV DV Tumbri - Heviz, s poprečnom vezom Mostar - Sarajevo – Tuzla - Đakovo
- konfiguracija **A0**	**sa** 400 kV DV Tumbri - Heviz i bez poprečne veze kroz EES BiH
- konfiguracija **A1**	**sa** 400 kV DV Tumbri - Heviz, bez poprečne veze kroz EES BiH i s 400 kV DV Melina-Divača izvan pogona
- konfiguracija **A2**	**sa** 400 kV DV Tumbri - Heviz, s poprečnom vezom kroz EES BiH (Mostar - Sarajevo – Tuzla - Gradačac - Đakovo)
Varijante B – sa TS Ernestinovo i TS Žerjavinec, 2x400 kV DV Žerjavinec - Hévíz	
- konfiguracija **B0**	sa **2x400 kV** DV Žerjavinec – Hévíz, **bez** poprečne veze kroz EES BiH
- konfiguracija **C0**	sa **1x400 kV** DV Žerjavinec – Hévíz u pogonu, **bez** popr. veze kroz EES BiH
- konfiguracija **B2**	sa **2x400 kV** DV Žerjavinec – Hévíz i **sa** popr. vezom kroz EES BiH



Slika 1. Prijenosna mreža 400 i 220 kV modeliranog EES ("unutarnji" sustav u konfiguraciji A s poprečnom vezom kroz EES BiH)

Opterećenja u čvorištima u stacionarnim stanjima modelirana su konstantnom djelatnom i jalovom snagom, a tijekom prijelaznih pojava konstantnom impedancijom.

U modelu za istraživanje stabilnosti generatori su u pravilu modelirani dinamičkim modelima petog reda s dinamičkim modelima sustava uzbude i sustava regulacije brzine vrtnje. Nedostajući podaci dopunjeni su procijenjenim ili tipičnim vrijednostima.

2.2. Stacionarna stanja

Razmatrano je vršno opterećenje hrvatskog EES (2670 MW u konfiguraciji A, odnosno 2953 MW u konfiguraciji B). Usvojena je pretpostavka da u EES Hrvatske postoji manjak od cca 300 MW nadoknađen uvozom iz UCTE. U svakoj varijanti stacionarnog stanja razmatrane su i dvije podvarijante, (uvjetno) za slučaj više i niže hidrologije, što rezultira dvjema razinama angažmana hidroelektrana u južnim dijelovima hrvatskog EES-a i EES-a BiH te dvjema razinama prijenosa snage iz južnog dijela hrvatskog EES-a u središnji (cca 200 MW i cca 600 MW).

Polazeći od stacionarnih stanja uz navedene pretpostavke, u konfiguracijskim varijantama **A** istraživan je utjecaj dviju razina tranzita na 400 kV DV Tumbri (Žerjavinec) - Hévíz (400 i 600 MW) za slučaj tranzita iz EES Mađarske u EES Italije i obrnuto. Kao posebna varijanta razmatrano je stanje s nultom razmjenom na

tom vodu. U konfiguracijama grupe **B** razmatrani su tranziti 400 i 800 MW (odnosno 750 MW u slučaju tranzita iz Italije u Mađarsku zbog ograničenja u vanjskoj mreži).

U scenarijima s modeliranom poprečnom vezom kroz EES BiH na modelu se nisu provodila nikakva dodatna podešavanja tako da su se polazni tokovi snage iz južnog dijela hrvatskog sustava (200 odnosno 600 MW viška u PrP Split) preraspodijelili na južni krak prijenosnog sustava Hrvatske (Konjsko 400 -Obrovac 400, Konjsko 220 -Brinje 220) i na poprečnu vezu kroz EES BiH.

3. POSTUPAK I REZULTATI ANALIZE DINAMIČKE STABILNOSTI

3.1. Postupak

Dinamička stabilnost razmatra svojstva modela elektroenergetskog sustava u prostoru stanja, linearizirano u okolišu neke radne točke ($\mathbf{X}_0$, $\mathbf{U}_0$). Linear(izira)ni model kontinuiranog multivarijabilnog sustava u prostoru stanja ima standardni oblik:

$$\begin{aligned} d\mathbf{x}(t)/dt &= \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t) \end{aligned} \qquad (1)$$

Ovdje su ispuštene oznake "" za linearizaciju, odnosno za priraste varijabli, tj. $\mathbf{x}(t) \equiv \mathbf{x}(t)$ itd.

Za ocjenu stabilnosti posebno su interesantne svojstvene vrijednosti matrice sustava (jakobijana) **A** koje reprezentiraju modove gibanja u slobodnom odzivu sustava. Za svako polazno stacionarno stanje potrebno je prvo formirati linearizirani model. U konkretnom slučaju odabran je postupak identifikacije odgovarajućeg lineariziranog modela iz odziva nelinearnog modela sustava na odabrani poremećaj [5]. U lineariziranom modelu će izlazne varijable **y** biti jednake varijablama stanja **x**, odnosno bit će izlazna matrica $\mathbf{C}=\mathbf{I}$ i matrica veza izlaz-ulaz $\mathbf{D}=\mathbf{0}$.

Kako su za ovo istraživanje od primarnog interesa međupodručne oscilacije, u analizi su korišteni odzivi tokova djelatne snage na prijenosnim vodovima i odstupanja frekvencije u karakterističnim čvorovima "unutrašnjeg" EES-a. Primijenjen je sljedeći postupak:

- za svako polazno stacionarno stanje simuliran je pomoću nelinearnog višestrojnog modela u programskom paketu za proračun stabilnosti vremenski odziv EES na mali poremećaj (tj. na "artificijelni" prolazni kratki spoj, vrlo kratkog trajanja, na prikladno odabranom mjestu – u konkretnom slučaju u 110 kV TS Bilice) pri čemu je integracija diferencijalnih jednadžbi provedena s prikladno odabranim fiksnim korakom integracije T (konkretno, T=0,005 s); potom su izdvojeni vremenski odzivi željenih veličina
- skup simuliranih vremenskih odziva odstupanja djelatne snage na 400 kV prijenosnim vodovima "unutrašnjeg" EES te odstupanja frekvencije u odabranim čvorovima, uzet nakon isteka nelinearnog dijela pojave, polazni je skup "mjerenja" iz kojeg se identificira ekvivalentni diskretizirani linearni sustav oblika:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(k+1) &= \mathbf{x}(k) + \mathbf{u}(k) \\ \mathbf{y}(k) &= \mathbf{x}(k) \end{aligned} \qquad (2)$$

- za svaki proračun izvršena je usporedno na pojednostavljenom modelu analiza koherencije gibanja [7] agregata iz koje su dobivene karakteristične frekvencije i udjeli pojedinih proizvodnih jedinica u izgradnji pojedinih modova (tzv. participacijski faktori); rezultati ove prethodne analize poslužili su, osim za uvid u strukturu modalnog gibanja, i za provjeru rezultata identifikacije
- iz polaznog skupa "mjerenja" identificiran je linearni diskretizirani model sustava (2); u tom se postupku skup "mjerenja", koji se sastoji od *n* signala sa po N diskretnih vrijednosti oblika ($y_i(k)$, k=0,1,.. N-1, i=1, 2..n), tretira kao impulsni odziv ekvivalentnog diskretnog linearnog sustava, tzv. predikcijskog modela prema (2)

  Postupak identifikacije zasniva se na minimizaciji kvadratne pogreške, odnosno kvadrata razlike odziva predikcijskog modela i skupa "mjerenja". Izlazni rezultat su svojstvene vrijednosti $\mathbf{Z}=[z_1\ z_2\ ....\ z_n]^T$ odnosno spektar matrice diskretiziranog linearnog sustava te matrica pripadajućih kompleksnih amplituda $\mathbf{B_{NA}}=[\mathbf{b_1}\ \mathbf{b_2}\ ...\ \mathbf{b_n}]$ dimenzije $n \times n$ gdje je $\mathbf{b_i}$ i-ti stupac matrice $\mathbf{B_{NA}}$. Vremenski odziv predikcijskog modela $\mathbf{Y_r}=[\mathbf{y_{r1}}\ \mathbf{y_{r2}}\ ...\ \mathbf{y_{rn}}]$ definiran je za l-ti signal:

$$\mathbf{y}_{rl} = \left[y_{rl}(0) y_{rl}(1)\ \ y_{rl}(2)\ \ \ldots\ \ y_{rl}(k)\ \ \ldots\ \ y_{rl}(N-1) \right]^T,$$

$$y_{rl}(k) = \mathrm{Re}\left\{ \left[\bar{z}_1^k \quad \bar{z}_2^k \quad \ldots \quad \bar{z}_n^k \right] \cdot \mathbf{b}_l \right\} = \mathrm{Re}\left\{ \sum_{i=1}^{n} \bar{z}_i^k \bar{b}_{li} \right\}, \qquad (3)$$

$$k = 0,\ \ 1, \ldots N-1$$

gdje je crtom iznad oznake naznačeno da se radi o kompleksnim brojevima;

- uz poznati korak diskretizacije T svojstvene vrijednosti $\mathbf{Z} = \left[\bar{z}_1 \quad \bar{z}_2 \quad \ldots \quad \bar{z}_n \right]^T$ diskretnog sustava prevode se u svojstvene vrijednosti ekvivalentnog kontinuiranog linearnog sustava $\ddot{\mathbf{E}} = \left[\bar{\lambda}_1 \quad \bar{\lambda}_2 \quad \ldots \quad \bar{\lambda}_n \right]^T$ jednostavnom relacijom:

$$\ddot{\mathbf{E}} = \frac{1}{T} \ln(\mathbf{Z}) \qquad (4)$$

- dobivene svojstvene vrijednosti karakteriziraju modove gibanja slobodnog odziva lineariziranog kontinuiranog sustava; oscilatorni modovi $\lambda_{1,2} = \alpha \pm j\beta$ karakterizirani su prirodnom frekvencijom oscilacija $\omega_0 = 2\pi f_0 = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$ i relativnim koeficijentom prigušenja $\zeta = {}^{-\alpha}/_{\omega_0}$ koji je mjera relativne brzine porasta ili opadanja amplitude oscilacija, a za prigušene oscilatorne pojave je pozitivan; s obzirom na predmet istraživanja daljnje se razmatranje fokusiralo na konjugirano-kompleksne parove svojstvenih vrijednosti koji reprezentiraju oscilatorne

modove, i to posebno na one s frekvencijama u području elektromehaničkih oscilacija (njihanja), dakle od 0,1 do 3 Hz

- svaki vremenski odziv predikcijskog modela (signal) $y_{rl}(t)$ sastavljen je od vremenskih odziva pojedinih modova (modalnih odziva) koji su općenito kompleksni; svaki realni vremenski odziv $y_{rl,m}(t)$ pripada ili paru konjugirano-kompleksnih svojstvenih vrijednosti ako je oscilatorni, ili realnoj svojstvenoj vrijednosti ako je aperiodski; ako spektar diskretiziranog sustava **Z** sadrži podskup $\mathbf{Z_c}$ s n_c konjugirano-kompleksnih parova odnosno s $2n_c$ kompleksnih svojstvenih vrijednosti, i podskup $\mathbf{Z_R}$ s n_r realnih svojstvenih vrijednosti, onda se odziv $y_{rl}(t)$ sastoji od ukupno n_c+n_r realnih vremenskih odziva koji se u diskretnom obliku mogu zapisati kao:

$$y_{rl}(k)=\sum y_{rl,m}(k), \qquad k=0,\ 1,\cdots N-1$$

$$y_{rl,m}(k)=\left\{\begin{array}{c}\bar{b}_{1,2m-1}\bar{z}^k_{2m-1}+\bar{b}_{1,2m-1}\bar{z}^k_{2m},\ za\ \bar{z}_{2m-1},\bar{z}_{2m}\in \mathbf{Z_C}\\ \bar{b}_{lm}\bar{z}^k_m,\ za\ \bar{z}_m,\in \mathbf{Z}_R\end{array}\right\} \qquad (5)$$

a svojstvene vrijednosti su poredane tako da one u konjugirano-kompleksnom paru slijede jedna iza druge: $z_{2m-1}=z_{2m}^*$ i $b_{l,2m-1}=b_{l,2m}^*$ (konjugirano-kompleksna veličina naznačena je zvjezdicom);

- sada se za svaki odziv, odnosno signal $y_{rl}(t)$ može izračunati energija pojednog moda, odnosno modalne komponente $y_{rl,m}(t)$ u tom signalu, i to kao integral kvadrata realnog modalnog vremenskog odziva:

$$W_m=\int_{t_0}^{\infty}\left[y_{rl,m}(t)\right]^2dt, \qquad (6)$$

a modovi se zatim poredaju po padajućim energijama te odbace oni s energijom manjom od odabranog praga (npr.10% najveće pojedinačne modalne energije u odzivu $y_{rl}(t)$), postupak se provodi za sve odzive $y_{rl}(t)$, l=1, 2 n, a skup značajnih modova bit će unija svih zadržanih modova u svim signalima; u provedbi ovog postupka u konkretnom slučaju pokazalo se da postoji jedan izrazito dominantan oscilatorni mod, karakterističan za južni dio hrvatskog EES-a i dijela EES-a BiH

- za svaki scenarij prikazani su radi kontrole vremenski odzivi kutova svih generatora dobiveni proračunom pomoću nelinearnog modela
- prigušenja i frekvencije dominantnih modova međupodručnih oscilacija iz više proračuna podvrgnuti su komparativnoj analizi kako bi se ocijenio utjecaj varijanti konfiguracija i stacionarnih stanja; pritom je za prihvatljiv iznos relativnog koeficijenta prigušenja uzet iznos = 0,05 [2].

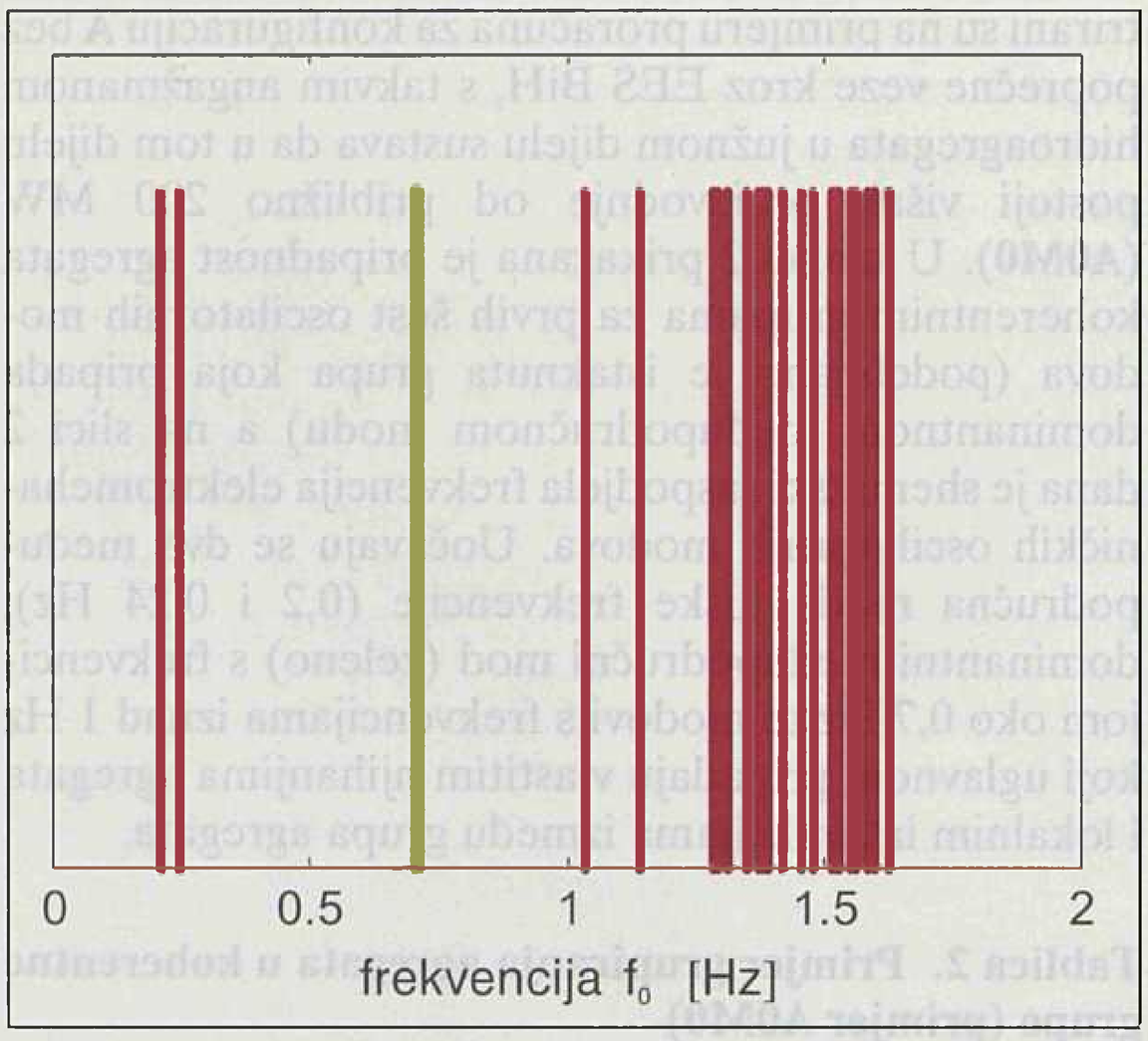
3.2. Rezultati proračuna i analiza svojstava dominantnog moda međupodručnih oscilacija

3.2.1. *Preliminarna provjera rezultata identifikacije*

Rezultati prethodne ocjene koherencije gibanja agregata dobivene pomoću pojednostavljenog modela ilustrirani su na primjeru proračuna za konfiguraciju **A** bez poprečne veze kroz EES BiH, s takvim angažmanom hidroagregata u južnom dijelu sustava da u tom dijelu postoji višak proizvodnje od približno 200 MW (**A0M0**). U tablici 2 prikazana je pripadnost agregata koherentnim grupama za prvih šest oscilatornih modova (podebljano je istaknuta grupa koja pripada dominantnom međupodručnom modu) a na slici 2 dana je shematski raspodjela frekvencija elektromehaničkih oscilatornih modova. Uočavaju se dva međupodručna moda niske frekvencije (0,2 i 0,24 Hz), dominantni međupodručni mod (zeleno) s frekvencijom oko 0,7 Hz te modovi s frekvencijama iznad 1 Hz koji uglavnom pripadaju vlastitim njihanjima agregata i lokalnim interakcijama između grupa agregata.

Tablica 2. Primjer grupiranja agregata u koherentne grupe (primjer A0M0)

R.br. moda	f_0 [Hz]	Participacijski faktor	OBJEKT
1.	0.2078	0.08957	BOSACA 4
	0.2078	0.03852	VELKY D_UR 4
2.	0.2457	0.05609	BOSACA 4
	0.2457	0.11520	BYSTRICANY 2
	0.2457	0.24470	VEL KAPUSA 4
3.	**0.7046**	**0.15500**	**H_DUBROV1 14**
	0.7046	**0.03606**	**H_PERUC12 10**
	0.7046	**0.09154**	**H_ZAKUCA1 16**
	0.7046	**0.06592**	**H_ZAKUCA2 16**
	0.7046	**0.11100**	**H_ZAKUCA3 16**
	0.7046	**0.04114**	**JABLANICA110**
	0.7046	**0.03582**	**MOSTAR 110**
	0.7046	**0.04652**	**H_RAMAG1 16**
	0.7046	**0.04013**	**PAKS 4**
4.	1.0360	0.04748	T_SOSTAN1 21
	1.0360	0.08540	N_KRSKO 21
	1.0360	0.07401	T_SOSTAN2 16
	1.0360	0.04407	DRAVA_EKV 10
	1.0360	0.10080	T_SISAK1 16
	1.0360	0.10510	T_SISAK2 16
	1.0360	0.04271	T_PLOMIN2 14
	1.0360	0.21910	H_DUBROV1 14
	1.0360	0.04554	PAKS 4
5.	1.1390	0.07016	H_ZAKUCA1 16
	1.1390	0.04807	H_ZAKUCA2 16
	1.1390	0.07145	H_ZAKUCA3 16
6.	1.2860	0.10550	DUNAMENTI A2
	1.2860	0.04837	PAKS 4
	1.2860	0.04515	TISZA 4
.....			



Slika 2. Raspodjela frekvencija međupodručnih modova i modova između grupa agregata (primjer A0M0) - dominantni mod istaknut zelenom bojom

Na sličan način načinjena je za sve proračune prethodna ocjena koherencije gibanja agregata i potom uspoređene frekvencije dominantnog moda dobivenog iz pojednostavljenog modela s onima iz identifikacije. Rezultati su prikazani u tablici 3 za 15 proračuna odziva u raznim konfiguracijama i stacionarnim stanjima.

Tablica 3. Usporedba frekvencija dominantnog moda iz prethodne ocjene koherencije s frekvencijom dobivenom iz identifikacije

R.b.	Proračun	f_{01} (Hz) Preth. ocjena	f_{02} (Hz) Identifik.	f_{02}/f_{01}
1.	P0M0KU1	0.6744	0.6895	1.0224
2.	P1M0KU1	0.6129	0.6266	1.0224
3.	P2M0KU1	0.6928	0.7067	1.0201
4.	A0M0KU1	0.7064	0.7150	1.0122
5.	A1M0KU1	0.6594	0.6746	1.0231
6.	A2M0KU1	0.7257	0.7454	1.0271
7.	A2MAKU1	0.7229	0.7437	1.0288
8.	A0VBKU1	0.5767	0.6136	1.0640
9.	A2VDKU0	0.6181	0.6496	1.0510
10.	B1M0KU1	0.6522	0.6636	1.0175
11.	B0M0KU1	0.6866	0.6956	1.0131
12.	C0M0KU1	0.6822	0.6910	1.0129
13.	B2M0KU1	0.7189	0.7355	1.0231
14.	B060KU1	0.5918	0.6261	1.0580
15.	B260KU1	0.6501	0.6663	1.0249

Uočava se da u se svim primjerima, osim u tri slučaja s većim angažmanom agregata u južnom dijelu sustava (**A0VBKU1, A2VDKU0** i **B060KU1**), frekvencije dominantnog moda dobivene na dva načina razlikuju za manje od 3%, pri čemu su iz postupka prethodne ocjene dobiveni nešto niži iznosi. U spomenuta tri slučaja s većom razlikom frekvencija iz identifikacije i preliminarnog proračuna odziv sustava je nestabilan (raspirujuće oscilacije, čak s gubitkom sinkronizma u dva slučaja) pa su nelinearni efekti u odzivu znatno izraženiji (iako je identifikacija načinjena samo iz prvog dijela odziva) pa strogo linearna predodžba sustava više ne vrijedi. S obzirom na zanemarenja u pojednostavljenom modelu to je veoma dobro slaganje, posebno stoga što varijante proračuna (konfiguracija, stacionarno stanje, angažman agregata ...) na isti način utječu na promjenu frekvencije dominantnog moda dobivenog jednim i drugim načinom.

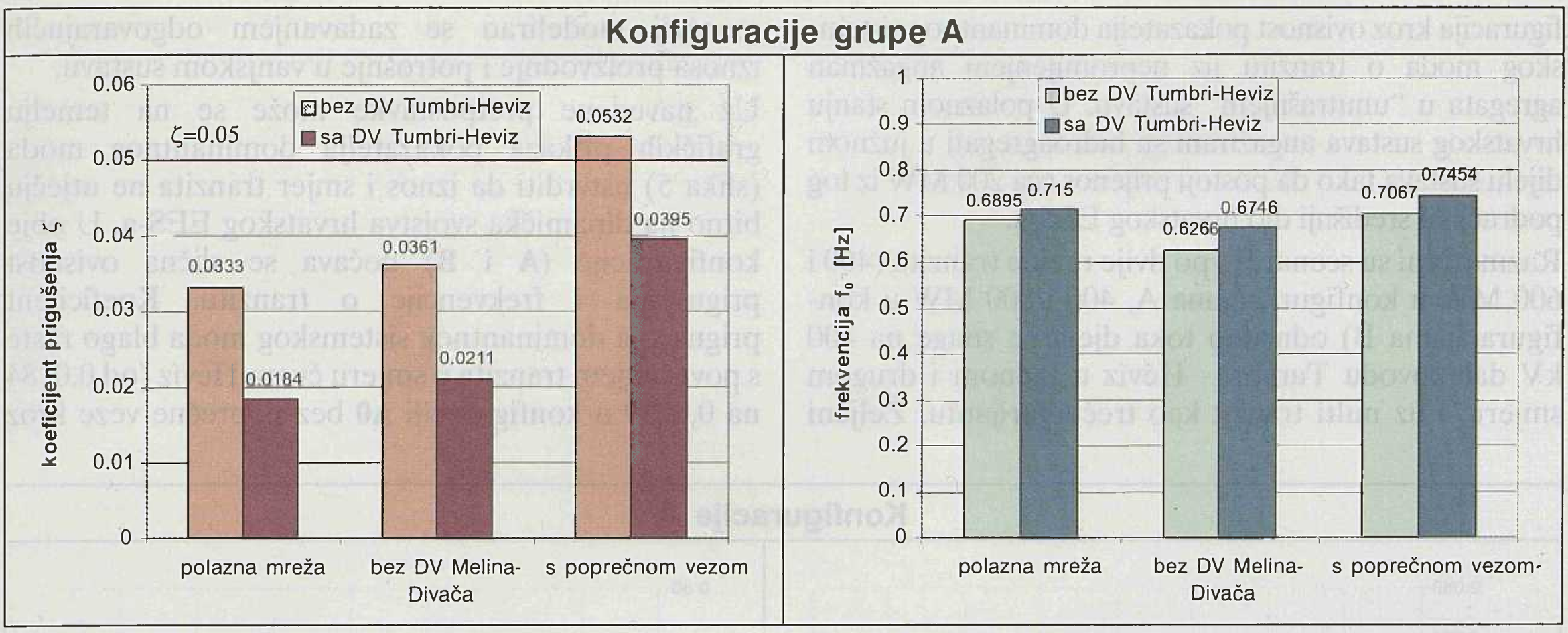
3.2.2. *Utjecaj varijanti konfiguracije*

Za konfiguraciju A prvo je razmatran odziv sustava u varijantama s poprečnom vezom kroz EES BiH i bez te veze, te odzivi uz 400 kV DV Melina-Divača u pogonu i izvan pogona. Radi lakše usporedbe u svim je varijantama proračuna postavljano stacionarno stanje sa snagom razmjene na vodu Tumbri - Hévíz približno jednakom nuli te s viškom od približno 200 MW u južnom dijelu hrvatskog EES-a. Sintetizirani rezultati su prikazani na slici 3. Dani su osnovni pokazatelji dominantnog moda - relativni koeficijent prigušenja i frekvencija.

Uočava se da je u istim uvjetima prigušenje u konfiguraciji s novim dalekovodom nešto niže a frekvencija oscilacija nešto viša (dinamičko ukrućivanje sustava), i to u svim varijantama, kako se može uočiti na prikazu stupčanim grafovima (slika 2). Bez dalekovoda Tumbri - Hévíz prigušenje iznosi od 0,0333 do 0,0532 (ovisno o uključenosti DV Melina-Divača i DV Đakovo-Tuzla), a s tim dalekovodom od 0,0184 do 0,0395. Prema očekivanju, s poprečnom vezom kroz EES BiH se prigušenje dominantnog međupodručnog moda znatno poboljšava. Uključenost dalekovoda Melina-Divača neznatno utječe na prigušenje (0,0333 uz uključen DV i 0,0361 uz isključen taj DV u konfiguraciji bez DV Tumbri - Hévíz odnosno 0,0184 sa DV Melina-Divača i 0,0211 bez njega u konfiguraciji s DV Tumbri - Hévíz)

Iznos relativnog koeficijenta prigušenja pozitivan je u svim slučajevima kad je uključen 400 kV DV Tumbri – Hévíz (vidi sliku 3 dolje lijevo), ali je manji od željene vrijednosti (0,05).

Za usporedbu utjecaja nove 400 kV veze hrvatskog EES prema sustavu UCTE s utjecajem postojeće veze 400 kV DV Melina-Divača izvršeni su proračuni s uključenim i isključenim vodom Melina-Divača. Frekvencija dominantnih oscilacija bez tog je dalekovoda niža za približno 0,063 Hz ili 9% u konfiguraciji bez DV Tumbri - Hévíz, odnosno za samo 0,0149 Hz ili 2,2% u konfiguraciji s tim dalekovodom. Na temelju ove usporedbe može se zaključiti da je u promatranoj konfiguraciji i stacionarnom stanju utjecaj 400 kV DV Tumbri - Hévíz u smislu ukrućenja veze "unutrašnjeg" i "vanjskog" sustava osjetno veći.



Slika 3. Utjecaj varijanti konfiguracije u scenarijima grupe A na dominantni mod njihanja

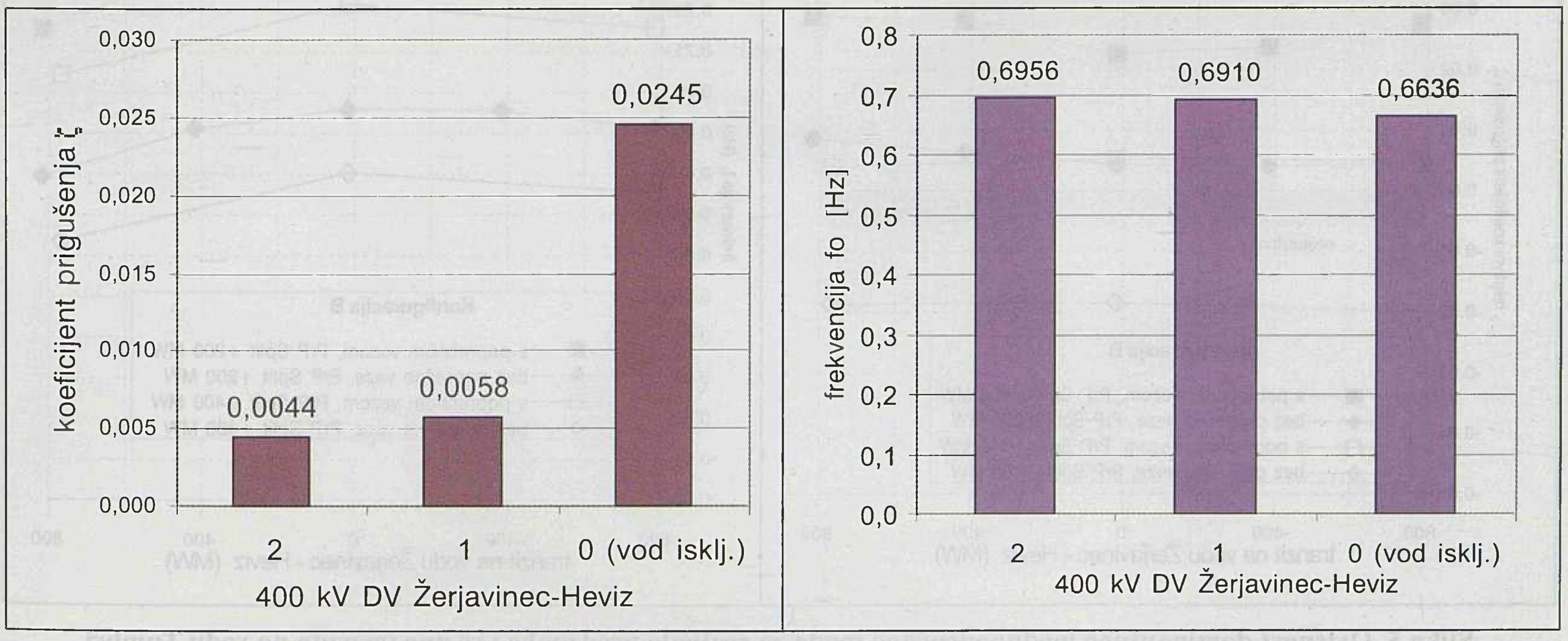
Rezultati ispitivanja koherencije gibanja agregata na pojednostavljenom lineariziranom modelu sustava potvrđuju zaključak o utjecaju 400 kV DV Tumbri - Hévíz na porast frekvencije dominantnog moda međupodručnih oscilacija - od 0,6744 Hz u varijanti bez novog DV na 0,7046 Hz u varijanti s novim DV. U oba slučaja u dominantnom modu u najvećoj mjeri sudjeluju hidroelektrane iz južnog dijela sustava (HE Dubrovnik, HE Zakučac, HE Rama, HE Jablanica ...) što je razumljivo s obzirom na postavljenu konfiguraciju i stacionarno stanje. Frekvencije dominantnog moda dobivene iz pojednostavljenog linearnog modela dobro se slažu s frekvencijama dobivenim identifikacijom iz odziva potpunog nelinearnog modela (približno unutar 2%).

U konfiguracijama **B** interesantno je razmotriti kako na pokazatelje dominantnog moda utječe broj paralelnih grana novog 400 kV interkonekcijskog dalekovoda Žerjavinec – Hévíz u pogonu. Na slici 4 prikazani su rezultati za konfiguraciju bez poprečne veze kroz EES BiH. Relativni koeficijent prigušenja neznatno raste, a frekvencija oscilacija neznatno pada s isključenjem jedne trojke tog voda. Zamjetniji porast prigušenja i pad frekvencije oscilacija nastupa tek s isključenjem voda. U svim slučajevima bez poprečne veze kroz EES BiH relativni koeficijent prigušenja manji je od poželjnog iznosa (=0,05), a u scenarijima s uključenim novim dalekovodom čak je blizu teoretske granice stabilnosti, odnosno granice prigušenja = 0.

Zaključno, novi 400 kV DV Tumbri – (Žerjavinec) - Hévíz dodatno ukrućuje hrvatski EES i razmatrani dio EES-a BiH u odnosu na UCTE interkonekciju, odnosno povećava frekvenciju i smanjuje prigušenje dominantnog moda međupodručnih oscilacija.

3.2.3. *Utjecaj razine tranzita na 400 kV dalekovodu Tumbri (Žerjavinec) - Hévíz*

Utjecaj smjera i iznosa tranzita na 400 kV dalekovodu Tumbri (Žerjavinec) - Hévíz na dinamičko ponašanje modeliranog sustava promatran je u obje grupe kon-

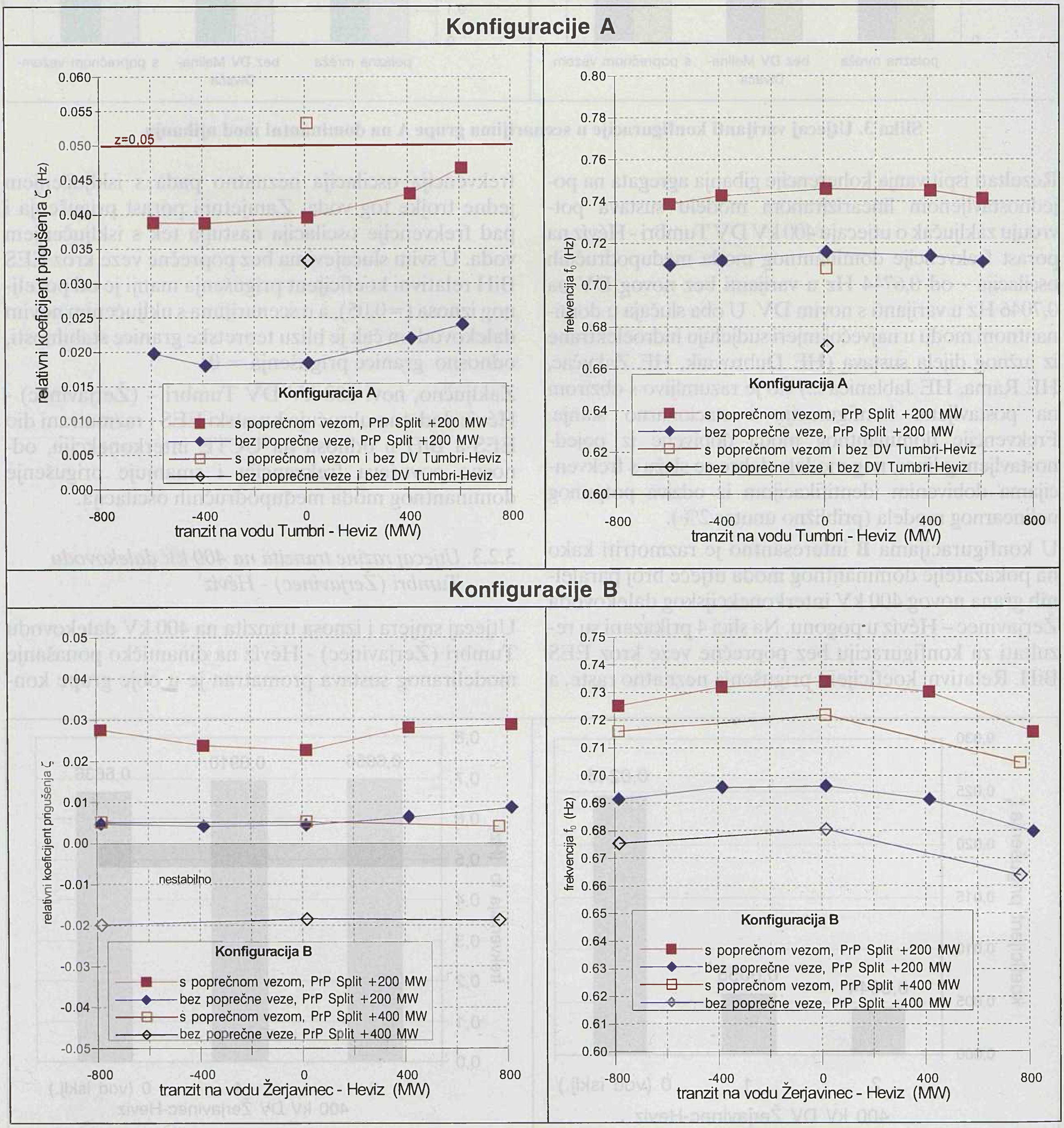


Slika 4. Utjecaj varijanti konfiguracije u scenarijima grupe B na dominantni mod njihanja

figuracija kroz ovisnost pokazatelja dominantnog sistemskog moda o tranzitu uz nepromijenjeni angažman agregata u "unutrašnjem" sustavu. U polaznom stanju hrvatskog sustava angažirani su hidroagregati u južnom dijelu sustava tako da postoji prijenos cca 200 MW iz tog područja u središnji dio hrvatskog EES-a.

Razmatrani su scenariji s po dvije razine tranzita (400 i 600 MW u konfiguracijama A, 400 i 800 MW u konfiguracijama B) odnosno toka djelatne snage na 400 kV dalekovodu Tumbri - Hévíz u jednom i drugom smjeru, i uz nulti tranzit kao treću varijantu. Željeni scenarij modelirao se zadavanjem odgovarajućih iznosa proizvodnje i potrošnje u vanjskom sustavu.

Uz navedene pretpostavke može se na temelju grafičkih prikaza pokazatelja dominantnog moda (slika 5) ustvrditi da iznos i smjer tranzita ne utječju bitno na dinamička svojstva hrvatskog EES-a. U obje konfiguracije (**A** i **B**) uočava se slična ovisnost prigušenja i frekvencije o tranzitu. Koeficijent prigušenja dominantnog sistemskog moda blago raste s povećanjem tranzita u smjeru čvora Hévíz (od 0.0184 na 0,0239 u konfiguraciji **A0** bez poprečne veze kroz



Slika 5. Ovisnost dominantnog međupodručnog moda za različite predznake i razine tranzita na vodu Tumbri (Žerjavinec) –Hévíz za različite konfiguracije i stacionarna stanja

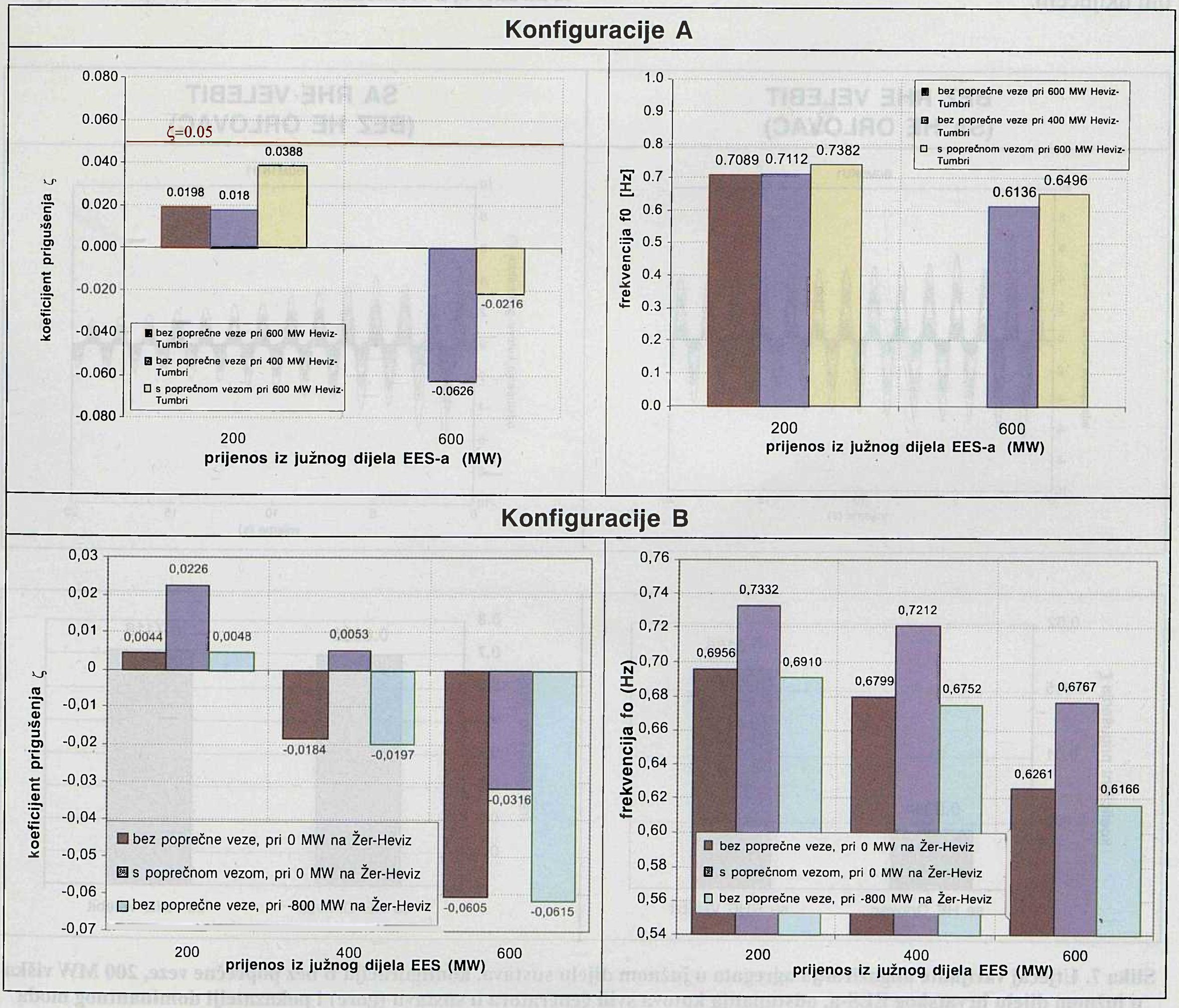
EES BiH), dok frekvencija sasvim neznatno opada. Očigledan je pozitivan utjecaj poprečne veze kroz EES BiH uz koju se prigušenje praktično udvostručuje, a frekvencija oscilacija neznatno poraste za približno 0,03 Hz ili 4%. Štoviše, u konfiguraciji **B0** bez poprečne veze i uz povećani angažman hidroagreata u južnom dijelu sustava (višak 400 MW) prigušenje dominantnog moda postaje negativno, odnosno sustav je dinamički nestabilan pri čemu iznos prigušenja praktično uopće ne ovisi o iznosu i predznaku tranzita.

Zaključno, predznak i iznos tranzita na novom 400 kV DV Tumbri - Hévíz u razmatranim konfiguracijama i stacionarnim stanjima nema znatnijeg utjecaja na karakteristične pokazatelje dominantnog moda međupodručnih oscilacija.

3.2.4. *Utjecaj angažmana agregata i razine prijenosa iz južnog u središnji dio hrvatskog EES-a*

U prethodnim razmatranjima već je istaknuto da je dominantni oscilatorni mod u hrvatskom EES-u zapravo međupodručni mod kojim njiše grupa hidroagregata u južnom dijelu hrvatskog EES-a i EES-a BiH prema ostatku sustava. Stoga se može zaključiti da angažman tih agregata (njihov broj i angažirana snaga) u velikoj mjeri utječe na svojstva dominantnog međupodručnog moda, što je za obje konfiguracije (**A** i **B**) ilustrirano na slici 6.

U konfiguraciji **A** bez poprečne veze kroz EES BiH prigušenje je pozitivno uz angažman HE u južnom dijelu hrvatskog EES-a takav da ukupni višak u tom području iznosi približno 200 MW. Povećanjem angažmana ovih hidroagregata i porastom viška na 600 MW prigušenje postaje negativno i dinamička stabilnost hrvatskog EES-a nije sačuvana. Poprečna veza kroz EES BiH značajno pridonosi povećanju prigušenja, ali u scenariju s viškom od 600 MW nije dostatna da osigura dinamičku stabilnost (slika 6 gore lijevo). Frekvencija dominantnog oscilatornog moda opada povećanjem angažmana i nešto je viša s poprečnom vezom kroz EES BiH (slika 6 gore desno).



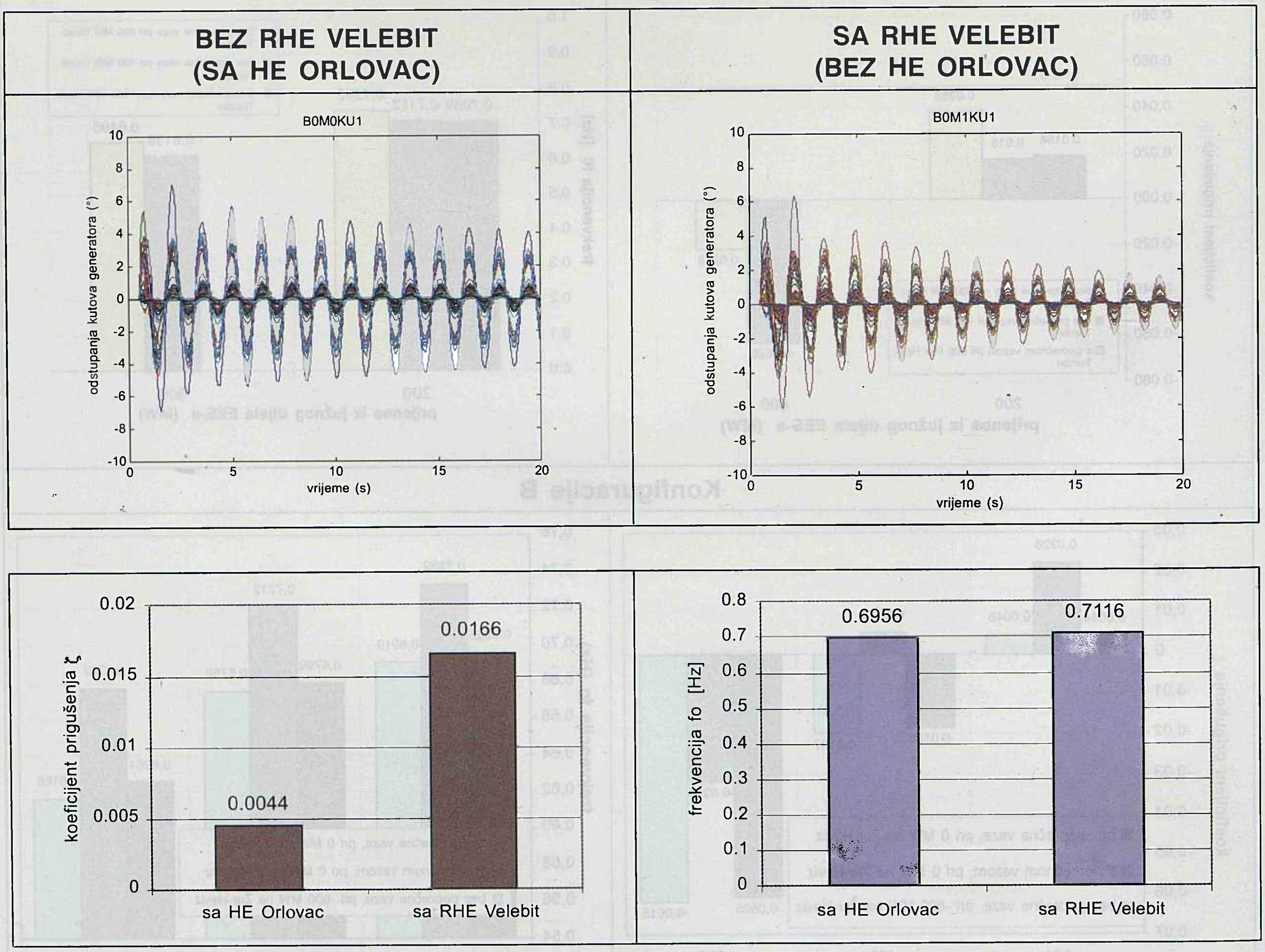
Slika 6. Utjecaj angažmana hidroagregata u južnom dijelu sustava

U konfiguraciji **B** simulirana su tri scenarija: s viškom od 200, 400 i 600 MW u južnom dijelu sustava. Pokazatelji dominantnog međupodručnog moda prikazani su na slici 5 dolje. Prigušenje je pozitivno za scenarij s viškom od 200 MW s poprečnom vezom i bez nje te za scenarij s viškom od 400 MW u konfiguraciji s poprečnom vezom, a negativno je za sve slučajeve s viškom od 600 MW u južnom dijelu sustava (slika 6 dolje lijevo). I ovdje je iz porasta frekvencije dominantnog moda oscilacija (slika 6 dolje desno) uočljivo kako poprečna veza kroz EES BiH ukrućuje sustav.

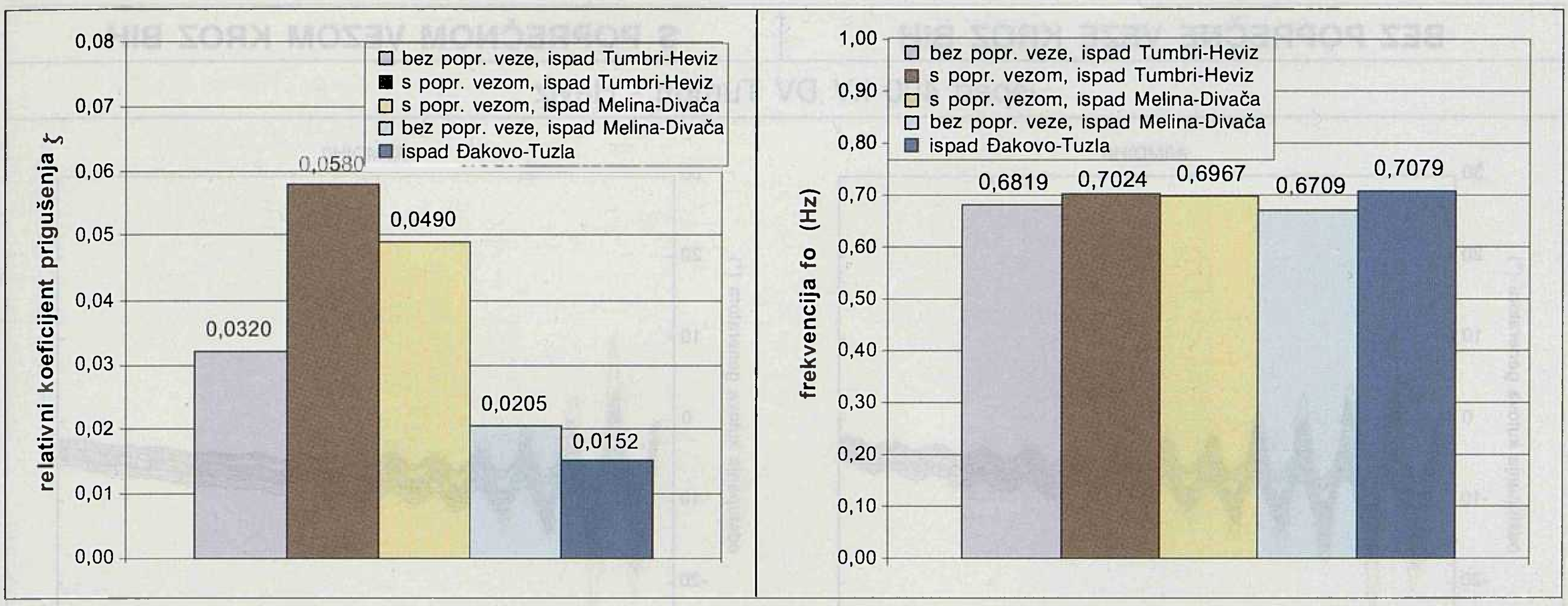
U svim razmatranim scenarijima bili su angažirani agregati u HE Orlovac. Interesantno je na jednom primjeru pokazati kako se mijenjaju pokazatelji dominantnog međupodručnog moda ako se umjesto tih agregata s istom ukupnom snagom angažiraju agregati u RHE Velebit (slika 7). Zahvaljujući činjenici da su agregati u RHE Velebit električki «bliže» središnjem dijelu sustava prigušenje se povećalo dok je frekvencija oscilacija neznatno viša. U konkretnom primjeru stabilizatori EES-a na agregatima u RHE «Velebit» nisu bili uključeni.

3.2.5. *Dinamičko ponašanje sustava pri ispadima dalekovoda*

Planirano isključenje ili ispad dalekovoda bez prethodnog kvara vjerojatni su scenariji koji u smislu stabilnosti dvojako utječu na EES: prvo, nakon ispada promijenjena je konfiguracija i drugo, sam ispad ili isključenje je skokoviti poremećaj koji izvodi sustav iz stanja ravnoteže. Stoga je interesantno razmotriti kako se dinamički ponaša EES nakon takvih poremećaja, posebno kad se radi o značajnim dalekovodima nazivnih napona 220 i 400 kV. U tu svrhu simulirani su u polaznim konfiguracijama **A** scenariji ispada 400 kV DV Tumbri – Hévíz, 400 kV DV Melina – Divača te 220 kV DV Đakovo – Tuzla u varijanti s poprečnom vezom kroz EES BiH, a u polaznim konfiguracijama **B** simuliran je ispad 400 kV DV Žerjavinec – Hévíz (obje trojke) i ispad 220 kV DV Đakovo – Tuzla. Rezultati analize dinamičke stabilnosti u obliku svojstava dominantnog međupodručnog moda hrvatskog sustava prikazani su za razne varijante proračuna u konfiguraciji **A** na slici 8, a vremenski odzivi odstupanja kutova gen-



Slika 7. Utjecaj varijante angažiranja agregata u južnom dijelu sustava, konfiguracija B bez poprečne veze, 200 MW viška u južnom dijelu hrvatskog EES-a, odstupanja kutova svih generatora u sustavu (gore) i pokazatelji dominantnog moda međupodručnih oscilacija (dolje)



Slika 8. Pokazatelji dominantnog moda međupodručnih oscilacija za slučajeve ispada voda u konfiguraciji A, pri višku od 200 MW u južnom dijelu sustava

eratora u sustavu od njihovih stacionarnih vrijednosti prikazani su na slici 9. Na isti način prikazani su rezultati simulacijskih proračuna ispada voda u konfiguraciji **B** na slikama 10 (pokazatelji dominantnog međupodručnog moda) i 11 (usporedna ilustracija vremenskih odziva kutova generatora nakon isključenja 400 kV DV Žerjavinec – Hévíz odnosno 220 kV DV Đakovo – Tuzla iz istog polaznog stacionarnog stanja).

Nakon ispada 400 kV DV Tumbri – Hévíz u konfiguraciji **A** u stacionarnom stanju s približno 200 MW viška u južnom dijelu sustava prigušenje dominantnog međupodručnog moda oscilacija je prigušeno (0,032 bez poprečne veze i 0,058 s poprečnom vezom). U istom polaznom stacionarnom stanju ispad 400 kV DV Melina – Divača rezultira nešto nižim iznosima prigušenja (0,02 bez poprečne veze i 0,049 s poprečnom vezom). Ispad 220 kV DV Đakovo – Tuzla najnepovoljniji je slučaj jer je prigušenje nakon ispada tog voda samo 0,0152. U konfiguracijama s poprečnom vezom i uz ovakav angažman agregata u južnom dijelu sustava prigušenje dominantnog međupodručnog moda nakon ispada bilo kojeg od dva interkonektivna 400 kV dalekovoda ima praktično prihvatljiv iznos oko 0,05.

U konfiguraciji **B** razmatrane su varijante stacionarnih stanja s viškom 200 MW i 400 MW u južnom dijelu sustava i s tokom djelatne snage na 400 kV DV Žerjavinec – Hévíz od približno 800 MW. U konfiguraciji bez poprečne veze pri 400 MW viška u južnom dijelu sustava ispad 400 kV DV Žerjavinec – Hévíz rezultira raspirujućim međupodručnim oscilacijama (<0) dok je uz poprečnu vezu prigušenje tog moda pozitivno ali ipak nedovoljnog iznosa (?=0,0193). Uz manji angažman hidroagregata u južnom dijelu EES-a prigušenje je nakon ispada 400 kV DV Žerjavinec – Hévíz zadovoljavajuće (>0,05) no nakon ispada 220 kV DV Đakovo – Tuzla u istoj situaciji prigušenje je pozitivno, ali znatno niže od prihvatljive granice. Frekvencija dominantnog međupodručnog moda najviša je u potonjem slučaju, što je u skladu sa zapažanjem da 400 kV DV Žerjavinec – Hévíz «ukrućuje» hrvatski sustav prema UCTE/CENTREL interkonekciji.

Iz provedene usporedbe slijedi da je u razmatranim scenarijima ispad 400 kV DV Tumbri (Žerjavinec) – Hévíz u smislu dinamičke stabilnosti manje kritičan poremećaj od ispada 220 kV DV Đakovo – Tuzla. U konfiguraciji nakon ispada tog 400 kV dalekovoda veće je prigušenje dominantnog međupodručnog moda nego u konfiguraciji prije kvara, kako je već uočeno u prethodnim razmatranjima.

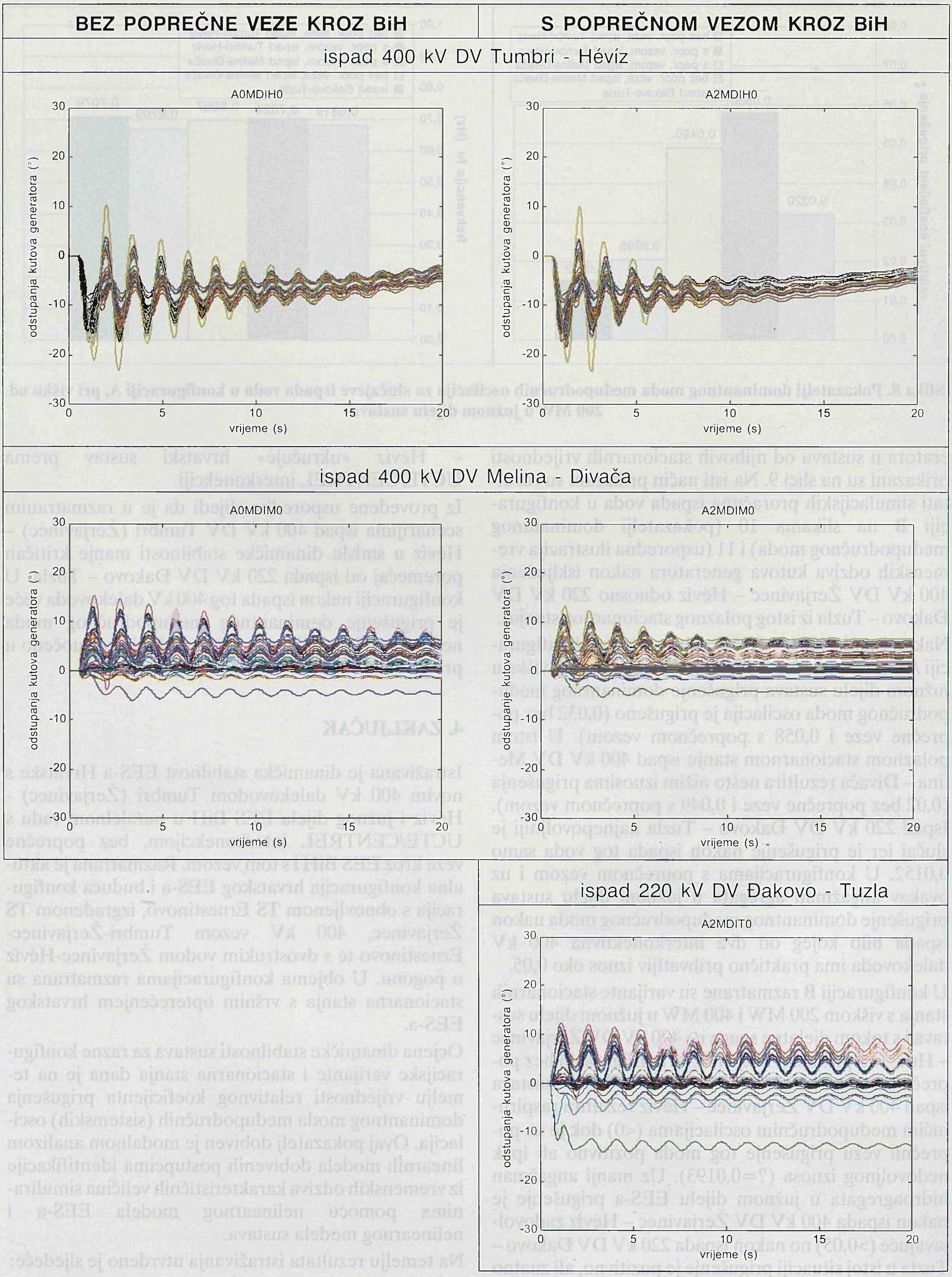
4. ZAKLJUČAK

Istraživana je dinamička stabilnost EES-a Hrvatske s novim 400 kV dalekovodom Tumbri (Žerjavinec) - Hévíz i južnog dijela EES BiH u paralelnom radu s UCTE/CENTREL interkonekcijom, bez poprečne veze kroz EES BiH i s tom vezom. Razmatrana je aktualna konfiguracija hrvatskog EES-a i buduća konfiguracija s obnovljenom TS Ernestinovo, izgrađenom TS Žerjavinec, 400 kV vezom Tumbri-Žerjavinec-Ernestinovo te s dvostrukim vodom Žerjavinec-Hévíz u pogonu. U objema konfiguracijama razmatrana su stacionarna stanja s vršnim opterećenjem hrvatskog EES-a.

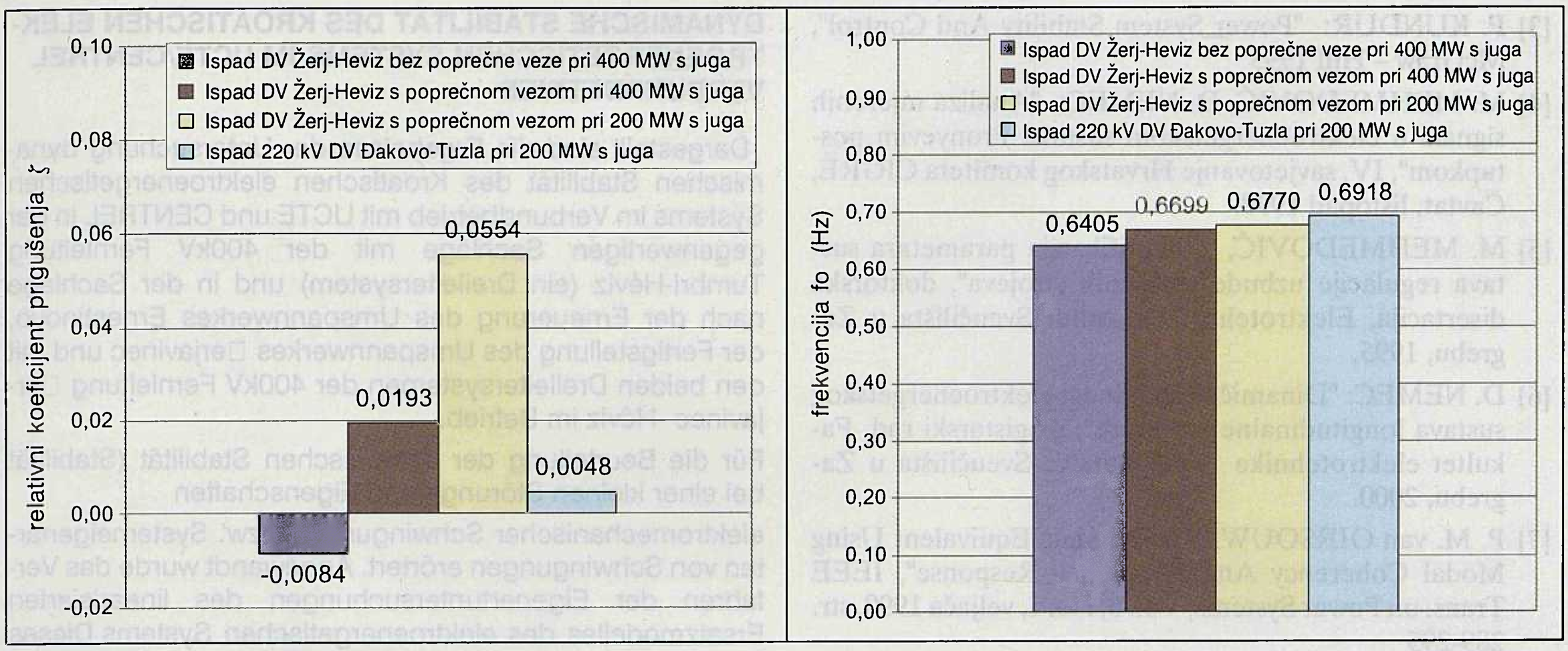
Ocjena dinamičke stabilnosti sustava za razne konfiguracijske varijante i stacionarna stanja dana je na temelju vrijednosti relativnog koeficijenta prigušenja dominantnog moda međupodručnih (sistemskih) oscilacija. Ovaj pokazatelj dobiven je modalnom analizom linearnih modela dobivenih postupcima identifikacije iz vremenskih odziva karakterističnih veličina simuliranima pomoću nelinearnog modela EES-a i nelinearnog modela sustava.

Na temelju rezultata istraživanja utvrđeno je sljedeće:

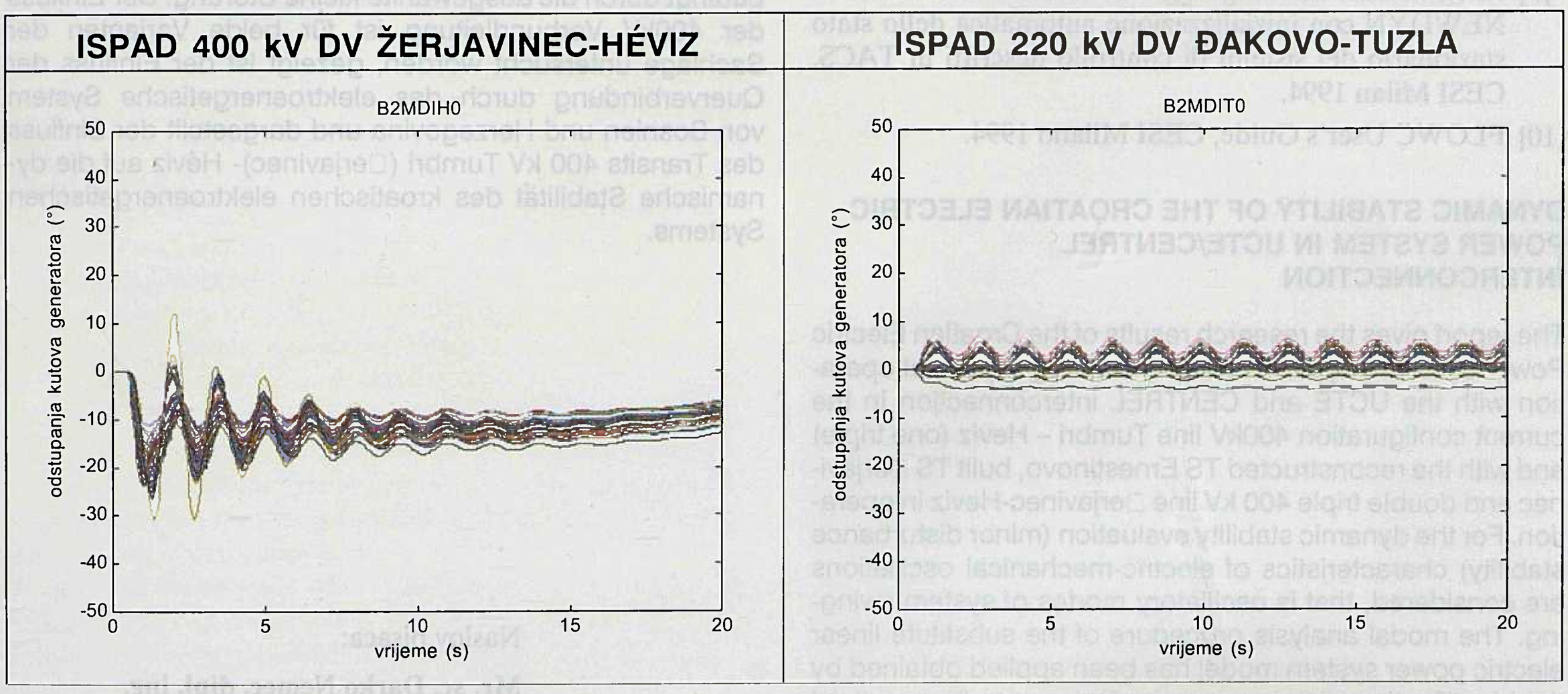
- U svim istraživanim stanjima pojavljuju se izražene, slabo prirodno prigušene međupodručne oscilacije frekvencije u intervalu od 0.6 do 0.8 Hz.



Slika 9. Vremenski odzivi kutova svih generatora u simulacijskim proračunima s ispadom voda u konfiguraciji A, uz 200 MW viška u južnom dijelu sustava



Slika 10. Pokazatelji dominantnog moda međupodručnih oscilacija za slučajeve ispada voda u konfiguraciji B



Slika 11. Vremenski odzivi kutova svih generatora u simulacijskim proračunima s ispadom voda u konfiguraciji B s poprečnom vezom, uz 200 MW viška u južnom dijelu sustava i tranzitom na 400 kV DV Hévíz - Žerjavinec iznosa 800 MW

- Karakter i parametri tih oscilacija u najvećoj mjeri ovise o angažmanu hidroagregata u južnom dijelu sustava, odnosno o razini prijenosa električne energije iz južnog dijela sustava (Dalmacija i južni dio EES-a BiH). U scenarijima sa znatnijim angažmanom tih proizvodnih jedinica hrvatski EES je bez dodatnih zahvata dinamički nestabilan.
- Uvođenjem novog 400 kV dalekovoda Tumbri (Žerjavinec) - Hévíz povećava se frekvencija i smanjuje prigušenje međupodručnih oscilacija. Pogon s jednom ili s obje trojke tog voda, kao i iznos i smjer prijenosa djelatne snage tim vodom vrlo malo utječu na parametre dominatnog moda međupodručnih oscilacija.
- Poprečna veza kroz EES BiH znatno poboljšava dinamičku stabilnost sustava u svim razmatranim scenarijima.
- U budućim istraživanjima dinamičkih pojava u hrvatskom EES-u bilo bi nužno detaljnije modelirati susjedne elektroenergetske sustave, napose EES BiH, prikupiti za to potrebne podatke i po mogućnosti verificirati modele usporedbom s odzivima iz stvarnog sustava.

LITERATURA

[1] D. NEMEC, M. MEHMEDOVIĆ, M. STOJSAVLJEVIĆ: "Istraživanje dinamičke stabilnosti elektroenergetskog sustava Hrvatske s novim 400 kV dalekovodom Tumbri (Žerjavinec) – Hévíz" (studija), Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. Zagreb, studeni 2000.

[2] Analysis and Control of Power System Oscillations, CIGRE Report Task Force 07 of Advisory Group 01 of Study Committee 38, 1996.

[3] P. KUNDUR: "Power System Stability And Control", McGraw – Hill 1993

[4] M. MEHMEDOVIĆ, D. NEMEC: "Analiza mjerenih signala u elektroenergetskom sustavu Pronyevim postupkom", IV. savjetovanje Hrvatskog komiteta CIGRÉ, Cavtat, listopad 1999.

[5] M. MEHMEDOVIĆ, "Identifikacija parametara sustava regulacije uzbude sinkronih strojeva", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1995.

[6] D. NEMEC: "Dinamička stabilnost elektroenergetskog sustava longitudinalne strukture", magistarski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, 2000.

[7] P. M. van OIRSOUW: "A Dynamic Equivalent Using Modal Coherency And Frequency Response", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 5, No. 1, veljača 1990, str. 289-295

[8] NEWDYN User's Guide, CESI Milano, 1990.

[9] Integrazzione del linguaggio di simulazione TACS in NEWDYN con inizializzazione automatica dello stato stazionario dei sistemi di controllo descritti in TACS, CESI Milan 1994.

[10] FLOWC User's Guide, CESI Milano 1994.

DYNAMIC STABILITY OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER SYSTEM IN UCTE/CENTREL INTERCONNECTION

The report gives the research results of the Croatian Electric Power System's dynamic stability working in parallel operation with the UCTE and CENTREL interconnection in the current configuration 400kV line Tumbri – Heviz (one triple) and with the reconstructed TS Ernestinovo, built TS □erjavinec and double triple 400 kV line □erjavinec-Heviz in operation. For the dynamic stability evaluation (minor disturbance stability) characteristics of electric-mechanical oscillations are considered, that is oscillatory modes of system swinging. The modal analysis procedure of the substitute linear electric power system model has been applied obtained by the identification of time response from a non-linear model on the chosen minor disturbance.

The influence of the 400kV interconnection in both configuration variants has been evaluated, the influence of lateral connection through Bosnia and Herzegovina shown and the transit influence through 400 kV line Tumbri (□erjavinec) - Heviz on the dynamic stability of the Croatian System given.

DYNAMISCHE STABILITÄT DES KROATISCHEN ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEMS IM UCTE/CENTREL VERBUNDBETRIEB

¸Dargestellt sind die Ergebnisse der Untersuchung dynamischen Stabilität des Kroatischen elektroenergetischen Systems im Verbundbetrieb mit UCTE und CENTREL in der gegenwertigen Sachlage mit der 400kV Fernleitung Tumbri-Héviz (ein Dreileitersystem) und in der Sachlage nach der Erneuerung des Umspannwerkes Ernestinovo, der Fertigstellung des Umspannwerkes □erjavinec und mit den beiden Dreileitersystemen der 400kV Fernleitung □erjavinec -Héviz im Betrieb.

Für die Beurteilung der dynamischen Stabilität (Stabilität bei einer kleinen Störung) sind Eigenschaften elektromechanischer Schwingungen bzw. Systemeigenarten von Schwingungen erörtert. Angewandt wurde das Verfahren der Eigenartuntersuchungen des linearisierten Ersatzmodelles des elektroenergetischen Systems.Dieses Modell ist gewonnen mittels Identifikationsverfahren aus den zeitlichen Verzögerungen des nichtlinearen Modelles bedingt durch die ausgewählte kleine Störung. Der Einfluss der 400kV Verbundleitung ist für beide Varianten der Sachlage untersucht worden, gezeigt ist der Einfluss der Querverbindung durch das elektroenergetische System von Bosnien und Herzegovina und dargestellt der Einfluss des Transits 400 kV Tumbri (□erjavinec)- Héviz auf die dynamische Stabilität des kroatischen elektroenergetischen Systems.

Naslov pisaca:

Mr. sc. Darko Nemec, dipl. ing.
mr. sc. Milan Stojsavljević, dipl. ing.
dr. sc. Muharem Mehmedović, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukpis:
2001-07-09.

OBILJEŽEN JE MEĐUNARODNI DAN MJERITELJSTVA

U Republici Hrvatskoj po drugi put je obilježen Međunarodni dan mjeriteljstva. U Državnom zavodu za normizaciju i mjeriteljstvo poklanja se posebno pažnja razvijanju mjeriteljske infrastrukture, budući da je njezin razvoj preduvjet za uspostavu sustava kakvoće proizvoda, roba i usluga o čemu ovisi natjecateljska uspješnost na domaćem i međunarodnom tržištu. Da je ovogodišnja proslava Dana mjeriteljstva posebno značajna za Zavod kao i za cjelokupno hrvatsko gospodarstvo potvrđuje činjenica da su dva laboratorija DZNM-a Laboratorij za masu i Laboratorij za gustoću od njemačke akreditacijske institucije DAR/PTB/DKD (Deutscher Akkreditierungs Rat /Physikalisch-Technische Bundesanstalt/Deutsche Kalibrierdienst) prošli postupak ovlašćivanja (akreditacije) i udovoljili najvišim međunarodnim i europskim kriterijima prema novoj međunarodnoj normi ISO/IEC 17025:2000. Tako je DZNM među prvima u Europi kojima je ova akreditacijska ustanova dodijelila ovlasnicu prema navedenoj normi. Time su ispunili uvjete da etalone koji su u uporabi ovih laboratorija proglase državnim etalonima. Ovo priznanje osigurava da hrvatske kalibracijske potvrde budu prihvaćene i priznate na području Europe i drugih dijelova svijeta s kojima je EA (European Accreditation) sklopio multilateralni sporazum. Dobivanje ovakve ovlasnice smatra se jednim od najvećih uspjeha hrvatskog mjeriteljstva. Svečani skup održan je 20. lipnja 2001. godine u sjedištu DZNM-a. Na skupu su bili nazočni predstavnici upravne vlasti – iz ministarstava i državnih upravnih organizacija, predstavnici gospodarstva, sveučilišta, fakulteta, razvojnih i istraživačkih organizacija, predstavnici strukovnih udruga, brojni predsjednici tehničkih odbora i pododbora, bez čije pomoći rad Zavoda ne bi bio tako uspješan te djelatnici DZNM-a, mjeritelji, djelatnici ovlaštenih i potvrđenih mjeriteljskih laboratorija koji svojim radom pridonose povjerenju u trgovanju, zaštiti okoliša i tehničkoj sigurnosti u Republici Hrvatskoj kao i ostali suradnici Zavoda.

Skup je otvorio dr. sc. Jakša Topić, ravnatelj Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo i pozdravio sve prisutne, posebno visoke goste iz državne uprave koji su svojom nazočnošću uveličali održavanje skupa. To su prof. dr. sc. Hrvoje Kraljević, ministar u Vladi Republike Hrvatske za znanost i tehnologiju, Neven Ivak pomoćnik savjetnika Predsjednika RH za unutarnju politiku, mr.sc. Neven Mimica, glavni pregovarač RH s EU iz Ministarstva za europske integracije i gospodin Per Vinther, šef delegacije Europske komisije u Republici Hrvatskoj.

Od gostiju iz Njemačke posebno su pozdravljeni prof. dr. Manfreda Kochsiek i Hartmut Apel. Gospodin Kochsiek je potpredsjednik PTB-a (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) - jedne od vodećih mjeriteljskih institucija u svijetu koja u okviru projekta "Usavršavanje mjeriteljske infrastrukture Republike Hrvatske" pomaže DZNM da lakše uspostavi mjeriteljsku infrastrukturu u skladu s međunarodnim i europskim normama, da bi mjeriteljski sustav Republike Hrvatske bio sukladan sustavima razvijenih europskih zemalja. Bio je prisutan i prvi potpredsjednik OIML-a (International Organisation for Legal Metrology) koji je na svečanom skupu održao predavanje na temu "Novi izazovi mjeriteljstvu na početku 21. stoljeća". Ujedno je dodijelio ravnatelju DZNM-a dr. Topiću ovlasnice za dva laboratorija: Laboratorij za gustoću i Laboratorij za masu. Gospodin Hartmut Apel vodeći je stručnjak za zakonsko mjeriteljstvo i član mnogobrojnih radnih tijela Europske unije, dok je u PTB-u voditelj Odjela za zakonsko mjeriteljstvo. Održao je izlaganje o novoj smjernici EU-a o mjernim instrumentima, što će pomoći kod izrade novog Zakona o mjerilima.

O stanju mjeriteljstva u Republici Hrvatskoj govorio je ravnatelj DZNM-a dr. sc. Jakša Topić. Gospodin dr.sc. Miljenko Šunić, tehnički direktor u Gradskoj plinari u Zagrebu, izlagao je o značenju mjeriteljstva u energetici.

Ovom svečanošću skreće se pozornost hrvatske javnosti na djelatnost mjeriteljstva koja svojim rezultatima značajno utječe na svakodnevni život i gospodarski napredak te dopri-



Slika 1 – Sa svečanog skupa obilježavanja Međunarodnog dana mjeriteljstva

nosi ravnopravnom sudjelovanju hrvatskog gospodarstva na jedinstvenom europskom tržištu. Tako će većina roba odlaziti na europsko i svjetsko tržište bez potrebe dodatnog potvrđivanja u zemljama uvoznicama, čime se otvaraju putovi slobodne trgovine roba i usluga te smanjuju troškovi hrvatskog gospodarstva.

SBK

TEHNIČKO USKLAĐIVANJE S EUROPSKOM UNIJOM U PODRUČJU ELEKTROTEHNIKE I TELEKOMUNIKACIJA

Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo izdao je prijevod publikacije Europske komisije "**Guide to the implementation of community harmonization directives based on the New approach and the Global approach**" pod nazivom "**Upute za primjenu smjernica Zajednice za usklađivanje utemeljenih na Novome i Općem pristupu**".

Upute se sastoje od četiri poglavlja: bitne značajke novog pristupa, bitne značajke općeg pristupa, jedan odjeljak za svaku smjernicu Novog pristupa i druge smjernice tijesno povezane sa smjernicama Novog pristupa.

Uputa je namijenjena svim onima koji dogovaraju, izrađuju i provode ove odredbe kao i onima kojima je dužnost osigurati da se ona primjenjuje na najbolji način. Postupno provođenje zajedničke doktrine u praksi olakšat će trgovinu u Zajednici na način da će najvećem broju proizvođača osigurati moderna sredstva za projektiranje i proizvodnju njihovih proizvoda sukladno zahtjevima za sigurnost.

Po kriterijima novog pristupa dosada je usvojeno 14 smjernica, koje se prikazuju kako je u publikaciji navedeno:

Redni broj	Naziv smjernice	Oznaka i datum
1.	Smjernica Vijeća od 25. lipnja 1987. godine o usklađivanju zakona država članica koji se odnose na obične tlačne posude 87/404/EEC	OJ L 220, 8. kolovoza 1987.
	Smjernica Vijeća od 17. rujna 1990. godine koja mijenja i dopunjuje Smjernicu 87/404/EEC o usklađivanju zakona država članica koji se odnose na obične tlačne posude 90/488/EEC	OJ L 270, 2. listopada 1990.
2.	Smjernica Vijeća od 3. svibnja 1988. godine o približavanju zakona država članica koji se odnose na sigurnost igračaka 88/378/EEC	OJ L 187, 16. srpnja 1988.
3.	Smjernica Vijeća od 21. prosinca 1988. godine o približavanju zakona, propisa i upravnih propisa država članica koji se odnose na građevne proizvode 89/106/EEC	OJ L 40, 11. veljače 1989.
4.	Smjernica Vijeća od 3. svibnja 1989. godine o približavanju zakona država članica koji se odnose na elektromagnetsku kompatibilnost 89/336/EEC	OJ L 139, 23. svibnja 1989.
	Smjernica Vijeća od 28. travnja 1992. godine koja mijenja i dopunjuje Smjernicu 89/336/EEC o približavanju zakona država članica koji se odnose na elektromagnetsku kompattibilnost 91/31/EEC	O J L 126, 12. svibnja 1992.
5.	Smjernica Vijeća od 14. lipnja 1989. godine o približavanju zakona država članica koji se odnose na strojeve 89/392/EEC	OJ L 183, 29. lipnja 1989.
	Smjernica Vijeća od 20. lipnja 1991. godine koja mijenja i dopunjuje Smjernica 89/392/EEC o približavanju zakona država članica koji se odnose na strojeve 91/368/EEC	OJ L 198, 22. srpnja 1991.
	Smjernica Vijeća od 14. lipnja 1993. godine koja mijenja i dopunjuje Smjernicu 89/392/EEC o približavanju zakona država članica koji se odnose na strojeve 93/44/EEC	OJ L 175, 19. srpnja 1993.
6.	Smjernica Vijeća od 21. prosinca 1989. godine o približavanju zakona država članica koji se odnose na osobnu zaštitnu opremu 89/686/EEC	OJ L 399, 30. prosinca 1989.
	Smjernica Vijeća od 29. listopada 1993. godine koja mijenja i dopunjuje Smjernicu 89/686/EEC o približavanju zakona država članica koji se odnose na osobnu zaštitnu opremu 93/95/EEC	OJ L 276, 9. studenog 1993.
7.	Smjernica Vijeća od 20. lipnja 1990. godine o usklađivanju zakona država članica koji se odnose na neautomatske vage 98/384/EEC	OJ L 189, 20. srpnja 1990.
8.	Smjernica Vijeća od 20. lipnja 1990. godine o približavanju zakona država članica koji se odnose na aktivne implantabilne medicinske uređaje 90/385/EEC	OJ L 189, 20. srpnja 1990.
9.	Smjernica Vijeća od 29. lipnja 1990. godine o približavanju zakona država članica koji se odnose na uređaje na plinovita goriva 90/396/EEC	OJ L 196, 26. srpnja 1990.
10.	Smjernica Vijeća od 29. travnja 1991. godine o približavanju zakona država članica koji se odnose na telekomunikacijsku opremu, uključujući uzajamno priznavanje njihove sukladnosti 91/263/EEC	OJ L 128, 23. travnja 1991.

Redni broj	Naziv smjernice	Oznaka i datum
11.	Smjernica Vijeća od 21. svibnja 1992. godine o zahtjevima za stupanj djelovanja novih toplovodnih kotlova na kapljevita ili plinovita goriva 92/42/EEC	OJ L 167, 22. lipnja 1992.
12.	Smjernica Vijeća od 5. travnja 1993. godine o usklađivanju propisa koji se odnose na stavljanje na tržište i nadzor nad eksplozivima za civilnu primjenu 93/15/EEC	OJ L121, 15. svibnja 1993.
13.	Smjernica Vijeća od 14. lipnja 1993. godine koja se odnosi na medicinske uređaje 92/42/EEC	OJ L 169, 12. srpnja 1993.
14.	Smjernice Vijeća od 23. ožujka 1994. godine o približavanju zakona država članica koji se odnose na opremu i zaštitne sustave namijenjene potencijalno eksplozivnim atmosferama 94/9/EEC	OJ L 100, 19. travnja 1994.

SBK

RAZDOBLJA ZA OVJERAVANJE MJERILA I UMJERAVANJE ETALONA

Ravnatelj Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo donio je Naredbu o ovjernim razdobljima za ponovno ovjeravanje mjerila i o razdobljima za umjeravanje etalona. Naredba je objavljena u Narodnim novinama broj 69 od 31. srpnja 2001. godine. Objavljivanjem ove Naredbe prestaje vrijediti Naredba objavljena u Narodnim novinama broj 50/96, 103/96 i 46/99.

Ovom Naredbom između ostalih utvrđuju se i razdoblja za mjerila toplinske i električne energije.

Za toplinsku energiju stavak II, točka 4 utvrđuju se razdoblja od:

a) mjerila toplinske energije (osim ultrazvučnih mjerila)	3 godine
b) ultrazvučna mjerila toplinske energije	5 godina

Za električnu energiju razdoblja iznose prema tipu brojila:

a) jednofazna i višefazna elektronička brojila električne energije izmjenične struje priključena izravno ili preko mjernih transformatora te s ugrađenim i posebno raspoređenim dodatnim elektroničkim napravama	8 godina
b) jednofazna i višefazna indukcijska brojila električne energije izmjenične struje priključena preko mjernih transformatora te brojila s mehaničkim višetarifnim uređajima, pokazivačem maksimuma i dodatnim mehaničkim uređajima	8 godina
c) jednofazna i višefazna indukcijska brojila električne energije izmjenične struje, uključujući dvotarifno brojilo, priključena izravno. Ako se mjerna točnost tih mjerila metodom slučajnih uzoraka utvrdi prije isteka ovjernog razdoblja, vrijednost ovjere produljuje se za 4 godine	16 godina
d) uređaji za ispitivanje brojila električne energije	2 godine
e) kontrolna brojila za ispitivanja brojila električne energije	1 godina
f) kontrolni vatmetri za ispitivanje brojila električne energije - analogni	2 godine
g) kontrolni vatmetri za ispitivanje brojila električne energije - elektronički	1 godina
h) kontrolni uređaji za ispitivanje naponskih i strujnih mjernih transformatora	5 godina.

SBK

ZAKON O ENERGIJI

Zakon o energiji uređuje mjere za sigurnu i pouzdanu opskrbu energijom i njenu učinkovitu proizvodnju i korištenje. Osim toga uređuje akte kojima se utvrđuje i na temelju kojih se provodi energetska politika i planiranje energetskog razvoja. Također utvrđuje obavljanje energetskih djelatnosti bilo na tržištu ili kao javna usluga te osnovna pitanja obavljanja energetskih djelatnosti.

Zakon je objavljen je u Narodnim novinama broj 68 od 27. srpnja 2001. godine.

Odredbe ovog Zakona o opskrbi energijom ne primjenjuju se na opskrbu energijom Ministarstva obrane i oružanih snaga RH te Ministarstva unutarnjih poslova.

U općim odredbama u članku 3 utvrđenja su značenja pojedinih izraza koji se koriste u Zakonu. Osim dosadašnjih izraza koji su redefinirani pojavljuju se i novi izrazi primjereni tržištu električne energije.

Tako je **obveza javne usluge** definirana kao obveza energetskih subjekata da određene energetske djelatnosti obavljaju kao javne usluge. Pod **organiziranim energetskim tržištem** podrazumijeva se organizirano usklađivanje i posredovanje u ponudama o kupnji i prodaji energije.

Povlašteni kupac je kupac koji ima godišnju potrošnju veću od potrošnje propisane zakonom i koji može slobodno izabrati od koga će kupiti energiju.

Povlašteni proizvođač je energetski subjekt koji u pojedinačnom proizvodnom objektu istodobno proizvodi električnu i toplinsku energiju, koristi otpad ili obnovljive izvore energije na gospodarski primjeren način koji je usklađen sa zaštitom okoliša.

Tarifni kupac je kupac za kojeg se energija dobavlja na regulirani način i po reguliranoj cijeni.

Trgovac je energetski subjekt koji kupuje i prodaje energiju.

Vijeće za regulaciju energetskih djelatnosti je nezavisan regululator energetskih djelatnosti.

U ostalim člancima obuhvaćeni su:

- energetska politika i planiranje energetskog razvoja
- nacionalni energetski programi
- energetska učinkovitost i obnovljivi izvori energije
- obavljanje energetske djelatnosti
- tržište energije i javne usluge
- cijene energije
- uvjeti opskrbe energijom
- pristup objektima
- nadzor
- kaznene odredbe te
- prijelazne i završne odredbe.

U člancima 5 do 9 utvrđena je procedura utvrđivanja energetske politike i planiranje energetskog razvoja. Donosi se

osnovni akt pod imenom **Strategija energetskog razvitka te program provedbe.**

U člancima 10 i 11 utvrđena je procedura provođenja Strategije energetskog razvoja kroz provođenje nacionalnih energetskih programa kojima se osiguravaju dugoročni razvojni ciljevi i usmjeravanje energetskih sektora, ulaganja u obnovljive izvore energije i objekte za učinkovito korištenje energije.

Energetska učinkovitost i obnovljivi izvori energije utvrđeni su u u člancima 12 do 14. U tu svrhu donosi se **Pravilnik o učinkovitom korištenju energije** te **Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije.**

U člancima 15 do 19, utvrđuje se obavljanje energetskih djelatnosti, odnosno što su to energetske djelatnosti te tko i kako može obavljati energetsku djelatnost, a za što je potrebna dozvola.

Pravila funkcioniranja tržišta energije i i obavljanja javne usluge utvrđena su u člancima 20 do 24.

U člancima 25 do 28 utvrđena je struktura cijene energije koja može biti regulirana ili slobodna te utvrđivanje i svrha **tarifnih sustava**.

Opći uvjeti opskbe energijom utvrđeni su u članku 29.

Pristup energetskim objektima utvrđen je u člancima 30 i 31.

U ostalim člancima, od 32 do 40 utvrđene su kazne za nepridržavanje zakona te prijelazne i završne odredbe. U članku 39 navodi se da će se posebnim zakonom urediti djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom.

SBK

ZAKON O TRŽIŠTU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ovim zakonom se uređuje obavljanje energetskih djelatnosti proizvodnje, prijenosa, distribucije i opskrbe električnom energijom, vođenje elektroenergetskog sustava i organiziranja tržišta električnom energijom.

Zakon je objavljen u Narodnim novinama broj 68 od 27.srpnja 2001. godine. Zakon se primjenjuje od 1. siječnja 2002. godine. Danom primjene ovog zakona prestaje vrijediti Zakon o elektroprivredi (Narodne novine broj 31/90, 47/90, 61/91, 26/93, 78/94, 105/99, 111/99 i 51/01).

U općim odredbama ovog zakona utvrđuju se energetske djelatnosti za povlaštene kupce kao i za tarifne kupce.Također je utvrđeno značenje izraza operator sustava i operator tržišta. Prema tome:

- operator sustava je energetski subjekt koji obavlja djelatnost vođenja elektroenergetskog sustava
- operator tržišta je energetski subjekt koji obavlja djelatnost organiziranja tržišta električne energije.

U člancima 4 do 22 utvrđuje se način obavljanja energetske djelatnosti.

Člankom 4 utvrđeno je da objekte i mrežu za proizvodnju, prijenos i distribuciju mogu graditi subjekti koji imaju dozvolu za obavljanje energetske djelatnosti.

Obavljanje djelatnosti proizvodnje električne energije utvrđeno je u člancima 7 do 9. U tom dijelu zakona utvrđena su prava i obveze te način rada energetskog subjekta koji obavlja djelatnost proizvodnje električne energije te energetskog subjekta koji u pojedinačnom proizvodnom objektu proizvodi istodobno električnu i toplinsku energiju, koristi otpad ili obnovljive izvore energije.

U člancima 10 do 16 utvrđen je način, prava i obveze energetskih subjekata koji obavljaju djelatnost prijenosa i distribucije električne energije. U članku 12 utvrđeno je da operator sustava u suradnji s energetskim subjektom za prijenos električne energije, uz prethodnu suglasnost Vijeća za regulaciju, donosi **plan razvoja i izgradnje prijenosne mreže za razdoblje do tri godine.**

Također energetski subjekt za distribuciju, uz prethodnu suglasnost Vijeća za regulaciju donosi **plan razvoja i izgradnje distribucijske mreže za razdoblje do tri godine.**

Članak 16 utvrđuje da se pogon i način vođenja prijenosne i distribucijske mreže u elektroenergetskom sustavu uređuje **Mrežnim pravilima.**

Način opskrbe električnom energijom utvrđen je u člancima 17 i 18. Tako je opskrba električnom energijom definirana kao energetska djelatnost isporuke i/ili prodaje električne energije te je neovisna djelatnost od djelatnosti prijenosa i distribucije električne energije. Odnosi se na obradu obračunskih elemenata, radi isporuke električne energije, obračuna potrošnje električne energije, ispostave računa kupcima i naplate obračunate električne energije za svako obračunsko mjesto potrošnje električne energije.

Vođenje elektroenergetskog sustava utvrđeno je u člancima 19 i 20. Tu su utvrđena prava i obveze operatora sustava.

Organiziranje tržišta električne energije utvrđeno je u člancima 21 i 22. U člancima su utvrđena prava i obveze te način rada operatora tržišta.

U člancima 23 do 27 utvrđena su prava i obveze povlašteng i tarifnog kupca, načela uzajamnosti, tranzit i nadzor.

Kaznene odredbe utvrđene su u članku 28, a prijelazne i završne odredbe u člancima 29 do 31.

SBK

ZAKON O REGULACIJI ENERGETSKIH DJELATNOSTI

Ovim zakonom se uređuje funkcija **Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti**. Zakon je objavljen Narodnim novinama broj 68 od 27. srpnja 2001. godine.

Naime, radi obavljanja poslova izdavanja dozvola za obavljanje energetskih djelatnosti, poslova osiguranja preglednog i nepristranog djelovanja tržišta energije, poslova osiguranja preglednog i nepristranog obavljanja energetskih djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge, obavljanja poslova u vezi s reguliranjem cijena energije koje se obračunavaju na podlozi tarifnih sustava te obavljanja i drugih poslova koji su mu stavljeni u djelokrug Zakonom o energiji i drugim zakonima, osniva se ovo Vijeće.

Vijeće ima pet članova. Za obavljanje svojih administrativno-tehničkih poslova osniva službu. Izrada prijedloga akata i stručni poslovi povjerit će se neprofitnoj pravnoj osobi koju odredi Vlada RH.

Troškovi rada Vijeća , troškovi rada neprofitne pravne osobe te troškovi istraživanja tržišta energije i javnih usluga u energetskim djelatnostima financiraju se sredstvima naknade u cijeni energije, osim za početak rada što se osigurava u državnom proračunu.

SBK

PRAVILA I MJERE SIGURNOSTI PRI RADU NA HIDROENERGETSKIM POSTROJENJIMA

Nova Pravila prilog su Pravilnika o zaštiti na radu HEP-a. Primjenom ovih Pravila prestaju vrijediti Pravila i mjere sigurnosti na radu u elektroenergetskim postrojenjima - Prilog

boj 4 Pravilnika o zaštiti na radu, objavljenih u Biltenu HEP-a broj 12 od 31. kolovoza 1992. godine.

Nova Pravila su objavljena u Biltenu HEP-a broj 92, a sadrže posebna pravila i mjere koje treba primjenjivati pri radu na, sa ili u blizini hidroenergetskih postrojenja i pripadajućih instalacija. Pravila i mjere su podijeljena u 23 grupe:

1. Temeljne odredbe
2. Definicije i pojmove
3. Uvjete za rad (stručni i zdravstveni uvjeti za rad, uvjeti okoliša, uređenje mjesta rada, osobna zaštitna sredstva i naprave)
4. Osnovna načela sigurnosti rada
5. Isprave za rad (program rada, nalog za rad s izvješćem o završetku rada, nalog za rad na vodu, knjiga radova, isprava o razgraničenju ovlasti, dozvola za rad, dozvola za rad na vodu, obavijest o završetku rada, obavijest o završetku rada na vodu, zelena kartica, brzojav, uputa za kretanje i rad vanjskih izvođača u HE, uputa za kretanje i rad vanjskih izvođača na nadzemnim vodovima visokog napona, izjava o preuzimanju odgovornosti ovlaštenog rukovoditelja radova vanjskih izvođača, izjava zaposlenika drugih tvrtki, dozvola za ulazak posjetitelja u postrojenje, upozorenje o opasnostima, izjava posjetitelja, odobrenje za praktičnu nastavu, propusnica)
6. Podjela postrojenja na zone (određivanje pojedinih zona, međusobno odjeljivanje zona, međuzavisnost prostora i aktivnih zona)
7. Ulazak i kretanje po pojednim zonama (zaposlenika u HEP-u, zaposlenika vanjskog izvođača, vanjskog nadzora i državnih ustanova, posjetitelja, praktični rad učenika i studenata, tablični prikaz)
8. Organizacja izvođenja radova (kad radove izvodi jedna ili više organizacijskih jedinica pogona, složeni radovi, kad radove izvodi druga tvrtka, trajan i privremeni nadzor, završetak rada, postupak pri radu u daljinski upravljanim postrojenjima)
9. Pogonski zahvati
10. Rad u rasklopnim postrojenjima (u beznaposnkom stanju, u blizini dijelova pod naponom, u zoni opasnosti bez uzemljivanja i kratkog spajanja, inducirani naponi, mjerenje i provjeravanje)
11. Rad na nadzemnim vodovima (zone opasnosti i kretanje po stupovima, u beznaponskom stanju na nadzemnom vodu, u blizini vodiča pod naponom na nadzemnim vodovima, s penjanjem kroz glavu stupa, postupak stavljanja nadzemnih vodona u pogonsko stanje)
12. Rad na kabelima (osiguranje mjesta rada, telekomunikacijski kabel)
13. Rad pod naponom
14. Temeljna pravila za osiguranje mjesta rada na hidromehaničkoj opremi
15. Rad na branama i vodozahvatima
16. Rad na derivacijama
17. Rad na ulaznim i izlaznim uređajima strojarnice
18. Rad na turbinama i turbinskim prostorima
19. Rad na generatorima
20. Pravila za izvođenje posebno opasnih poslova
21. Rad s dizalima i prenosilima
22. Izvođenje radova u II. zoni – zoni opasnosti hidromehaničkih postrojenja
23. Čuvanje dokumenata.

SBK

PRAVILNIK O INVENTIVNOM STVARALAŠTVU U HEP-u

Ovaj Pravilnik objavljen je svibnju ove godine u Biltenu HEP-a broj 93. Objavljivanjem ovog Pravilnika prestaje vrijediti Pravilnik o inventivnom stvaralaštvu objavljen u Biltenu HEP-a broj 9 od 4. svibnja 1992. godine.

Pravilnikom se utvrđuju vrste inovacija, organiziranje inventivne djelatnosti, podnošenje i prihvaćanje prijedloga inovacija, prava i obveze autora inovacije, osnove i mjerila za vrednovanje inventivnog rada te poticanje inventivne djelatnosti.

Prema članku 14 ovog pravilnika u HEP-u se osniva **Odbor za stvaralaštvo** – tijelo za praćenje i unaprjeđenje inventivnog stvaralaštva od 5 članova. Prijedlog inovacija podnosi se Odboru (članka 21), koji upisuje prijedlog u registar inovacija (članak 22) i izdaje Potvrdu o prijavi inovacije.Autoru pripada nagrada ovisno o doprinosu njegove inovacije povećanju dobiti ili smanjenju troškova (članak 32).

SBK

STANDARDNI NAPONI I DOZVOLJENA ODSTUPANJA NAPONA ELEKTRIČNIH MREŽA U HRVATSKOJ S NAPONOM IZNAD 1 kV

Na temelju Zakona o dopunama Zakona o elektroprivredi (Narodne novine RH broj 105 od 13. listopada 1999.) ministar gospodarstva Republike Hrvatske donio je Pravilnik o tehničkim normativima za normirane napone.

Ovim se Pravilnikom propisuju tehnički normativi za provođenje hrvatske norme za normirane napone prijelaznog i konačnog razdoblja.

Hrvatska norma nazivnih napona EES-a, oznake HRN 60038: 1998, identična je međunarodnoj normi IEC (International Electrotehnical Commision) 38: 1983/Amandman 1: 1994-08+IEC 38: 1983/Amandman 2: 1997-10, a usklađena je i s harmonizirajućim dokumentom sličnog sadržaja, oznake HRN, HD 427 SI: 1998, naziva - Nazivni naponi za niskonaponske javne sustave električnog napajanja.

DEFINICIJE

Ove definicije odnose se na efektivne vrijednosti linijskog trofaznog napona.

1. Nazivni napon mreže

Napon za koji je mreža projektirana.

2. Najviši i najniži naponi mreže (uključujući prijelazne i poremećajne uvjete)

2.1. *Najviši napon mreže*

Najviša vrijednost napona koja se u normalnim pogonskim uvjetima pojavljuje u bilo kojem trenutku i na bilo kojoj točki električne mreže.

Ova vrijednost ne uzima u obzir prolazne promjene napona zbog smetnji i zbog isklapanja prekidača u električnoj mreži.

2.2. *Najniži napon mreže*

Najniža vrijednost napona koja se u normalnim pogonskim uvjetima pojavljuje u bilo kojem trenutku i na bilo kojoj točki električne mreže.

Ova vrijednost ne uzima u obzir prolazne promjene napona zbog smetnji i zbog isklapanja prekidača u mreži.

3. Najviši napon opreme

Najviša vrijednost napona za koju je oprema projektirana a specifirana je s obzirom na:

a) izolaciju
b) druge karakteristike koje se odnose na ovu najvišu vrijednost napona s obzirom na postojeće preporuke za opremu.

Najviša vrijednost napona opreme je maksimalna vrijednost "najvišeg napona mreže" (vidi podtočku 2.1) koju oprema može podnijeti.

Napomene

1. Najviša vrijednost napona opreme je određena samo za napone mreža iznad 1 kV. To je razumljivo, potrebno za neke nazivne napone mreža, jer se normalni pogon mreže ne može osigurati za napone iznad najviših napona opreme, imajući pri tome u vidu osjetljive naponske karakteristike kod gubitka kapaciteta, struje magnetiziranja, itd.

   U takvim slučajevima, odgovarajuća preporuka mora specifirati granicu koja mora biti sigurna za ovu opremu.
2. Razumljivo da upotreba opreme u mrežama sa naponom ispod 1 kV može biti specificirana samo s referentnim nazivnim naponom, istovremeno za pogon i s obzirom na čvrstoću izolacije.
3. Obratiti pozornost na činjenicu da u nekim standardima opreme (na primjer, IEC 335-1 i IEC 71) izraz "naponski raspon" ima drukčije značenje.

TABLICE STANDARDNIH NAPONA

Razmatraju se Tablice od interesa za električne mreže u Hrvatskoj s naponom iznad 1 kV.

Tablica 1: Trofazne mreže i odgovarajuća oprema nazivnog napona iznad 1 kV, a ispod 35 kV*

U Tablici su dana dva niza nazivnog napona mreže iz Serije I, tj., za mreže s nazivnom frekvencijom od 50 Hz.

Preporuča se za bilo koju zemlju upotreba samo jednog niza.

Serija I		
Najviši napon opreme kv	Nazivni napon mreže kv	
3.6[1]	3.3[1]	3[1]
7.2[1]	6.6[1]	6[1]
12	11	10
-	-	-
-	-	-
-	-	-
(17.5)	-	(15)
24	22	20
-	-	-
36[2]	33[2]	-
-	-	-
40.5[2]	-	35[2]

* Ove mreže su općenito izmjenične trofazne, ako drugačije nije naglašeno. Vrijednosti su između faza, tj., linijski naponi. Vrijednosti u zgradama se ne preporučavaju. Preporuča se da se ove vrijednosti ne koriste za nove mreže koje su tek u fazi projektiranja.

Napomene

[1] Preporuča se bilo kojoj zemlji da između dvije susjedne vrijednosti napona mreže razlika ne bude manja od dva razreda.

[2] Uobičajeno je da za mreže iz Serije I, dozvoljeno odstupanje najvišeg napona mreže i najnižeg napona mreže ne bude veće od ć10% nazivnog napona mreže.

Ove vrijednosti se ne koriste za javne distributivne mreže.

Normiranje ovih vrijednosti je u razmatranju.

Tablica 2: Trofazne mreže i odgovarajuća oprema nazivnog napona iznad 35 kV a ispod 245 kV*

U Tablici su dana dva naponska niza nazivnih napona mreža. Preporuča se upotreba samo jednog niza za bilo koju zemlju.

Preporuča se da bilo koja zemlja koristi samo jednu vrijednost najvišeg napona opreme iz sljedećih nizova:

123 kV - 145 kV

245 kV - 300 kV (vidi Tablicu 5) - 363 kV (vidi Tablicu 5)

Najviša vrijednost napona opreme kV	Nazivni napon mreže kV	
(52)	(45)	-
72.5	66	69
123	110	115
145	132	138
(170)	(150)	-
245	220	230

* Vrijednosti u zagradama se ne preporučaju. Preporuča se da se ove vrijednosti ne koriste za nove mreže koje su tek u fazi projektiranja. Vrijednosti označavaju napone između faza tj., linijske napone.

Tablica 3: Trofazne mreže s najvišim naponom opreme iznad 245 kV1

Ova Tablica Amandmanom 2 u potpunosti zamjenjuje Tablicu 5.

Preporuča se da bilo koje geografsko područje koristi za najviši napon opreme samo jednu vrijednost napona iz sljedećeg niza:

245 kV (vidi Tablicu 2) - 300 kV - 362 kV

362 kV - 420 kV

420 kV - 550 kV

Najviši napon opreme kV
(300)
362
420
550[2]
800[3,5]
1050[4]
1200[5]

[1] Vrijednosti napona označene u zagradama se ne preporučaju. Preporuča se da se ove vrijednosti ne koriste za nove mreže koje su tek u fazi projektiranja. Vrijednosti označavaju napone između faza, tj., linijske napone.

[2] Vrijednost napona 525 kV se također koristi.

[3] Vrijednost napona 765 kV se također koristi; ispitna vrijednost napona za opremu može biti ista kao što je definirano u IEC-u za 765 kV.

[4] Vrijednost napona 1100 kV se također koristi.

[5] U bilo kojem geografskom području gdje je već usvojen napon 1050 kV, ne treba koristiti napon 800 kV niti 1200 kV.

Napomena

U prezentiranoj Tablici izraz "geografsko područje" može označavati pojedinu zemlju, grupu zemalja s jednako usvojenom naponskom razinom, ili dio neke velike zemlje.

USVOJENI STANDARDNI NAPONI I DOZVOLJENA ODSTUPANJA NAPONA ELEKTRIČNIH MREŽA U HRVATSKOJ S NAPONOM IZNAD 1 kV

U Hrvatskoj su u upotrebi standardizirani naponi drugog niza Serije I, osim napona 110 kV koji je iz prvog niza, a uveden je i napon 35 kV (s najvišim naponom 38 kV) koji je tek s IEC 38:1983 uzet u postupak normiranja (Tablica 1). To su sljedeći naponi:

Nazivni napon mreže kV	3[1]	6[1]	10	20	35	60[2]	110	220	400[3]
Najviši napon mreže kV	3.6[1]	7.2[1]	12	24	38	72.5[2]	123	245	420

[1] Nije dopuštena upotreba za javnu distribucijsku mrežu.Dolazi u obzir kao generatorski napon, te za industrijske i rudarske pogone.

[2] Može se upotrebljavati samo izuzetno, ako je upotrebu moguće opravdati ekonomskim razlozima.

[3] Nije standardiziran, jer za mreže s nazivnim naponom iznad 220 kV imamo standardiziran samo najviši napon mreže, tj., najviši napon opreme.

Samo za mreže iz Serije I (Tablica 1) definirano je dozovljeno odstupanje najvišeg napona mreže i najnižeg napona mreže i ono iznosi ±10% od nazivnog napona mreže. Za sve ostale mreže definiran je samo najviši napon mreže, tj., najviši napon opreme.

ZAKLJUČAK

Odabir nazivnih napona mreža i najviših napona mreža prema kriteriju ekonomskog stupnjevanja je za jednu zemlju od velikog značenja s dalekosežnim posljedicama, stoga to treba obaviti studiozno.

Jasno, nije dovoljno samo definiranje nazivnih i najviših napona mreže, jer se u mreži pojavljuju i znatno viši naponi radi prijelaznih pojava, pri isklapanju, atmosferskih pražnjenja i sl., pa izolacija mora biti sposobna izdržati i znatno više napone. Zbog toga su standardizirani i ispitni naponi, koji, međutim, nisu predmet ovog članka.

Vladimir Grujić, dipl. ing.

VIŠE STRUJE IZ NUKLEARKI U ZEMLJAMA EU

U godini 2000. povećana je proizvodnja električne energije u nuklearnim elektranama u zemljama EU za 2% tj. od 811 TWh u 1999. godini, na 828 TWh u 2000. godini. To je oko trećina neto proizvodnje električne energije u EU. Kao i do sada na prvome je mjestu Francuska.

Koji su postotni udjeli proizvedene električne energije u godini 2000. U pojedinim zemljama EU vidi se u sljedećem pregledu:

Francuska	79 %
Belgija	54 %
Švedska	39 %
Finska	31 %
Njemačka	30 %
Španjolska	28 %
V. Britanija	25 %
Nizozemska	4 %

Švicarska, zemlja izvan EU, imala je udio od 38% električne energije proizvedene ??????

EW, god. 100 (2001), br 11

Mrk

NJEMAČKI POTROŠAČI ELEKTRIČNE ENERGIJE ZADOVOLJNI LIBERALIZACIJOM

U anketi ipo-Instituta u Mannheimu, koncem godine 2000., 90% njemačkih potrošača električne energije izjasnilo se da su sa svojim dobavljačima "vrlo zadovoljni" ili "zadovoljni". Od tog postotka 33% otpada na one potrošače koji su se izjasnili kao "vrlo zadovoljni". To je skoro podvostručenje prema godini 1996., dvije godine prije otvaranja slobodnog tržišta. Tada se izjasnilo kao "vrlo zadovoljno" tek 17% potrošača.

EW, god. 100 (2001), br 11

Mrk

ELEKTRIČNA ENERGIJA U NJEMAČKOJ POSKUPJELA

U Njemačkoj je u posljednjih 12 mjeseci poskupjela električna energija za 7,5%. To je posljedica promijenjenih zakonskih uvjeta. Kao i do sada, velika je razlika u cijenama između pojedinih elektroprivreda. Između najniže i najviše cijene razlika iznosi i do 70%.

Cijena električne energije ovisi o troškovima proizvodnje i troškovima korištenja mreže. Cijena može biti snižena slobodnom utakmicom, ali ona je onemogućena visokom cijenom uporabe električne mreže.

EW, god. 100 (2001), br 11

Mrk

LIBERALIZACIJA TRŽIŠTA ELEKTRIČNE ENERGIJE I RAZDJELNA MREŽA

Tržišno natjecanje i liberalizacija u elektroprivrednom sektoru traže što je moguće nižu cijenu električne energije, pa se moraju sniziti na minimum svi relevantni troškovi. Npr. u najvećem njemačkom elektroprivrednom koncernu RWE, do godine 1995., broj osoblja sveden je na polovicu, sredstva za investicije smanjena su za 45%, a sredstva za održavanje za 35%.

Mjere uštede provode se u svim elektroprivrednim sektorima pa nije mimoiđena ni razdjelna električna mreža. Tu se očekuju temeljne promjene. Uvest će se nova strategija održavanja. Nastojat će se produžiti životni vijek postojećeg postrojenja. Zbog uštede u investicijama izvodit će se jednostavne mrežne strukture. Potrošači koji bi željeli imati povećanu sigurnost u dobavi električne energije, morat će to nadoplatiti.

U budućnosti moraju biti iskorištene sve mrežne rezerve. Opterećenje stagnira, pa postrojenja moraju trajati cijeli svoj predviđeni životni vijek bez obnove i pojačanja.

Predlaže se da se u Njemačkoj napravi katastar postrojenja, da se točno vidi stanje mreže i ocijeni kako će dugo još biti mreža u pogonu pod privrednim uvjetima.

Pretpostavi li se prosječan vijek trajanja od 40 godina, godišnje se mora obnoviti barem 2,5%.

Da bi se uštedjelo na investicijama treba graditi sa standardnim elementima.

Neće se izvoditi bilo kakve rezerve za budući razvoj. Troškovi održavanja ovisit će o strategiji rizika u pojedinim elektroprivrednim poduzećima. Dobavljači materijala i uslužne djelatnosti moraju računati s promijenjenim prilikama.

Unatoč velikom pritisku na sniženje troškova mora ostati cilj vlasnika mreže da održi know-how u razdjelnom postrojenju. Tehnički nivo može se održati samo uz nastojanje stalne izobrazbe djelatnika i uvođenja nove tehnologije.

EW, god. 100 (2001), br 11

Mrk

KORIŠTENJE FOTONAPONSKIH ELEKTRANA U KUĆANSTVIMA

U njemačkom gradu Hildenu (57000 stanovnika) instalirano je do kraja godine 1999. 126 fotonaponskih postrojenja, instalirane snage 349 kW. Većina postrojenja, koja koriste pojedina kućanstva, financijski je potpomoglo gradsko energetsko poduzeće, u okviru svog poticajnog programa za korištenje solarne energije. Nastojalo se postići da kućanstva troše što više energije iz svojih fotonaponskih elektrana, a višak da plasiraju u javnu električnu mrežu, uz naknadu od 99 pf./kWh.

Rad i iskorištenje uređaja pomno je praćen odgovarajućim mjerenjma. Srednja vrijednost proizvodnje električne energije iznosila je godišnje 634 kWh po instaliranom kW. Kućanstva su proizvedenom energijom u svojim fotonaponskim uređajima u prosjeku pokrili 18% svojih potreba električne energije.

Oko 57% električne energije, proizvedene u solarnim elektranama, utrošeno je u dotičnom kućanstvu, a 43% predano je javnoj mreži. To je naravno prosjek, jer je u oba slučaja iskorištenje u kućanstvu bilo 100%. Ovakvim programom nije samo potaknuto iskorištenje obnovljive energije, već i energetska štednja uz povoljan utjecaj na smanjenje emisije stakleničkih plinova.

EW, god. 100 (2001), br 11

Mrk

ELEKTROPRIVREDA ALBANIJE

Albanija (28 748km2, 3,4 milijuna stanovnika) je zbog svoje dugogodišnje izoliranosti, najsiromašnija europska zemlja. To se naravno odražava i u elektroprivredi. Naročito su velike promjene nastale u toj privrednoj grani početkom devedesetih godina, kad je propao veliki dio industrije zemlje. Industrija, kao potrošač električne energije, drastično je smanjila potražnju za energijom, ali je porasla potrošnja privatnih potrošača.

Daleko najveći dio električne energije proizvodi se u hidroelektranama na rijeci Drimu. Termoelktrane na teško ulje, vrlo malo sudjeluju u proizvodnji električne energije.

U godini 1998. ukupna je proizvodnja električne energije u Albaniji iznosila 5067,5 GWh iz slijedećih izvora:

HE na Drimu	1350 MWh	4971,8 GWh	98,1 %
HE male	96 MWh	13,0 GWh	0,3 %
TE na teško ulje	196 MWh	82,7 GWh	1,6 %
UKUPNO	1642 MWh	5067,5 GWH	100 %

Vodne su snage iskorištene tek 50%. Velike su mogućnosti za izgradnju hidroelektrana na jugu zemlje.

U prijenosu i razdiobi električne energije korišteni su nazivni naponi 400 kV, (150 kV), 220 kV, 110 kV, 35 kV, 20 kV, 16 kV, 10 kV i 6 kV. U tijeku su pregradnje da se srednji napon svede na 35 kV, 20 kV i 10 kV.

Albanija je sa susjednim zemljama povezana jednostrukim visokonaponskim dalekovodima. S Grčkom je vezana vodovima 400 kV i 150 kV, a s Jugoslavijom s 2 voda 220 kV.

Posljednjih su deset godina izvedene samo neke gradnje na srednjonaponskoj mreži; dok se na 400 kV, 200 kV i 110 kV nije ništa proširivalo. Krajem godine 1998. godišnje je vršno opterećenje iznosilo 1128 MW, uz ukupno instaliranu snagu elektrana od 1642 MW, koja stagnira od godine 1990. Godine 1998. ukupna je potrošnja električne energije iznosila 2855,3 GWh. Dok je godine 1990. Albanija izvezla 2000 GWh, najviše u Grčku, godine 1998. uvezeno je iz Grčke 378,5 GWh.

Zbroji li se ukupna proizvodnja u domaćim elektranama i uvoz (izvoza nije bilo), dobiva se ukupna električna energija od 5446,0 GWh.

Od te ukupne energije utrošeno je

Za potrošače	2855,3 GWh	52,4 %
Vlastite potrebe elektrana	21,9 GWh	0,5 %
Tehnički gubici prijenosa i razdiobe	1369,4 GWh	25,1 %
Netehnički gubici	1199,4 GWh	2,0 %
UKUPNO	5446,0 GWh	100,0 %

Treba istaknuti da je od čitavog navedenog potroška "potrošača" (2855,3 GWh) obračunato tek 27,3%. Ova je energija podijeljena kako slijedi:

Domaćinstvo	31,8 %
Industrija	8,4 %
Transport i usluge	8,3 %
Poljoprivreda	1,5 %
Ostali potrošači	50,0 %

U "ostale potrošače" ubraja se javna rasvjeta, vojska, državna uprava i vodoopskrba.

Elektroenergetski sustav Albanije pun je poteškoća i problema. Zbog nedovoljnog održavanja i planiranja ima mnogo kvarova i ispada, osobito u elektranama i komponentama mreže na svim naponskim razinama.

EW, god. 100 (2001), br 12

Mrk

KORIŠTENJE OBNOVLJIVE ENERGIJE U ZEMLJAMA U RAZVOJU

Za poticanje uporabe obnovljivih energetskih izvora u zemljama u razvoju, njemačko društvo za tehničku suradnju (GTZ) traži poduzeća koja se žele baviti obnovljivom energijom u zemljama u razvoju. Društvo treba financijsku pomoć zainteresiranih poduzeća, kako bi se nastavila i završila studija o energetsko-gospodarskim uvjetima proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora u tim zemljama.

EW, god. 100 (2001), br 12

Mrk

NOVO PODUZEĆE ZA SOLARNE ELEKTRANE

Zbog zajedničkih trgovačkih interesa, u području soalrnih elektrana, poznate su svjetske tvrtke Shell Renevables – London i Siemens Solar – München osnovale novo poduzeće "Siemens and Shell Solar".

Tvrtka Shell posjeduje nekoliko tvornica za izradu solarnih ćelija, a tvrtka Siemens je specijalizirana za instalacije soalrnih elektrana.

EW, god. 100 (2001), br 12

Mrk

KORIŠTENJE BIOMASE U NJEMAČKOJ

U smislu zakona o korištenju obnovljivih energetskih izvora za proizvodnju električne energije, u Njemačkoj, uz ostale obnovljive energente, nastoji se što više iskoristiti i biomasa. Ne primjenjuje se samo loženje parnih kotlova drvnim otpacima, već se razvija i unaprjeđuje tehnologija ekonomične primjene biomase. Kao primjer navedene su dvije elektrane-toplane, koje su upravo u gradnji, a kao gorivo služit će drvo i drvni otpaci.

U području Augsburga u gradnji je elektrana-toplana koja će koristiti biomasu kao gorivo.

U visokotlačnom parnom kotlu stvara se para od 430 – 450 oC i tlaka od 46 bara, za pogon parne turbine (5MW električnih) s oduzimanjem. Proizvedena električna energija ulazi u javnu električnu mrežu, a para se koristi za grijanje i procese u industriji.

U mjestu Rothenburg gradi se elektrana-toplana koja će godišnje trošiti 50000 t drvne mase. Postrojenje će raditi na novo razvijenoj tehnologiji pod nazivom 2sr-postrojenje. Čisti će se plin stvarati u visokotemperaturnom (2000 oC) rasplinjivaču, a razvijeni će plin koristiti plinski motori, ukupne električne snage 6,5 MW. Toplina razvijena radom plinskih motora davat će se u gradsku toplinsku mrežu. Treba napomenuti, da visokotemperaturni rasplinjivač ne mora koristiti samo biomasu, već može stvarati plin i od drugih organskih otpadaka. Stvoren je plin praktički bez štetnih organskih tvari i ne sadrži nikakve katranske sastojke.

Predviđa se da bi korisnost postrojenja mogla iznositi do 85 %.

EW, god. 100 (2001), br 12

Mrk

USPJEŠNOST INDUSTRIJE ELEKTROMEHANIČKIH ELEMENATA U NJEMAČKOJ

Promet u trgovini industrije elektromehaničkih elemenata u 2000. Godini porastao je u Njemačkoj za 6,8 %, prema pret-

hodnoj godini. Najveći porast bilježe industrijska elektronika i telekomunikacije. U toj je branši u Njemačkoj uposleno 23500 suradnika, a to je 5% više nego 1999. Godine

U ukupnom svjetskom prometu ove grane vodi Amerika sa 38%, a Europa sa 25%. Na europskom su vrhu Njemačka sa 31%, Engleska sa 19% i Francuska sa 17%.

ETZ, god. 122 (2001), br 7/8

Mrk

ENERGETSKI PARK U NJEMAČKOJ

Projekt "Energetski park" počeo se izgrađivati u univerzitetskom gradu Clausthal-u u Njemačkoj. Projekt predviđa izgradnju Instituta za zaštitu okoliša, na posebno odijeljenom terenu. Izgrađeni objekti ne bi bili priključeni na javnu električnu mrežu, već bi se napajali iz elektrana koje bi koristile samo obnovljive energetske izvore. Potpuno odvojeno od javne električne mreže izgradit će se elektrana na danas najmodernijoj tehnologiji proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora. Koristit će se biomasa, drvni otpaci, repičino ulje, voda , vjetar i sunce.

Svrha ovog parka je edukativna i demonstracijska, a trebao bi se završiti godine 2003. U novom Institutu predviđa se da će biti namješteno oko 80 suradnika.

ETZ, god. 122 (2001), br 10

Mrk

STUDIJ STRANIH STUDENATA U NJEMAČKOJ

Njemačka je iza Francuske najatraktivnija zemlja Europe za studiranje. U okviru programa EU Sokrates/Erazmus za studij u Njemačkoj javilo se, iz 30 zemalja, oko 12000 studenata i oko 6000 docenata koji bi predavali u Njemačkoj.

Osim toga, 5700 studenata iz europskih zemalja (od toga 2000 iz Poljske) namjerava studirati na njemačkim visokim školama. Kao zemlje koje bi ugostile strane studente su Francuska s 3500 i Italija sa 1850 studenata koji su se prijavili.

Treba , međutim, primijetiti da su naveden brojke samo najave, tj. planovi i želje. Prema iskustvu, zbog pomanjkanja novca, neće se realizirati oko polovica ili trećina najavljenih.

ETZ, god. 122 (2001), br 13/14

Mrk

UREĐAJI IZ OGRANIČENJA STRUJA KRATKOG SPOJA

Ograničenje struja kratkog spoja u mrežama srednjeg napona uvijek je bilo zanimljivo pitanje. Mnogo se na tome radilo, no u praksi su upotrebljavani do sada osigurači, prigušnice i pirotehnički uređaji.

Da se riješe mnoga pitanja u vezi s ograničenjem struja kratkog spoja osnovana je posebna radna grupa u okviru CIGRE WG 13-10. Studije su ograničene na električne mreže 1 kV do 145 kV.

Na temelju karakteristika učinskih sklopki i osigurača, grupa je razradila uređaje za ograničenje, bez obzira na tehnologiju takvog uređaja. Pri tome su razrađeni i svi rubni uvjeti koji prate ovakvu ugradnju.

ETZ, god. 122 (2001), br 11/12

Mrk

ELEKTRONIKA I MEDICINSKA TEHNIKA

Elektronika, informatika i medicina sve se više približuju, a cilj im je povećati učinkovitost biomedicine. Zajednički rad inženjera, znanstvenika prirodnih znanosti i liječnika povećava transfer znanja unutar struke.

Nove tehnike obrade slika pojednostavljuje i unapređuje liječničke dijagnoze i mogućnost terapije.

Udruga VDE za elektrotehniku, elektroniku i informatiku i Njemačko društvo za biomedicinsku tehniku (DGBMT) dogovorile su se da će udružiti svoje aktivnosti. To je značajni korak za unaprjeđenje medicinske tehnike i sniženje cijena razvoja.

ETZ, god. 122 (2001), br 11/12

Mrk

PREGLED ČLANAKA OBJAVLJENIH U "ENERGIJI" OD 1981. DO 1990. GODINE

Dopuna

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Fagarazzi, Antun	Prva zagrebačka TS 110/20 kV s postrojenjem 110 kV u SF$_6$ tehnici	9-10/81	429

PREGLED ČLANAKA OBJAVLJENIH U "ENERGIJI" OD 1961. DO 1970. GODINE

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Adžajić, Tomislav	Diskriminacija potrošača električne energije primjenom različitih cijena	11-12/70	343
Babić, Srđan	Jedan postupak sastavljanja matrice transformatora pri određivanju matrice impedancije čvorišta Z metodom blok-transformacije	5-6/68	315
Babić, Srđan i grupa autora	O uzemljenju srednjenaponskih mreža preko djelatnog i indukitvnog otpora	3-4/64	105
Balen, Tomislav – Ambrožić, Željko	Metode utvrđivanja tarifnog stupnja	9-10/67	283
Balling, Miroslav	Energetske podloge za dimenzioniranje distributivnih mreža	7-8/62	218
	Elektrifikacija kotara Krapina	9-10/62	323
	Uvođenje betonskih elemenata, nogara i stupova, u gradnju distibutivnih mreža Hrvatske	9-10/68	368
Balog, Zvonimir	O nekim problemima loženja tekućim gorivom	3-4/68	81
Baranović, Borivoj	Termoelektrana-Toplana Zagreb	7-8/62	191
Barovič, Viljem	Zaštita pri upotrebi električnih aparata u poljoprivredi i domaćinstvu	5-6/66	170
Bego, Vojislav i grupa autora	Ispitivanje u mreži 110 kV SR Hrvatske	3-4/66	69
Begović, Krunoslav	Današnje stanje i moderne tendencije u gradnji pantografskih rastavljača	5-6/62	168
	Hidroelektrana Tis Abbai u Etiopiji	11-12/63	346
	Utjecaj opreme i rješenja dispozicije na optimalno korištenje prostora unutarnjih rasklopnih postrojenja 110 kV	1-2/65	7
	Suvremene koncepcije u oblikovanju vanjskih rasklopnih postrojenja 110, 220 i 380 kV	3-4/65	79
	Električna postrojenja za opskrbu električnom energijom vlastite potrošnje velikih termoelektrana	5-6/68	145
	Osnovni kriteriji za izbor uređaja automatike proizvodnih grupa u hidroelektranama	2/70	129

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Bendeković, Jadranko	Model proširene reprodukcije u elektroprivredi u samoupravnim društvenim odnosima	11-12/69	367
	Metodologija za donošenje investicionih odluka u elektroprivredi	11-12/70	336
Besek, Boris	Tipizacija i standardizacija	9-12/65	425
Bilčar, Nikola	Primjena radioaktivnih izotopa u mjerenjima protoka kod hidroelektrana	11-12/62	371
	Hidraulicitet Cetine	1-2/63	18
	Zaštita kod pucanja tlačnih cjevovoda u hidroelektranama	5-6/63	157
	Stanje izolacije na generatorima HE Vinodol i kontrola izolacije u pogonu	11-12/63	332
	Pogonske karte generatora	3-4/66	86
Bilčar, Nikola – Feretić, Danilo	Nuklearne elektrane, kao jedna varijanta u rješavanju perspektivnog snabdijevanja zapadnog dijela SFRJ električnom energijom	11-12/68	381
Boranić, Vilim	Ulje za loženje u FNRJ	1-2/61	43
	Situacija nafte u svijetu	3-4/65	90
	Nafta kod nas i u susjednim državama	1-2/66	7
	Problemi perspektivnog snabdijevanja zapadne Evrope energijom	5-6/68	141
	Potrošnja energije u socijalističkim zemljama	1/70	5
	Kretanje svjetske potrošnje energije	3-4/70	153
Borojević, Dragan	Razvoj električne mreže grada Virovitice	7-8/64	226
Božuta, Franjo	Usporedba tehnike štićenja velikih generatora u SSSR-u i u zemljama zapadne Europe	5-6/68	217
	Potrebe i mogućnosti promjene rezervne zaštite I dio	3-4/70	73
Brezinšćak, Marijan	Magnetohidrodinamički pretvarač energije	11-12/63	341
Brus, Ivan	Napori i pozitivni rezultati izvedbe 220 kV dalekovoda Split-Zagreb	3-4/62	87
Budanko, Božidar	Elektroenergetsko rješenje i perspektivna mreža 110 i 35 kV otoka srednjeg i južnog Jadrana	9-10/70	251
	Tehničko ekonomski osvrt na izbor našeg novog podmorskog kabela	11-12/70	281
Bulat, Jugoslav	Značaj raškog kamenog ugljena u energetskoj bilanci naše naše Republike	9-10/67	296
Bulić, Ivo	Vodne snage Dalmacije - osnova razvoja bazične industrije	11-12/68	404
Bumči, Petar	Uklanjanje stalne posade u transformatorskim stanicama	9-10/62	331
	Izgradnja elektroenergetskih postrojenja za potrebe elektrifikacije željezničke pruge Zagreb-Tovarnik	11-12/68	406
Busatto, Ante	Hidroelektrana Split u prvoj godini rada	11-12/62	381
Butković, Mirko	Problemi vibracija parnih turbina i njihovo ispitivanje	3-4/68	90
Celegin, Ante	Počeci energetskog korištenja vodnih snaga na području Dalmacije	1-2/62	7
Crlenjak, Milam	O određivanju temperature rošenja u kotlovima	5-6/63	165
	Direktna pretvorba topline goriva u električnu energiju	11-12/63	338
	Nataljivanje letećeg pepela kod parnih kotlova	1-2/66	30

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Cvetičanin, Simo i grupa autora	Neki osnovni problemi elektroprivrede	9-12/64	309
Cvetković, Zorko	Spremnost prijenosnih postrojenja	9-10/63	263
	Elektroprivreda UAR	1-2/70	41
Čerina, Petar	Kabelska veza 110 kV Dugu Rat - otok Brač	9-10/70	284
Černohous, Franjo	Raspad elektroenergetskog sistema	3-4/66	114
	Analiza vršnih opterećenja elektroenergetskog sistema zapadne Hrvatske	5-6/64	167
	Topografski dijagram izohrona SR Hrvatske za godinu 1963.	7-8/64	239
	Defekti namota generatora u Termoelektrani-Toplani Zagreb, i potreba kontrole izolacije	11-12/70	346
	Topografski dijagram izohrona SR Hrvatske za godinu 1964.	3-4/65	106
Čižmić, Marijan	Uz naš jubilej (uz 50-godišnjicu HE Kraljevac)	1-2/62	2
Čupin, Nikola	Laboratorij za električna postrojenja elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu	3-4/69	236
	Djelovanje diferencijalne zaštite transformatora u slučaju prekida faze	9-10/69	285
	Spoj simetričnih sistema i strujne nesimetrije na transformatorima za slučaj prekida faza	7-8/70	201
Damaška, Velimir	Toplinski ciklusi termoelektrana, toplinska ekonomija i nove konstruktivne karakteristike turbine velikih snaga	5-6/61	172
Damjanić, Miloš	Uvodna riječ (o 50-godišnjici HE Kraljevac)	1-2/62	1
	Još jedno veliko dostignuće (Puštanje u pogon HE Split)	1-2/62	61
Damjanović, Branko	Kabelski razvoj 35 kV i transformatorske stanice 35/10/0,4 kV 1 X 4 MVA + 1 X 400 kVA	3-4/70	80
Deleon, Eli	Principi konstrukcije turbina graničnih snaga	7-8/66	211
Depolo, Vinko	Zaštita pri radu na elektroenergetskim postrojenjima	11-12/62	410
Despotović, Slobodan	Prognoziranje i verovatnoća u prognoziranju	7-8/68	241
Dabac, Vlatko	Prilog proračunu gubitka tlaka u cjevovodima	3-4/62	95
Dragičević, Drago	Kvar na turbogeneratoru II u Termoelektrani-Toplani Zagreb	3-4/68	93
Dvornik, Vojmir	Analiza nekih mogućnosti pravilnog izbora zaštite u gradskim zamkastim mrežama niskog napona	3-4/69	86
Đurić, Milan	Cijena električne energije u uslovima proste reprodukcije	9-10/61	306
	Ekonomska cena električne energije sa aspekta obezbeđenja sredstava za proširenu reprodukciju i odstupanje ove cene od sadašnje tarife	1-2/64	15
	Ekonomski položaj jugoslavenske elektroprivrede posle privredne reforme	7-8/67	231
Elčić, Zvonko	O industrijskim parnim turbinama	3-4/63	89
Erklavec, Gustav	Neka zapažanja pri izgradnji električne mreže u gradovima	9-12/65	427
Fagaraci, Željko	Primena telemehanike u elektroprivredi	9-12/65	405
Farkaš, Vladimir	Financiranje proširene reprodukcije elektroprivrede u ekonomskom rastu	11-12/69	353
Feöcze, Danijel	Financiranje elektroenergetske izgradnje u Austriji	1-2/61	24
	Norveška elektroprivreda	3-4/61	100
	Energetski potencijal svijeta	1-2/63	31

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
	Razvoj elektroprivrede Sjedinjenih Američkih Država	5-6/63	159
	Autofinaciranje proširene reprodukcije elektroprivrede Francuske i Velike Britanije	11-12/63	363
	Prognoza energetskih potreba Evropske ekonomske zajednice (EEZ)	11-12/63	366
	Integracija nacionalnih elektroenergetskih sistema u Evropi	1-2/64	162
	Bilanca cijena električne energije	1-2/66	33
	Elektrifikacija sela u uvjetima privredne reforme	5-6/66	161
	Progresivna amortizacija sredstava za područja nerazvijene potrošnje električne energije	5-6/66	179
	Mogućnost učešća elektroprivrede u financiranju novih investicija	3-4/67	73
	Dipsaritet cijena električne energije i cijena elemenata reprodukcije elektroprivrede	11-12/67	349
	Cijena električne energije elektroprivrede u rastu	1-2/69	6
	Najnovija cijena električne energije na području EEZ i Velike Britanije	5-6/69	158
Feretić, Danilo	Dugoročna projekcija razvoja nuklearnih elektrana na području SR Hrvatske i SR Slovenije, s aspekta utroška i ekonomike nuklearnog goriva	7-8/70	193
Filipović, Božidar	Dugoročno planiranje elektroprivrednog bruto-produkta	9-10/62	298
	Električno grijanje prostorija	11-12/62	386
	Troškovi i cijena električne energije u zemljama Evropske ekonomske zajednice	1-2/64	43
Filipović, Vjekoslav	Određivanje potrebne snage i proizvodnje termoelektrana u elektroenergetskom sistemu, na digitalnom računalskom stroju	1-2/68	16
Fišer, Karlo	Tehnički podaci o dalekovodu 220 kV Split - Zagreb	5-6/61	185
	Upotreba helikoptera kod gradnje dalekovoda	3-4/62	92
	Zaštita od oluja i djelatnost direktnih zaštitnih mjera u mrežama	5-6/62	174
	Proširenje elektroenergetskog sistema u Sudanu	11-12/63	351
Franušić, Ante	Automatski ponovni uklop (APU) na srednjedalmatinskim otocima	9-10/68	300
Furač, Đuro	Izgradnja tlačnog cjevovoda HE "Senj"	1-2/68	9
Fuštar, Nikola	Primjena voltmetarske ispitne motke u pogonu	9-10/63	292
Gajdardžiski, Ljupčo	Ispadi u distributivnim postrojenjma poduzeća "Elektromakedonija"	9-12/65	423
Gehrecke, Siegffied	Tendencija razvoja prognoziranja potrošnje električne energije	11-12/67	365
	O problematici energetskih prognoza	7-8/68	244
	Problem informacija u energetskom gospodarstvu pogona	7-8/66	219
Goluža, Mirko	Oblaganje energetskih kabela	3-4/68	95
Gros, Ožbolt	Neke osnovne postavke politike investiranja u elektroenergetiku	1-2/64	27
Grudman, Nikola	Izvedba parovoda na zapadnom dijelu Zagreba	11-12/62	363
Hadžimešić, Hasan	Gromobranska zaštita i njena povezanost sa zaštitom uzemljenja u transformatorskim i rasklopnim stanicama	3-4/66	103

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Hangi, Velimir	Prekostrujna zaštita generatora kao zaštita od vanjskih i unutarnjih kvarova	9-10/62	311
	Zaštita distributivne mreže 35 (30) kV u vodovima uzemljenja zvjezdišta preko malog otpora	3-4/64	101
	Analiza ispada i rada zaštite u postrojenjima 110 i 220 kV elektroprivrede Hrvatske za razdoblje od 1961. do 1964.	3-4/66	107
Hebel, Zdravko	Program za računanje tokova snage u električnim mrežama za stroj IBM-1130	3-4/70	90
Hercegovac, Enes	Specifična elektrostrojarska rješenja na HE Trebišnjici	7-8/68	286
Höfler, Edvard	Kontrola statorske izolacije sinhronih generatora	1-2/66	1
Hrovatin, Janez	Tehnička konsolidacija distributivne mrežđe u periodu sedmogodišnjeg plana	9-12/65	372
Hrs, Ivo	Analiza primjene i ponašanja odvodnika prenapona u prijenosnim i distributivnim mrežama SR Hrvatske	3-4/64	110
	Ekonomski pogledi na primjenu i održavanje odvodnika prenapona	9-10/67	26
	Zaštita kabela položenih u loše vodljivom tlu od direktnih udara groma duž kabelske trase	5-6/69	146
Hrs, Ivo i grupa autora	Priprema obimnih mjerenja brojilima prenapona u prenosnim mrežama SFRJ	7-8/69	222
Hudin, Vladimir	Električni priključci, potrošnja električne energije i rast industrijske proizvodnje	11-12/70	351
Ibrahimpašić, Miralem	Energetski kabeli s aluminijskim vodičima i izolacijom te plaštem od termoplastičnih masa	3-4/68	111
Iršič, Stane	Upoznavanje potrošača s ekonomičnom potrošnjom električne energije	5-6/66	175
Jalušić, Krunoslav	Lokacija kvara u kabelu 35 kV Resnik - Uklopna III	7-8/68	250
Jamnicki, Ivo	Optimalno energetsko korištenje zemnog plina na području NR Hrvatske	9-10/62	283
	Električna energija u energetskoj privredi Hrvatske	5-6/63	135
Janaček, Valter	Organizacija izgradnje brane Dez u Iranu	11-12/63	354
Janić, Ivan	Elektrifikacija Istre	7-8/61	230
	Elektrifikacija sjevernog Zagorja i Međimurja	9-10/61	320
	Elektrifikacija Prigorja	5-6/62	162
	Elektrifikacija općine Opatija	11-12/62	383
	Elektrifikacija nacionalnog parka Plitvička jezera	5-6/63	141
	Razvoj električne mreže grada Karlovca	1-2/64	35
	Razvoj električne mreže grada Slavonskog Broda	1-2/65	35
	Analitička razmatranja stupnjevanja napona u problematici transformacije i razvoda električne energije	9-12/65	390
Jerić, Jerko	Uporedba ekonomičnosti transporta ugljena i električne energije s osvrtom na današnje prilike u Jugoslaviji	7-8/61	221
	Histrorijski osvrt na izgradnju HE Kraljevac	1-2/62	12
Jovanović, Pavle	Mogućnost zamjene bakra aluminijem u elektropostrojenjima i opremi	1-2/63	12
	Ponašanje autopneumatskih aparata pri prekidanju električnih krugova i njihovo ispitivanje na udarne i trajne struje kratkog spoja	5-6/65	184

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Jung, Miroslav	Rezultati proračuna kratkog spoja u mreži 220 kV Jugoslavije, stanje 1965.-1967.	9-10/61	293
	Simetriranje jednofaznih opterećenja za elektrifikaciju željezničke vuče radi pojednostavljenja proračuna mreža 110 kV	7-8/62	239
	Rad lokatora jednopolnih kvarova na paralelnim i nehomogenim vodovima	3-4/64	96
	Metodologija računanja kratkog spoja u jugoslavenskoj mreži 110 kV i viših napona	5-6/64	148
	Izokeraunička karta SR Hrvatske	3-4/66	91
	Tendencija razvoja kratkog spoja u mrežama 110 kV SR Hrvatske	7-8/69	228
	Nulte nadomjesne komponente autotransformatora	5-6/70	150
Jutronić, Petar	Elektrifikacija Dalmacije s posebnim osvrtom na ulogu HE Kraljevac	1-2/62	26
Kalajdžić, Matko	Promjena frekvencije kao mogući uzrok oštećenja lopatičnog sistema turbine	3-4/65	96
Kalogjera, Dražen	Organizacija elektroprivredne djelatnosti po načelima velikih poslovnih i tehničkih sistema	11-12/69	357
Karabdić, Vefik	Naučno-istraživački rad u elektroprivredi Engleske	1-2/68	32
Keglević, Juraj	Usporedba kriterija za korištenje akumulacionih bazena hidroelektrana	5-6/64	145
	Određivanje korištenja akumulacionog bazena hidroelektrane na digitalnom računskom stroju	1-2/68	12
Keler, Dragutin	Priključak stambenih zgrada na kabelsku mrežu	7-8/65	248
Kirinčić, Dušan	Hidrolektrana Rijeka u punom pogonu	1-2/69	1
	Rasklopište HE Rijeka	5-6/70	160
Knap, Mirko	Mjerenje protoka vode u hidroelektranama pomoću radio-izotopa	7-8/65	244
Komnenić, Nedeljko	Problematika finansiranja investicija u elektroprivredi	1-2/64	5
Kosar, Marijan	Polaganje podmorskih kabela	1-2/61	30
	Zanimljivi detalji rješenja izvedbe transformatorske stanice 30 kV u Zagrebu	5-6/62	173
Kostelić, Aurelije	Proračun kapaciteta izvedenog kotla za danu vrstu goriva	1-2/69	23
Kragić, Branko	Napajanje uređaja slabe struje u elektroenergetskim postrojenjima	9-10/63	285
	Napajanje telekomunikacionih uređaja u elektroprivredi	5-6/68	169
	Prijenos (signalizacija) položaja sklopki	7-8/68	284
Kragić, Branko – Krešić, Miljenko – Plačko, Ivan	Udarni naponi na visokofrekventnom kabelu	7-8/66	236
Krešić, Miljenko	O utjecaju vodova visokog napona i atmosferskih pražnjenja na telekomunikacione vodove	9-10/63	283
	Primjena podataka mjerenja utjecaja opasnosti pri izboru zaštitnih mjera	3-4/68	123
Lazić, Boris	Ekonomska cena električne energije	7-8/67	235
Leskovar, Marijan	Prognoziranje po statističkim metodama	9-10/61	287
	Kratkoročno prognoziranje protoka za HE Split na Cetini	7-8/64	205
Lipnjak, Boris	Transformatorska stanica 220/110 kV Mraclin	3-4/62	82

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
Lucati, Jakob - Selanec Z.	Optimiranje goriva u TE Zagreb	9-10/61	312
Lucati, Jakob	Opskrba energijom grada Zagreba	11-12/62	355
	Potrošnja goriva i električne energije u domaćinstvima grada Zagreba	1-2/63	38
	Skladištenje ugljena i bilanca skladišta	7-8/63	238
	Obustavljanje termoelektrana u vrijeme niskih opterećenja	7-8/64	210
	Ponašanje ugljena pod različitim vanjskim utjecajima	5-6/65	172
	Smrzavanje ugljena za vrijeme željezničkog transporta	1-2/66	26
Majić, Josip	Neke karakteristike mehaničke stepenaste rešetke Tvornice "Đuro Đaković"	7-8/65	251
Majić, Mirko	Automatski telefonski saobraćaj u elektroprivredi Hrvatske	9-10/63	277
Markovčić, Stanko	Stanje električne mreže razvoda i distribucije Jugoslavije i mjere za njenu konsolidaciju	9-12/65	355
Markovčić, Boris	Razvoj prijenosne mreže Jugoslavije	3-4/61	77
	Prijenos velikih snaga istosmjernim sistemom vrlo visokog napona	9-10/61	315
	Energetska koncepcija povezivanja jadranskog i središnjeg dijela Hrvatske	3-4/62	71
	O određivanju sile vjetra na nadzemne vodove	7-8/62	229
	20-godišnjica gradnje prvog voda 110 kV u Hrvatskoj	3-4/63	104
	Razvoj i perspektiva mreža najviših napona (iznad 220 kV)	1-2/63	22
	Regulacioni transformatori u elektroenergetskom sistemu	9-10/63	272
	Uloga zaštitnog užeta kod dozemnog spoja na dalekovodima 110 i 220 kV	3-4/64	82
	Zaštitna užeta i obrada dalekovoda od atmosferskih prenapona	5-6/65	163
Marušić, Anđelko	Obračun osobnih dohodaka po učinu (jedinici proizvoda) u elektroprivredi	1-2/61	16
	Sjećanja povodom jubileja HE Kraljevac	1-1/62	34
Mešić, Osman	Tipizacija i standardizacija distributivnih transformatorskih stanica	9-12/65	419
Mikuličić, Milan	Materijalno snabdijevanje elektrodistribucije	9-12/65	434
	Materijalno snabdijevanje elektrodistribucije Hrvatske u 1966.	7-8/66	240
	Proizvodnja i potrošnja aluminija u svijetu te perspektivni razvoj aluminijske industrije kod nas	3-4/67	116
	Ekonomika upotrebe drvenih dalekovodnih stupova za nadzemne vodove	11-12/67	375
	Zaštita drvenih stupova za nadzemne vodove	11-12/68	404
Mileusnić, Egon	Neka loša iskustva sa štapnim izolatorima na dalekovodu Rakitje - Gojak - Vinodol	9-10/63	268
Milobar, Željko	Parni kotlovi sa tlačnim strujanjem dimnih plinova - energetske osnove i prikaz nekih domaćih izvedbi	1-2/68	14
Milonja, Zvonko	Stimulativno nagrađivanje radnika u elektroprivrednim termoelektranama	3-4/61	106
	Prijedlog za financiranje proširene reprodukcije u elektroprivredi	1-2/64	1

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Močnik, Rasto	Pilotske veze sa korištenjem tih veza u Sloveniji	9-10/67	305
	Savremena dalekovodna zaštita na Blocking - principu	3-4/68	120
Moser, Josip	Određivanje lokcije i optimalne veličine transformatorskih stanica višeg napona s obzirom na transformatoske stanice nižeg napona u nekom danom regionu	7-8/69	217
	Kako je orgniziran studijski i istraživački rad u elektroprivredi Francuske	9-10/69	294
Moser, Josip – Miko, Z.	Proračuni električnih mreža na digitalnom električnom računalu	7-8/69	243
Mrakovčić, Branko	Prilog odabiranju presjeka energetskih kabela vodičima od aluminija	3-4/68	109
Mrša, Vjekoslav	Dionica voda 220 kV Vinodol-Rijeka	11-12/62	409
Nevešćanin, Josip	Perspektivni razvoj distributivne mreže grada Splita	9-12/65	412
	Aluminijski kabeli u perspektivnim gradskim električnim mrežama	5-6/68	165
	Optimalna veličina gradskih distributivnih transformatorskih stanica 35/10 kV i 110/10 kV	5-6/68	160
Novak, Vjekoslav – Šodan, Milan	Ispitivanje karakteristika automatskih regulatora broja okretaja u elektranama Hrvatske	7-8/61	253
Novak, Janez	Tehnički i ekonomski uvjeti seoske elektrifikacije u Sloveniji	7-8/66	152
Ožegović, Karlo	Uvjeti za povećanje produktivnosti rada u djelatnosti prijenosa električne energije	9-10/63	266
	Daljinsko upravljanje i jednopolna shema postrojenja	9-10/63	287
	Sigurnosni propisi za vršenje službe i rad na elektroprivrednim postrojenjima	9-10/63	289
	Provjeravanje beznaponskog stanja na dalekovodima	9-10/63	291
	Rad pod naponom - opis osnovnih metoda i potreba primjene	9-10/63	304
	Varijanta umetnute transformatorske stanice 110/35 kV	7-8/64	224
	Tendencije u razvoju jednostavnih rasklopnih postrojenja 110 kV	1-2/65	46
Ožegović, Marija	Proračun tokova snage i naponskih prilika na digitalnom računskom stroju Z - 23 V	7-8/69	139
	Ekvivalentiranje dijelova mreže u računu dinamičke stabilnosti	1-2/70	20
Padelin, Mario	Neke pravilnosti kod nastajanja kvarova na transformatorima u zračnoj mreži 10 kV	1-2/65	1
Pauković, Želimir	Ekonomski odnosi u elektroprivredi	11-12/69	378
Pavičić, Krešimir	Izgradnja hidroelektrane Sklope	7-8/69	230
	Izgradnja hidroelektrane "Sklope"	3-4/70	97
Pavlović, Petar	Primena transformatora s regulacijom napona pod opterećenjem u električnim distributivnim mrežama	7-8/65	381
Pavlović, Tomislav	O mogućnostima preopterećenja transformatora	9-10/63	302
	Kvarovi na transformatorima i njihovo otkrivanje pomoću uređaja za ispitivanje plina	5-6/64	171
	Svrsishodnost ugradnje dodatnih hladionika na transformatore radi povećanja njihove snage	3-4/65	101
	Zaštita visokonaponskih izolatora u uvjetima zagađivanja	5-6/65	180

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
	Analiza kvarova na katodnim odvodnicima nominalnog napona 30-110 kV u mreži SRH za period 1959.-1964.	7-8/65	236
	Registriranje struja munja na području SRH	3-4/66	95
	Angažiranje generatora u hidro i termo elektranama u svrhu ekonomične proizvodnje jalove energije	7-8/67	240
	Ovisnost izlaznog napona blok-transformatora o položaju elektrane u mreži	11-12/68	397
	Podmirenje vršne snage plinskim elektranama	7-8/70	212
Pečarić, Ratko	Filmski pločasti zagrijač	9-10/68	321
	Ekonomska debljina izolacije	11-12/68	402
	Kaskadni zagrijač	1-2/69	32
	Izmjenjivač topline 1-2	3-4/69	95
Perić, Vinko	"Dalmacija" tvornica karbida i cijanamida u Dugom Ratu i HE Kraljevac	1-2/62	50
Petric, Željko	Zamjena uklopnih satova javne rasvjete luxomatima LM 20 na području "Elektre" Zabok	3-4/68	100
Petrović, Žarko	Izmjena namota na generatoru I u HE "N. Tesla"	1-2/65	43
	Programiranje voznog reda HE Senj	7-8/65	223
Pipenbaher, Avgust	Izbor vrste uzemljenja zvjezdišta u mreži 35 kV Maribor grad	9-12/65	432
Plančić, Žarko	Studije i istraživanja šireg sliva Cetine u svrhu energetskog iskorištenja	7-8/61	235
Planić, Radoslav	Finaciranje elektrifikacije neelektrificiranih područja	1-2/61	2
	Uz puštanje u pogon HE Split	3-4/62	65
	Prognoza i efekti izgradnje i ulaganja u Hrvatskoj od 1957. do 1961.	5-6/62	142
	Troškovi akumulacije pribranske elektrane Peruća	11-12/61	353
Planić, Radoslav – Vodopija, Željko	Osobine investiranja u godini 1960.	5-6/61	171
	Osobine investiranja u elektroprivredu Hrvatske u 1961.	5-6/62	166
Potočnik, Vladimir	Gradski otpaci kao energetsko gorivo	1-2/68	23
Požar, Hrvoje	O pripremi elektroenergetskih podataka za rad na izmjeničnom mrežnom analizatoru	1-2/61	9
	Metoda za određivanje vrijednosti gubitaka prijenosa u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije	5-6/61	168
	Korekcioni faktori za određivanje iskoristivih protoka pomoću srednjih mjesečnih protoka	1-2/63	1
	Jedna od mogućnosti za valorizaciju energije hidroelektrana	3-4/63	67
	Planiranje, izgradnja i eksploatacija elektroenergetskih kapaciteta	7-9/63	228
	Sile među sabirnicama i struje kratkog spoja	11-12/63	323
	Naiskorištene snage i neke mogućnosti povećanja korištenja proizvodnih kapaciteta u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije	3-4/64	69
	Prijedlog sistema obračuna energije među proizvodnim poduzećima elektroprivrede	5-6/65	150
	Valorizacija snage i energije kao osnova za raspodjelu ukupnog prihoda	1-2/68	1

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
	Globalno planiranje razvoja proizvodnje električne energije	1-2/68	1
	Valorizacija električne energije koja se predaje potrošačima	5-6/68	146
	Metoda za određivanje vrijednosti gubitaka prijenosa u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije	3-4/61	84
Požar, Hrvoje. – Butara, Slavko	Proizvodnost HE Kraljevac i njezina uloga u elektrifikaciji Dalmacije	1-2/62	19
Praznik, Herbert	Neke osobine dnevnih dijagrama opterećenja	1-2/65	31
Prelog, Janez	Elektrika i naše selo	5-6/66	140
Primožič, Dušan	Ocjena rentabiliteta pumpno-akumulacione HE Ožbalt II	5-6/64	155
	Uređaj za korištenje otpadne topline generatora HE Ožbalt	11-12/63	361
Primožić, Ante	Gradske distributivne transformatorske stanice	11-12/62	406
	Potrebna tipizacija gradskih distributivnih trafostanica	3-4/63	102
	Prijelaz od 110 na 220 kV u Rijeci privodi se kraju	11-12/63	359
	Uzemljenja u distributivnim mrežama	1-2/68	42
	Gradnja i rekonstrukcija niskonaponskih mreža u mjestima obalnog područja	3-4/69	73
Radetić, Ernest	Utjecaj HE Kraljevac na gospodarski i društveni preporod Dalmacije	1-2/62	3
	Po Kraljevcu i oko njega - Bilješke o kraju i ljudima	1-2/62	42
	Proradila je HE Split - najveća hidroelektrana u Jugoslaviji	3-4/62	112
Radmilović, Božidar	Pomoćne sabirnice u rasklopnim postrojenjima 110 kV	9-10/63	295
	Pogon i uzdržavanje transformatorskih stanica 110/30-35 kV sa smanjenom posadom	7-8/64	247
	Zamjena transformatora u stanici 110/30 kV Brijest - Osijek	9-12/64	295
	Iskustva s pogonom transformatorskih i rasklopnih postrojenja sa smanjenom posadom u poduzeću "Elektroprenos" Zagreb	3-4/68	86
	Neki problemi kod korištenja tercijarnih namota učinskih transformatora 110/30 - 35/10 kV za napajanje 10 kV distributivnih mreža	7-8/68	255
	Statističke analize podataka o kvarovima visokonaponskih aparata u postrojenjima "Elektroprenosa" Zagreb	9-10/69	277
Reštarević, Stjepan	Energetsko iskorištenje srednjeg toka Save od ušća Sutle do Rugvice	5-6/65	145
	Energetsko područje Ričica - Zrmanja HE Obrovac	9-10/62	292
Ribić, Božidar	Specifični problemi gromobranske zaštite i tehnički propisi	3-4/66	99
Ružić, Dragutin	Prijedlog za napajanje kvarnerskih otoka električnom energijom vodovima 110 kV	1-2/70	25
Savić, Miodrag	Mreža veza u distributivnim poduzećima	9-12/65	396
Stefanini, Božidar	Cijena prijenosa električne energije u našim sadašnjim uslovima	7-8/61	226
	Jedan postupak za ekonomsko dimenzioniranje prijenosa električne energije	3-4/65	73
	Elektronička računala u elektroprivredi	3-4/66	80

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
	Suvremeni proračun električnih mreža	9-10/68	301
	Problematika kratkog spoja	11-12/70	323
Šaban, Stjepan	O proračunu stupnjeva parnih turbina	3-4/70	95
	Rekonstrukcija prototipne parne turbine od 400 kW	7-8/70	208
Šaler, Antun	Automatski uklopničar	9-10/63	300
	Automatska regulacija napona na regulacionim transformatorima	9-10/63	301
Šarčević, Milan	Pogonski napon 30 i 35 kV u elektroprivredi Hrvatske	11-12/63	330
Šimović, Jure	Osvrt na investiciona ulaganja u elektroprivredna postrojenja u razdoblju od 1965-1968.	11-12/69	390
Šimundža, Šimun	Neka iskustva u eksploataciji splitske gradske mreže	9-12/65	429
	Karakteristike dijagrama opterećenog grada Splita i ekonomski efekat njegovog izravnanja	1-2/68	38
	Pogonska iskustva i pregled kvarova na kabelskoj mreži 10 kV grada Splita	3-4/68	80
	Potrebna sigurnost i faktor rezerve u distributivnim mrežama 30 i 10 kV	3-4/69	77
	Sve veća potreba primjene kabela 10 kV za napajanje manjh mjesta	5-6/70	155
Škarica, Ranko	Osvrt na konstrukcije stupova za dalekovode 110 kV	7-8/61	247
	Ispitni vod Zrmanja	3-4/62	75
	Montaža vodiča savremenom mehanizacijom	3-4/63	81
	Određivanje sila prilikom izvlačenja vodiča	1-2/66	12
	Trajne smetnje na dalekovodima u Dalmaciji	3-4/69	69
	Mehanički proračun sabirnica	3-4/70	65
Škarica, Ranko. – Benzon, Zvonko	Prolazne smetnje na dalekovodima u Dalmaciji	1-2/67	21
Šodan, Milan	Regulacija frekvencije i snage u elektroenergetskim mrežama i njena primjena u jugoslavenskoj mreži	3-4/61	89
	Ispitivanje karakteristika jugoslavenske mreže - Mjerenje regulacione energije	5-6/61	188
	Ekonomičnost ili neekonomičnost starih termoelektrana	7-8/62	235
	Praktična provedba raspodjele opterećenja među elektranama	1-2/68	28
Špoljarić, Slavko	Sastav i razvoj parnih kotlova u SR Hrvatskoj	1-2/68	28
Štengl, Vladimir – Borojević, Dragan	Neke mogućnosti za analizu energetskih karakteristika kućanstava	7-8/65	217
	Potreba istraživanja tokova jalovih snaga u distributivnim mrežama	5-6/68	159
Tadić, Aleksandar	Elektrifikacija seoskih naselja u SR Srbiji	5-6/66	183
Tilić, Boris	Gubici električne energije (Analitički osvrt)	9-10/62	315
	IV Savjetovanje ekonomista elektroprivrede SFRJ u Sarajevu	1-2/64	55
	Troškovi proizvodnje, prijenosa, razvođenja i predaje električne energije u ovisnosti vremena nastajanja	1-2/66	18
	O osnovama ekonomske politike za 1968.	1-2/68	39
	Uvođenje i primjena elektronske obrade podataka u elektroprivredi	5-6/68	152
	Vrednovanje električne energije za predaju potrošačima	11-12/68	387

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Tomasović, Ivo	Problemi signalizacije i mogućnosti uređaja za registraciju signala EMS-60 u stanicama 220 i 110 kV	7-8/67	246
Tomić, Slavko	Potreba izgradnje termoelektrane Plomin	11-12/62	349
Udovičić, Božo	O aproksimaciji dnevne krivulje opterećenja	11-12/61	374
	Vrijednost gubitaka u nekim vodovima elektroenergetskog sistema Jugoslavije	5-6/64	142
Uzelac, Blaž	Odvodnici prenapona i njhova ispitivanja	7-8/61	240
	Izbor odvodnika prenapona 30 kV i 35 kV	5-6/64	139
Uzelac, Blaž. – Mužny, Josip	Ispitivanje i metode mjerenja napona koraka i napona dodira kod stupova dalekovoda	3-4/67	98
Vagić, Nikola	Osnovno rješenje električne mreže grada Slavonske Požege	7-8/66	227
	Osnovno rješenje električne mreže 110 kV i 35 kV grada Rijeke sa širim područjem	7-8/69	207
	Osnovno rješenje opskrbe područja općine Senj i otoka Goli i Rab - električnom energijom	5-6/70	139
Vide, Jože	Bakar i aluminij u gradnji razvodnih postrojenja	7-8/61	243
	Aralditni izolatori	5-6/62	180
Vujnović, Momor	Metode indikacije i signalizacije zaleđivanja dalekovoda	5-6/63	141
	Mjerenje buke transformatora snage	7-8/64	216
	Uzroci brujanja transformatora snage	9-12/64	284
	Način uklanjanja buke transformatora snage	1-2/65	12
Vuletić, Jadranko - Udovičić B.	Paralelni rad transformatora koji ne ispunjavaju uvjete za takav rad	5-6/62	154
Vuletić, Jadranko	Transformacija struja i napona kvara	5-6/63	151
	Struje i naponi u tronamotnim transformatorima za vrijeme kvara u mreži	3-4/64	91
Weber, Marija	Elementi jednostavne reprodukcije elektroprivrede	7-8/61	256
	Posljedice nekvalitetne isporuke električne energije	11-12/69	398
Wipplinger, Ljiljana	Opći pojmovi o amortizaciji	11-12/61	386
Zaninović, Josip	Pogonska iskustva s relejima za dojavu smjera zemnog spoja u mreži 30 kV	9-10/63	399
Završnik, Franc	Utjecaj novih uslova na organizaciju slu□be pogona u poduzeću Elektro-Ljubljana	9-12/65	421
Zloković, Vladimir	Mogućnost korištenja toplinske električne pumpe za poljoprivredne svrhe	11-12/62	374
Žilić, Franjo	Sedam savskih hidroelektrana	3-4/68	102
Žrvnar, Mihajlo – Elčić, Zvonko	Napojne turbopumpe velikog broja okretaja u monoblok izvedbi	11-12/61	370
Žurić, Ratimir	Međunarodne preporuke za rasvjetu javnih putova	9-10/68	336
	Tendencije razvoja tehnike javne rasvjete u svijetu	9-10/68	348

Pripremili:
Mr. sc. Slavica Barta, dipl. ing.
Slaven Koštrun

Energija

Godište 50 (2001) Br. 5

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1369

UDK 621.311.1:621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/5, 323-348

MOGUĆNOSTI POVEĆANJA PRIJENOSNE MOĆI EES-a KORIŠTENJEM KONVENCIONALNIH I FACTS NAPRAVA

Mr. sc. Nijaz Dizdarević, dipl. ing.

Zavod za visoki napon i energetiku – Fakultet elektrotehnike i računarstva – Sveučilište u Zagrebu
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Opisana je problematika utjecaja FACTS naprava na povećanje prijenosne moći. Pri tome su korišteni statički i dinamički aspekti rješavanja problema stabilnosti napona te problema regulacije napona i kompenzacije jalove snage. Pregledom je obuhvaćen EES u uvjetima dužih prijelaznih razdoblja smanjene razine sigurnosti napona koji uključuje FACTS naprave različitog djelovanja. Opisane su mogućnosti primjene FACTS naprava s obzirom na granice opterećivosti prijenosnog sustava. Pored kratkog opisa i definicija naprava, navedeni su primjeri njihove praktične primjene. Uspoređena su svojstva i troškovi konvencionalnih i FACTS naprava.

(Lit. 26, sl. 27 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/323-348/2001.

Energija 1370

UDK 621.311.1:621.16
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 50/2001/5, 309-317

ANALIZA NAPONSKIH PRILIKA NA 400 kV POTEZU MELINA – OBROVAC - KONJSKO

Goran Jerbić, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu d.d.
Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Prikazani su rezultati analize naponskih prilika na južnom 400 kV potezu TS Melina – RHE Obrovac – TS Konjsko za minimum i maksimum opterećenja sistema 1998. godine. Ukratko su objašnjeni osnovni uzroci ponovnoj pojavi visokih napona na južnom potezu. S obzirom na visoke napone koji se javljaju na južnom potezu, uočena je potreba sve učestalijeg angažiranja RHE Obrovac u kompenzatorskom režimu rada. Razmatrana je mogućnost i isplativost kompenzacije južnog poteza. Naglasak u zaključku je na potrebi razmatranja takvih radnih režima već u fazi planiranja novih vodova.

(Lit. 6, sl. 9 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/309-317/2001.

Energija 1371

UDK 621.311.1:621.3.017.2
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/5, 349-359

GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE U PRIJENOSNOJ MREŽI HEP-a

Mr. sc. Ranko Goić, dipl. ing.

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Split, R. Boškovića bb, 21000 Split, Hrvatska

Marko Lovrić, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda d.d., Prijenosno područje Split, Lj. Posavskog 5, 21000 Split, Hrvatska

Dr. sc. Zorko Cvetković, dipl. ing.

HK Cigre, Berislavićeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Opisana je problematika gubitaka snage i energije u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede. Dan je povijesni osvrt i sadašnje stanje gubitaka u prijenosnoj mreži, dok je analizama tokova snaga pokazana osjetljivost gubitaka o načinu angažiranja elektrana i uvoza električne energije, te smanjenje gubitaka uvjetovano predviđenom izgradnjom prijenosne mreže u idućim godinama.

(Lit. 4, sl. 9 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/349-359/2001.

Energija 1371 UDK 621.311.1:621.3.017.2

1. Gubici električne energije u prijenosnoj mreži HEP-a
I. *Goić, R. – Lovrić, M. – Cvetković, Z.*
II. Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Split, R. Boškovića bb 21000 Split, Hrvatska - Hrvatska elektroprivreda d.d. Prijenosno područje Split Lj. Posavskog 5, 21000 Split Hrvatska - HK Cigre Berislavićeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Prijenosna mreža
Gubici
Troškovi

Energija 1370 UDK 621.311.1:621.16

1. Analiza naponskih prilika na 400 kV potezu Melina – Obrovac –Konjsko
I. *Jerbić, G.*
II. Institut za elektroprivredu d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Napon
Naponske prilike
Opterećenje sistema
Kompenzacija

Energija 1369 UDK 621.311.1:621.316.1

1. Mogućnosti povećanja prijenosne moći EES-a korištenjem konvencionalnih i FACTS naprava
I. *Dizdarević, N.*
II. Zavod za visoki napon i energetiku – Fakultet elektrotehnike i računarstva – Sveučilište u Zagrebu, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Prijenosna moć
Kompenzacija jalove snage
Regulacija napona
FACTS
Stabilnost elektroenergetskog sustava

Energija

Godište 50 (2001) Br. 5

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1372

UDK 621.311.47:621.311.1
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 50/2001/5, 369-376

DINAMIČKO PONAŠANJE HRVATSKOG EES-a KOD UKLJUČENJA I ISKLJUČENJA 400 Kv DALEKOVODA TUMBRI – HÉVÍZ

Mr. sc. Milan Stojsavljević, dipl. ing. – dr. sc. Muharem Mehmedović, dipl. ing. – mr. Sc. Darko Nemec, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Jakov Sinovčić, dipl. ing. – Šime Radić, dipl. ing. – Marinko Rogić, dipl. ing. – Vladimir Grujić, dipl. ing.

HEP – Sektor za vođenje i gospodarenje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Prikazani su rezultati mjerenja dinamičkih odziva karakterističnih veličina u hrvatskom EES-u tijekom prijelazne pojave nakon isključenja odnosno ponovnog uključenja 400 kV DV Tumbri – Hévíz. Snimani su odzivi djelatnih snaga na karakterističnim vodovima u TS Tumbri, TS Melina i TS Konjsko te frekvencija napona 400 kV u TS Melina I TS Konjsko. Dani su karakteristični pokazatelji dominantnog moda elektromehaničkih oscilacija u hrvatskom EES-u. Usporedba rezultata mjerenja sa simulacijskim rezulatatima pokazuje da su prema očekivanju simulacijksi rezulatati konzervativniji i ukazuje na potrebu prikupljanja preciznijih podataka za dinamičke modele.

(Lit. 5, sl. 6 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/369-376/2001.

Energija 1373

UDK 621.311.153
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 50/2001/5, 377-390

DINAMIČKA STABILNOST HRVATSKOG EES-a U UCTE/CENTREL INTERKONEKCIJI

Mr. sc. Darko Nemec, dipl. ing. – mr. sc. Milan Stojsavljević, dipl. ing. – dr. sc. Muharem Mehmedović, dipl.ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Prikazani su rezultati istraživanja dinamičke stabilnosti hrvatskog EES-a u paralelnom radu s UCTE i CENTREL interkonekcijom u aktualnoj konfiguraciji s 400 kV DV Tumbri – Hévíz (jedna trojka) te u konfiguraciji s obnovljenom TS Ernestinovo, izgrađenom TS Žerjavinec i s obje trojke 400 kV DV Žerjavinec – Hévíz u pogonu.
Za ocjenu dinamičke stabilnosti (stabilnosti na mali poremećaj) razmatrana su svojstva elektromehaničkih oscilacija, odnosno oscilatornih modova sistemskih njihanja. Primijenjen je postupak modalne analize nadomjesnog lineariziranog modela EES-a dobivenog postupkom identifikacije iz vremenskih odziva nelinearnog modela na odabrani mali poremećaj.
Istražen je utjecaj 400 kV interkonekcije u obje konfiguracijske varijante, pokazan utjecaj poprečne veze kroz EES BiH i ocijenjen utjecaj tranzita 400 kV Tumbri (Žerjavinec) - Hévíz na dinamičku stabilnost hrvatskog EES-a.

(Lit. 10, sl. 11 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/377-390/2001.

Energija 1374

UDK 621.313.322
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/5, 319-322

MOGUĆNOSTI RADA SINKRONIH GENERATORA U PODUZBUĐENOM STANJU

Prof. dr. sc. Zlatko Maljković, dipl. ing.

Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Mogućnost rada sinkronog generatora u poduzbuđenom stanju definirana je pogonskom kartom generatora. Međutim stvarno podešenje najvećih iznosa djelatne i kapacitivne jalove snage definirano je podešenjem limitera u regulatoru uzbude generatora. Ti limiteri su u pravilu podešeni na strani sigurnosti tj. s većim ograničenjem poduzbudnog rada nego je to vidljivo iz pogonske karte. Treba učiniti napor da se prikupe stvarne vrijednosti udešenja limitera barem za veće generatore.

(Lit. 14, sl. 3 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/319-322/2001.

Energija 1374 UDK 621.313.322

1. Mogućnosti rada sinkronih generatora u poduzbuđenom stanju
I. Maljković, Z.
II. Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Generator
Limiter
Uzbuda
Jalova snaga
Pogonska karta

Energija 1373 UDK 621.311.153

1. Dinamička stabilnost hrvatskog EES-a u UCTE/CENTREL interkonekciji
I. Nemec, D. – Stojsavljević, M. – Mehmedović, M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku
Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Elektroenergetski sustav
Dinamička stabilnost
Modalna analiza
Međupodručne oscilacije

Energija 1372 UDK 621.311.47:621.311.1

1. Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a kod uključenja / isključenja 400 kV dalekovoda Tumbri - Hévíz
I. Stojsavljević, M. – Mehmedović, M. – Nemec, D. - Sinovčić, J. – Radić, Š. – Rogić, M. – Grujić, V.
II. Institut za elektroprivredu d.d.
Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska –
HEP – Sektor za vođenje i gospodarenje EES-om
Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Prijelazne pojave
Karakteristične veličine
Dinamički odziv
Elektromehaničke oscilacije
Simulacijski rezultat
400kV dalekovod Tumbri-Hevitz

Energija

Godište 50 (2001) Br. 5

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1375

UDK 621.313.322
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 50/2001/5, 361-367

ZAŠTITA OD SMETNJI U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU

Ante Marušić, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

U radu je dan kratki pregled zaštitnih zadaća s obzirom na naponske prilike i stabilnost elektroenergetskog sustava. S aspekta zaštite analiziran je pogon generatora u poduzbudnom režimu, gubitak ubude, njihanje snage, statička i dinamička stabilnost, automatsko ponovo uključenje visokonaponskih vodova, jednopolno isključenje voda i regulacija napona transfomatora.

(Lit. 18, sl. 9 – original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/361-367/2001.

Energija 1375

UDK 621.313.322

1. Zaštita od smetnji u elektroenergetskom sustavu

I. Marušić, A.

II. Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Zaštita sinkronog generatora
Asinkroni pogon
Njihanje snage
Automatsko ponovno uključenje
Kompenzacijski rad

Energija

Volume 50 (2001) Nº 5

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1369 UDK 621.311.1:621.316.1
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/5, 323-348

TRANSMISSION POWER INCREASE POSSIBILITIES FOR ELECTRIC POWER SYSTEM USING CONVENTIONAL AND *FACTS* EQUIPMENT

Nijaz Dizdarević, M. Sc.

Zavod za visoki napon i energetiku – Fakultet elektrotehnike i računarstva – Sveučilište u Zagrebu, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

The influence of the FACTS equipment on transmission power increase is described. In problem solving, both static and dynamic aspects of voltage stability, voltage regulation and reactive power compensation are used. The electric power system during longer transient states with lower voltage security using the FACTS equipment of different operation has been examined. The possibilities of the FACTS equipment considering load boundaries of the transmission system are also described. Apart from a short description and equipment defining, application examples are also included. The characteristics and costs of the conventional and the FACTS equipment are compared.

(No. of References: 26, Fig.: 27 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/323-348/2001.

ENERGIJA 1370 UDK 621.311.1:621.16
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 50/2001/5, 309-317

VOLTAGE SITUATION ANALYSIS ON MELINA-OBROVAC-KONJSKO 400 kV LINE

Goran Jerbić, B. Sc.

Institut za elektroprivredu d.d.,Ulica grada Vukovara 37,10000 Zagreb, Croatia

The results of voltage situation analysis on the south 400 kV line TS Melina-RHPP Obrovac – TS Konjsko for the minimum and maximum system loads for the year 1998 are given. There is a brief explanation of basic reasons for repeated high voltage appearance. Because of the high voltage appearing on the south line there is a need of a frequent RHPP Obrovac operation in the compensation mode. The review evaluates the possibility and costs of the south line compensation. The conclusion maintains that these operation modes should be evaluated already during the line's planning phase.

(No. of References: 6, Fig.: 9 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/309-317/2001.

ENERGIJA 1371 UDK 621.311.1:621.3.017.2
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/5, 349-359

ELECTRIC POWER LOSSES WITHIN THE HEP TRANSMISSION NETWORK

Ranko Goić, M. Sc.

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Split, R. Boškovića bb, 21000 Split, Croatia

Marko Lovrić, B. Sc.

Hrvatska elektroprivreda d.d., Prijenosno područje Split, Lj.Posavskog 5, 21000 Split, Croatia

Zorko Cvetković, D. Sc.

HK CIGRE, Berislavićeva 6, 10000 Zagreb, Croatia

The review describes the background of power and energy losses within the Croatian Electric Power Company's transmission are described. The historical overview and current state of transmission losses are given, whereby the sensitivity of losses on the plants' engagement and electric power import is shown by load flows, so that the decrease of losses is dependent on the future transmission line construction.

(No. of References: 4, Fig.: 9 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/349-359/2001.

ENERGIJA 1371 UDK 621.311.1:621.3.017.2

1. Electric Power Losses within the HEP Transmission Network
I. *Goić, R. – Lovrić, M. – Cvetković, Z.*
II. Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Split, R. Boškovića bb, 21000 Split, Croatia
Hrvatska elektroprivreda d.d., Prijenosno područje Split, Lj.Posavskog 5, 21000 Split, Croatia
HK CIGRE, Berislavićeva 6, 10000 Zagreb, Croatia

Transmission Network
Losses
Costs

ENERGIJA 1370 UDK 621.311.1:621.16

1. Voltage Situation Analysis on Melina-Obrovac-Konjsko 400 kV Line
I. *Jerbić, G.*
II. Institut za elektroprivredu d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Voltage
Voltage Situation
System Load
Compensation

ENERGIJA 1369 UDK 621.311.1:621.316.1

1. Transmission Power Increase Possibilities for Electric Power System Using Conventional and FACTS Equipment
I. *Dizdarević, N.*
II. Zavod za visoki napon i energetiku – Fakultet elektrotehnike i računarstva – Sveučilište u Zagrebu, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

Transmission Capability
Reactive Power Compensation
Voltage Regulation
FACTS
Electric Power System Stability

Energija

Volume 50 (2001) № 5

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1372

UDK 621.311.47:621.311.1
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 50/2001/5, 369-376

DYNAMIC BEHAVIOUR OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER SYSTEM WHEN SWITCHING ON AND OFF 400 kV LINE TUMBRI-HEVIZ

Milan Stojsavljević, M. Sc. – Muharem Mehmedović, D. Sc. – Darko Nemec, M. Sc.
Institut za elektroprivredu d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia
Jakov Sinovčić, B. Sc. – Šime Radić, B. Sc. – Marinko Rogić, B. Sc. – Vladimir Grujić, B. Sc.
HEP – Sektor za vođenje i gospodarenje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

The dynamic behaviour measurement results of characteristic values in the Croatian Electric Power System during transient state after switching off and re-closing the Tumbri-Heviz 400 kV line are given. Active power behaviour on characteristic lines in TS Tumbri, Melina nad Konjsko are recorded as well as the 400 kV voltage frequency in TS Melina and Konjsko. The basic characteristics of electric-mechanical oscillations' dominant mode for the Croatian Power System are given. The comparison of measurement results and simulation results shows that the simulation results as expected are more conservative and that means a need to collect more accurate data for dynamic models.

(No. of References: 5, Fig.: 6 – original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/369-376/2001.

ENERGIJA 1373

UDK 621.311.153
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 50/2001/5, 377-390

DYNAMIC STABILITY OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER SYSTEM IN UCTE/CENTREL INTERCONNECTION

Darko Nemec, M. Sc. – Milan Stojsavljević, M. Sc. – Muharem Mehmedović, D. Sc.
Institut za elektroprivredu d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

The report gives the research results of the Croatian Electric Power System's dynamic stability working in parallel operation with the UCTE and CENTREL interconnection in the current configuration 400kV line Tumbri – Heviz (one triple) and with the reconstructed TS Ernestinovo, built TS Žerjavinec and double triple 400 kV line Žerjavinec-Heviz in operation. For the dynamic stability evaluation (minor disturbance stability) characteristics of electric-mechanical oscillations are considered, that is oscillatory modes of system swinging. The modal analysis procedure of the substitute linear electric power system model has been applied obtained by the identification of time response from a non-linear model on the chosen minor disturbance.
The influence of the 400kV interconnection in both configuration variants has been evaluated, the influence of lateral connection through Bosnia and Herzegovina shown and the transit influence through 400 kV line Tumbri (Žerjavinec) - Heviz on the dynamic stability of the Croatian System given.

(No. of References: 10, Fig.: 11 – original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/377-390/2001.

ENERGIJA 1374

UDK 621.313.322
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/5, 319-322

SYNCHRONOUS GENERATOR OPERATION IN UNDEREXCITATION STATE

Zlatko Maljković, Prof. D. Sc.
Fakultet elektrotehnike i računarstva,Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

Possibility of synchronous generator operation in an underexcitation state is defined by generator's performance chart. In fact, real values of the highest values of active and reactive power are defined by a limitator situated in the excitation regulator. These limitators are usually regulated on the security side that is with higher boundary of underexcitation operation than visible from the performance chart. It is necessary to collect real values of limitator regulation, at least for bigger generators.

(No. of References: 14, Fig.: 3 – original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/319-322/2001.

ENERGIJA 1374 UDK 621.313.322

1. Synchronous Generator Operation in Underexcitement State

I. Maljković, Z.

II. Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

Generator
Limitator
Excitation
Reactive Power
Performance Chart

ENERGIJA 1373 UDK 621.311.153

1. Dynamic Stability of the Croatian Electric Power System in UCTE/CENTREL Interconnection

I. Nemec, D. – Stojsavljević, M. – Mehmedović, M.

II. Institut za elektroprivredu d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Electric Power System
Dynamic Stability
Modal Analysis
Interregional Oscillations

ENERGIJA 1372 UDK 621.311.47:621.311.1

1. Dynamic Behaviour of the Croatian Electric Power System when Switching On and Off 400 kV Line Tumbri-Heviz

I. Stojsavljević, M. - Mehmedović, M. - Nemec, D. - Sinovčić, J. - Radić, Š. - Rogić, M. - Grujić, V.

II. Institut za elektroprivredu d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia
HEP - Sektor za vođenje i gospodarenje EES-om, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Transient State
Characteristic Values
Dynamic Response
Electric-mechanical Oscillations
Simulation Results
400kV Line Tumbri-Heviz

Energija

Volume 50 (2001) Nº 5

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1375

UDK 621.313.322
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 50/2001/5, 361-367

DISTURBANCE PROTECTION IN ELECTRIC POWER SYSTEM

Ante Marušić, B. Sc.

Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

In the work a short description is given on protection tasks regarding voltage situation and electric power system stability. From the aspect of the protection analysed are: generator operation in underexcitation state, excitation loss, power swinging, static and dynamic stability, automatic re-closing of high voltage lines, one phase line switching off and transformer voltage regulation.

(No. of References: 18, Fig.: 9 – original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/5/361-367/2001.

ENERGIJA 1375

UDK 621.313.322

1. Disturbance Protection in Electric Power System

I. Marušić, A.

II. Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

Synchronous Generator Protection
Non-synchronous Operation
Power Swinging
Performance Chart
Automatic Re-closing
Compensation Work

UDK 621.31 ENJAAC 50 (1–6)1–518 ISSN 0013-7448

energija

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Zagreb, prosinac 2001.

SADRŽAJ ENERGIJE U 2001. GODINI

	str.	br.
Bajs D.: Metodologija planiranja razvoja prijenosne mreže zasnovana na ekonomskim i tehničkim kriterijima	219	4
Barbalić N. - Kopjar D.: Okviri razumnih rješenja za prilagodbu postojećih pogona Sektora za termoelektrane HEP-a promjenama graničnih vrijednosti emisija u zrak	415	6
Barta-Koštrun S.: Pregled autora koji su objavljivali svoje radove u časopisu "Energija" u razdoblju od 1951. do 2000.	107	2
Barta-Koštrun S.: Pregled članaka objavljenih u "Energiji" od 1991. do 2000.	93	2
Barta-Koštrun S.: Pregled članaka objavljenih u "Energiji" od 1981. do 1990.	189	3
Barta-Koštrun S.: Pregled članaka objavljenih u "Energiji" od 1971. do 1980.	281	4
Barta-Koštrun S.: Pregled članaka objavljenih u "Energiji" od 1961. do 1970.	401	5
Barta-Koštrun S.: Pregled članaka objavljenih u "Energiji" od 1951. do 1960.	505	6
Borojević D.: Prilozi metodološkoj obradi elektroenergetskih mreža većih gradova	129	3
Cvetković Z.: Razvitak Hrvatske elektroprivrede	73	2
Dizdarević N.: Mogućnost povećanja prijenosne moći EES-a korištenjem konvencionalnih i FACT naprava	323	5
Donković G.: Procesni sustav u NDC-u	171	3
Filko P.: Otpor sustava i komponenti uzemljenja gradske TS 10(20)/0,4 kV	273	4
Gojić R. - Lovrić M. - Cvetković Z.: Gubici električne energije u prijenosnoj mreži HEP-a	349	5
Grgić B.: Uz 50. obljetnicu postojanja časopisa	69	2
Haznadar Z.: Elektrotehnika: Razvoj i perspektive u svijetu i Hrvatskoj	75	2
Jerbić G.: Analiza naponskih prilika na 400 kV potezu Melina - Obrovac - Konjsko	309	5
Kalea M.: Granica prijenosne i distribucijske mreže Hrvatske elektroprivrede	125	3
Kolega V.: Mjere za povećanje energetske efikasnosti u zgradama	255	4
Kolega V.: Pregled inozemnih i domaćih pilot programa energetske efikasnosti u zgradama	455	6
Krajcar S.: Distribucija električne energije od industrijskog doba do društva znanja	89	2
Maljković Z.: Mogućnost rada sinkronih generatora u poduzbuđenom stanju	319	5
Mandić N. - Ćurić A.: Specifični poremećaji potrošnje u elektroenergetskim sustavima	161	3
Markovčić B.: Elektroprivredne statistike za područje Republike Hrvatske	55	1
Markovčić B. - Cvetković Z.: Osvrt na 50. godišnjicu časopisa ENERGIJA	71	2
Marušić A.: Zaštita od smetnji u elektroenergetskom sustavu	361	5
Matanić R. - Lebegner J. - Jurković I. A. - Prah M.: Ispitivanje javnog mnijenja "Nuklearna energija - danas i sutra"	155	3
McDyer F.: Electricity industry restructuring institutional arrangements and issues	31	1
Mišković M.: Optimiranje podešenja stabilizatora elektroenergetskog sustava analizom osjetljivosti karakteristične vrijednosti	249	4
Nemec D. - Stojsavljević M. - Mehmedović M.: Dinamička stabilnost hrvatskog EES-a u UCTE/CENTREL interkonekciji	377	5
Nevečerel D.: Analiza maksimalnih i minimalnih kratkospojnih prilika u prijenosnoj mreži Hrvatske 2000	439	6
Plenković Z.: Razvoj i budućnost industrije elektroenergetskih postrojenja u Hrvatskoj	79	2
Rajić F.: Tehničke i ekonomske značajke različitih sustava individualiziranja troškova grijanja	467	6
Roche P.: Configuring control centres for cost efectiveness and resilience	37	1
Sabolić D.: Mogućnost komercijalizacije elektroprivrednih telekomunikacija	45	1
Santica I.: Podmorski energetski kabeli - nova tehnologija izvedbe priobalnih zaštita i moguća koordinacija među korisnicima podmorskih trasa	265	4
Stojsavljević M. - Mehmedović M. - Nemec D. - Sinovčić J. - Radić Š. - Rogić M.: Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a kod uključenja i isključenja 400 kV dalekovoda Tumbri - Hevitz	369	5
Šander M.: Glavni sustavi plinske turbine MS6001FA u TE-TO Zagreb	427	6
Šimleša K.: Uz prigodu stote obljetnice mrežnog tonfrekventnog upravljanja - prijamnici	185	3

	str.	br.
Toljan I. - Šimunić J. - Lovrić M. - Barić A. - Radić Š.: Model vođenja EES-a u okruženju tržišta električne energije	3	1
Tomašić D.: Restrukturiranje elektroprivrede u SAD-u	15	1
Tomašić-Škevin S.: Regulacija i deregulacija u elektroprivredi	237	4
Tomašić-Škevin S.: Neizrazita (fuzzy) logika i njena primjena u elektroenergetici	477	6
Tonković Z.: Prijenosna mreža Hrvatske na pragu novog pedesetgodišta	87	2
Udovičić B.: Sa slobodnim tržištem električne energije - oprezno	83	2
Vanzetta J.: Operational implementation of the TPA agreement II	23	1
Zeljko M.: Neki problemi i praksa elektroprivrednih poduzeća u dereguliranom okruženju	145	3
Zeljko M.: Energetske (ne)prilike na Kosovu	485	6

UDK 621.31

ENJAAC 50 (6) – (2001) – 413-518

ISSN 0013-7448

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČI – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea,* dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić,* dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka *Jelić,* prof.
Lektor: Šime *Čagalj,* prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Godište 50 (2001) Zagreb 2001 Br. 6

SADRŽAJ

Barbalić N. – Kopjar D.: Okviri razumnih rješenja za prilagodbu postojećih pogona Sektora za termoelektrane HEP-a promjenama graničnih vrijednosti emisija u zrak (Pregledni članak) 415

Šander M.: Glavni sustavi plinske turbine MS6001FA u TE-TO Zagreb (Pregledni članak) 427

Nevečerel D.: Analiza maksimalnih i minimalnih kratkospojnih prilika u prijenosnoj mreži Hrvatske 2000. godine (Stručni članak) 439

Kolega V.: Pregled inozemnih i domaćih pilot programa energetske efikasnosti u zgradama (Pregledni članak) 455

Rajić F.: Tehničke i ekonomske značajke različitih sustava individualiziranja troškova grijanja (Pregledni članak) 467

Tomašić-Škevin S.: Neizrazita (fuzzy) logika i njena primjena u elektroenergetici (Pregledni članak) 477

Zeljko M.: Energetske (ne)prilike na Kosovu (Pregledni članak) 485

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja 491

Iz strane stručne literature 501

Pregled članaka objavljenih u "Energiji" od 1951. do 1960. godine 505

Fotografija na omotu:

REVERZIBILNA HIDROELEKTRANA „VELEBIT"

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2001 - 12 - 05

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove.** Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

   Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteliung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

OKVIRI RAZUMNIH RJEŠENJA ZA PRILAGODBU POSTOJEĆIH POGONA SEKTORA ZA TERMOELEKTRANE HEP-a PROMJENAMA GRANIČNIH VRIJEDNOSTI EMISIJA U ZRAK

Dr. sc. Nikola B a r b a l i ć – mr. sc. Damir K o p j a r, Zagreb

UDK 338.49:621.31.22
PREGLEDNI ČLANAK

Razmatrane su mogućnosti prilagodbe proizvodnih jedinica Sektora za termoelektrane HEP-a promjenama graničnih vrijednosti emisije, koje su propisane prema prijelaznim i završnim odredbama Uredbe o graničnim vrijednostima emisije u zrak iz stacionarnih izvora. Ukazano je na opći trend promjena emisijskih normi u svijetu i na njihov utjecaj na postupak propisivanja emisijskih normi u Hrvatskoj.

Značajnost promjena graničnih vrijednosti emisije ocijenjena je prema tzv. prvim i kontinuiranim mjerenjima emisije u proizvodnim pogonima Sektora za termoelektrane. Izdvojeni su slučajevi emisija onečišćujućih tvari za koje treba poduzeti prikladne mjere, radi prilagodbe promijenjenim graničnim vrijednostima emisije, i određen je njihov poredak prema važnosti. Nabrojene su i analizirane objektivne mogućnosti rješavanja problema prilagodbe promjenama graničnih vrijednosti emisije u okviru razumnih rješenja.

Ključne riječi: emisijske norme, propisi, prijelazne odredbe, termoelektrane, Hrvatska elektroprivreda, mjere prilagodbe, razumna rješenja.

1. UVOD

Prema poglavlju "Prijelazne i završne odredbe", članak 124. – 135., Uredbe o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora [1] (Uredba GVE), granične vrijednosti emisije (*GVE*) onečišćujućih tvari znakovitih za rad pogonskih jedinica Sektora za termoelektrane (STE) Hrvatske elektroprivrede (HEP), koje su se primjenjivala za "postojeća" postrojenja, trebaju se promijeniti na niže/strože vrijednosti, i to: dijelom od 1. srpnja 2002., dijelom od 1. srpnja 2004. godine. S obzirom na sadašnji i budući rad proizvodnih jedinica STE-a, nužno je ukazati na značenje propisanih promjena *GVE* te postaviti zadatke koje valja obaviti u cilju njihova udovoljenja. Posebice valja upozoriti na slučajeve u kojima su strože *GVE* propisane na temelju neobjektivnih procjena, takvih da se udovoljenje *GVE* ne može ostvariti s pomoću razumnih (tj. ekonomski opravdanih) tehničkih mjera. Za spomenute slučajeve trebat će, uz dovoljno argumenata i dokaza, zatražiti ispravke u najavljenim izmjenama Uredbe GVE.

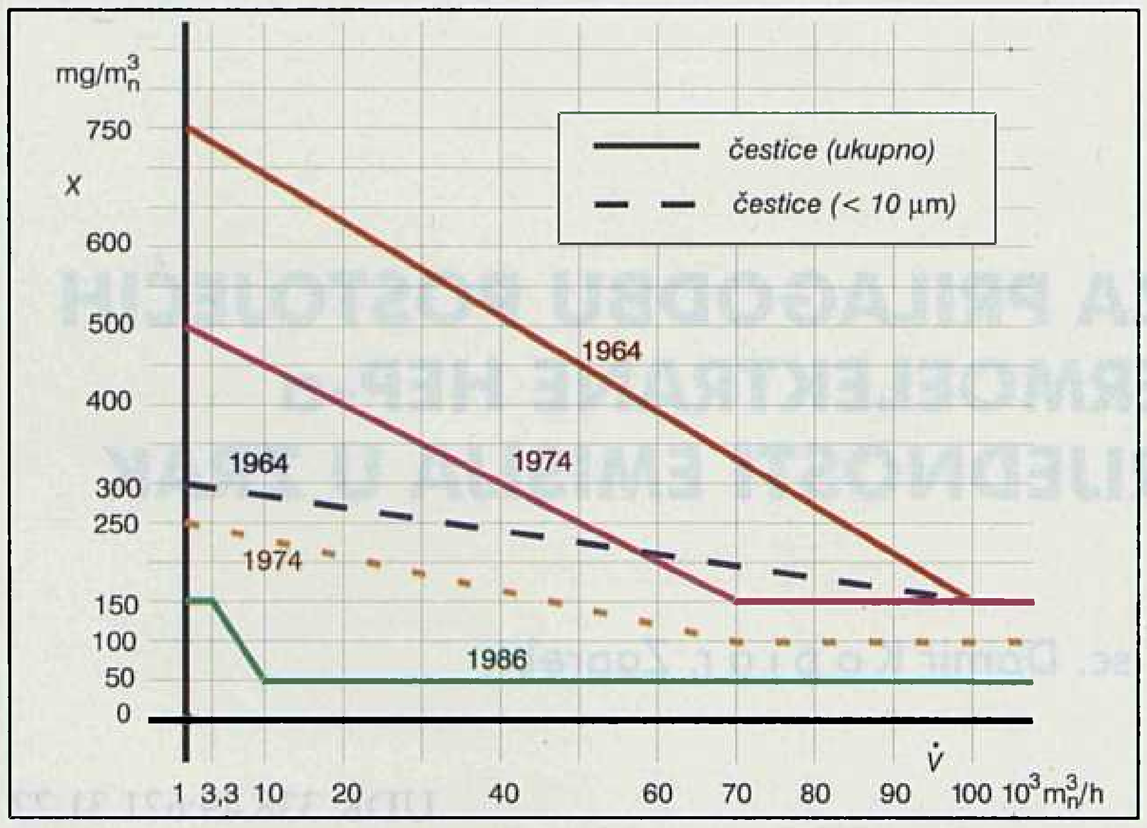
Navest će se, ukratko, bitne odrednice zadataka koje pred STE postavljaju prijelazne i završne odredbe Uredbe GVE.

2. OPĆI, OČEKIVANI TREND PROMJENA *GVE*

Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (*GVE*) ustanovljene su u Hrvatskoj Uredbom GVE, u prosincu 1997. godine. Zakonom o zaštiti zraka [2] dano je ovlaštenje predstavničkom tijelu jedinica lokalne samouprave da može, na svom području, donijeti strože propise od propisanih Uredbom GVE. Dužnost poslodavaca, vlasnika ili korisnika stacionarnog ili difuznog izvora onečišćenja zraka jest [2]:

- izvore onečišćenja zraka izgraditi i/ili proizvesti, odnosno opremiti, rabiti i održavati tako da ne ispuštaju u zrak onečišćujuće tvari iznad *GVE*,
- osigurati redovito praćenje (mjerenje i/ili proračunavanje) emisije iz izvora i o tome voditi očevidnik,
- osigurati redovito dostavljanje podataka o emisijama u katastar emisija u okoliš.

Granične vrijednosti emisije temeljno su oruđe u provođenju zaštite i poboljšanja kakvoće zraka. Na to upućuje učestalost i intenzitet njihovih promjena u svijetu u zadnjih nekoliko desetljeća. Redovito su to postroženja. U prilog navedenoj tvrdnji, na slici 1. prikazane su promjene 'temeljne vrijednosti' – *X* emisijske norme za čestice, u ovisnosti o količini otpadnih plinova $\dot{V}$, prema njemačkim propisima (TA Luft) 1964., 1974. i 1986. godine [3, 4, 5] koji su, također, bili temeljem i odgovarajućih propisa u Europskoj uniji. Za prikazane promjene emisijskih normi za čestice može se ustvrditi da su bile opravdane i primjerene njemačkom financijskom potencijalu i stupnju tehnološkog razvoja. Naime, prije tri do četiri desetljeća istraživanja su upozorila na izuzetno veliki zdravstveni rizik pri udi-



Slika 1. Temeljne vrijednosti emisijske norme za čestice u ovisnosti o količini otpadnih plinova, prema TA Luft 1964., 1974. i 1986.

sanju čestica manjih od oko 10 μm, koje prodiru duboko u pluća i, posebice, čestica manjih od oko 0,1 μm, koje prodiru i u plućno tkivo. Kao rezultat tih, tada novih saznanja, emisijske norme za čestice su postupno mijenjane, uz uvažavanje teškoća koje promjene emisijskih normi donose postojećim postrojenjima: uz objektivnu procjenu nužnosti ili obujma prilagodbe i rokova u kojima se te prilagodbe mogu obaviti. Usporedo su poticani, i financijski su podržani, istraživanja i razvoj u području odvajanja čestica, koji su prilagodbu novim emisijskim normama omogućili uz dosljednu primjenu BATNEEC-načela (*Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs*). No, teško bi bilo dokazivati jesu li promjene (postroženja) emisijskih normi i u 'ostalih' onečišćujućih tvari rezultat pouzdanih istraživačkih postupaka, ili su samo rezultat pritiska javnosti, koji se neprekidno usmjerava k industrijskim pogonima, posebice termoenergetskim postrojenjima. Takvo ili slična pitanja bitno je postaviti s obzirom na dosadašnji i budući izbor *GVE*, koji bi trebalo prilagoditi našim osobitim uvjetima i objektivnim mogućnostima. Tada, u poimanju značenja BATNEEC-načela valja ukazati na relativnost značenja pojmova *available technology* (raspoloživa tehnologija) ili *excessive costs* (prekomjerni troškovi), koji u hrvatskim ili, npr., njemačkim uvjetima određuju različite razine vrijednosti.

Činjenica jest da je izbor *GVE* ograničen uvjetima koje nalažu međunarodne obveze Hrvatske i njih se nedvojbeno mora ispuniti, ali, isto tako, nema uvijek dovoljno opravdanja takve uvjete bitno postrožavati nekritičkim prihvaćanjem uzora iz zemalja s najstrože postavljenim emisijskim ograničenjima.

3. BITNE PROMJENE *GVE* ZA POGONE STE-a, PREMA PRIJELAZNIM I ZAVRŠNIM ODREDBAMA UREDBE GVE

U poglavlju "Prijelazne i završne odredbe" Uredbe GVE propisane su *GVE* i rokovi njihove primjene za male, srednje i velike uređaje za loženje te za plinske turbine, koji su postojali ili su bili u izgradnji 1. siječnja 1998. ("postojeći" uređaji). Prema propisanoj razredbi u Uredbi GVE, od "postojećih" uređaja za loženje u STE-u, samo 4 uređaja (3 kotla u TE-TO Osijek i 1 kotao u EL-TO Zagreb) spadaju u razred srednjih (< 50 MW), a svi ostali su u razredu velikih ložišta (> 50 MW).

Prema razredbi plinskih turbina u Uredbi GVE, sve "postojeće" plinske turbine STE-a su unutar sljedećih razreda:

- prema turbinskoj snazi (članak 90. Uredbe GVE): 10 – 100 MW;
- prema količini otpadnih plinova (članak 90. i 91. Uredbe GVE): > 60 000 m^3_n/h.

U tablici 1. prikazane su sve promjene *GVE* (u prijelaznim i završnim odredbama Uredbe GVE) bitne za "postojeće" pogonske jedinice STE-a, prema njihovoj strukturi, razredbi i vrsti korištenog goriva, s naznakom rokova njihova nastupanja. Iz pregleda u tablici 1. izuzete su, iako važeće u pojedinih ložišta, promjene *GVE* za dimni broj i zacrnjenje – zbog teškoća njihova cjelovitog određenja i/ili vrednovanja te nesvrhovitosti njihova kontinuiranog mjerenja.

Valja uočiti, prema podacima u tablici 1., da u srednjih ložišta na plin i ulje "bitne promjene" *GVE* postoje samo za nadzor emisija čestica te da su one istovjetne analognim, "bitnim promjenama" *GVE* za čestice u velikih ložišta na plin i ulje. Zbog toga u daljim izlaganjima "slučajeve" srednjih ložišta nije nužno posebno izdvajati.

Tablica 1. Pregled bitnih promjena *GVE* za pogone STE-a

Uređaj /gorivo/	**Onečišćujuća tvar**	***GVE*-koncentracija/(mg/m_n^3)**	
		drugi rok nastupanja promjena *GVE*:	1. 7. 2004. ▲
srednja ložišta /plin/	čestice	10	5
srednja ložišta /EL, T-ulje/	čestice	100	50
velika ložišta /ugljen/	čestice	200	100
	NO_x	1200	650
velika ložišta /plin/	čestice	10	5
	NO_x	700	350
velika ložišta /T-ulje/	čestice	100	50
	NO_x	900	450
	SO_2	5100	1700
plinske turbine /prirodni plin/	NO_x	450	150
	SO_2	600	200
usiljeni rok nastupanja promjena *GVE*:		1. 7. 2002. ▼	

4. EMISIJA "BITNIH" ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U "POSTOJEĆIM" POGONIMA SEKTORA ZA TERMOELEKTRANE HEP-a

Značajnost promjena *GVE* za pogone STE-a valja procijeniti na temelju njihovih "tipičnih" vrijednosti. U tu svrhu koristit će se sljedeći izvori mjernih rezultata:

- "prva mjerenja" emisije onečišćujućih tvari u zrak, koja su od listopada 1998. do travnja 1999. obavljena u svim "postojećim" pogonima STE-a [6];
- mjesečni izvještaji o kontinuiranim mjerenjima emisije onečišćujućih tvari u pogonima STE-a, travanj – kolovoz 2001. [7].

S obzirom na to da program uspostave kontinuiranog mjerenja onečišćujućih tvari nije još u cijelosti završen u svim pogonima HEP-a, radi jednoobraznosti i usporedivosti, u ovom će se radu koristiti rezultati "prvih mjerenja", s jedinom iznimkom mjerenja u TE Plomin 1, za koja će se koristiti rezultati kontinuiranog mjerenja, zbog dogradnje električnog odvajača nakon provođenja "prvih mjerenja". Tako odabrana baza mjernih podataka dovoljna je za procjenu očekivanih (uobičajenih) emisijskih vrijednosti onečišćujućih tvari čije se *GVE* i njihove promjene navode u prethodnom odjeljku (tablica 1.). Izvod iz tih rezultata mjerenja, dan u tablici 2., smatrat će se reprezentativnim za razmatranje problema i postavku zadataka koje bi valjalo riješiti radi prilagodbe i/ili udovoljenja propisanim promjenama *GVE* (kad god je to nužno, pri navođenju *GVE* radi naglašavanja rokova njihova stupanja na snagu – 1. 7. 2002. ili 1. 7. 2004., koristit će se oznake, redom, *GVE02* i *GVE04*).

Tablica 2.a) Reprezentativne emisijske vrijednosti: ložište STE-a (ugljen) – TE Plomin 1 [7]

Onečišćujuća tvar	Razdoblje	Broj rezultata mjerenja	Koncentracija (24 h)/(mg/m_n^3)				Broj prekoračenja *GVE04*
			min.	maks.	srednja vrijedn.	*GVE* /iznos/	
čestice	travanj	27	14	106	42	*GVE04* /100/	2
	svibanj	23	33	103	60		1
	lipanj	4	4	53	36		0
	srpanj	28	79	187	131		25
	kolovoz	28	66	213	117		18
	ukupno	110	4	213	87		46 (42 %)
NO_x	travanj	27	546	705	549	*GVE04* /650/	8
	svibanj	23	574	690	634		9
	lipanj	30	106	649	310		0
	srpanj	28	100	647	470		0
	kolovoz	28	410	634	490		0
	ukupno	136	100	705	482		17 (13 %)

Tablica 2.b) Reprezentativne emisijske vrijednosti: ložišta STE-a /prirodni plin/ [6]*

Onečišćujuća tvar	Vrijednost	Koncentracija/(mg/m_n^3)	
NO_x	**minimalna**	130	*GVE04* = 350
	maksimalna	577	
	medijan	162	
	broj rezultata mjerenja	14	
	broj prekoračenja *GVE*	4 (29 %)	

* koncentracija čestica nije mjerena, zbog njihovih vrlo malih koncentracija pri izgaranju prirodnog plina

Tablica 2.c) Reprezentativne emisijske vrijednosti: ložišta STE-a /teško loživo ulje/ [6]

Onečišćujuća tvar	Vrijednost	Udio S/% u gorivu	Koncentracija/(mg/m_n^3)	
čestice	minimalna	2,5	79	*GVE04* = 350
	maksimalna	2,1	567	
	medijan	2,5	175	
	broj rezultata mjerenja	18		
	broj prekoračenja *GVE*	18 (100 %)		
	eksperiment	1	70	
onečišćujuća tvar	**vrijednost**	**udio N/% u gorivu**	**koncentracija/(mg/m_n^3)**	
NO_x	minimalna	0,2 – 0,3	161	*GVE04* = 450
	maksimalna		1262	
	medijan		726	
	broj rezultata mjerenja	20		
	broj prekoračenja *GVE*	16 (80 %)		
onečišćujuća tvar	**vrijednost**	**udio S/% u gorivu**	**koncentracija/(mg/m_n^3)**	
SO_2	minimalna	2,6	2514	*GVE04* = 1700
	maksimalna	2,5	4008	
	medijan	2,5	3353	
	broj rezultata mjerenja	19		
	broj prekoračenja *GVE*	19 (100 %)		
	eksperiment	1	1515	

Tablica 2.d) Reprezentativne emisijske vrijednosti: plinske turbine STE-a /prirodni plin/ [6]*

Onečišćujuća tvar	Vrijednost	Koncentracija/(mg/m_n^3)	
NO_x	minimalna	268	*GVE04* = 150
	maksimalna	397	
	medijan	308	
	broj rezultata mjerenja	6	
	broj prekoračenja *GVE*	6 (100 %)	

* koncentracija SO_2 nije mjerena, zbog vrlo malog udjela sumpora u prirodnom plinu

5. POSTAVKA PROBLEMA I OKVIRI RAZUMNIH RJEŠENJA

Usporedba reprezentativnih emisijskih vrijednosti s odgovarajućim "novim" *GVE* (odjeljak 4.) u cijelosti postavlja probleme koji se moraju žurno (do 1. 7. 2004.) i vrlo žurno (do 1. 7. 2002.) riješiti.

S obzirom na to da se moraju odrediti mjere i zahvati koji će se primijeniti i/ili obaviti na "starim" postrojenjima, razumna rješenja valja tražiti u okviru ili primjene primarnih postupaka za smanjenje emisija onečišćujućih tvari i/ili primjene administrativnih mjera, putem propisivanja posebnih uvjeta za pojedinačne slučajeve, i/ili sl. Npr., razumna bi rješenja mogla biti:

a) poboljšanja u postupku izgaranja (pretežito radi smanjenja emisije NO_x);

b) poboljšanje kakvoće goriva ili zamjena goriva (pretežito radi smanjenja emisije čestica i SO_2);

c) rad plinskih turbina do 2000 sati godišnje (primjena članka 91. Uredbe GVE) i ograničavanje rada velikih uređaja za loženje na 2000 sati godišnje ili na ukupno 30 000 sati rada nakon 1. srpnja 2004. (primjena članka 134. Uredbe GVE);

d) izmjene u Uredbi GVE kojima bi se uvažile objektivne mogućnosti prilagodbe "postojećih" postrojenja STE-a strožim emisijskim uvjetima.

Prema usporedbama u odjeljku 4., niti u jednom razredu uređaja (a – d) i niti za koju od mjerenih "mjerodavnih" onečišćujućih tvari, reprezentativne emisijske vrijednosti ne udovoljavaju "novim" *GVE*. Za svaki od tih "negativnih" rezultata naznačit će se okviri mogućih, razumnih rješenja.

5.1. Ložište STE-a /ugljen/ – TE Plomin 1

Prema rezultatima u tablici 2.a, u razdoblju (1. 4. 2001. – 31. 8. 2001.) *GVE04* za čestice prekoračen je u 87/110 = 46 % izmjerenih vrijednosti i *GVE04* za NO_x u 17/136 = 13 % izmjerenih vrijednosti.

- Uzroci prekoračenja *GVE04* za čestice mogli bi biti: nepodešenost električnog odvajača (koji je još u garancijskom roku) i/ili uporaba ugljena s izuzetno nepovoljnim (najčešće većim) vrijednostima specifičnog otpora letećeg pepela (povoljan raspon: 10^4 – $2 \cdot 10^{10}$ Ω cm). U potonjem slučaju bilo bi uputno uvjetovati nabavu ugljena, pored ostalog, i povoljnim elektrootpornim karakteristikama njegova letećeg pepela, ili primijeniti mjere za poboljšanje električnog otpora letećeg pepela, npr., s pomoću ubrizgavanja u dimne plinove vode, SO_3, amonijaka.
- Prekoračenja *GVE04* za NO_x zabilježena su u 13 % izmjerenih rezultata, s tim što najveće prekoračenje iznosi 705 mg/m_n^3 = 1,08 · *GVE04*.

S obzirom na vrlo male iznose zabilježenih prekoračenja, čini se mogućim da bi se uz određena ograničenja u upravljanju kotlom, i bez posebnih građevinskih zahvata, moglo osigurati udovoljenje *GVE04*. No, bilo bi uputno prethodno istražiti vezu između udjela N u ugljenu i promjena koncentracije NO_x pri izgaranju, jer tada bi bilo jasnije je li uopće nužno uvođenje "složenijih" primarnih mjera radi otklanjanja uzroka nastajanja NO_x pri izgaranju. Sve te (primarne) mjere jesu primjena jednoga ili kombinacija od više sljedećih postupaka [8]: (i) smanjenja temperature izgaranja, (ii) smanjenja udjela O_2 u prvoj zoni izgaranja, (iii) smanjenja vremena zadržavanja u visokotemperaturnoj zoni. Pri možebitnom izboru primarnog postupka valja u obzir uzeti značajke kotla, npr. za TE Plomin 1: suho odvođenje šljake – što otvara prostor primjeni mjera koje se temelje na smanjenju temperature izgaranja; tangencijalno uvođenje goriva – što znači da su u prvoj zoni izgaranja tokovi goriva i sekundarnog zraka djelomično razdvojeni (stratificirani tokovi) te je smanjen njihov međusobni kontakt, tj. udio O_2 u toj zoni izgaranja [9].

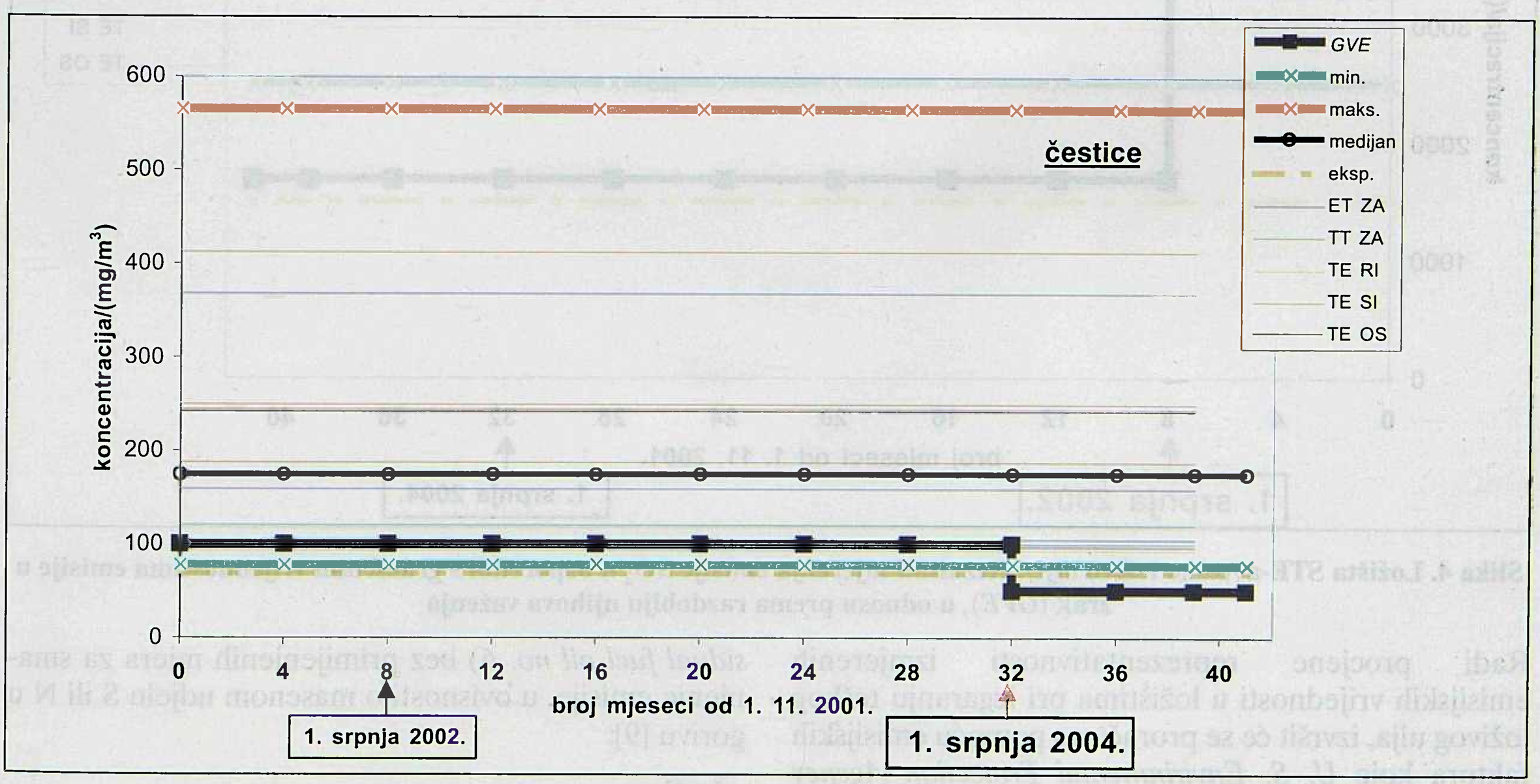
Primjena odredbi članka 134. Uredbe GVE, o 2000 h/a rada, ili ukupno 30 000 h rada, nakon 1. 7. 2004., rješava i problem čestica i problem NO_x u TE Plomin 1. Zacijelo, takvo rješenje ovisi o proizvodnom programu HEP-a.

5.2. Ložišta STE-a /plin/

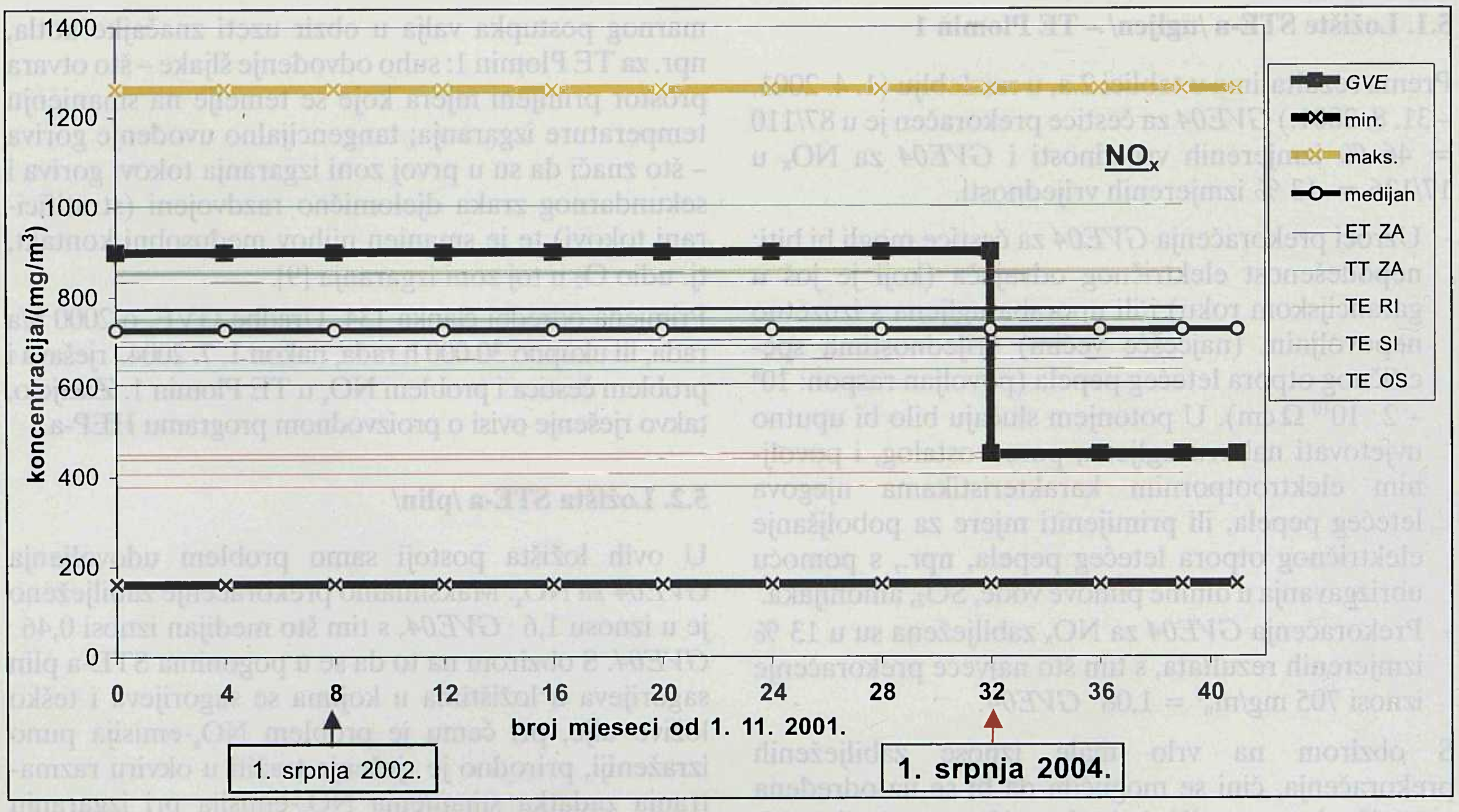
U ovih ložišta postoji samo problem udovoljenja *GVE04* za NO_x. Maksimalno prekoračenje zabilježeno je u iznosu 1,6 · *GVE04*, s tim što medijan iznosi 0,46 · *GVE04*. S obzirom na to da se u pogonima STE-a plin sagorijeva u ložištima u kojima se sagorijeva i teško loživo ulje, pri čemu je problem NO_x-emisija puno izraženiji, prirodno je rješenja tražiti u okviru razmatranja zadatka smanjenja NO_x-emisija pri izgaranju teškog loživog ulja u istim ložištima.

5.3. Ložišta STE-a /teško loživo ulje/

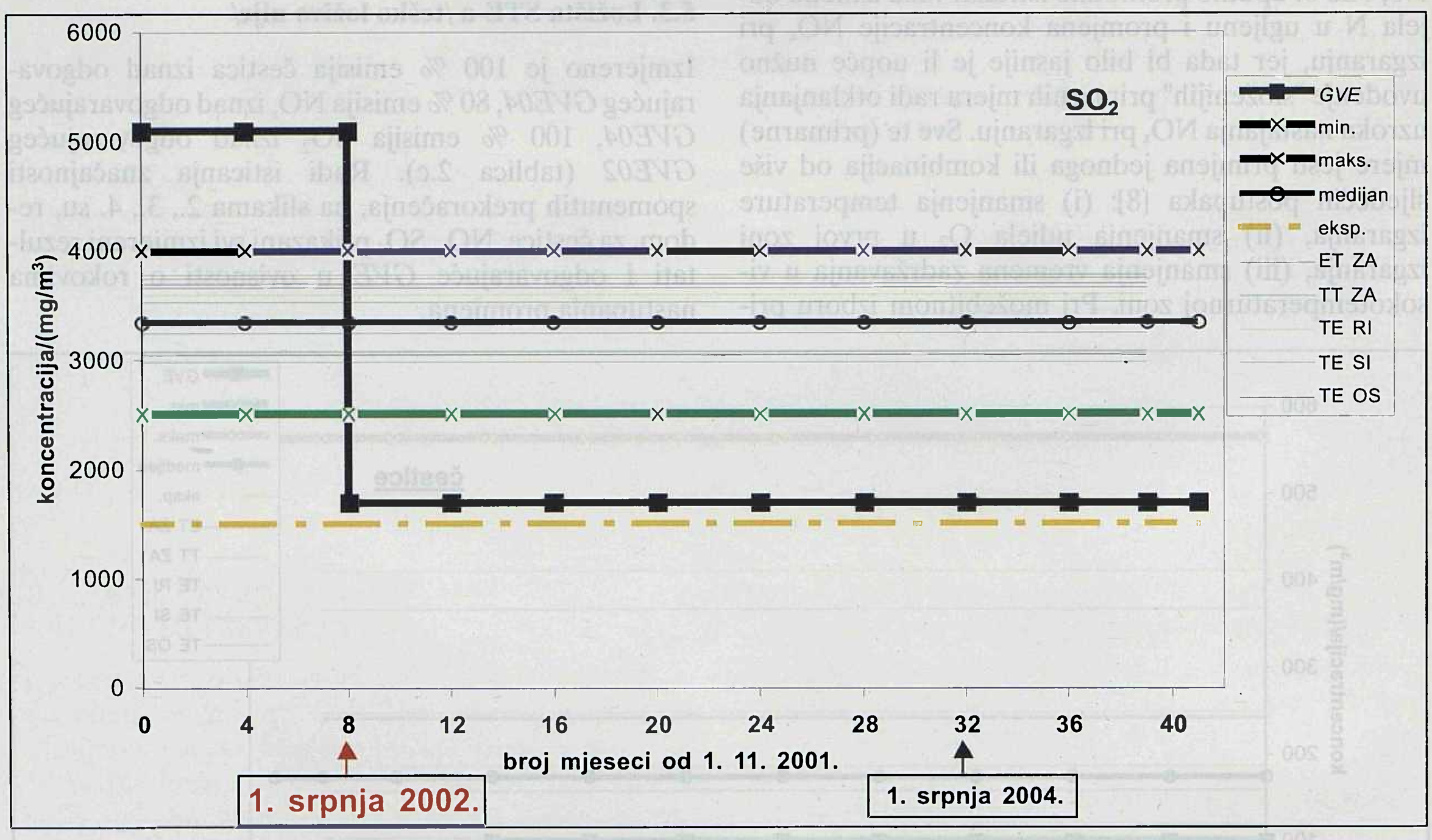
Izmjereno je 100 % emisija čestica iznad odgovarajućeg *GVE04*, 80 % emisija NO_x iznad odgovarajućeg *GVE04*, 100 % emisija SO_2 iznad odgovarajućeg *GVE02* (tablica 2.c). Radi isticanja značajnosti spomenutih prekoračenja, na slikama 2., 3., 4. su, redom, za čestice, NO_x, SO_2 prikazani svi izmjereni rezultati i odgovarajuće *GVE* u ovisnosti o rokovima nastupanja promjena.



Slika 2. Ložišta STE-a /teško loživo ulje/: Rezultati mjerenja emisije čestica u usporedbi s graničnim vrijednostima emisije u zrak (*GVE*), u odnosu prema razdoblju njihova važenja



Slika 3. Ložišta STE-a /teško loživo ulje/: Rezultati mjerenja emisije NO_x u usporedbi s graničnim vrijednostima emisije u zrak (*GVE*), u odnosu prema razdoblju njihova važenja



Slika 4. Ložišta STE-a /teško loživo ulje/: Rezultati mjerenja emisije SO_2 u usporedbi s graničnim vrijednostima emisije u zrak (*GVE*), u odnosu prema razdoblju njihova važenja

Radi procjene reprezentativnosti izmjerenih emisijskih vrijednosti u ložištima pri izgaranju teškog loživog ulja, izvršit će se proračun s pomoću emisijskih faktora koje *U. S. Envirinmental Protection Agency* (EPA) preporučuje za izračunavanje emisija pri izgaranju teškog loživog ulja ("ostatno ulje br. 6" – *residual fuel oil no. 6*) bez primijenjenih mjera za smanjenje emisije, u ovisnosti o masenom udjelu S ili N u gorivu [9]:

- čestice:

$$E/(\text{mg/L goriva}) = 1250 \cdot (S/\%) + 380 \qquad (1)$$

- NO_x:

$$E/(\text{mg/L goriva}) = 2750 + 50000 \cdot (N/\%)^2 \qquad (2)$$

- SO_2:

$$E/(\text{mg/L goriva}) = 19000 \cdot (S/\%) \qquad (3)$$

gdje su S i N maseni udjeli, redom, sumpora i dušika u gorivu.

S obzirom na to da jednadžbe (1) – (3) nisu preuzete iz izvornika, nužno je, bar grubo, potvrditi opravdanost njihove uporabe:

- Iz jednadžbe (1) slijedi da emisija čestica ovisi: (i) o udjelu S u gorivu, (ii) o (približno) nepromjenjivim, "prosječnim" uzrocima nastanka "ostalog" dijela čestica. Ovisnost nastanka čestica o udjelu S u gorivu je očekivan, jer oko 5 % sumpora iz goriva (čak i više uz katalitičko djelovanje vanadija) prelazi u SO_3 i, dalje, u sumpornu kiselinu te, konačno, zbog prisustva Ca, Na, Mg itd., u sulfate [10]. Drugi, nepromjenjivi dio jednadžbe (1), uključujući i koeficijent uz S, odnosi se na, vjerojatno vrlo stabilan, prosječni sastav minerala i metala u američkom "ostatnom ulju br. 6".
- U jednadžbi (2), razvidno je, prvi dio se odnosi na NO_x "iz zraka", a drugi na NO_x "iz goriva". Druga potencija u drugog člana, vjerojatno, posljedica je složenog ustrojstva nastanka dušičnih spojeva.
- Jednadžba (3) izravno odgovara stehiometrijskoj jednadžbi nastanka SO_2 pri gustoći loživog ulja 950 kg/m^3.

Za izračunavanje prema jednadžbama (1) – (3) uzet će se prosječne vrijednosti sastava teškog loživog ulja (tablica 3.) koje se koristi u pogonima STE-a [11]. Pri vrednovanju rezultata dobivenih prema jednadžbama (2) i (3), valja uvažavati njihovu pojednostavljenu interpretaciju složenih ustrojstava nastanka čestica i NO_x pri izgaranju loživih ulja u ložištima.

Prema podacima iz tablice 3., za odnos obujma suhih dimnih plinova i mase goriva, pri udjelu kisika u dimnim plinovima 3 %, dobiva se razmjerno uzak raspon vrijednosti: od 11,67 m_n^3/kg (C = 86 %, H = 10 %, S = 4 %) do 12,07 m_n^3/kg (C = 89 %, H = 11 %, S = 0), te će se za računanje koncentracija onečišćujućih tvari koristiti vrijednost: 12 m_n^3/kg.

Prema jednadžbama (1) – (3) i tablici 3. slijedi:

- čestice:

$\underline{S = 2{,}4\ \%}$: $c = (258 + 33)\ \text{mg/m}_n^3 =$
$(0{,}89 + 0{,}11) \cdot 291\ \text{mg/m}_n^3 = \mathbf{291\ mg/m_n^3}$

$\underline{S = 1\ \%}$: $c = (108 + 33)\ \text{mg/m}_n^3 =$
$(0{,}77 + 0{,}23) \cdot 141\ \text{mg/m}_n^3 = \mathbf{141\ mg/m_n^3}$

$\underline{\text{za } c} = \mathbf{50\ mg/m_n^3} = \textbf{\textit{GVE04}}$: $S = \mathbf{0{,}16\ \%}$

Tablica 3. Prosječne vrijednosti kakvoće teškog loživog ulja [11]

Značajka kakvoće	Mjerna jedinica	Postupak ispitivanja	Rezultat ispitivanja
udio ugljika (C)	% (m/m)	ASTM D 5291	85 – 90
udio vodika (H)	% (m/m)	ASTM D 5291	10 – 11
udio dušika (N)	% (m/m)	ASTM D 5291	0,2 – 0,3
gustoća (15 ^{0}C)	kg/m^3	HRN EN ISO 12185	968
točka paljenja	^{0}C	HRN EN 22719	102
kinemat. viskoznost (100 ^{0}C)	mm^2/s	HRN EN ISO 3104	28
udio sumpora (S)	% (m/m)	HRN EN ISO 8754	2,2*
ogrjevna vrijednost (donja)	MJ/kg	ASTM D 4809	40
udio pepela	% (m/m)	HRN EN ISO 6245	0,05
koksni ostatak (Conradson)	% (m/m)	HRN ISO 6615	12
točka tečenja	^{0}C	HRN ISO 3016	8
udio vode i sedimenta	% (v/v)	HRN ISO 3734	0,0 (0 + 0,2)
udio vanadija	ppm	ISO 14597	120
udio nikla	ppm	ISO 14597	40
kvalitativna analiza metala: Mg, Al, Ca, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn			

* u izračunu se za vrijednost udjela sumpora u gorivu uzima 2,4 %, što odgovara prosječnoj vrijednosti udjela sumpora u gorivu pri "prvim" mjerenjima [6]

- **NO_x:**

  $\underline{N = 0{,}2\ \%}$: $c = (237 + 172)\ mg/m_n^3 =$

  $(0{,}58 + 0{,}42) \cdot 409\ mg/m_n^3 =$

  $409\ mg/m_n^3 < GVE04 = 450\ mg/m_n^3$

  $\underline{N = 0{,}3\ \%}$: $c = (237 + 387)\ mg/m_n^3 =$

  $(0{,}38 + 0{,}62) \cdot 624\ mg/m_n^3 =$

  $624\ mg/m_n^3 > GVE04 = 450\ mg/m_n^3$

- **SO_2:**

  $\underline{S = 2{,}4\ \%}$: $c = \mathbf{3920\ mg/m_n^3}$

  $\underline{S = 1\ \%}$: $c = \mathbf{1634\ mg/m_n^3}$

  za $c = \mathbf{1700\ mg/m_n^3} = GVE02$: $S = \mathbf{1{,}04\ \%}$

  za $c = 400\ mg/m_n^3 = GVE$ (*nova ložišta*): $S = \mathbf{0{,}24\ \%}$.

Prema netom izračunatim pokazateljima veze između udjela sumpora u loživom ulju i emisije SO_2 u zrak, jednostavno se uočava veza između postavljanja graničnih vrijednosti za emisiju SO_2 u europskim propisima (koje nastoji slijediti i Hrvatska) i graničnih vrijednosti udjela sumpora u gorivu.

Ukupno, prema rezultatima mjerenja (tablica 2.c; slike 2. – 4.) i prethodnoj analizi, slijedi:

- <u>čestice:</u> Udovoljenje *GVE04* ne može se postići s pomoću primarnih mjera.
- <u>NO_x:</u> Mogućnost udovoljenja *GVE04* s pomoću primarnih mjera je upitno, s obzirom na iznose najvećih zabilježenih koncentracija NO_x u prvim mjerenjima, ali i prema, razmjerno "umjerenim" (i manje pouzdanim), vrijednostima koje se dobivaju s pomoću emisijskog faktora.

  Primarne mjere za smanjenje emisije NO_x kod tekućih goriva jednake su već nabrojenim za kruta goriva. Njihovom pojedinačnom primjenom može se računati sa smanjenjem emisija NO_x do (40 – 50) %, s tim što se pri usporednoj primjeni više primarnih mjera ne može računati sa stupnjem odvajanja koji bi odgovarao njihovoj rednoj vezi [8]. Ipak, u prilog mogućnosti učinkovite primjene primarnih mjera u preinaci (*retrofit*), kako bi se udovoljilo emisijskim normama, navodi se primjer iz pregleda troškova preinaka za udovoljenje granične vrijednosti emisije NO_x (400 mg/m_n^3 – ložišta na teško loživo ulje) u Njemačkoj, do sredine 1988. [12]: – gorivo: destilacijsko ulje; donja ogrjevna vrijednost: 42,7 MJ/kg; tip kotla: tangencijalni; snaga (korištenje kapaciteta): 450 MW_{el} (1000 h/a); smanjenje emisije NO_x : s 1090 mg/m_n^3 na 350 mg/m_n^3, pri 3 % O_2; primijenjene primarne mjere: preinaka gorionika, stupnjevanje dovođenja zraka, recirkulacija dimnih plinova; investicije: 17,6 DM/kW_{el}; pogonski troškovi: 0,38 Pfg/kWh; troškovi po masi odvojenog NO_x : 1900 DM/t; preostalo radno razdoblje ložišta nije naznačeno. U navedenom se primjeru, vjerojatno, radi o povećanim troškovima u odnosu prema uobičajenim, jer: primijenjene su tri primarne mjere za smanjenje emisije NO_x ; iskorištenje kapaciteta je samo 1000 h/a; možda su kratki rokovi otplate, s obzirom na preostalo vrijeme rada termoelektrane. U istom pregledu [12] navode se primjeri prilagodbe "novim" emisijskim normama s pomoću primarnih mjera još u 7 ložišta: lignit, kameni ugljen, prirodni plin, prirodni plin – kombinirani ciklus (nijedno više ložište na loživo ulje) i troškovi se kreću u sljedećim rasponima: investicije (11,1 – 95,8) DM/kW_{el}; pogonski troškovi (0,039 – 0,38) Pfg/kWh; trošak po masi uklonjenog NO_x (310 – 2700) DM/t.

  Radi usporedbe, npr. za TE Rijeka, prema Katastru emisije za 1998. godinu [13] slijedi: godišnja emisija NO_x iznosi 2395 t/a, uz 45 % korištenja kapaciteta i srednju koncentraciju NO_x 692 mg/m_n^3 (u prvim mjerenjima je u TE Rijeka zabilježeno 860 mg/m_n^3 i 1262 mg/m_n^3). Ako se pretpostavi da se udovoljenje *GVE04* = 450 mg/m_n^3 može ostvariti sa stupnjem odvajanja od prosječno 60 %, uz trošak od, npr., 1000 DM/t (što je polovica nego u navedenom "njemačkom" primjeru), godišnji bi troškovi za smanjenje emisije NO_x iznosili, prema takvoj (gruboj) procjeni, 1 400 000 DM/a.
- <u>SO_2:</u> S pomoću primarnih mjera udovoljenje *GVE02* se može postići jedino uz uporabu loživog ulja s masenim udjelom sumpora do 1 %.

5.4. Plinske turbine STE-a /prirodni plin/

Prema rezultatima u tablici 2.d svi rezultati prvih mjerenja emisije NO_x najmanje dvostruko prekoračuju *GVE02* = 150 mg/m_n^3. Međutim, na temelju vizualnog promatranja analognih zapisa kontinuiranog mjerenja emisije NO_x u PTE (EL-TO – Zagreb) za polusatno vrijeme usrednjavanja [7], može se, doduše grubo, procijeniti da se *GVE02* (koja je postavljena za vrijeme uzorkovanja 24 h) prekoračuje u oko 30 % slučajeva i to do vrijednosti od oko 180 mg/m_n^3. Takav "nalaz" valja provjeriti i za plinske turbine u KTE Jertovec i TE-TO Osijek. No, bez obzira na rezultate tih, budućih mjerenja, u cilju udovoljenja *GVE02* valja svakako računati na primjenu primarnih mjera za smanjenje emisije NO_x .

U plinskim turbinama dušik iz goriva u cijelosti oksidira u NO_x, ali, uobičajeno je mnogo veći udio NO_x nastao u procesu sagorijevanja. Na taj udio veliki utjecaj imaju i atmosferski uvjeti i opterećenje turbine (npr., pri relativnoj vlazi 60 % i temperaturi 30 ^0C emisija NO_x je oko 20 % manja nego pri ISO-standardnim uvjetima atmosfere [8]). Načelno, mjere smanjenja emisije NO_x jednake su već nabrojenim u slučaju razmatranja ložišta na kruta i tekuća goriva. No, za slučajeve "brze" preinake (retrofita) čini se da je najpogodniji "mokri" postupak (ubrizgavanje pare ili vode), kojim se utječe na smanjenje temperature izgaranja. Njime se, pri punom opterećenju, može postići stupanj odvajanja i do oko 75 %, no, pritom se pozornost mora

pokloniti i emisiji CO [8]. Za plinske se turbine koristi maseni odnos voda/gorivo od 0,5 do 1,5, ali se za odnose veće od 1 naglo povećava emisija CO i HC: do odnosa voda/gorivo od približno 1 emisija CO i HC raste vrlo sporo i, zatim, vrlo naglo [10]. Dodavanje vode povećava snagu, i do 16 %, ali se tada, zbog smanjenja temperature plinova, smanjuje termodinamički stupanj turbinskog ciklusa, do 4 % [9, 14]. Nadalje, voda koja se injektira mora biti demineralizirana, da ne bi oštećivala turbinu, što povećava troškove smanjenja emisije NO_x [9].

6. NUŽNOST IZMJENA U UREDBI GVE

Prema razmatranjima u odjeljku 5., te uzimajući u obzir značenje pojedinih pogona STE-a u energetskoj proizvodnji i opskrbi, može se među njima postaviti poredak prema važnosti/žurnosti izvršenja zadataka za udovoljenje *GVE*, i to:

1. Ložišta /teško loživo ulje/ – SO_2: rok je 1. 7. 2002.; jedina primarna mjera s pomoću koje bi se problem mogao riješiti jest uporaba goriva s udjelom sumpora manjim od 1 %, što je u doglednom vremenu praktički neostvarivo.
2. Plinske turbine /prirodni plin/ – NO_x: rok je 1. 7. 2002.
3. Ložišta /teško loživo ulje/ – čestice: ne može se riješiti s pomoću primarnih mjera.
4. Ložišta /teško loživo ulje/ – NO_x: vjerojatno je nužna usporedna primjena više primarnih mjera, što bitno utječe na povećanje troškova smanjenja emisije.
5. Ostali slučajevi (ložište TE Plomin 1 /ugljen/ – čestice i NO_x ; ložišta /prirodni plin/ – NO_x): mogu se riješiti ili s pomoću samo poboljšanja/prilagodbi u vođenju pogona ili s pomoću povremene primjene primarnih mjera.

Rješenja problema nabrojenih od 1. do 3. mora se tražiti u promjenama odredaba Uredbe GVE. Uputno bi bilo, i objektivno, problemima s poretkom važnosti 1., 2., 3. pridružiti i problem s poretkom važnosti 4. (teško ulje – NO_x), zbog možebitno velikih potrebnih ulaganja, neopravdanim u odnosu prema preostalom razdoblju rada odgovarajućih 'postojećih' pogona.

Prema ranijim razmatranjima, za probleme s poretkom 2. – 4. je posve jasno zašto ih je nužno rješavati izmjenama odgovarajućih odredbi Uredbe GVE. Više pozornosti potrebno je pokloniti problemu s poretkom važnosti 1., tj. valja upozoriti na činjenicu da razmatrano rješenje utemeljeno na poboljšanju kakvoće goriva nije realno ostvarivo.

Hrvatska je stranka Protokola o daljnjem smanjenju emisije sumpora [15], prema kojem su joj propisane obveze u smanjenju emisije SO_2, u odnosu prema 1980. godini: 17 % do 2005.; 22 % do 2010. Tim protokolom preporučene su i granične vrijednosti emisije SO_2 za nova postrojenja (identične su hrvatskim *GVE*). Te norme nisu obvezne za postojeće objekte i, općenito, za takva se postrojenja dopušta propisivanje emisijskih normi "prema potrebi", uz uvjet da država ispuni preuzetu obvezu o smanjenju ukupne emisije SO_2, na državnoj razini. Tako se pitanju postojećih postrojenja pristupa i u Protokolu o suzbijanju zakiseljavanja, eutrofikacije i prizemnog ozona [16] – (nije stupio na snagu). Dakle, prema navedenim odrednicama, u oba spomenuta protokola, mjere za smanjivanje ukupne emisije sumpora na državnoj razini ne treba tražiti samo u okviru energetskog sektora. Tako se, u navođenju mjera za djelotvornu zaštitu zraka u Hrvatskoj [17] s razlogom ustvrđuje: "Glavni zakonodavni instrumenti za smanjenje emisije sumpora su Uredba o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora i Uredba o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva." Zbog toga je u Uredbi o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva [18] za graničnu vrijednost količine sumpora u teškom ulju izabran iznos 1 %, ali je, istodobno, domaćim proizvođačima dopuštena granična vrijednost 4 % – do 1. 7. 2002. (dakle, kad na snagu treba stupiti *GVE02* za SO_2). Zbog pristupanja Hrvatske WTO-u, da bi se ispunio uvjet o istom položaju na tržištu svih proizvođača, forma dopuštenja se mijenja, u Izmjenama i dopunama [19] spomenute Uredbe [18], tako što sad Ministarstvo gospodarstva, po prethodno pribavljenom mišljenju Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja, može izdati dozvolu o količini teškog ulja koje se smije, godišnje, stavljati na domaće tržište, a koje ne udovoljava standardima o kakvoći, pri čemu se utvrđuje i najveće dopušteno odstupanje od granične vrijednosti kakvoće. Tako je, npr., za 2001. godinu odobreno stavljanje na domaće tržište 500000 t teškog ulja s udjelom sumpora do 4 % (Odluka [20]). To stvarno znači da će mogućnosti nabavke teškog ulja s manje od 1 % sumpora na domaćem tržištu i dalje biti ograničene te je razvidno da se trajno rješenje problema udovoljenja *GVE* pri izgaranju teškog ulja ne može temeljiti isključivo na primjeni ulja s malim udjelom ukupnog sumpora. Hrvatske rafinerije (Rijeka i Sisak) nisu se osposobile za proizvodnju teškog ulja s manjim udjelom sumpora od 1 %, niti bi to bilo moguće u doglednoj budućnosti (a, posebice, do 1. 7. 2002.). Ustvari, rafinerije Rijeka i Sisak ne mogu, tehnološki, uklanjati sumpor (npr., postupcima hidroobrade) iz teških naftnih komponenti, pa udio sumpora u loživim uljima isključivo ovisi o njegovu udjelu u prerađivanoj nafti. Nabavka niskosumpornih nafti, takvih da bi se dobilo teško loživo ulje s manjim udjelom sumpora od 1 %, pretpostavlja se, vrlo je upitna, i njihova je cijena, sigurno, neprihvatljivo visoka. Tj., rafinerije moraju i s "visokosumpornim" naftama nastaviti s proizvodnjom brojnih, nužnih derivata. Pitanje jest, što rafinerije mogu uraditi s teškim komponentama iz naftne prerade (iz kojih se, njihovim razrjeđivanjem, dobivaju loživa ulja), ako se loživo ulje, zbog nemogućnosti udovoljenja *GVE* za SO_2, ne

može prodavati termoelektranama. Dakle, problem graničnih vrijednosti kakvoće loživog ulja glede sumpora i problem *GVE* za emisiju SO_2 u termoelektranama valja istodobno razmatrati. Tako se, npr., postupa i u preporukama Europske unije za kakvoću goriva [21], prema kojima se dozvoljava proizvodnja teškog ulja i do udjela sumpora od 3 %, ukoliko se tada neće prekoračivati emisijske norme za SO_2. I u nas se mora pristupiti skupno, uzajamnim uvažavanjem i "jednih" i "drugih" graničnih vrijednosti. Međutim, u nas se mora, za razliku od smisla odredbi u preporukama Europske unije, usvojiti suprotan smjer veze među razmatranim graničnim vrijednostima: *GVE* mora biti razmjerno graničnoj vrijednosti udjela sumpora u loživom ulju (koje bi stvarno bilo raspoloživo na domaćem tržištu), tj. zasad, prema jednadžbama u odjeljku 5., $GVE = (1700 \cdot GS/\%)$ mg/m_n^3, gdje je s *GS* označena granična vrijednost udjela sumpora u loživom ulju. U protivnom, morala bi se ili u, dijelom isluženе, pogone termoelektrana ili u rafinerije nafte uložiti sredstva reda veličine stotina milijuna njemačkih maraka. Sveukupno slijedi, problemi udovoljenja *GVE* nabrojeni u poretku važnosti od 1. do 3. i, možebitno, 4. moraju se riješiti uz izmjene odgovarajućih odredbi Uredbe GVE, što jest jedino razumno rješenje.

Međutim, valja upozoriti na vrlo kratko vrijeme koje je preostalo do stupanja na snagu nekih od spornih odredbi Uredbe GVE, čija bi ishitrena provedba onemogućila rad velikog dijela proizvodnih jedinica STE-a. Zbog toga, neodložno je potrebno, praktički odmah, rokove stupanja na snagu novih *GVE* za SO_2 (ložišta/teško ulje) i NO_x (plinske turbine/prirodni plin) pomaknuti do 1. 7. 2004. (to je rok koji ima uporišta i u Protokolu [15], za razliku od zasad važećeg roka – 1. 7. 2002.). Nakon takve odluke, ostat će dovoljno vremena da se nužne promjene i dopune Uredbe GVE obave cjelovito i razumno, do 1. 7. 2004.

7. ZAKLJUČAK

Prema "prijelaznim i završnim odredbama" Uredbe o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, bitne promjene graničnih vrijednosti emisije (*GVE*) za pogone Sektora za termoelektrane HEP-a jesu u sljedećim slučajevima:

- ložište TE Plomina 1 /ugljen/: čestice i NO_x (rok 1. 7. 2004.);
- ložišta /plin/: NO_x (rok 1. 7. 2004.);
- ložišta /teško loživo ulje/: čestice i NO_x (rok 1. 7. 2004.), SO_2 (rok 1. 7. 2002.);
- plinske turbine /prirodni plin/: NO_x (rok 1. 7. 2002.).

S obzirom na preostali radni vijek, razumne mjere za udovoljenje *GVE* 'postojećih' pogona STE-a jesu:

- poboljšanja u sustavu izgaranja goriva (pretežito radi smanjenja emisije NO_x);
- poboljšanje kakvoće goriva ili zamjena goriva (pretežito radi smanjenja emisije čestica i SO_2);
- ograničavanje rada plinskih turbina na 2000 sati godišnje (primjena članka 91. Uredbe GVE) i ograničavanje rada velikih uređaja za loženje na 2000 sati godišnje ili na ukupno 30 000 sati rada, nakon 1. srpnja 2004. (primjena članka 134. Uredbe GVE);
- izmjene u Uredbi GVE kojima bi se uvažile objektivne mogućnosti prilagodbe "postojećih" postrojenja STE-a strožim emisijskim uvjetima.

Na temelju obavljenih "prvih" mjerenja i, samo za TE Plomin 1, kontinuiranih mjerenja, dobiveni su sljedeći rasponi variranja emisijskih vrijednosti (uz usporedbu s odgovarajućim, 'novim' vrijednostima *GVE*):

- <u>ložište TE Plomina 1 /ugljen/:</u>
  - čestice: (4 – 213) mg/m_n^3, *GVE04* = 100 mg/m_n^3,
  - NO_x: (100 – 705) mg/m_n^3, *GVE04* = 650 mg/m_n^3,
- <u>ložišta /plin/:</u>
  - NO_x: (130 – 577) mg/m_n^3, *GVE04* = 350 mg/m_n^3,
- <u>ložišta /teško loživo ulje/:</u>
  - čestice: (79 – 567) mg/m_n^3, *GVE04* = 50 mg/m_n^3,
  - NO_x: (161 – 1262) mg/m_n^3, *GVE04* = 450 mg/m_n^3,
  - SO_2: (2514 – 4008) mg/m_n^3, *GVE02* = 1700 mg/m_n^3,
- <u>plinske turbine /prirodni plin/:</u>
  - NO_x: (268 – 397) mg/m_n^3, *GVE02* = 150 mg/m_n^3.

Emisije za ložišta na teško loživo ulje izračunate prema emisijskim faktorima koje za ta ložišta preporučuje "Američka agencija za zaštitu okoliša" (*Environmental Protection Agency* – U. S. EPA), uz usporedbu s odgovarajućom *GVE*, iznose:

- **čestice:**
  - <u>*S* = 2,4 %:</u> c = **291 mg/m_n^3**
  - <u>*S* = 1 %:</u> c = **141 mg/m_n^3**
  - <u>za c</u> = **50 mg/m_n^3 = *GVE04*:** *S* = **0,16 %**
- **NO_x:**
  - <u>*N* = 0,2 %:</u> c = **409 mg/m_n^3 < *GVE04* = 450 mg/m_n^3**
  - <u>*N* = 0,3 %:</u> c = **624 mg/m_n^3 > *GVE04* = 450 mg/m_n^3**
- **SO_2:**
  - <u>*S* = 2,4 %:</u> c = **3920 mg/m_n^3**
  - <u>*S* = 1 %:</u> c = **1634 mg/m_n^3**
  - <u>za c</u> = **1700 mg/m_n^3 = *GVE02*:** *S* = **1,04 %**
  - <u>za c = 400 mg/m_n^3 = *GVE (nova ložišta)*:</u> *S* = **0,24 %.**

Dakle, tipične emisijske vrijednosti "postojećih" pogona STE-a, dobivene i prema mjerenjima i prema izračunavanju s pomoću emisijskih faktora, prekoračuju njima odgovarajuće *GVE*.

Poredak po važnosti zadataka koje valja riješiti u cilju udovoljenja *GVE* jest:

1. Ložišta /teško loživo ulje/ – SO_2: <u>zasad važeći rok je 1. 7. 2002.</u>; jedina primarna mjera s pomoću koje bi se problem mogao riješiti jest uporaba goriva s udje-

lom sumpora manjim od 1 %. Dokazano je da je to u doglednom vremenu praktički neostvarivo.

2. Plinske turbine /prirodni plin/ – NO_x: zasad važeći rok je 1. 7. 2002.
3. Ložišta /teško loživo ulje/ – čestice: ne može se riješiti s pomoću primarnih mjera.
4. Ložišta /teško loživo ulje/ – NO_x: vjerojatno je nužna usporedna primjena više primarnih mjera, što bitno utječe na povećanje troškova smanjenja emisije.
5. Ostali slučajevi (ložište TE Plomin 1 /ugljen/ – čestice i NO_x ; ložišta /prirodni plin/ – NO_x): mogu se riješiti ili s pomoću samo poboljšanja/prilagodbi u vođenju pogona ili s pomoću povremene primjene primarnih mjera.

Problemi udovoljenja *GVE* nabrojeni u poretku važnosti od 1. do 3. i, možebitno, 4. moraju se riješiti uz izmjene odgovarajućih odredbi Uredbe GVE, što jest jedino razumno rješenje. Promjene odredbi Uredbe GVE nužno je obaviti u dva stupnja:

(i) Pomicanje roka '1. 7. 2002.', stupanja na snagu *GVE* za pojedine slučajeve ložišta i onečišćujućih tvari (koji nema stvarnog uporišta – npr., u međunarodnim obvezama Hrvatske), na '1. 7. 2004.'.

(ii) Rad na promjenama i dopunama odredbi Uredbe GVE: nužno je da se one obave cjelovito i stručno, uz istodobno uvažavanje i međunarodnih obveza Hrvatske i sveukupnosti tehničko-ekonomskih uvjeta rada pogona STE-a.

LITERATURA

[1] Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, Narodne novine, br. 140., str. 4406 – 4425, 1997,

[2] Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine, br. 48., 1452 – 1458, 1995,

[3] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft (GmBl 7), Bonn 1986,

[4] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, Erste Verwaltungsvorschrift zum BimSchG, GMBl 25, Bonn 1974,

[5] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft (Gesetz zur Änderung der Gewerbeordnung von 1959), 1964,

[6] Novelacija rezultata studije *SETØ*HEP, EKONERG, Zagreb, svibanj 2000,

[7] Mjesečni izvještaji o kontinuiranom mjerenju emisija u pogonima STE-a (travanj – kolovoz 2001.), HEP – Sektor za termoelektrane, Zagreb, 2001,

[8] O. RENZ et. al., "Emission control at stationary sources in the Federal Republic of Germany", Vol. I, French-German Institute for Env. Res., Karlsruhe, 1996,

[9] L. G. BORMAN, W. K. RAGLAND, "Combustion Engineering", McGraw-Hill, Singapore, 1998,

[10] K. WARK, C. F. WARNER , W. T. DAVIS, "Air Pollution – Its Origin and Control", Addison-Wasley Longman, Menlo Park, 1998,

[11] CKTL – Prosječne vrijednosti kakvoće loživog ulja, Centralni kemijsko-tehnološki laboratorij, HEP – Sektor za termoelektrane, Zagreb, rujan 2001,

[12] B. SCHÄRER, N. HAUG, H-J. OELS, "Costs of Retrofitting Denitrification, A Selection of Recent Publication" (Vol. 2), Umweltbundesamt, Berlin, 1988,

[13] Katastar emisija u okoliš: emisije u zrak iz termoelektrana HEP-a, EKONERG, Zagreb, 2000,

[14] N. BARBALIĆ, A. BERNIK, G. MARIJAN, "Stručne podloge i procjena uvjeta za obavljanje normativnog ispitivanja djelotvornosti PTE-Zagreb zapad (2 x 25 MW)", HEP – Sektor za termoelektrane, Zagreb, ožujak 2001,

[15] Zakon o potvrđivanju Protokola o daljnjem smanjenju emisija sumpora Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka iz 1979. godine, Narodne novine – Međunarodni ugovori, br. 17, 1998, str. 691 – 716,

[16] Nacrt Protokola o suzbijanju zakiseljavanja, eutrofikacije i prizemnog ozona Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka iz 1979. godine, Göteborg, studeni 1999, prijevod na hrvatski,

[17] A. KUTLE, J. NEĆAK, V. JELAVIĆ, "Trend emisija te okvirni ciljevi i mjere za djelotvornu zaštitu zraka u Republici Hrvatskoj", Gospodarstvo i okoliš 7 (1999), br. 40, str. 427 – 436,

[18] Uredba o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva, Narodne novine br. 76, 1997, str. 2472 – 2476,

[19] Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva, Narodne novine: I. br. 66/1999, str. 2542 – 2543; II. br. 149/1999, str. 4852 – 4853,

[20] Odluka o određivanju količine tekućih naftnih goriva koja se smije stavljati u promet na domaćem tržištu, a ne udovoljava standardima kakvoće tekućih naftnih goriva propisanim Uredbom o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva, Narodne novine br. 16, 2001, str. 409,

[21] Council Directive 1999/32EC of 26 April 1999 relating to a reduction in the sulphur content of certain liquid fuels and amending Directive 93/12/EEC, Official Journal of the European Communities, L121/13 – L121/18, 1999.

FRAMEWORK FOR REASONABLE SOLUTIONS OF ADAPTION TO EMISSION IN THE AIR LIMIT CHANGES WITHIN EXISTING PLANTS OF THE THERMAL POWER SECTOR OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER COMPANY

The paper evaluates possibilities of production units' adaptation of the Thermal Power Plant Sector within the Croatian Electric Power Company considering emission limits prescribed in the transient and final regulation in the Decree on emission limits in the air from stationary sources. General trend in emission regulation in the world is given and its influence on emission regulation procedure in Croatia. The significance of emission limits has been evaluated according to first and continuous emission measurements in the production units of the Sector. Separated are cases where the corresponding measures are to be taken in order to

adapt to changed limited values and their importance according to priority has also been determined. Enumerated and analysed are real possibilities of solving the problem of adaptation to emission limit changes within reasonable solutions.

DIE RAHMEN SINNVOLLER ANPASSUNGSLÖSUNGEN FÜR BESTEHENDE DAMPF-UND GASKRAFTWERKE DER KROATISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT (HEP) IM BEZUG AUF ÄNDERUNGEN DER EMISSIONSGRENZWERTE

Im Bezug auf Übergangs- und Schlussbestimmungen der Verordnung über vorgeschriebene Grenzwerte aus ortsfester Abgasentstehungstellen, werden mögliche Anpassungslösungen für Erzeugungseinheiten der Dampf- und Gaskraftwerke der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft (HEP) im Artikel behandelt. Hingewiesen wird auf die allgemeine Neigung in der Welt, bezüglich der Emissionsgrenzwerte Änderungen durchzuführen, und auf den Einfluss dieser Änderungen auf das Vorschreiben der Abgasnormen in Kroatien. Die Bedeutung der Änderungen von Emissionsgrenzwerten ist auf Grund der sog. ersten und stätigen Messungen in den bestehenden Dampf- und Gaskraftwerken der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft (HEP) beurteilt worden. Jene Fälle der verunreinigenden Abgase, bei welchen geeignete Massnahmen wegen der Anpassung an die vorgeschriebenen Grenzwerte zu unternehmen sind, wurden herausgelöst und nach Bedeutung abgestuft. Aufgezählt und beurteilt sind sachliche, sinnvolle Möglichkeiten der Anpassung an geänderte Emissionsgrenzwerte.

Naslov pisaca:

Dr. sc. Nikola Barbalić, dipl. ing.
mr. sc. Damir Kopjar, dipl. ing.
HEP Sektor za termoelektrane
Miševečka 15a
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-11-13.

GLAVNI SUSTAVI PLINSKE TURBINE MS6001FA U TE-TO ZAGREB

Mr. sc. Miroslav Šander, Zagreb

UDK 621.165:621.311.22
PREGLEDNI ČLANAK

Plinska turbina MS6001FA od 70 MW je ugrađena u kombikogeneracijsko postrojenje u TE - TO Zagreb. Turbina je kompleksno postrojenje koje uključuje čitav niz sustava i podsustava. Iako se pogonska stanja turbine kontroliraju i povratni signali šalju u upravljački sustav SPEEDTRONIC pa se čini da su svi drugi sustavi od drugorazredne važnosti, ovdje želimo pokazati kako upravljački sustav ne može funkcionirati i djelovati bez ovih drugih sustava te da su oni za ispravan pogon turbine isto tako važni kao i upravljački sustav. Naravno da se ovdje ne mogu obuhvatiti svi sustavi niti podsustavi, a i samoj podjeli se može pristupiti na drugi način. Ovdje govorimo o sustavu ulja za podmazivanje, sustavu hidrauličkog ulja i ulja za izvrštavanje te uz njih vezane; ulazne privodne lopatice (IGV), sustavu plinskog goriva, sustavu tekućeg goriva. Ulazne privodne lopatice (IGV), sustav plinskog goriva, sustav tekućeg goriva, mogu se sami za sebe uzeti kao glavni sustavi plinske turbine, što ovdje nije učinjeno jer bi tada te sustave morali puno detaljnije obraditi. Uređaji za praćenje i vođenje turbine su oni koji direktno služe računalnom sustavu SPEEDTRONIC, a koji obuhvaćaju sve komponente koje se koriste za praćenje i pri vođenju plinske turbine, tj.: mjerenje temperature, indikaciju vibracija, mjerenje brzine vrtnje, detekciju plamena, paljenje. Također je obraden sustav za upuštanje.

Ključne riječi: TE-TO Zagreb, glavni sustavi, plinske turbine.

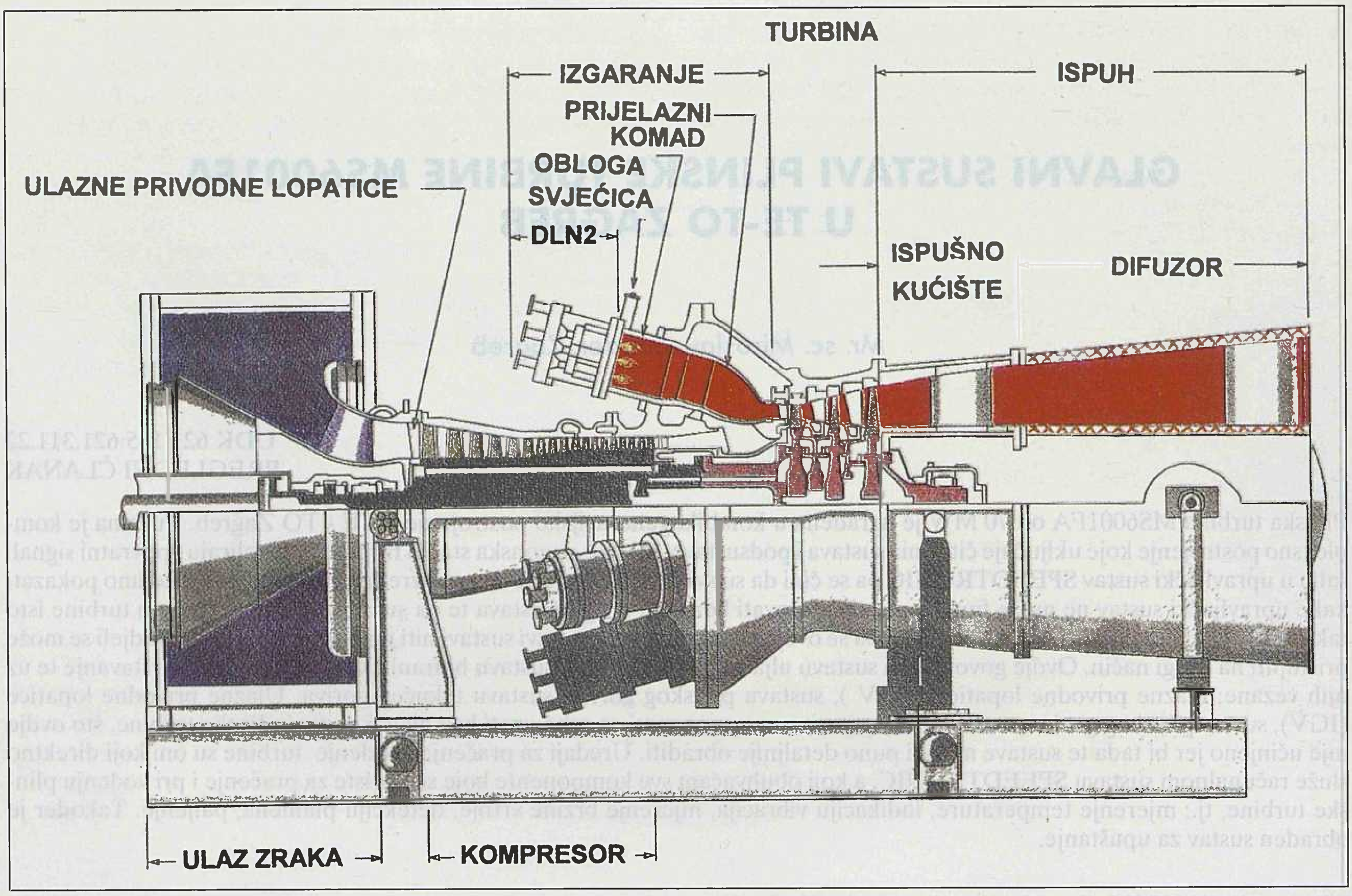
1. OSNOVNE KARAKTERISTIKE TURBINE MS6001FA PODUZEĆA GE

Plinska turbina MS6001FA s visokim stupnjem djelovanja za teške pogonske uvjete je razvijena po zakonitostima aerodinamičke sličnosti iz MS7001FA i MS9001FA plinskih turbina u poduzeću GE. U konstrukciji ona koristi najnoviju tehnologiju turbina za zrakoplove s temperaturama izgaranja od 1283 $_{o}$C a može se primijeniti za tržišta s mrežom od 50 Hz i 60 Hz, budući da pogoni generator preko reduktora na kompresorskom završetku. Ona proizvodi snagu od 70 MW u otvorenom procesu uz stupanj djelovanja veći od 34 %. Turbina se gradi sa svim dodatnim uređajima da bi se omogućila brza i troškovno učinkovita montaža, a ujedno omogućuje jednostavna rješenja pri dogradnji u kombinirana postrojenja i IGCC (Integrirani sustav kombi postrojenja s rasplinjavanjem ugljena).

Konfiguracija plinske turbine 6FA uključuje kompresor s 18 stupnjeva, šest komora izgaranja te tri stupnja turbine (sl. 1). Osovina je oslonjena u dva ležaja kao i kod 7FA, 9FA, 5P i 6B GE tipova plinskih turbina. Ovaj koncept konstrukcije zajednički navedenim turbinama je napravljen da bi se poboljšalo održavanje turbina. Pet kućišnih dijelova formira strukturnu ljusku; ulazno kućište, kompresorsko kućište, kompresorsko izlazno kućište, turbinska ljuska i ispušna konstrukcija. Kompresorski rotor koristi NiCrMoV i CrMoV legure pri konstrukciji rotora, slično kao i na 7FA. Kompresorski oduzimni zrak, koji ne treba vanjske hladnjake, osigurava rashladni zrak za lopatice prva dva turbinska stupnja i za turbinska sapništa sva tri stupnja.

Sustav izgaranja se sastoji iz šest komora izgaranja koje su slične konstrukcijski i s 9FA te mogu koristiti zajedničke komponente (sapnice, vrtložnike, kape i poklopce). Značajka sustava izgaranja je u tome da su lopatice sapnica prvog stupnja cjelobrojni višekratnik s brojem gorionika. Time se osigurava ponovljiva toplinska razdioba od komore do komore koja se nastavlja prema sapnicama prvog stupnja. Turbinski rotor je po aerodinamičkoj sličnosti razvijen iz 7FA. Turbinska kola, odstojnici i stražnja osovina su izrađeni od legure INCO 706 s vijčanim spojevima INCO 718, slično kao i 7FA. Poput kompresora, turbinski rotor također ima ispjeskarene prirubničke površine za pojačani prijenos momenta (1).

Reduktor 6FA između turbine i generatora je razvijen u Njemačkoj sa proizvođačem reduktorskih prijenosa svjetske reputacije Renk AG. Konstrukcijski je reduktor riješen sa zupčanicima koji su horizontalni i suprotno djeluju, a prenose snagu od 90 MW. Izlazna snaga iz 6FA plinske turbine ide preko elastičnih spojki na pogonski zupčanik veće brzine vrtnje. Pogonjeni zupčanik niže brzine vrtnje pogoni generator s krutom



Slika 1. Presjek plinske turbine

spojkom vezanom na osovinu generatora pri čemu je brzina vrtnje generatora 3000 okretaja po minuti. Reduktor 6FA isporučuje se s dvostrukim kosim ozubljenjem. Osovine reduktorskih zupčanika visoke i niske brzine vrtnje su postavljene u rukavce presvučene bijelom kovinom. U ležajno kućište su integralno ugrađeni prolazi za termoparove i osjetnike vibracija. U reduktoru je konstrukcijski dograđen stroj za okretanje osovine u svrhu upuštanja turbine te za sporo okretanje prilikom prekida pogona.

Generator koji se ugrađuje s 6FA turbinom je GE model 7A6C. Generator 7A6C je paketne izvedbe, montiran je na postolje. On se može prilagoditi za motorni start ili opcijama statičkog starta te se može primijeniti na frekvenciju 50 Hz ili 60 Hz. Primjena turbina 6FA se očekuje u rasponu srednjih i temeljnih opterećenja pri čemu su plinske turbine dio kombiniranih i kogeneracijskih postrojenja. Uzevši ove zahtjeve u obzir plinska turbina 6FA kao i 7FA je projektirana za primjenu u kombi procesima sa sljedećim karakteristikama:

- Turbina prigoni na hladnom kraju što dozvoljava da se ispuh usmjerava aksijalno u kotao na ispušne plinove.
- Pomoćni paketi postrojenja su montirani u tvornici na odvojena postolja zbog lakše montaže i održavanja.
- Turbinska oplata izvan postolja osigurava više prostora za održavanje i bolju kontrolu buke.

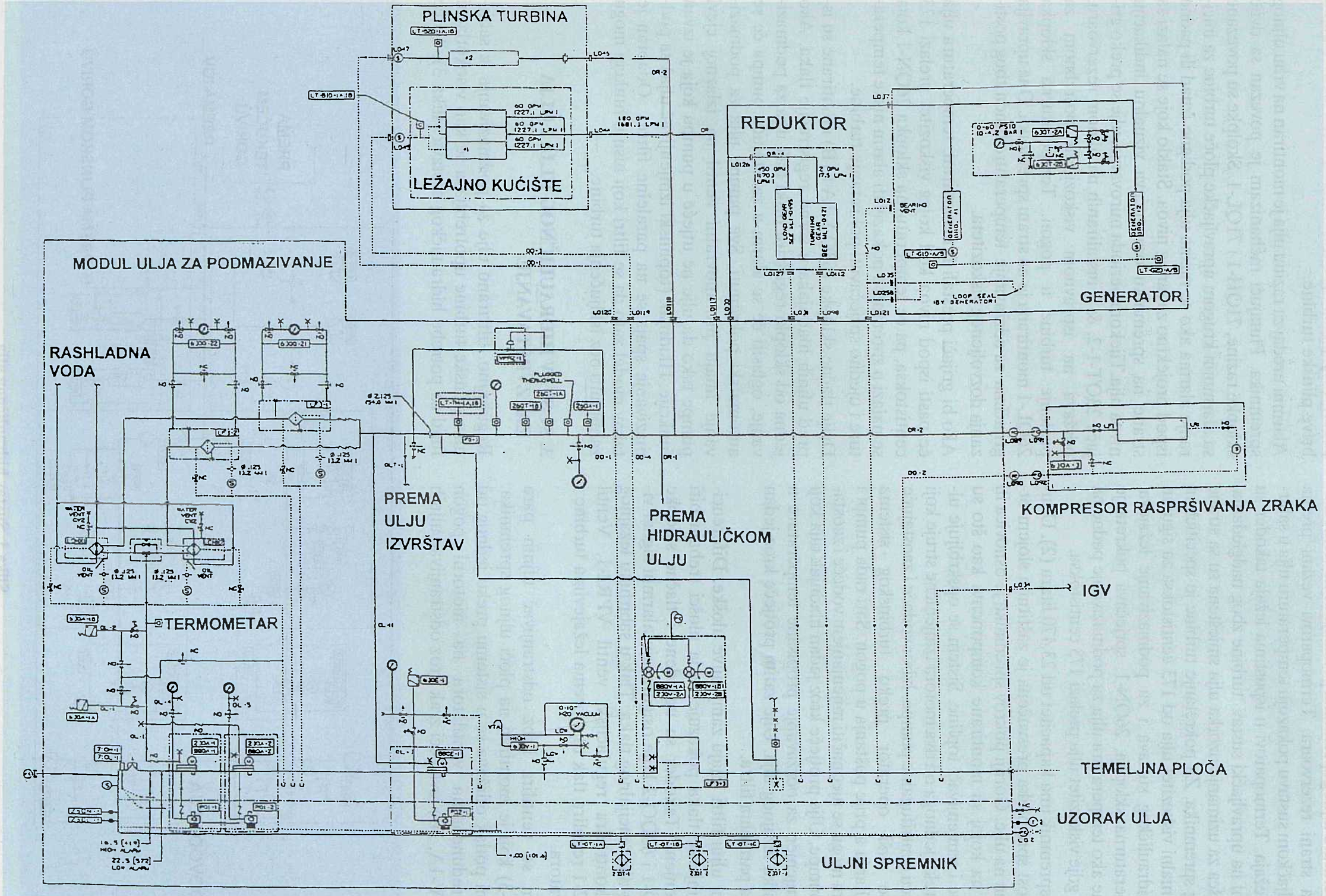
Zrak ulazi u jedinicu kroz standardni jednostupanjski filtar s više elemenata lociran iznad generatora, a svrha mu je zaštititi plinsku turbinu od zaprljanja. Ispušni plinovi iz plinske turbine idu kroz aksijalni ispušni difuzor, prolaze kroz prigušivače buke, potom ulaze u kotao na ispušne plinove ili idu kroz dimnjak.

Kao što je rečeno, izlazna snaga osovine se prenosi preko elastične spojke priključene na hladnom kraju te preko pogonskog zupčanika više brzine vrtnje u reduktoru. Pogonjeni zupčanik niže brzine vrtnje pogoni generator preko krute spojke. Stroj za okretanje i za odvajanje pri upuštanju je priključen na slijepom kraju pogonskog zupčanika.

2. SUSTAV ULJA ZA PODMAZIVANJE

Glavne komponente uključuju (slika 2):

1. Spremnik ulja za podmazivanje kao osnovno postolje pomoćnog modula.
2. Dvije centrifugalne pumpe (PQ-1 i PQ 1-2), koje pokreću električni motori izmjenične struje (88QA-1 i 88QA -2).
3. Havarijska uljna pumpa (PQ2-1) s motorom istosmjerne struje (88QE-1).
4. Sklop dvostrukog uljnog izmjenjivača topline.
5. Dva paralelna uljna filtra (LF3-1 i LF3-2).
6. Regulator tlaka sabirnika ležajeva (VPR 2-1).
7. Odstranjivač uljnih para (LF3-3) s redundantnim motornim ventilatorom (88QV-1A i 88QV-1VB).



Slika 2. Sustav ulja za podmazivanje

Temperatura uljnog spremnika pokazuje se na termometru na strani rezervoara. Termoparovi vezani prema upravljačkom sustavu pokazuju temperaturu ulja u sabirniku ležaja. Termoparovi u ispustima ležaja također su spojeni na upravljački sustav turbine zbog nadgledanja. Vratašca za uzimanje uzorka ulja smještena su sa strane uljnog spremnika. Za pokretanje turbine je specificiran maksimalni viskozitet ulja od 173 centistoksa za siguran rad hidrauličkog sustava i za podmazivanje ležajeva. Temperaturna sklopka, 26QN-1, sprječava pokretanje turbine ako temperatura ulja za podmazivanje padne na točku gdje viskozitet ulja prelazi 173 centistoksa.

Uljni spremnik ima kapacitet od 23.470 litara (2). Unutrašnjost spremnika presvučena je zaštitnim slojem otpornim na ulje. Gornji pokrov spremnika je osnovica ili ploča na kojoj su montirane komponente kao što su pumpe i izmjenjivači topline. Sistem se opskrbljuje uljem preko jednoga od dva motora izmjenične struje koji pokreću centrifugalne pumpe. Izbor vodeće i zaostajuće pumpe vrši operator preko turbinskog sistema upravljanja a prije puštanja u pogon. Sati rada pumpi i motora mogu se ujednačiti mijenjanjem vodeće i zaostajuće pumpe. Ulje protječe kroz jedan hladnjak ulja koji je namjenjen za održavanje propisane temperature u sabirniku ležajnog ulja. Ulje zatim protječe kroz jedan od dva paralelna filtra.

Dvojni uljni filtri imaju zamjenjive uloške. Diferencijalni mjerač tlaka pokazuje kada ulošci trebaju biti zamijenjeni. Također su ugrađene i tlačne sklopke 63QQ-1 i 63QQ-2 koje osiguravaju alarmni signal visokog diferencijalnog tlaka. Tlak u sabirniku ležajnog ulja kontrolira regulacijski ventil VPR2-1. Ventil VPR2-1 regulira tlak ulja prema ležajevima turbine i generatora.

Sistem se ventilira kroz odstranjivač uljnih para (LF3-3) koji je montiran na ploči uljnog spremnika. Lagani potlak održava se u sistemu preko jednog od dva redundantna ventilatora na motorni pogon (88QV-1A, 1B) izvlačeći zrak kroz odstranjivač uljnih para. Ovaj potlak povlači brtveni zrak kroz ležajne brtve plinske turbine.

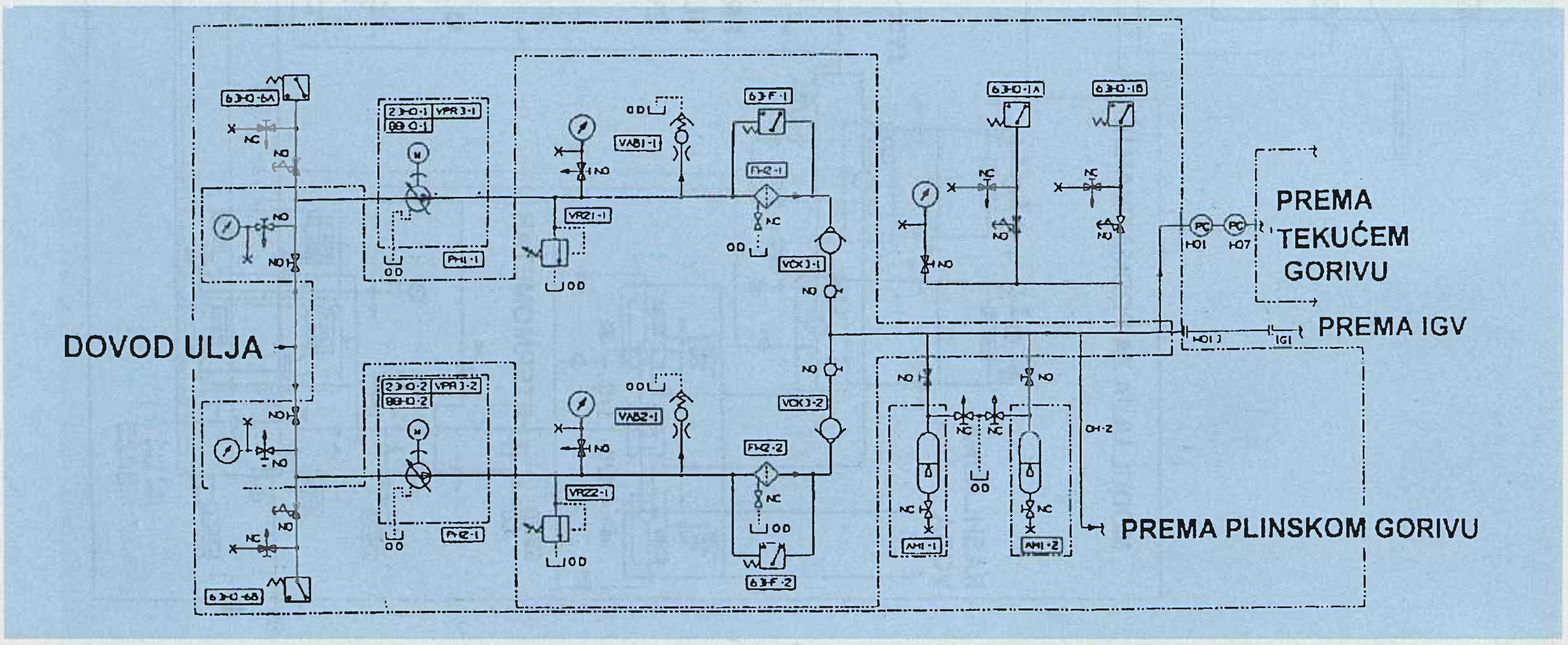
Alarmni uređaj za razinu ulja je montiran na vrhu uljnog spremnika. Plutajući mehanizam je povezan sa dvije sklopke razine, 71QH-1 i 71QL-1. Skolpke su povezane sa alarmnim krugom upravljačke ploče turbine za iniciranje alarma ako se razina ulja podigne iznad ili padne ispod projektno zadanog nivoa. Staklo koje se nalazi sa strane na spremniku omogućava vizualnu indikaciju nivoa ulja.Tijekom perioda mirovanja, ulje se preko grijača 23QT-1-2, & 3 instaliranih na uljnom rezervoaru, održava na ispravnom viskozitetu potrebnom za puštanje turbine u pogon. Temperaturna sklopka 26QL-1 montirana je na strani spremnika. Ona upravlja grijačima za održavanje temperature fluida zbog postizanja dozvoljenog viskoziteta.

Ako bi grijači prestali funkcionirati, temperatura ulja će pasti ispod nivoa kod kojeg viskozitet prelazi 173 centistoksa, pa će temperaturna sklopka 26QN-1 koja se nalazi u spremniku pokazivati alarm niske temperature i ujedno sprječavati pokretanje turbine.

Dvije tlačne sklopke (63QA-1A i 1B) montirane su ispred uljnih hladnjaka u svrhu registracije tlaka. Ako jedna od sklopki registrira niski tlak ulja za podmazivanje, oglasiti će se alarm a zaostajuća pumpa će se automatski pokrenuti. Sve pumpe ulja za podmazivanje imaju protupovratni ventil na izlaznoj cjevi pumpe tako da ulje ne utječe u pumpu koja je izvan funkcije. Hladnjak (toplinski izmjenjivač ulja) za podmazivanje spaja se na paralelne filtre. Odabran je takav model zato da se filtri koji nisu u funkciji mogu zamijeniti bez isključenja turbine.

3. SUSTAV HIDRAULIČNOG ULJA I ULJA ZA IZVRŠTAVANJE

Regulirano, filtrirano ulje za podmazivanje iz sabirnika plinske turbine upotrebljava se kao visokotlačni fluid za potrebe hidrauličkog sustava (slika 3). To će



Slika 3. Sustav hidrauličnog ulja

ulje ići dvjema paralelnim stazama zavisno o tome koja je pumpa vodeća, a koja zaostajuća. Obje staze sadrže iste komponente. Prva komponenta na koju dolazi ulje je ulazna tlačna sklopka (63HQ-6A ili 63HQ-6B). Ove sklopke će signalizirati znak upozorenja ako padne tlak na ulazu u pumpu pa će se time spriječiti kavitacija pumpe (3).

Ulje se zatim pumpa na hidraulički opskrbni razdjelnik pomoću dvije tlačno kompenzirane pumpe promjenjivog volumena (PH1-1 i PH2-1). Svaka pumpa se pogoni vlastitim motorom izmjenične struje. Operater turbine kontrolira redoslijed pumpi i određuje koja vodi, a koja zaostaje. Određivanjem pumpe koja vodi i pumpe koja zaostaje balansira se rad pumpi i motora. Dio sklopa pumpe/motora je i grijač (23HQ-1 ili 23 HQ-2) koji radi dok motori ne rade kako bi se spriječila kondenzacija i smrzavanje.

Hidraulično ulje se pumpa kroz jednu od dvije strujne staze u hidraulički dobavni razdjelnik, ovisno o tome koja je pumpa u pogonu. Razdjelnik je konstruiran tako da se na njega mogu montirati i međusobno povezivati (određeni) broj manjih komponenti. U sklopu razdjelnika su smješteni sigurnosni ventili, odzračni ventili, nepovratne zaklopke, filtri i sklopke diferencijalnog tlaka. Sigurnosni ventili (VR21-1 i VR22-1) štite hidrauličke pumpe od oštećenja u slučaju zakazivanja pumpe ili tlačnog kompenzatora. Odzračni ventili (VAB1-1 i VAB2-1) odzračuju (odvode) zrak koji bi se mogao naći u tlačnim cjevovodima pumpe.

Poslije prolaza kroz razdjelnik, a u sklopu razdjelnika su smješteni sigurnosni ventili, odzračni ventili, nepovratne zaklopke, filtri i sklopke diferencijalnog tlaka, visokotlačni fluid (ulje) ide na sustav filtara (FH2-1 i FH2-2) te postaje visokotlačno regulacijsko ulje. Hidraulički sustav filtara sprječava onečišćenje regulacijskih uređaja. U slučaju pada tlaka na bilo kojem filtarskom sustavu, tj. kad tlak dosegne 4.14 bara, sklopke diferencijalnog tlaka (63HF-1 i 63HF-2) pokreću alarm.

Svaki krug pumpe iza svog filtra također sadrži nepovratni ventil (VCK3-1 ili VCK3-2) koji sprečava protok ulja iz pumpe u pogonu u pumpu koja nije u pogonu. Ti nepovratni ventili također drže hidrauličke linije ispunjenima kad je turbina obustavila rad. Na izlazu iz sklopa razvodnika, sustav također sadrži dva akumulatora (AH1-1 i AH1-2) da bi se održao tlak u sustavu za vrijeme prijelaznih stanja kao što je stanje djelovanja ventila. Oni su tako projektirani da mogu riješiti najgore slučajeve prijelaznih stanja a da se ipak mogu pravodobno puniti. Konačno, tu su i dvije tlačne sklopke (63HQ-1A i 63HQ-1B) koje mjere hidraulički tlak točno prije no što se on odašilje u hidrauličko-regulacijski sustav. Ako bilo koja od tih sklopki izmjeri nizak tlak, pokrenut će hidraulična pumpa što "zaostaje" i uključit će se alarm.

Sustav regulacije plinske turbine i sustav zaštite plinske turbine su nadzirani sustavom upravljanja SPEEDTRONIC pomoću elektro-hidrauličkih uređaja. To je izvedeno tako da bi se osigurale potrebne sile za rad regulacijskih i zaštitnih uređaja koji su smješteni na plinskoj turbini i njoj pridruženim modulima.

Ova se oprema sastoji od raznih ventila za gorivo i ulaznih privodnih lopatica kompresora koje mijenjaju svoj položaj. Elektro-hidraulični uređaji se sastoje od servo-ventila koji djeluju tako da moduliraju izvršni element koji reagira na pogonske zahtjeve postrojenja i hidromehaničkih releja razvodnika i elektromagnetski pogonjenih ventila izvrštavanja koji rade tako da prekidaju djelovanje regulacijskih servo-ventila i izvrštavaju izvršni član u slučaju obustave rada. Druge komponente uključuju tlačne sklopke, hidraulične akumulatore, nepovratne ventile, mjerne prigušnice protoka, ručno pogonjeni ventil izvrštavanja i hidraulične cilindre koji pozicioniraju završne elemente.

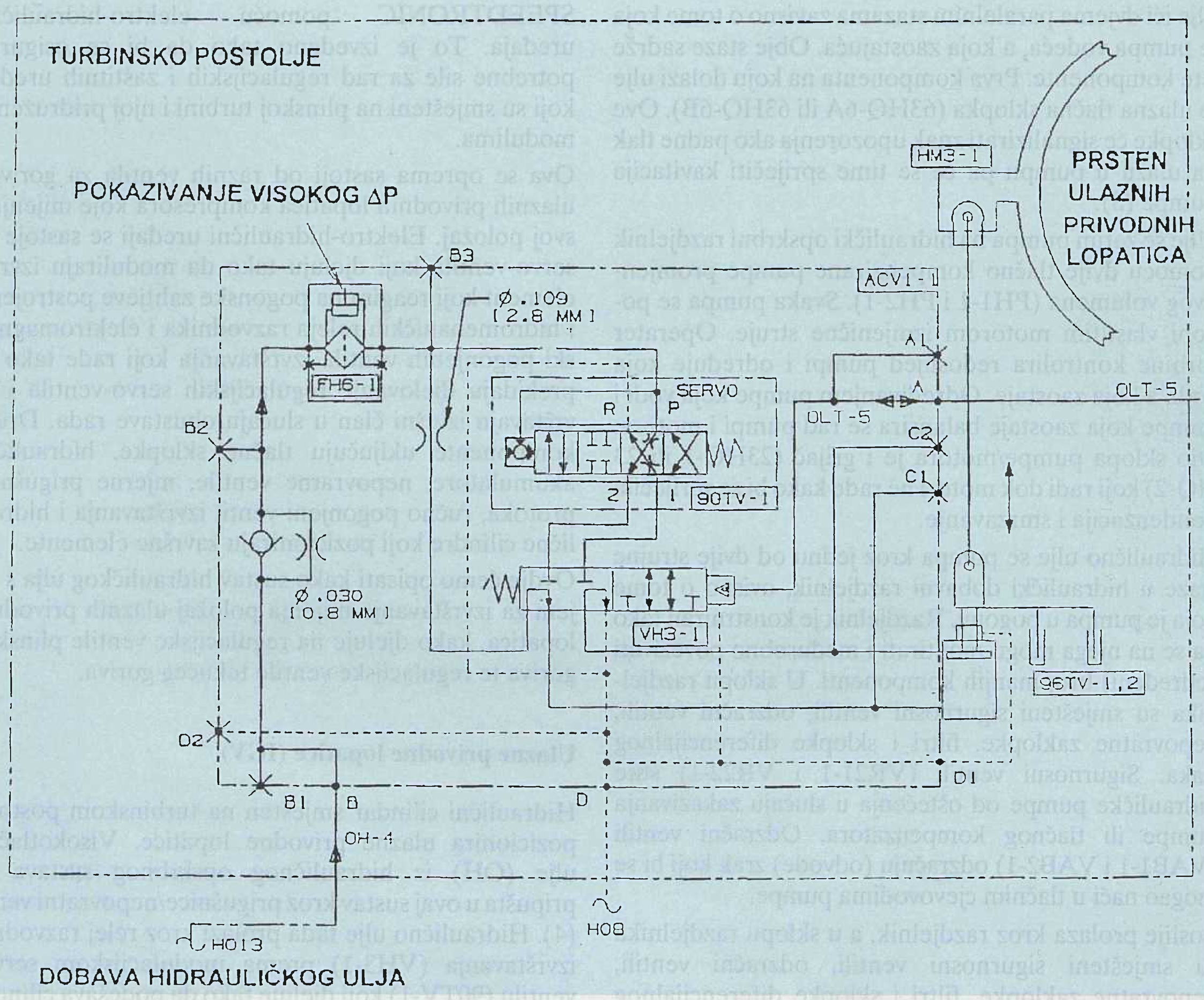
Ovdje ćemo opisati kako sustav hidrauličkog ulja s uljem za izvrštavanje mijenja položaj ulaznih privodnih lopatica, kako djeluje na regulacijske ventile plinskog goriva te regulacijske ventile tekućeg goriva.

Ulazne privodne lopatice (IGV)

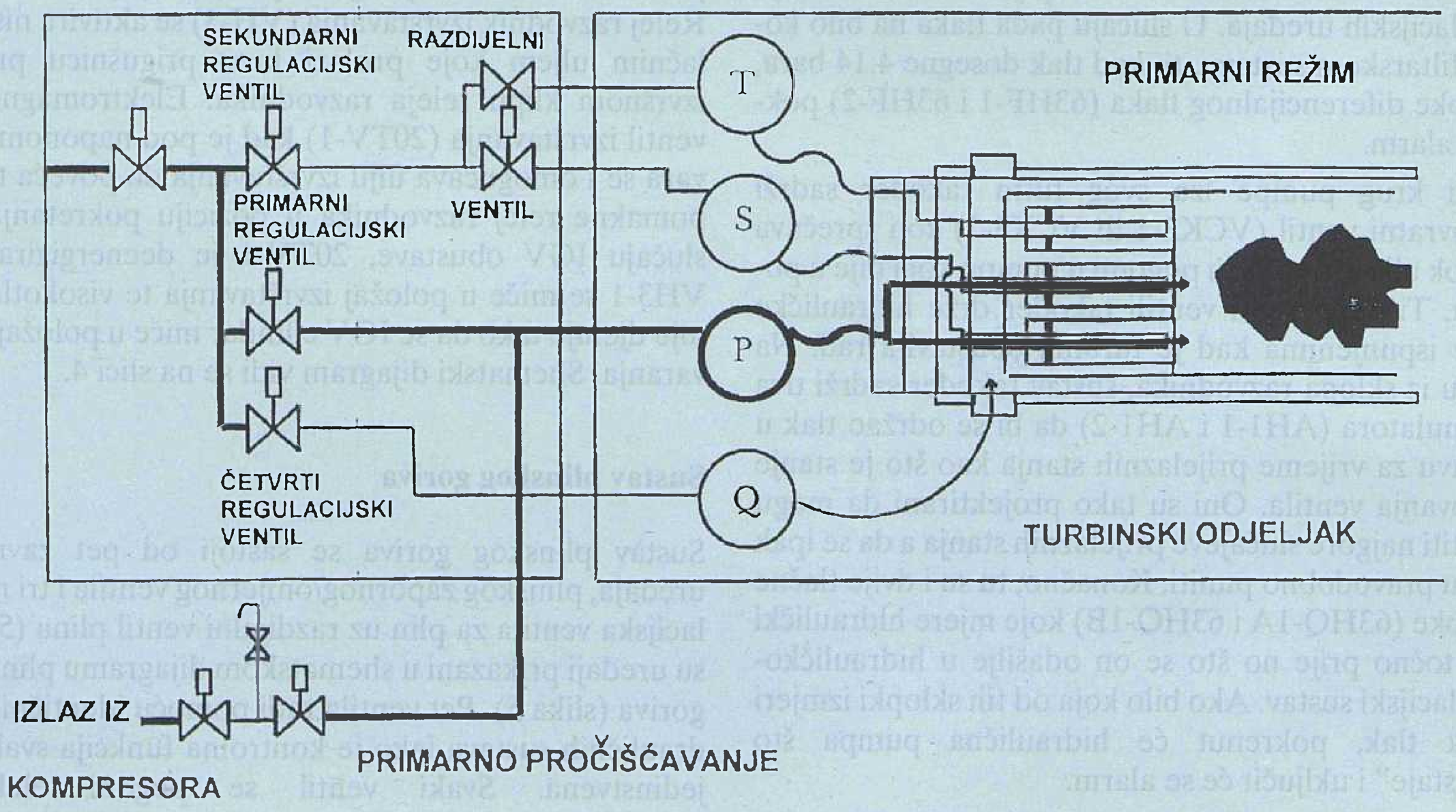
Hidraulični cilindar smješten na turbinskom postolju pozicionira ulazne privodne lopatice. Visokotlačno ulje (OH) iz hidrauličnog opskrbnog sustava se pripušta u ovaj sustav kroz prigušnice/nepovratni ventil (4). Hidraulično ulje tada prolazi kroz relej razvodnik izvrštavanja (VH3-1) prema modulacijskom servo-ventilu (90TV-1) koji djeluje tako da podešava cilindar kao odgovor na naredbu namještanja iz SPEEDTRONIC-a. Položajni pretvornici se brinu za povratnu vezu u ovoj regulacijskoj petlji podešavanja. Relej razvodnik izvrštavanja (VH-3) se aktivira niskotlačnim uljem koje prolazi kroz prigušnicu prema izvršnom klipu releja razvodnika. Elektromagnetski ventil izvrštavanja (20TV-1) kad je pod naponom zatvara se i omogućava ulju izvrštavanja da poveća tlak i pomakne relej razvodnika u poziciju pokretanja. U slučaju IGV obustave, 20TV-1 je deenergiziran, a VH3-1 se miče u položaj izvrštavanja te visokotlačno ulje djeluje tako da se IGV cilindar miče u položaj zatvaranja. Shematski dijagram vidi se na slici 4.

Sustav plinskog goriva

Sustav plinskog goriva se sastoji od pet završnih uređaja, plinskog zapornog/omjernog ventila i tri regulacijska ventila za plin uz razdijelni ventil plina (5). Ti su uređaji prikazani u shematskom dijagramu plinskog goriva (slika 5). Pet ventila radi pomoću identičnih hidrauličnih sustava iako je kontrolna funkcija svakoga jedinstvena. Svaki ventil se pogoni elektro-hidrauličnim servo-ventilom tako da pozicionira ventil kao odziv na položajnu naredbu iz regulacijskog sus-



Slika 4. Ulazne privodne lopatice



Slika 5. Sustav plinskog goriva

tava SPEEDTRONIC-a (5). Svaki ventil ima pretvornike koji omogućavaju povratni signal. Visokotlačno ulje prolazi kroz filtre svakog od servo-ventila. Plinsko gorivo prolazi prvo kroz zaporno omjerni ventil ili glavni ventil, nakon čega se dijeli u tri grane prema tri regulacijska ventila plina; primarni, sekundarni i kvaterni (četvrti) regulacijski ventil plina. Iza sekundarnog regulacijskog ventila plina gorivo nailazi na razdjelni ventil plina koji dijeli sekundarni plin na sekundarni i tercijarni plin. Sustav suhog niskog NOx ili DLN2 se upravo sastoji u raspoređivanju razdiobe plina kroz ove četiri plinske linije pomoću tri regulacijska ventila plina i razdjelnog ventila plina te razdiobi u sapnice plina i konačno izgaranju u komorama izgaranja s ciljem postizanja što nižeg NOx.

Sustav tekućeg goriva

Sustav tekućeg goriva se sastoji od raznih zapornih i regulacijskih ventila. Ti su uređaji prikazani u shematskom dijagramu tekućeg goriva (slika 6).

Ventile pokreću identični hidraulični sustavi iako je regulacijska funkcija svakog jedinstvena. Svaki ventil radi pomoću elektro-hidrauličkog servo-ventila koji radi tako da pozicionira ventil kao odgovor na pozicijsku naredbu iz regulacijskog sustava SPEEDTORNIC-a (6). Svaki ventil ima pretvornike koji omogućavaju povratni signal. Visokotlačno ulje prolazi preko filtara na svaki servo-ventil.

4. UREĐAJI ZA PRAĆENJE I VOĐENJE TURBINE

Uređaji za praćenje i vođenje turbine (oni služe pri upravljanju, ali ne upravljaju ili ne vode turbinu jer to čini računalni sustav koji se sastoji od računalnih jezgri) obuhvaćaju sve komponente koji se koriste za praćenje i pri vođenju plinske turbine. Uređaji su smješteni u ulaznim i ispušnim prostorima i postavljeni na plinskoturbinsku jedinicu, s funkcijama koje uključuju (7) :

a. mjerenje temperature
b. indikacija vibracija
c. mjerenje brzine vrtnje
d. detekciju plamena
e. paljenje da bi došlo do izgaranja.

Na prednjoj stjenci ulaznog prostora postavljeni su termoparovi za mjerenja ulazne temperature kompresora (CT-IF-1A i B, 2A i B), koji na ulaz kompresora javljaju temperaturu okoline (sl. 7).

U ispušnom prostoru postavljeni su termoparovi za kontrolu i zaštitu turbinskog ispuha (TT-XD-1 do 21), a primarna im je funkcija mjerenje temperature turbinskog ispuha oko svih 360, a preko izračuna u računalu i na svih šest (6) gorionika. Odabrani slogovi od po sedam (7) termoparova koji se spajaju su na tri (3) jezgre <RST> na Speedtronicu, a da bi se monitoru izgaranja te funkcijama regulacije ispušne temperature, alarma i izvrštavanja osigurali ulazni podaci o temperaturi.

Indikacija vibracija ležaja - pomoću osjetnika brzine (seizmički tip):

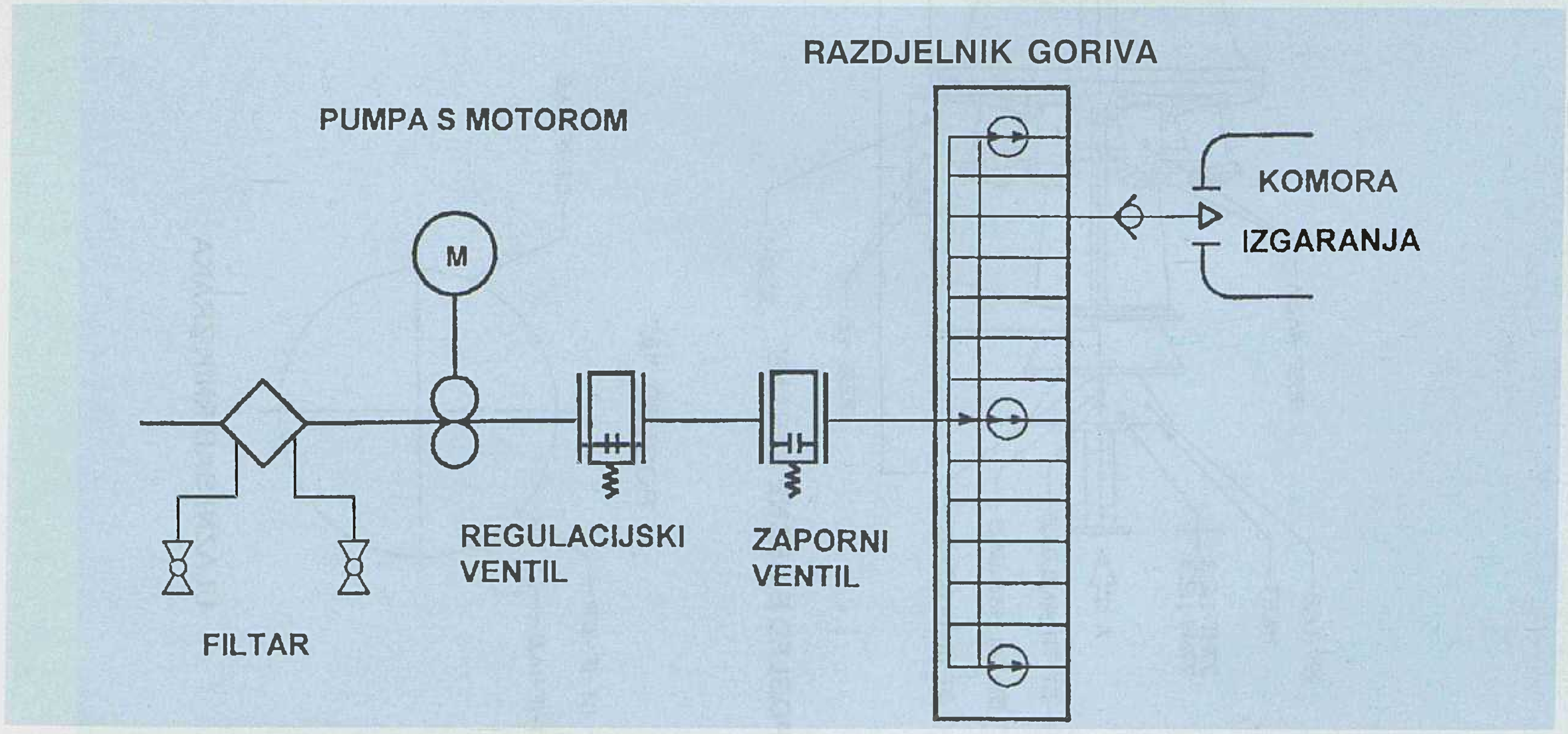
Kućište ležaja br. 1 - (39V-1A, 1B)

Kućište ležaja br. 2 - (39V-2A, 2B).

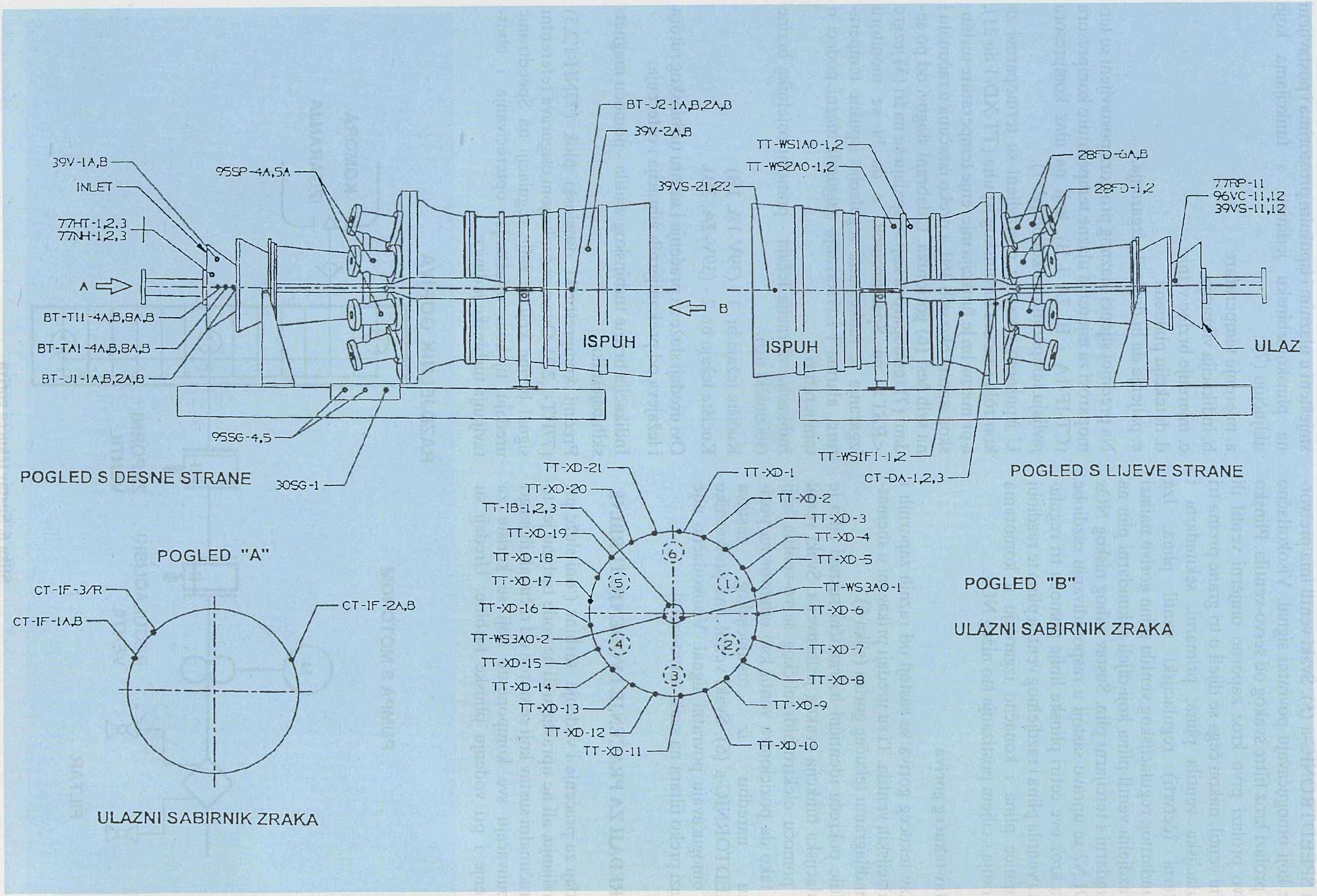
Ovi uređaji služe za praćenje i zaštitu turbinskog rotora i ležajeva od prekomjernih vibracija i oštećenja.

Indikacija brzine turbinskog vratila - pomoću magnetskih osjetnika:

Prednji kompresorski osovinski blok (77NH-1,2,3) (77HT-1,2,3). Ovom se funkcijom osigurava referentni signal brzine koji se šalje regulaciji na Speedtronic uređaju tijekom upuštanja, opterećivanja i obustavljanja turbinske jedinice.



Slika 6. Sustav tekućeg goriva



Slika 7. Uređaji za praćenje i vođenje turbine

Indikacija temperature - pomoću preciznih termoparova:

Izlaz kompresora - (CT-DA-1,2 i 3). Funkcija je ovih termoparova da daju korigiranu referentnu temperaturu na izlazu kompresora za postavnu vrijednost kompresorskog izlaznog tlaka tijekom regulacije ulaznim privodnim lopaticama i tijekom regulacije brzinom vrtnje.

Pri turbinskom rotoru ili prostorima kola:

Prvi stupanj stražnji vanjski (TT-WS1AO-1,2), Prvi stupanj prednji unutarnji (TT-WS1FI-1,2), Drugi stupanj stražnji vanjski (TT-WS2AO-1,2), Treći stupanj stražnji vanjski (TT-WS3AO-1,2), Unutarnja turbinska oplata (TT-IB-1). Ova funkcija namijenjena je zaštiti dijelova turbine u vrućoj zoni, poput sapnica, rotorskih lopatica i kola od previsokih temperatura tijekom upuštanja, normalnog pogona i obustave.

Detekcija plamena - pomoću osjetnika s ultraljubičastim zračenjem: Detektori plamena (28FD-1, 2, 6A i 6B) u komorama izgaranja 1, 2 i 6. Funkcija detektora plamena je pokazivanje prisutnosti plamena u komorama izgaranja tijekom upuštanja i normalnog pogona turbine.

Paljenje u komorama izgaranja - pomoću sljedećih uređaja : Svjećica (95SP-4A, 5A) u komorama 4 i 5. Uzbuda paljenja (95SG-4 i 5) je postavljena na turbinsko postolje.

Funkcija ovih uređaja su paljenje u komorama i uspostavljanje izgaranja tijekom upuštanja turbine.

Posebne opcije

Praćenje vibracija ležaja

Korištenje bezkontaktnih osjetnika: Kućište ležaja br. 1 - (39VS-11, 12) (radijalni) i (96VC-11, 12 (aksijalni); (77RP-11) (ključni fazor), Kućište ležaja br. 2 - (39VS-21, 22) (radijalni).

Termoparovi kovine ležaja

Radijalni (klizni) i aksijalni (odrivni) ležajevi turbinske jedinice opremljeni su termoparovima za bijelu kovinu ležaja koji imaju funkciju praćenja "stvarne" temperature ležaja u radu i emitiraju alarm ako je temperatura kovine previsoka. Ova je funkcija predviđena da zaštiti turbinske ležajeve i površinu rotorskog rukavca od pregrijavanja i otkaza. Termoparovi su postavljeni na sljedeća mjesta: Glavni radijalni ležaj br. 1 - (BT-J1-1A, 1B, 2A, 2B), Glavni radijalni ležaj br. 2 - (BT-J2-1A, 1B, 2A, 2B), Aksijalni ležaj - aktivna površina - (BT-TA1-4A, B, 8A, B), Aksijalni ležaj - neaktivna površina - (BT-TI1-4A, B, 8A, B)

Uređaj za praćenje radnih karakteristika turbine

Zona ljevkastog kućišta kompresorskog ulaza ima postavljene sonde ukupnog tlaka i otpornički davač temperature (RTD) postavljene za praćenje radnih karakteristika kompresora u radu turbinske jedinice. Vrijednosti ulaznog kompresorskog tlaka i temperature moraju se mjeriti kako bi se ispunila funkcija praćenja radnih karakteristika turbine. Sustav obuhvaća sljedeću opremu:

a. Ulazni prostor RTD (CT-IF-3/R)
b. Sonde ukupnog i statičkog tlaka
c. Razdjelnik monitora za praćenje radnih karakteristika s armaturama i hvatačima kondenzata
d. Davače tlaka koji mjere:
   - ukupni tlak ulaznog zraka (96CS-1)
   - diferencijalni tlak ljevkastog kućišta (96BD-1)
   - barometarski tlak (96AP-1A, 1B, 1C)
   - izlazni kompresorski tlak (96CD-1, 1B, 1C)
   - ispušni tlak (96EP-1).

Navedeni davači tlaka postavljeni su na razdjelnik monitora radnih karakteristika koji je smješten izvan turbinskog postolja u neposrednoj blizini turbinskog odjeljka i ispušnih prostora. Osjetni vodovi tlaka idu od prostora do davačkih priključaka razdjelnika monitora.

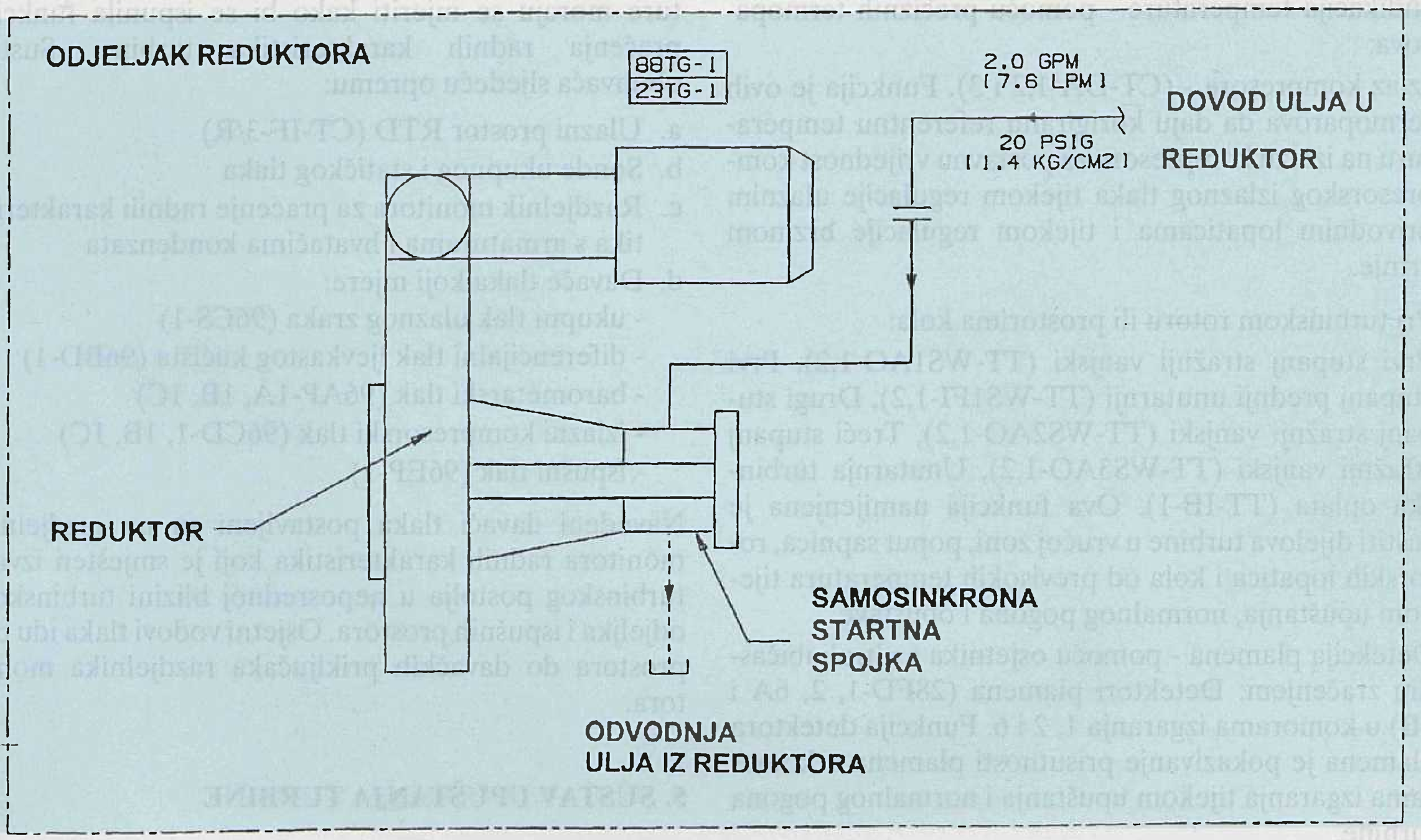
5. SUSTAV UPUŠTANJA TURBINE

Sustav upuštanja se sastoji od invertora komutirajućeg opterećenja (LCI) koji je prigon s prilagodljivom brzinom vrtnje a koristi se pri regulaciji brzine vrtnje sinhronih motora od nule do nazivne brzine vrtnje (8). Prigon se sastoji od statičke konverzije energije i mikroprocesorskih regulacijskih uređaja. LCI je funkcijski regenerativni invertor, reguliran strujom, hlađen tekućinom. On koristi nepovratne mostove istosmjerne struje s tiristorskom regulacijom u ulaznim i izlaznm konverterima snage. Zadatak LCI je da omogući okretati tj. podizati brzinu vrtnje turbine / generatora pri čemu generator postaje motor koji vrti turbinu sve dok se ne postigne 90% od nazivne brzine vrtnje.

Stroj za okretanje osigurava potrebnu snagu za rotaciju i odvajanje turbine prije nego što je pustimo u pogon, tj. prije nego će LCI stupiti u igru, a ujedno osigurava nastavak okretanja rotora, nakon prestanka rada turbine, čime se sprječava deformacija rotora.

Stroj za okretanje sastoji se od asinhronog elektromotora, reduktora i spojke koja se odvaja povećanjem broja okretaja, a pokreće osovinu kroz slijepi kraj malog zupčanika reduktora (sl. 8). Stroj za okretanje polako okreće turbinu približno 7 okr/m (9). Spojka je samo-aktivirajuća bilo za vrijeme postupka pri odvajanju turbine ili za vrijeme postupka osiguranja nastavka rada rotora te se otpušta uvijek kada rotor turbine / generatora premašuje pogonsku brzinu "stroja za okretanje", tj. brzinu od 7 okr/m.

Sustav uzbude generatora pogonjenog plinskom turbinom obavlja dvije različite funkcije na ovoj turbini. Od brzine vrtnje stroja za okretanje do 90 % brzine vrtnje, uzbuda osigurava promjenjivu uzbudu generatorskom rotoru. Za vrijeme tog perioda (LCI) Invertor komutiranog opterećenja opskrbljuje izmjeničnom strujom



Slika 8. Stroj za okretanje turbine s reduktorom

(AC) stezaljke generatora da bi generator djelovao kao sinhroni motor te da bi doveo turbinu na sinhronu brzinu vrtnje. Kad rotirajuća oprema postigne 95 % brzine vrtnje, uzbudnik osigurava uzbudu da bi se regulirao izmjenični napon na stezaljkama generatora.

Pri upuštanju od brzine vrtnje stroja za okretanje do 90 % brzine vrtnje generator se vozi kao motor da bi pokretao turbinu i kompresor. LCI Invertor komutiranog opterećenja upravlja za to vrijeme generatorom tako da koristi promjenjivu izmjeničnu frekvenciju i napon na stezaljkama generatora. U trenutku kad je brzina vrtnje postigla 60 % turbina je samoodrživa pa LCI manje doprinosi. Pri upuštanju uzbudnik šalje izlaznu struju prema generatorskom polju da bi u startu podržavao generator kao motor. Postignućem oko 90 % brzine vrtnje LCI i EX2000 obustavljaju, a turbina regulira brzinu vrtnje.

Pri 95 %-tnoj brzini vrtnje starta EX2000 (digitalni sustav uzbude) te radi na regulaciji napona izmjenične struje generatora tako da kontrolira veličinu uzbudnog polja (10). Tiristorski (SCR) Moduli konverzije energije (PCM = Power Conversion Modules) se koriste za ispravljanje izmjenične u istosmjernu električnu energiju. Istosmjerna struja se dobavlja rotoru, tj. generatorskom polju.

6. ZAKLJUČNO O GLAVNIM SUSTAVIMA TURBINE

Upravljački sustav SPEEDTRONIC Mark V sadrži veći broj upravljačkih, regulacijskih, zaštitnih i sustava koji su projektirani za pouzdan i siguran pogon plinske turbine.

Upravljanje plinskom turbinom obuhvaća upuštanje (start), ubrzanje, brzinu vrtnje, temperaturu, obustavu i funkcije ručnog upravljanja. Senzori nadziru brzinu vrtnje turbine, izlaznu temperaturu, tlak na izlazu iz kompresora i druge parametre koji određuju pogonsko stanje turbine. Kada je nužna promjena pogonskog stanja turbine zbog promjene opterećenja ili okolišnih uvjeta, regulacija mijenja protok goriva u turbinu. Naprimjer, ako izlazna temperatura teži prekoračenju dopuštene vrijednosti za dano pogonsko stanje, sustav upravljanja temperaturom smanjuje količinu goriva koja se dobavlja turbini i time ograničava izlaznu temperaturu.

Pogonska stanja turbine se kontroliraju i kao povratni signali šalju u upravljački sustav SPEEDTRONIC. Postoje tri glavna upravljanja turbinom - upuštanje, brzina i temperatura - koje mogu biti u funkciji za vrijeme pogona turbine. Izlaz ovih upravljačkih petlji je spojen na logički sklop minimalne vrijednosti. Sekundarna upravljanja su ubrzanje te ručno vođenje.

Otvorenost ventila za dovod goriva FSR (Fuel Stroke Reference) je upravljački signal za količinu protoka goriva. Selektivna logička vrata minimalne vrijednosti spajaju izlazne signale šest načina upravljanja s FSR; najniža izlazna vrijednost FSR izlaznog signala iz šest upravljačkih petlji može proći kroz logički sklop prema sustavu upravljanja gorivom kao upravljački FSR. Upravljački FSR će uspostaviti ulaznu količinu goriva u turbinu prema iznosu koji zahtijeva režim koji trenutačno upravlja (upuštanje, brzina, temperatura, ubrzanje te ručno vođenje). Samo jedno od upravljanja (ili načina upravljanja turbinom) će voditi turbinu u

određenom trenutku, a upravljanje, tj. režim upravljanja koji u tom trenutku postaje regulacijska petlja, ili mod koji upravlja sa FSR bit će prikazan na zaslonu.

Regulacija upuštanja sigurno dovodi turbinu od brzine vrtnje nula do radne brzine osiguravajući točno količinu goriva koja je potrebna za uspostavu plamena i ubrzanje turbine na takav način da se smanji zamor dijelova na stazi vrućih plinova za vrijeme te faze. To obuhvaća ispravno određivanje slijeda signala naredbi pomoćnim uređajima, uređaju za start i sustavu regulacije goriva. Budući da sigurno i uspješno upuštanje ovisi o ispravnom funkcioniranju opreme plinske turbine, važno je verificirati stanje izabranih uređaja u sekvenci. Više regulacijskih logičkih krugova ne samo da je pridruženo upravljačkim uređajima sustava regulacije nego omogućuje zaštitnim krugovima da se postignu dopuštena stanja prije početka procesa.

LITERATURA

[1] J. RAMACHANDRAN i M. C. CONWAY, "MS6001FA - Novija tehnologija 70 MW plinskih turbina klase 50 Hz / 60 Hz - GER - 3765B", GE POWER SYSTEMS, NY 1995.

[2] LS 4040 " Lubrication system " Gas turbine, General Electric Company, October, 1999.

[3] HS 4040 " Hydraulic Supply system " Gas turbine, General Electric Company, October, 1999.

[4] GEK 106910 " Variable Inlet Guide Vane system " Gas turbine, General Electric Company, April 1998.

[5] GEK 106853 " Fuel Gas Control System " Gas turbine, General Electric Company, March, 1998.

[6] LF 4040 " Liquid Fuel System " Gas turbine, General Electric Company, October, 1999.

[7] B00458 " Turbine Control Devices " Gas turbine, General Electric Company, March, 1999.

[8] GEH-6373 " Load Commutated Inverter " Users Manual, General Electric Company, March, 1998.

[9] SS 4040 " Starting System " Gas turbine, General Electric Company, October, 1999.

[10] GEH-6120 " EX200 Digital Exciter "Users Manual, General Electric Company, November, 1994.

[11] A00023 rev.A " Fundamentals of Speedtronic Mark V control system ", General Electric Company, 16. 08. 1994.

MAIN GAS TURBINE SYSTEMS IN THPP ZAGREB

Gas turbine MS6001FA of 70 MW was built in a combined generation plant THPP Zagreb. The turbine is a complex plant including a whole range of systems and subsystems. Although the turbine's operation state is controlled and back signals are sent to the SPEEDTRONIC management system so that all other systems seem to be of secondary importance, the intention here is to show that a management system cannot operate without those other systems as regards the turbine's proper operation. Of course, all systems and subsystems cannot be mentioned here and the division itself can't be done in any other way. This time it is about the lubrication oil system, hydraulic and trip oil systems and the related input generation valves, gas fuel and liquid fuel systems. They can be taken as the main gas turbine systems, which has not been done here because in that case the evaluation should be more detailed. The equipment for control and turbine management directly serves the SPEEDTRONIC computer system and contains all components for the control and management of gas turbines, i.e. temperature measurement, vibration indication, rotating speed measurement, fire detection, switching. The launching system is also elaborated.

HAUPTKONSTRUKTIONSSÄTZE DER GASTURBINE MS6001FA IM WÄRMEKRAFTWERK ZAGREB

Die 70 MW Gasturbine MS6001FA ist ein Bestandteil der Kombi-Erzeugungsanlage im Wärmekraftwerk (TE-TO) ZAGREB. Die Turbine ist eine aus vielen Konstruktionshauptsätzen und kleineren Sätzen zusammengesetzte Anlage. Obwohl die Betriebszustände der Turbine kontroliert sind, wobei rückwirkende Signale in den Steuerungsatz SPEEDTRONIC gesandt werden, und dabei andere Sätze als sekundär erscheinen, ist man hier bestrebt zu zeigen daß der Steuerungssatz ohne diese übrigen Sätze nicht seine Aufgabe erfüllen kann auch nicht wirkungsfähig ist, da sie für den eiwandfreien Betrieb der Turbine genau so wichtig sind wie der Steuersatz. Selbsverständlich können hier nicht alle Sätze mit den dazugehörigen kleineren Sätzen umfasst werden, da die Gliederungung nicht anderswie durchzuführen ist. Hier ist die Rede vom Schmierölsatz, dem Hidraulikölsatz und dem Auskuppelungölsatz, und mit diesen Sätzen verbundenen Eintrittslaufschauffeln(IGV), weiters vom Gas- und Flüssigbrennstoffsatz. Eintrittslaufschauffeln (IGV),, Gasbrennstoffzusammensetzung und Flüssigbrennstoffsatz können selbstständig als Gasturbinenhauptsätze genommen werden, was hier nicht der Fall ist, sonnst müssten wir diese Sätze in wesentlichen Einzelheiten bearbeiten. Gemeint als Nachführungs- und Steuerungsanlagen sind jene die unmittelbar dem Rechnersystem SPEEDTRONIC dienen und alle Bestandteile für die Nachführung und Steuerung umfassen, d.h. Temperaturmessungen, Anzeige der Schwingungen, Drehgeschwindigkeitsmessungen, Flammen- und Zündungsnachweiss. Der Inbetriebnamesatz ist ebenfalls bearbeitet.

Naslov pisca:

Mr. sc. Miroslav Šander, dipl. ing.
Elektroprojekt
Alexandra von Humboldta 4
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-06-11.

Svojim suradnicima

i

čitateljima

sretnu i uspješnu 2002.

želi Uredništvo

ANALIZA MAKSIMALNIH I MINIMALNIH KRATKOSPOJNIH PRILIKA U PRIJENOSNOJ MREŽI HRVATSKE 2000. GODINE

Mr. sc. Davor N e v e č e r e l, Zagreb

UDK 644.1.1:621.317
STRUČNI ČLANAK

U članku su prikazani usporedni rezultati proračuna maksimalnog i minimalnog kratkog spoja za mrežu 2000. godine. Pri tome su rezultati maksimalnog kratkog spoja ažurirani u odnosu na podatke za nazivnu 2000. godinu prema referentnoj studiji [1].

Ključne riječi: proračun kratkog spoja, maksimalni kratki spoj, minimalni kratki spoj.

1. UVOD

U dosadašnjim analizama kratkospojnih prilika prijenosne mreže Hrvatske uobičajena praksa je bila računanje maksimalnog početnog kratkog spoja, potrebnog za dimenzioniranje i kontrolu opreme elektroenergetskih postrojenja. Zadnja sustavna studija proračuna kratkospojnih prilika u EES-a Hrvatske provedena 1999. godine [1] odnosila se je na razvoj kratkospojnih prilika od nazivne 2000. do nazivne 2010. godine.

Zbog razlika između stvarne konfiguracije i predviđenog stanja mreže nazivne 2000. godine, a što je posljedica usporene dinamike obnove i izgradnje prijenosne mreže, ukazala se potreba da se kratkospojne prilike sagledaju za stvarnu konfiguraciju mreže u 2000. godini.

U okvirima analize kratkog spoja koja se odnosi na stvarnu današnju mrežu, korisno je provesti i širu analizu, koja pored proračuna maksimalnog kratkog spoja uključuje i proračun minimalnog kratkog spoja. Sagledane prilike minimalnog kratkog spoja služe kao nužna podloga za kontrolu rada relejne zaštite mreže, s aspekta udešenja i selektivnosti.

Navedeni proračuni se provode prema internacionalnom standardu IEC 909/1988 za karakteristični simetrični kvar (tropolni kratki spoj) i karakteristični nesimetrični kvar (jednopolni kratki spoj), te stoga traže šire modeliranje elektroenergetskog sustava.

Proračun maksimalnog kratkog spoja pretpostavlja pri tome kompletnu prijenosnu mrežu u paralelnom radu, uz angažiranje svih proizvodnih jedinica i direktno uzemljenje svih interkonektivnih transformatora, blok transformatora i transformatora 110/x. Kontrola kratkospojnih prilika provedena u tom slučaju upozorava na moguća prekoračenja kratkospojne čvrstoće postojeće opreme i daje dalje nužne podatke za dimenzioniranje opreme budućih postrojenja.

Nakon što je proveden proračun maksimalnog kratkog spoja za postojeću mrežu 2000. godine, prikazan je i osvrt na razlike prema proračunu kratkog spoja u nazivnoj 2000. godini, provedeno u referentnoj studiji [1].

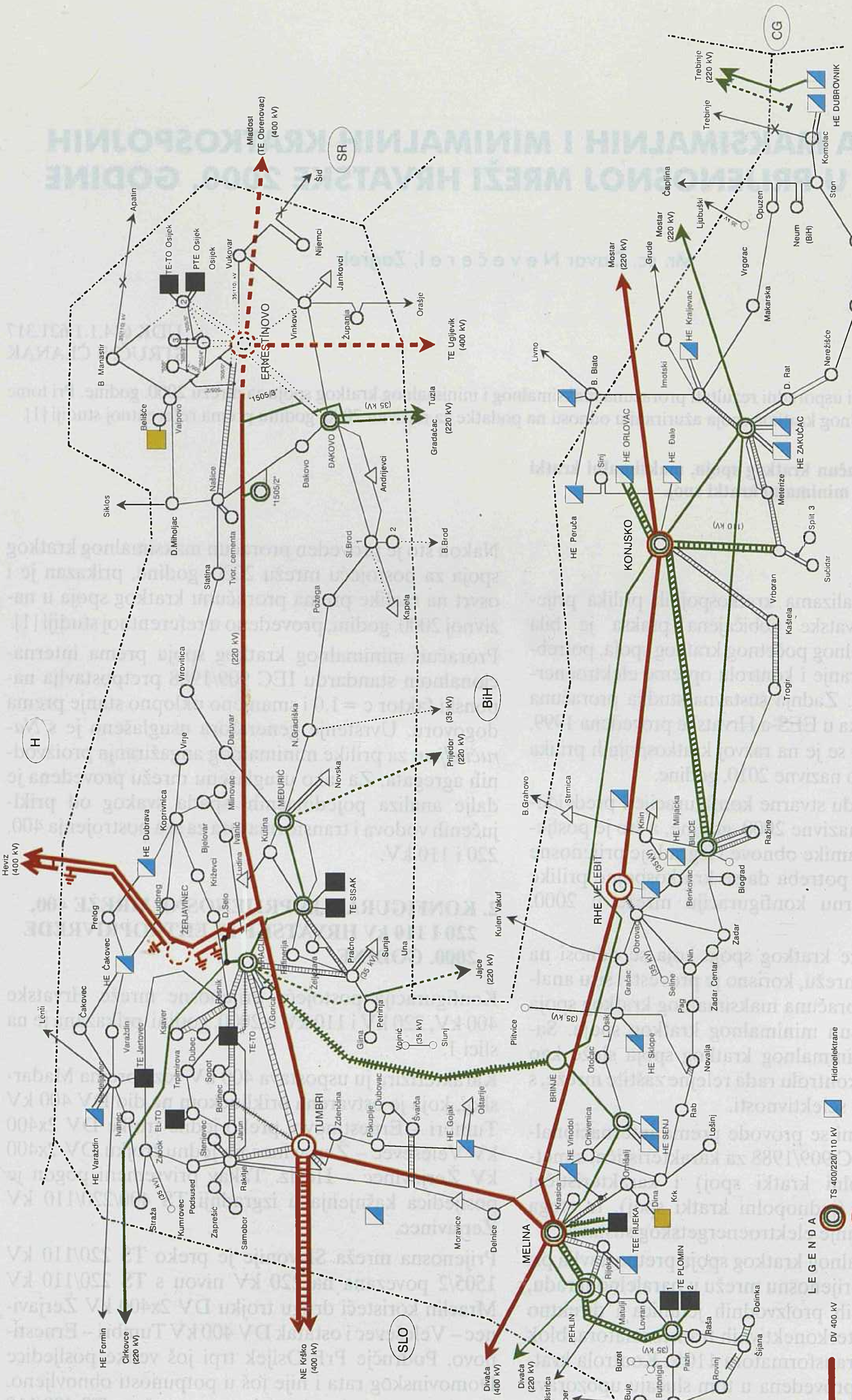
Proračun minimalnog kratkog spoja prema internacionalnom standardu IEC 909/1988 pretpostavlja naponski faktor c = 1.0 i smanjeno uklopno stanje prema dogovoru. Uvrštenje generatora usuglašeno je s *Naručiteljem* za prilike minimalnog angažiranja proizvodnih agregata. Za tako usuglašenu mrežu provedena je dalje analiza pojedinačnih ispada svakog od priključenih vodova i transformatora za sva postrojenja 400, 220 i 110 kV.

2. KONFIGURACIJA PRIJENOSNE MREŽE 400, 220 I 110 kV HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE 2000. GODINE

Konfiguracija postojeće prijenosne mreže Hrvatske 400 kV, 220 kV i 110 kV u 2000. godini prikazana je na slici 1.

Karakterizira ju uspostava 400 kV veze prema Mađarskoj, koja je ostvarena priključkom na dio DV 400 kV Tumbri – Ernestinovo, preko jedne trojke DV 2x400 kV Veleševec – Žerjavinec na jednu trojku DV 2x400 kV Žerjavinec – Heviz. Takav privremeni pogon je posljedica kašnjenja u izgradnji TS 400/220/110 kV Žerjavinec.

Prijenosna mreža Slavonije je preko TS 220/110 kV 1505/2 povezana na 220 kV nivou s TS 220/110 kV Mraclin koristeći drugu trojku DV 2x400 kV Žerjavinec – Veleševec i ostatak DV 400 kV Tumbri – Ernestinovo. Područje PrP Osijek trpi još velike posljedice Domovinskog rata i nije još u potpunosti obnovljeno. Posebno se to odnosi na obnovu porušene TS 400/110 kV Ernestinovo, koja se planira obnoviti uz međunarodnu pomoć.



Slika 1. Prijenosna mreža 400 – 220 – 110 kV EES Hrvatske – stanje 2000. godine

Prijenosnu mrežu 2000. godine karakteriziraju ulasci novih proizvodnih objekata u pogon, TE Plomin 2 snage 247 MVA i novih agregata u postrojenju 110 kV TE-TO Zagreb snage 3x80 MVA.

Povezivanje s prijenosnom mrežom 400 i 220 kV BiH i SR još nije u potpunosti uspostavljeno (posljedice ratnih razaranja). U pogonu su jedino vodovi 220 kV Đakovo – Tuzla, Konjsko – Mostar (DV 400 kV privremeno pod naponom 220 kV) i Zakučac – Mostar.

3. PRORAČUN UKUPNIH VELIČINA NAJVEĆIH MOGUĆIH POČETNIH STRUJA TROPOLNOG I JEDNOPOLNOG KRATKOG SPOJA

Proračun maksimalnog kratkog spoja proveden je prema [2] i [3], uz pretpostavku napona prije nastanka kvara jednakim nazivnom naponu pomnoženom s naponskim faktorom c = 1.1 Treba naglasiti da proračun maksimalnog kratkog spoja predstavlja skup od N proračuna (gdje je N=broj čvorova mreže) koji predstavljaju maksimalne kratkospojne prilike u svakom od razmatranih čvorova.

Struje u čvorištu k gdje je nastao kvar određuju se prema matričnom izrazu:

$$\underline{\mathbf{I}}_{k(F)}^{sim} = \underline{\mathbf{Y}}_F^{sim}(1 + \underline{\mathbf{Z}}_{kk}^{sim}\,\underline{\mathbf{Y}}_F^{sim})^{-1}\underline{\mathbf{E}}_{k(0)}^{sim} \qquad (3.1)$$

Struje u granama i-j se dalje određuju prema izrazu:

$$\underline{\mathbf{i}}_{ij(k)}^{sim} = \underline{\mathbf{y}}_{i-j}^{sim}(\underline{\mathbf{E}}_{i(k)}^{sim} - \underline{\mathbf{E}}_{j(k)}^{sim}) \qquad (3.2)$$

U izrazima (3.1) i (3.2) pojedine matrice u sustavu simetričnih komponenata (sim) imaju sljedeće značenje:

- $\underline{\mathbf{Z}}_{kk}$ = vlastita impedancija čvorišta k
- $\underline{\mathbf{Z}}_{ik}$ = vlastita impedancija grane i-k
- $\underline{\mathbf{E}}_{k(0)}$ = vektor napona prije nastanka kvara
- $\underline{\mathbf{E}}_{i(k)}$, $\underline{\mathbf{E}}_{j(k)}$ = vektori napona čvorišta i, j
- sim = općenita oznaka za simetrične komponenta
- $\underline{\mathbf{y}}_{i-j}$ = vodljivost grane i-j
- $\underline{\mathbf{Y}}_F$ = matrica kvara [3], sljedećeg iznosa za tropolni i jednopolni kratki spoj:

tropolni kratki spoj

y_F			
	0	0	0
	0	1	0
	0	0	1

jednopolni kratki spoj

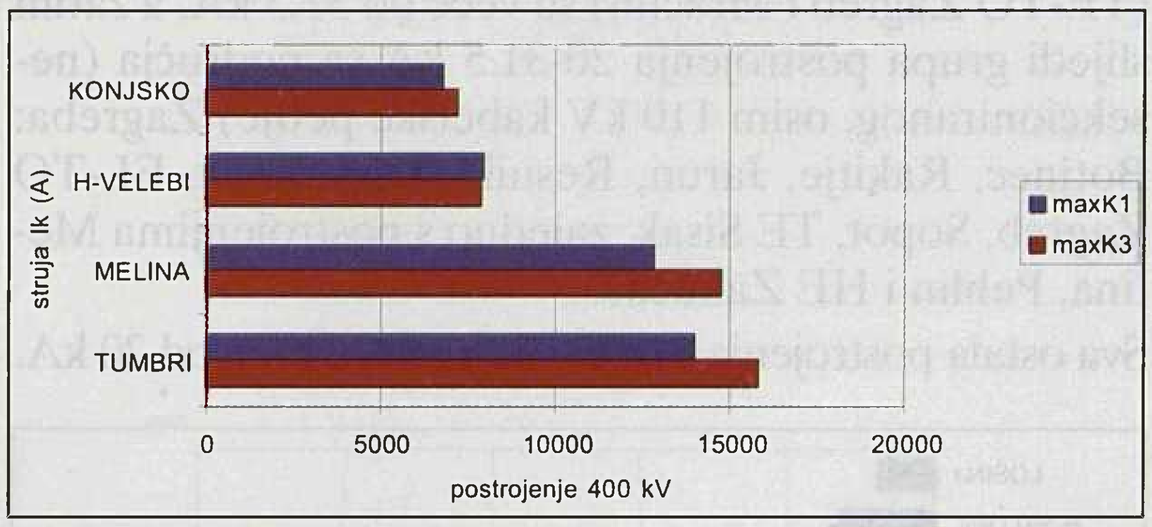
$y_F/3$			
	1	1	1
	1	1	1
	1	1	1

Relacija između faznih i simetričnih veličina opisana je Fortescueovom matricom transformacija $\underline{\mathbf{T}} : \underline{\mathbf{A}}^{faz} = \underline{\mathbf{T}}\,\underline{\mathbf{A}}^{sim}$.

4. REZULTATI PRORAČUNA NAJVEĆIH MOGUĆIH POČETNIH STRUJA TROPOLNOG I JEDNOPOLNOG KRATKOG SPOJA NA SABIRNICAMA 400, 220 I 110 kV PRIJENOSNE MREŽE HEP-a

Kompletni rezultati proračuna najvećih mogućih početnih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja na sabirnicama 400, 220 i 110 kV prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede nalaze se u [6]. Pregled osnovnih podataka proračuna tropolnog i jednopolnog kratkog spoja prikazan je na slikama 2–4.

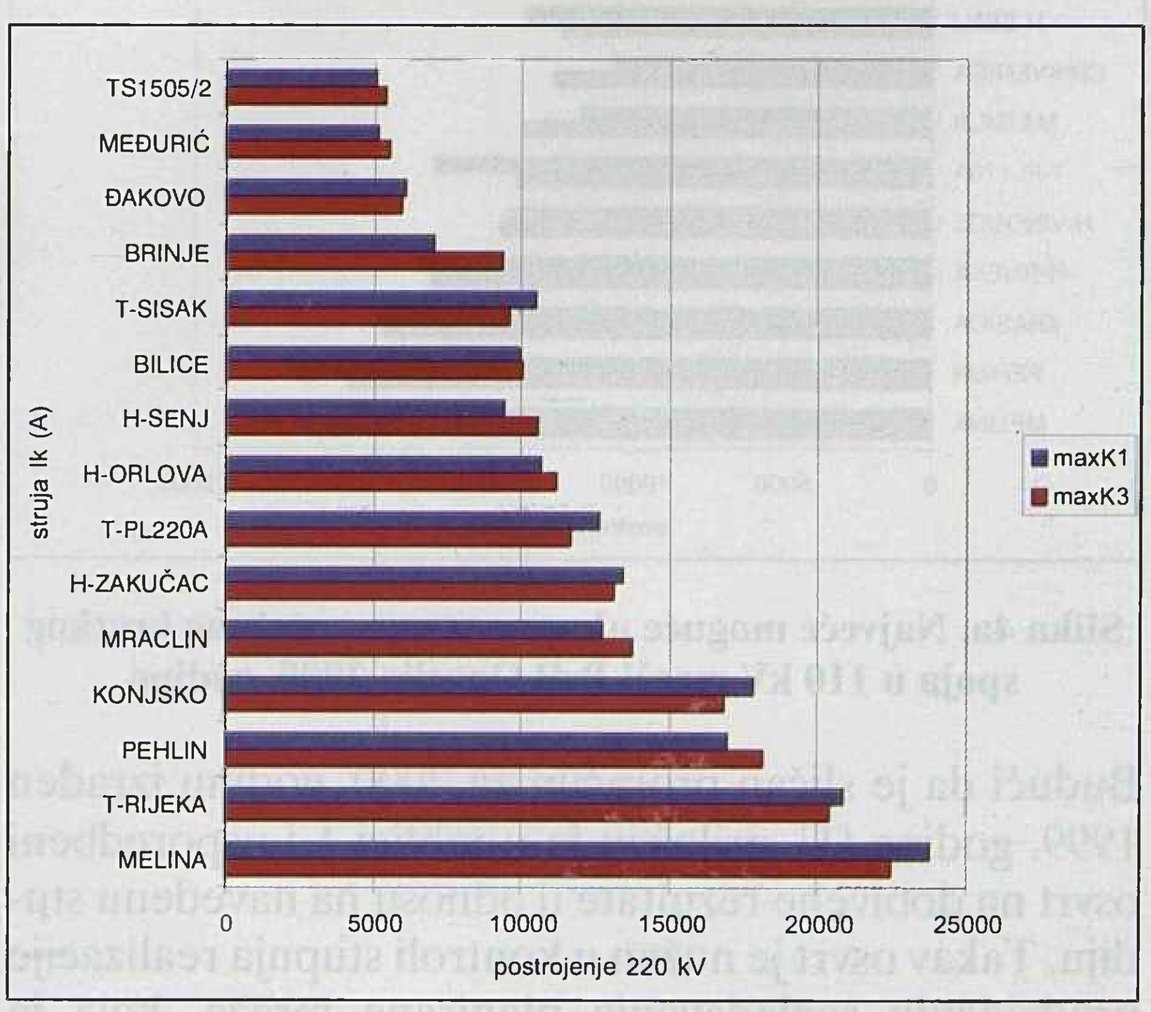
Slika 2 prikazuje rezultate proračuna maksimalnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja u 400 kV mreži Hrvatske elektroprivrede 2000. godine, svrstanih prema kriteriju veličina struja tropolnog kratkog spoja. Radi se o ukupno četiri postrojenja, od kojih se postrojenja Tumbri i Melina na pragu od 16 kA, dok se preostala dva postrojenja H-Velebit i Konjsko još ne dosižu 10 kA (TS Konjsko još nema uspostavljenu 400 kV vezu sa Mostarom).



Slika 2. Najveće moguće ukupne struje kratkog spoja u kV mreži HEP-a

Karakteristično je za kratkospojne prilike u 400 kV mreži Hrvatske, da su struje početnog tropolnog kratkog spoja uglavnom veće od struja jednopolnog kratkog spoja, što je posljedica nedostatka izvora na 400 kV nivou prijenosnog sustava HEP-a.

Slika 3 prikazuje rezultate proračuna maksimalnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja u 220 kV mreži Hrvatske elektroprivrede 2000. godine, svrstanih prema kriteriju veličina struja tropolnog kratkog spoja. Radi se o ukupno petnaest postrojenja, gdje svega dva postrojenja (Melina i TE Rijeka) prelaze prag od 20 kA, sljedeća dva (Pehlin i Konjsko) se nalaze u grupi 16-20 kA, dok su sva ostala postrojenja ispod praga od 16 kA.

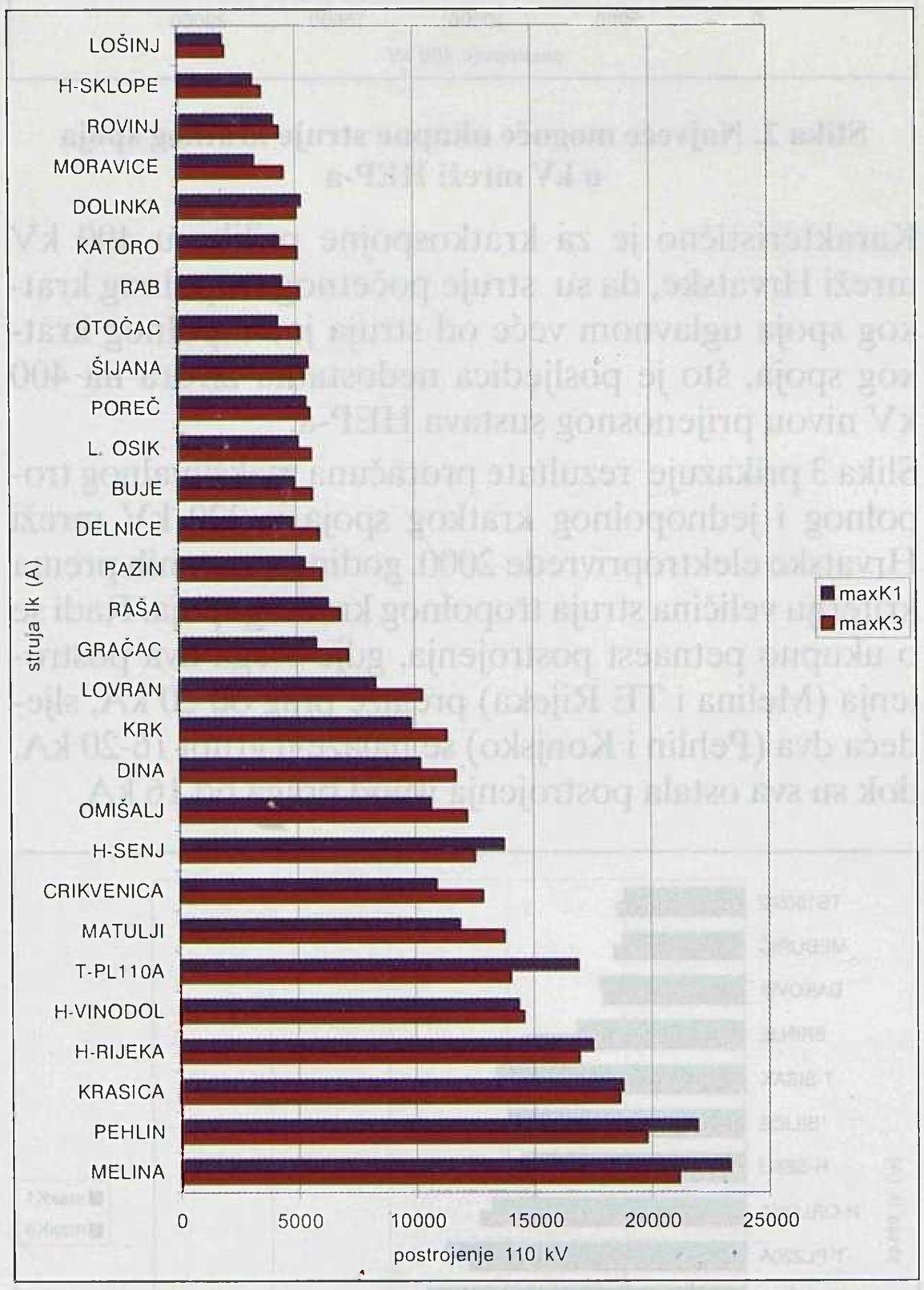


Slika 3. Najveće moguće ukupne struje početnog kratkog spoja u mreži 220 kV HEP-a

Kratkospojne prilike u 220 kV mreži Hrvatske karakteriziraju uglavnom veće struje početnog jednopolnog kratkog spoja u odnosu na struje tropolnog kratkog spoja, što je posljedica veće izgrađenosti izvora na 220 kV nivou prijenosnog sustava HEP-a u kombinaciji sa simetričkim karakteristikama interkonektivnih transformatora.

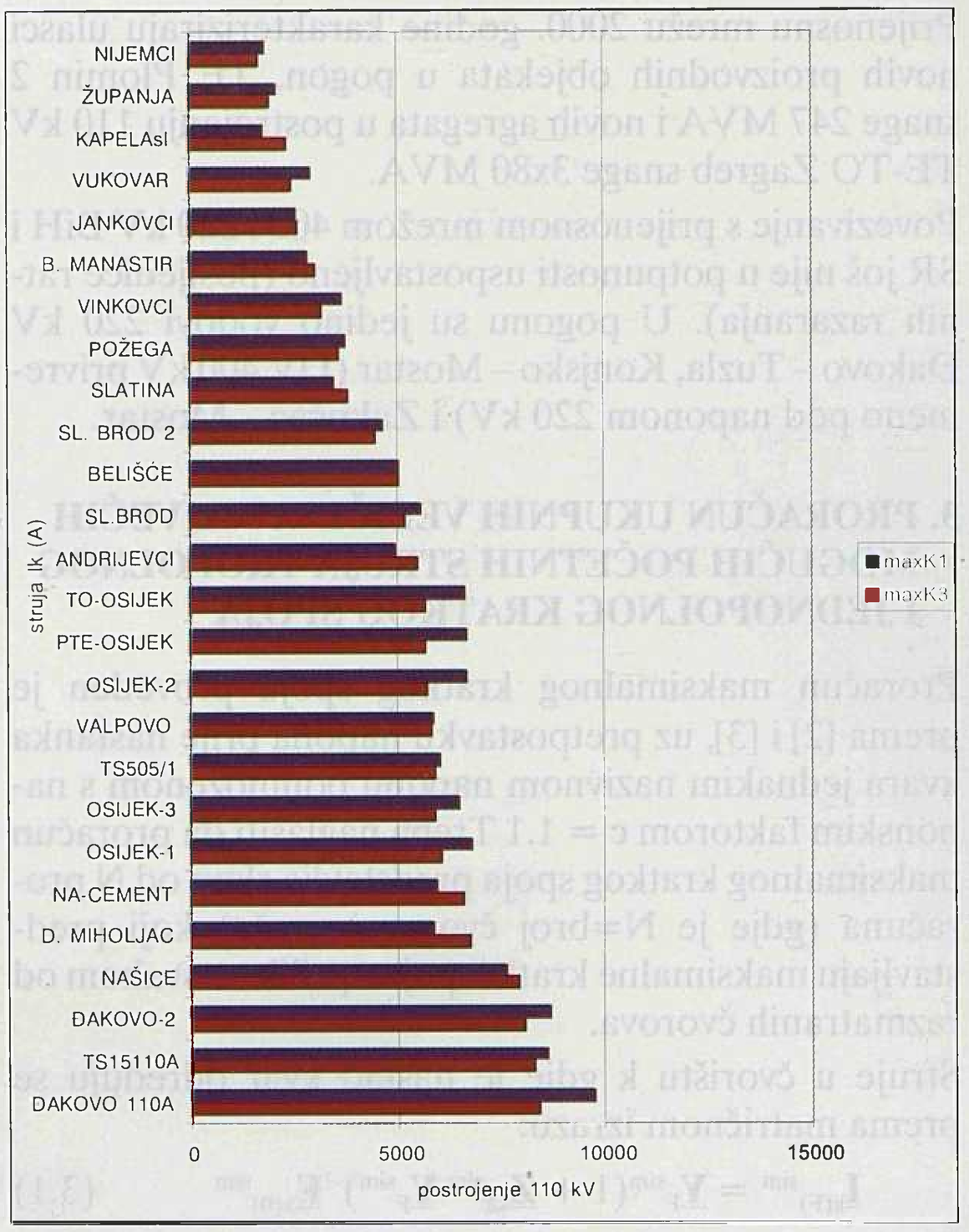
Dalje slijedi slika 4 (podijeljena na četiri elektroprijenosna područja PrP Osijek, Opatija, Split i Zagreb) koja se odnosi na prilike u 110 kV mreži Hrvatske elektroprivrede. Najveće struje kratkog spoja su u TS Tumbri (na pragu 40 kA), kod sljedeća dva postrojenja (TE-TO Zagreb i Mraclin) su veće od 31.5 kA, a zatim slijedi grupa postrojenja 20-31.5 kA sa područja (nesekcioniranog, osim 110 kV kabelske petlje) Zagreba: Botinec, Rakitje, Jarun, Resnik, Trpimirova, EL-TO Zagreb, Sopot, TE Sisak, zajedno s postrojenjima Melina, Pehlin i HE Zakučac.

Sva ostala postrojenja 110 kV ne prelaze prag od 20 kA.

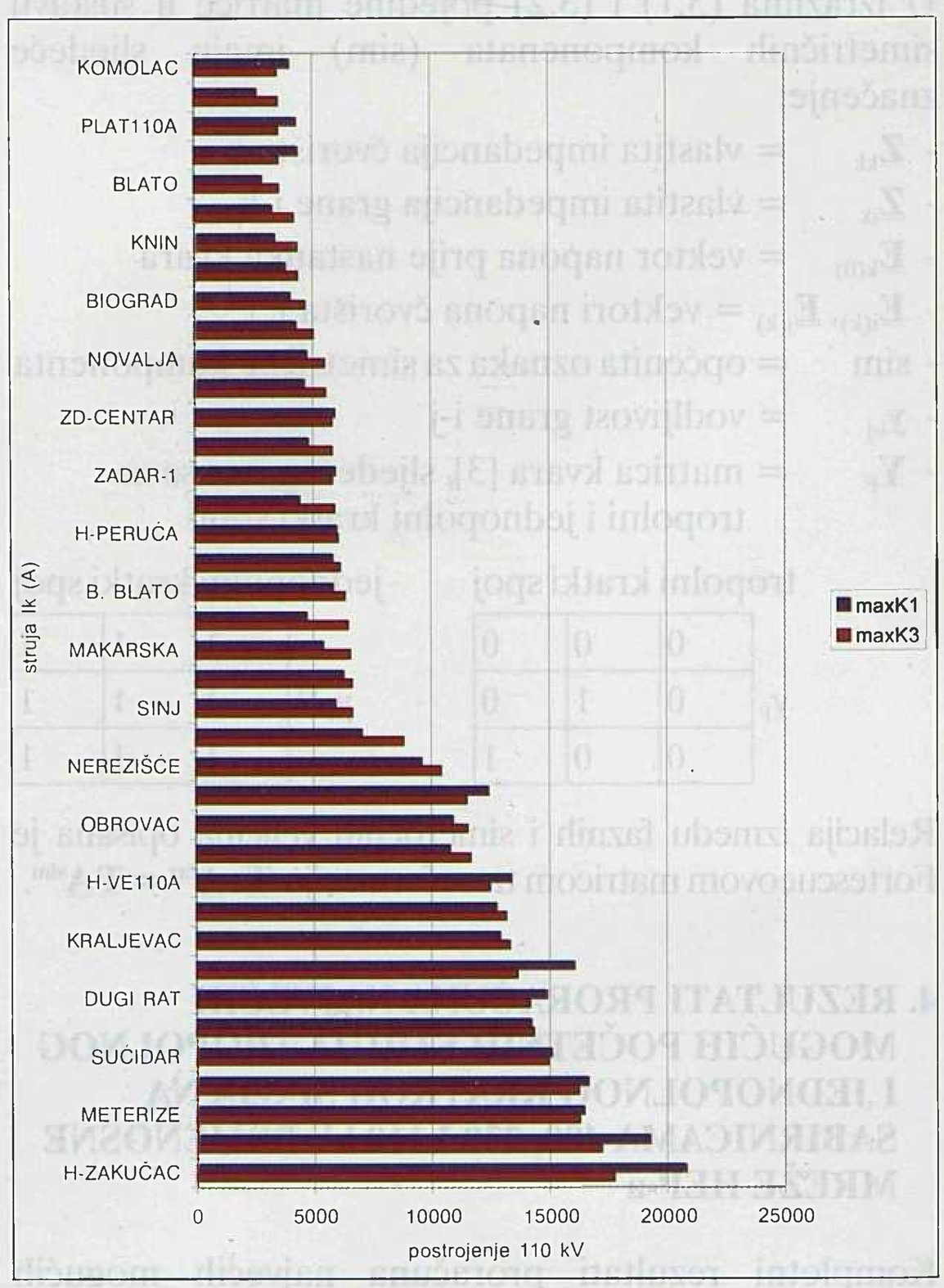


Slika 4a. Najveće moguće ukupne struje početnog kratkog spoja u 110 kV mreži PrP Opatija 2000. godine

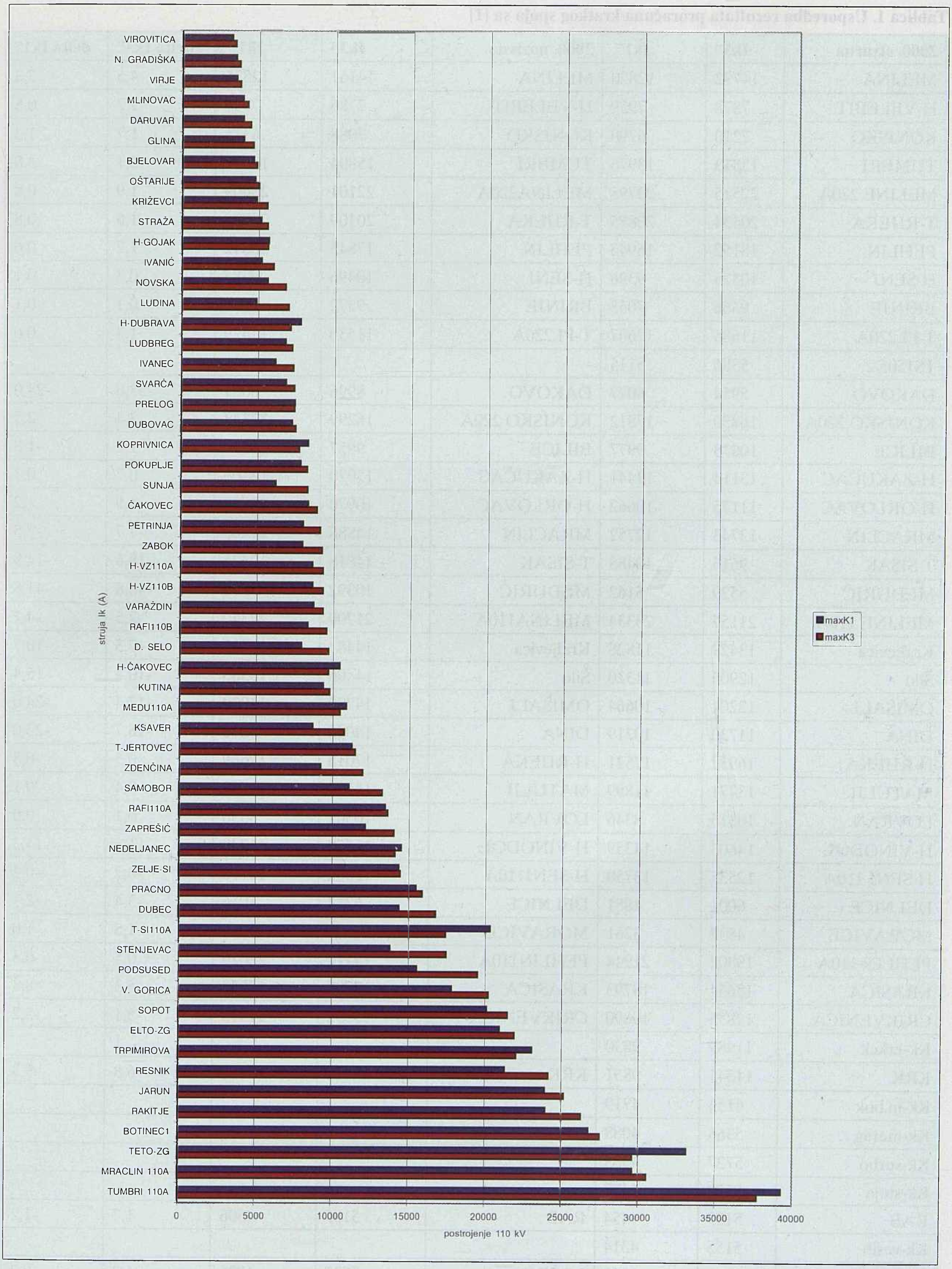
Budući da je sličan proračun za 2000. godinu izrađen 1999. godine [1], priložen je u tablici 1 i usporedbeni osvrt na dobivene rezultate u odnosu na navedenu studiju. Takav osvrt je nužan u kontroli stupnja realizacije predviđenih sagledavanja planirane mreže, koja je sada polazište za usporedbu s rezultatima minimalnog kratkog spoja.



Slika 4b. Najveće moguće ukupne struje početnog kratkog spoja u 110 kV mreži PrP Osijek



Slika 4c. Najveće moguće ukupne struje početnog kratkog spoja u 110 kV mreži PrP Split 2000. godine



Slika 4d. Najveće moguće ukupne struje početnog kratkog spoja u 110 kV mreži PrP Zagreb 2000.

Tablica 1. Usporedba rezultata proračuna kratkog spoja sa [1]

2000. stvarna	Ik3"	Ik1"	2000. nazivna	Ik3"	Ik1"	delta Ik3"	delta Ik1"
MELINA	14792	12820	MELINA	14161	12535	4,5	2,3
H-VELEBIT	7878	7959	H-VELEBIT	7786	7897	1,2	0,8
KONJSKO	7210	6790	KONJSKO	7088	6711	1,7	1,2
TUMBRI	15813	13976	TUMBRI	15804	14674	0,1	-4,8
MELINE 220A	22515	23795	MELINA220A	22101	23609	1,9	0,8
T-RIJEKA	20434	20885	T-RIJEKA	20109	20725	1,6	0,8
PEHLIN	18152	16945	PEHLIN	17845	16842	1,7	0,6
H-SENJ	10525	9396	H-SENJ	10496	9385	0,3	0,1
BRINJE	9366	7053	BRINJE	9372	7062	-0,1	-0,1
T-PL220A	11685	12607	T-PL220A	11530	12529	1,3	0,6
TS1505/2	5386	5115					
ĐAKOVO	5954	6077	ĐAKOVO	8996	8001	-33,8	-24,0
KONJSKO 220A	16850	17812	KONJSKO 220A	16299	17343	3,4	2,7
BILICE	10073	9977	BILICE	9957	10156	1,2	-1,8
H-ZAKUČAC	13114	13441	H-ZAKUČAC	13020	13400	0,7	0,3
H-ORLOVAC	11175	10662	H-ORLOVAC	10970	10536	1,9	1,2
MRACLIN	13743	12752	MRACLIN	14888	13786	-7,7	-7,5
T-SISAK	9616	10488	T-SISAK	11818	12325	-18,6	-14,9
MEĐURIĆ	5529	5162	MEĐURIĆ	10392	8876	-46,8	-41,8
MELINE 110A	21157	23334	MELINA110A	21709	24340	-2,5	-4,1
Kraljevica	13429	11828	Kraljevica	14484	13239	-7,3	-10,7
Šilo	12905	11320	Šilo	14400	13385	-10,4	-15,4
OMIŠALJ	12204	10664	OMIŠALJ	14780	14029	-17,4	-24,0
DINA	11730	10219	DINA	14090	13276	-16,7	-23,0
H-RIJEKA	16932	17521	H-RIJEKA	17018	17669	-0,5	-0,8
MATULJI	13771	11899	MATULJI	13714	11892	0,4	0,1
LOVRAN	10315	8346	LOVRAN	10301	8350	0,1	0,0
H-VINODOL	14603	14359	H-VINODOL	16550	16748	-11,8	-14,3
H-SENJ 110A	12535	13750	H-SENJ110A	12562	13776	-0,2	-0,2
DELNICE	6001	4881	DELNICE	6214	5016	-3,4	-2,7
MORAVICE	4532	3261	MORAVICE	4601	3294	-1,5	-1,0
PEHLIN 110A	19802	21944	PEHLIN110A	19712	22020	0,5	-0,3
KRASICA	18654	18793	KRASICA	17708	17357	5,3	8,3
CRIKVENICA	12855	10890	CRIKVENICA	13552	11493	-5,1	-5,2
Kk-krkck	11983	9830					
KRK	11345	9851	KRK	12171	10867	-6,8	-9,3
Kk-m.bok	6153	4719					
Kk-merag	5365	4088					
Kk-surbo	5737	4583					
Kk-stoja	5559	4477					
RAB	5193	4454	RAB	5105	4506	1,7	-1,2
Kk-vasib	5155	4314					
LOŠINJ	2011	1913	LOŠINJ	2037	1926	-1,3	-0,7
Karlobag	4813	3881					
Kk-korom	5155	4285					

2000. stvarna	Ik3"	Ik1"	2000. nazivna	Ik3"	Ik1"	delta Ik3"	delta Ik1"
kk-toret	5200	4336					
T-PL110A	14052	16894	T-PL110A	14334	17328	-2,0	-2,5
DOLINKA	5065	5242	DOLINKA	6465	6445	-21,7	-18,7
SIJANA	5376	5532	SIJANA	7599	7644	-29,3	-27,6
BUJE	5700	4959	BUJE	6703	6168	-15,0	-19,6
RAŠA	6857	6359	RAŠA	9384	9249	-26,9	-31,2
PAZIN	6098	5352	PAZIN	7024	6589	-13,2	-18,8
POREČ	5607	5438	POREČ	5998	5812	-6,5	-6,4
ROVINJ	4327	4084	ROVINJ	5337	4854	-18,9	-15,9
KATORO	5097	4341	KATORO	5454	4948	-6,5	-12,3
L. OSIK	5658	5110	L. OSIK	5655	5176	0,1	-1,3
H-SKLOPE	3557	3197	H-SKLOPE	3556	3208	0,0	-0,3
OTOČAC	5197	4262	OTOČAC	5199	4271	0,0	-0,2
GRAČAC	7196	5837	GRAČAC	7231	5955	-0,5	-2,0
TS15110A	8310	8602					
ĐAKOVO110A	8418	9777	ĐAKOVO110A	15999	16315	-47,4	-40,1
OSIJEK-1	6086	6801	OSIJEK-1	15148	15806	-59,8	-57,0
OSIJEK-2	5718	6683	OSIJEK-2	15508	17077	-63,1	-60,9
OSIJEK-3	5940	6508	OSIJEK-3	14699	15799	-59,6	-58,8
TO-OSIJEK	5707	6661	TO-OSIJEK	15385	16869	-62,9	-60,5
PTE-OSIJEK	5713	6668	PTE-OSIJEK	15450	16938	-63,0	-60,6
B. MANASTIR	3019	2861	B. MANASTIR	7654	6580	-60,6	-56,5
D. MIHOLJAC	6768	5882	D. MIHOLJAC	9250	7506	-26,8	-21,6
ĐAKOVO-2	8077	8692	ĐAKOVO-2	13470	12416	-40,0	-30,0
VALPOVO	5839	5902	VALPOVO	9494	8898	-38,5	-33,7
VINKOVCI	3184	3692	VINKOVCI	9442	8867	-66,3	-58,4
ŽUPANJA	1925	2095	ŽUPANJA	3207	3043	-40,0	-31,2
SL. BROD	5194	5583	SL. BROD	8872	8547	-41,5	-34,7
SL. BROD2	4494	4653	SL. BROD2	7707	7092	-41,7	-34,4
POŽEGA	3619	3743	POŽEGA	5101	4771	-29,1	-21,5
NAŠICE	7933	7638	NAŠICE	10619	8755	-25,3	-12,8
SLATINA	3844	3512	SLATINA	5072	4345	-24,2	-19,2
VUKOVAR	2483	2918	VUKOVAR	7973	7601	-68,9	-61,6
NIJEMCI	1682	1814	NIJEMCI	4133	3737	-59,3	-51,5
ANDRIJEVCI	5497	4962	ANDRIJEVCI	8384	6426	-34,4	-22,8
JANKOVCI	2623	2601	JANKOVCI	7171	5898	-63,4	-55,9
KAPELAsl	2365	1784	KAPELAsl	4393	3255	-46,2	-45,2
NA-CEMENT	6590	5964	NA-CEMENT	8342	6652	-21,0	-10,3
BELIŠĆE	5041	5059	BELIŠĆE	7355	6819	-31,5	-25,8
TS505/1	5929	6041					
H-VE110A	12500	13417	H-VE110A	12466	13418	0,3	0,0
ZADAR-1	5830	5968	ZADAR-1	5822	6274	0,1	-4,9
BILIBRIG	5814	5925	BILIBRIG	5805	6238	0,2	-5,0
ZD-CENTAR	5820	5953	ZD-CENTAR	5812	6272	0,1	-5,1
NIN	6160	5838	NIN	6147	6135	0,2	-4,8
Kk-kulin	5571	4933					

2000. stvarna	Ik3"	Ik1"	2000. nazivna	Ik3"	Ik1"	delta Ik3"	delta Ik1"
Kk-selin	5523	4871					
PAG	5032	4313	PAG	5009	4458	0,5	-3,3
Kk-deda	5219	4373					
NOVALJA	5536	4773	NOVALJA	5494	5106	0,8	-6,5
OBROVAC	11568	10930	OBROVAC	11554	11023	0,1	-0,8
BIOGRAD	4703	4081	BIOGRAD	4700	4120	0,1	-0,9
BENKOVAC	5932	4441	BENKOVAC	5930	4771	0,0	-6,9
STRMICA	3564	2660	STRMICA	3214	2476	10,9	7,4
KONJSKO 110A	17249	19298	KONJSKO 110A	17299	19395	-0,3	-0,5
H-ZA110A	17760	20820	H-ZA110A	18070	21184	-1,7	-1,7
H-ĐALE	6661	6303	H-ĐALE	6666	6308	-0,1	-0,1
METERIZE	16301	16485	METERIZE	16430	17043	-0,8	-3,3
SUĆIDAR	14971	15112	SUĆIDAR	15303	16152	-2,2	-6,4
Pujanke	15070	15172					
VISOKA	14346	14240	VISOKA	16046	17005	-10,6	-16,3
KAST110A	11690	10794	KAST110A	11848	10939	-1,3	-1,3
VRBORAN	16251	16667	VRBORAN	16368	17381	-0,7	-4,1
DUGI RAT	14186	14896	DUGI RAT	14456	15227	-1,9	-2,2
Kk-d.rat	14002	14672	kk-d.rat	14267	14996	-1,9	-2,2
Kk-posti	10901	9732	kk-posti	11104	9957	-1,8	-2,3
Kk-lozna	11973	11685	kk-lozna	12198	11956	-1,8	-2,3
NEREZIŠĆE	10427	9620	NEREZIŠĆE	10664	9991	-2,2	-3,7
Kk-slati	7153	5908	kk-slati	7372	6141	-3,0	-3,8
Kk-travn	6666	5466	kk-travn	6886	5703	-3,2	-4,2
STARIGRAD	5563	4664	STARIGRAD	5788	4921	-3,9	-5,2
kk-medve	4355	3399	kk-medve	4606	3741	-5,4	-9,1
kk-prapa	3919	3041	kk-prapa	4191	3451	-6,5	-11,9
BLATO	3602	2875	BLATO	3913	3431	-7,9	-16,2
kk-strec	3263	2492	KORČULA	3792	3167	-14,0	-21,3
kk-perna	3259	2489	kk-perna	3800	3157	-14,2	-21,2
STON	4380	3889	STON	7567	6157	-42,1	-36,8
IMOTSKI	6483	4734	IMOTSKI	6543	4759	-0,9	-0,5
KRALJEVAC	13349	12912	KRALJEVAC	13607	13100	-1,9	-1,4
H-KRALJEVICA	13192	12755	H-KRALJE	13443	12938	-1,9	-1,4
TROGIR	8836	7056	TROGIR	9112	7337	-3,0	-3,8
H-PERUĆA	6079	6021	H-PERUĆA	6101	6155	-0,4	-2,2
B. BLATO	6352	5866	B. BLATO	6394	5898	-0,7	-0,5
SINJ	6666	5972	SINJ	6690	6448	-0,4	-7,4
MAKARSKA	6568	5448	MAKARSKA	6730	5609	-2,4	-2,9
BILI110A	13667	16079	BILI110A	13665	16683	0,0	-3,6
RAZINE	11511	12436	RAZINE	12889	15466	-10,7	-19,6
KNIN	4368	3440	KNIN	3692	3032	18,3	13,5
KNIN-evp	4228	3308	KNIN-evp	3591	2928	17,7	13,0
OPUZEN	5829	4820	OPUZEN	6656	5570	-12,4	-13,5
KOMOLAC	3528	4053	KOMOLAC	10883	10268	-67,6	-60,5
PLAT110A	3574	4324	PLAT110A	11882	13469	-69,9	-67,9

2000. stvarna	Ik3"	Ik1"	2000. nazivna	Ik3"	Ik1"	delta Ik3"	delta Ik1"
H-DUBROVNIK	3584	4377	H-DUBROVNIK	11423	12792	-68,6	-65,8
MEDU110A	10437	10865	MEDU110A	13170	13274	-20,8	-18,1
NOVSKA	6769	5579	NOVSKA	7826	6158	-13,5	-9,4
IVANIĆ	5956	5185	IVANIĆ	5961	5461	-0,1	-5,1
N. GRADIŠKA	3735	3503	N. GRADIŠKA	6731	5564	-44,5	-37,0
DARUVAR	4441	3967	DARUVAR	5466	4612	-18,8	-14,0
KUTINA	9769	9342	KUTINA	11020	10166	-11,4	-8,1
KOPRIVNICA	7671	8255	KOPRIVNICA	9473	9726	-19,0	-15,1
LUDBREG	7207	6775	LUDBREG	7980	7000	-9,7	-3,2
VIROVITI	3469	3233	VIROVITI	5933	5556	-41,5	-41,8
VIRJE	3767	3534	VIRJE	6037	5305	-37,6	-33,4
KRIŽEVCI	5527	4838	KRIŽEVCI	6278	5320	-12,0	-9,1
BJELOVAR	4846	4644	BJELOVAR	5135	5010	-5,6	-7,3
MLINOVAC	4250	3950	MLINOVAC	4471	4292	-4,9	-8,0
H-ČAKOVEC	9685	10397	H-ČAKOVEC	10514	11057	-7,9	-6,0
ČAKOVEC	8856	8272	ČAKOVEC	9280	8721	-4,6	-5,1
PRELOG	7361	7384	PRELOG	8025	7984	-8,3	-7,5
H-DUBRAV	7083	7757	H-DUBRAV	7890	8443	-10,2	-8,1
NEDELJAN	14092	14487	NEDELJAN	14635	14912	-3,7	-2,9
IVANEC	7287	6100	IVANEC	7415	6164	-1,7	-1,0
H-VZ110A	9276	8594	H-VZ110A	9497	8729	-2,3	-1,5
H-VZ110B	9284	8603	H-VZ110B	9500	8734	-2,3	-1,5
VARAŽDIN	9293	8673	VARAŽDIN	9667	8900	-3,9	-2,6
ZABOK	9194	7944	ZABOK	9306	8020	-1,2	-0,9
T-JERTOV	11451	11245	T-JERTOV	12838	12354	-10,8	-9,0
STRAŽA	5570	5146	STRAŽA	5627	5181	-1,0	-0,7
T-SI110A	17409	20310	T-SI110A	18515	21474	-6,0	-5,4
PRACNO	15860	15466	PRACNO	16231	16145	-2,3	-4,2
SUNJA	8233	6147	SUNJA	8339	6253	-1,3	-1,7
PETRINJA	9074	7973	PETRINJA	9197	8322	-1,3	-4,2
RAFI110A	13589	13428	RAFI110A	14259	13927	-4,7	-3,6
RAFI110B	9546	8306	RAFI110B	9684	8466	-1,4	-1,9
ZELJE-SI	14429	14327	ZELJE-SI	14985	14836	-3,7	-3,4
GLINA	4613	4001	GLINA	4645	4063	-0,7	-1,5
POKUPLJE	8204	7780	POKUPLJE	8140	7745	0,8	0,5
H-GOJAK	5606	5641	H-GOJAK	5825	5820	-3,8	-3,1
OSTARIJE	4984	4743	OSTARIJE	5157	4869	-3,4	-2,6
ZDENCINA	11946	9201	ZDENCINA	11515	9039	3,7	1,8
SVARČA	7343	6808	SVARČA	7265	6765	1,1	0,6
DUBOVAC	7440	7205	DUBOVAC	7369	7164	1,0	0,6
TUMB110A	37736	39299	TUMB110A	32875	35994	14,8	9,2
RESNIK	24141	21278	RESNIK	28190	25799	-14,4	-17,5
TETO-ZG	29620	33128	TETO-ZG	29637	33457	-0,1	-1,0
LUDINA	6948	4859	LUDINA	7167	4939	-3,1	-1,6
MRAC110A	30558	29628	MRAC110A	26394	26720	15,8	10,9
SOPOT	21472	20101	SOPOT	20365	18850	5,4	6,6

2000. stvarna	Ik3"	Ik1"	2000. nazivna	Ik3"	Ik1"	delta Ik3"	delta Ik1"
JARUN	25138	23909	JARUN	18514	18449	35,8	29,6
ELTO-ZG	21920	20945	ELTO-ZG	16900	16913	29,7	23,8
RAKITJE	26280	23938	RAKITJE	21754	21325	20,8	12,3
STENJEVAC	17447	13764	STENJEVAC	15336	12861	13,8	7,0
PODSUSED	19500	15543	PODSUSED	17189	14930	13,4	4,1
SAMOBOR	13215	11053	SAMOBOR	11971	10465	10,4	5,6
V. GORICA	20202	17810	V. GORICA	18297	16730	10,4	6,5
D. SELO	9684	7919	D. SELO	14840	12630	-34,7	-37,3
ZAPREŠIĆ	14010	12117	ZAPREŠIĆ	12619	11412	11,0	6,2
KSAVER	10735	8678	KSAVER	11946	8466	-10,1	2,5
DUBEC	16742	14352	DUBEC	24964	21858	-32,9	-34,3
BOTINEC1	27502	26759	BOTINEC1	19171	18197	43,5	47,1
TRPIMIROVA	22035	23072	TRPIMIROVA	22059	23394	-0,1	-1,4
TRPIMIRx	19043	17910	TRPIMI-X	15142	14919	25,8	20,0

Iz gornjeg pregleda je vidljivo u kojoj mjeri nisu realizirani planovi razvoja prijenosne mreže za današnje stanje mreže 2000. godine. Zato uvodimo i često navođeni pojam "nazivne" mreže, koja je vezana uz zadanu topologiju i stupanj izgrađenosti mreže u proizvodnji, prijenosu i distribuciji.

Konstatirajmo u našem slučaju razlike između postojeće 2000. godine i nazivne 2000. godine iz [1]:

- 400 kV mreža Hrvatske 2000. godine sadržava (u zagradi su brojke iz mreže nazivne 2000. godine):4 postrojenja 400 kV (6),
- 220 kV mreža Hrvatske 2000. godine sadržava (u zagradi su brojke iz mreže nazivne 2000. godine):15 postrojenja 220 kV (16),
- 110 kV mreža Hrvatske 2000. godine na području sva četiti prijenosna poduzeća sadržava (u zagradi su brojke iz mreže nazivne 2000. godine), po prijenosnim poduzećima:

PrP Opatija 29 postrojenja 110 kV (41),
PrP Osijek 26 postrojenja 110 kV (26),
PrP Split 39 postrojenja 110 kV (43),
PrP Zagreb 56 postrojenja 110 kV (60),

Tako razlike u broju 400 kV postrojenja između stvarne i nazivne 2000. godine dolaze od neizgrađenosti planiranih TS 400/(220)/110 kV Ernestinovo i Žerjavinec, dok razlike u broju 220 kV postrojenja između stvarne i nazivne 2000. godine dolaze od neizgrađenosti planiranih TS Plat i Žerjavinec 220 kV i još i dalje privremenog pogona TS 220/110 kV 1505/2.

Razlike u broju 110 kV postrojenja između stvarne i nazivne 2000. godine dolaze od neizgrađenosti planiranih TS 110/x kV u nazivnoj 2000. godini, redom:

PrP Opatija: TS Vodnjan i Sušak, EVP Podvezica, Šapjane, Vrata, Plase i Ivani (prelaz elektrovuče na 25 kV izmjenično) i TS Dunat, Karlobag, Butoniga, Buzet i D.Lapac (transformacija trajno izvan pogona)

PrP Osijek: TS Ernestinovo i Osijek 4, uz još dalje privremeni pogon TS 1505/2 i TS 505/1.

PrP Split: TS Dobri, Drniš, Podi i Ploče

PrP Zagreb: TS Siscia, Zerjavinec, Trnje 2 i Volovčica, mreža nije poprečno sekcionirana, osim kabela 110 kV TE-TO Zagreb – EL-TO Zagreb – Jarun.

Na navedenu situaciju dodatno utječu još dva faktora: iako su zbog neostvarenja svih planova izgradnje prijenosne mreže rezultati kratkog spoja sniženi u odnosu na nazivnu 2000. godinu, zbog preciznijeg modeliranja nadomjesne mreže Italije vidi se neznatan porast kratkospojnih struja u PrP Opatija, dok je porast struja kratkog spoja na zagrebačkom području posljedica privremenog paralelnog rada 110 kV mreže Zagreba.

5. PRORAČUN UKUPNIH VELIČINA NAJNIŽIH OČEKIVANIH POČETNIH STRUJA TROPOLNOG I JEDNOPOLNOG KRATKOG SPOJA NA SABIRNICAMA 400, 220 I 110 KV PRIJENOSNE MREŽE HEP

Proračun ukupnih veličina najnižih očekivanih početnih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja proveden je uz sljedeće pretpostavke:

1. proračun minimalnog kratkog spoja proveden je prema IEC 909/1981 uz naponski faktor c =1.0
2. pretpostavljeno je početno stanje sniženog angažiranja elektrana koje odgovara ljetnom minimumu prema tablici 2
3. izračunate su veličine kratkog spoja uz pretpostavku isključenja (neraspoloživosti) redom svake od grana neposredno priključenih na svako razmatrano postrojenje 400, 220 i 110 kV prijenosne mreže HEP-a.

Proračun minimalnog kratkog spoja prema gornjim pretpostavkama proveden je modifikacijom programa RIMA [5]. Za potrebe obrade rezultata otvoren je novi

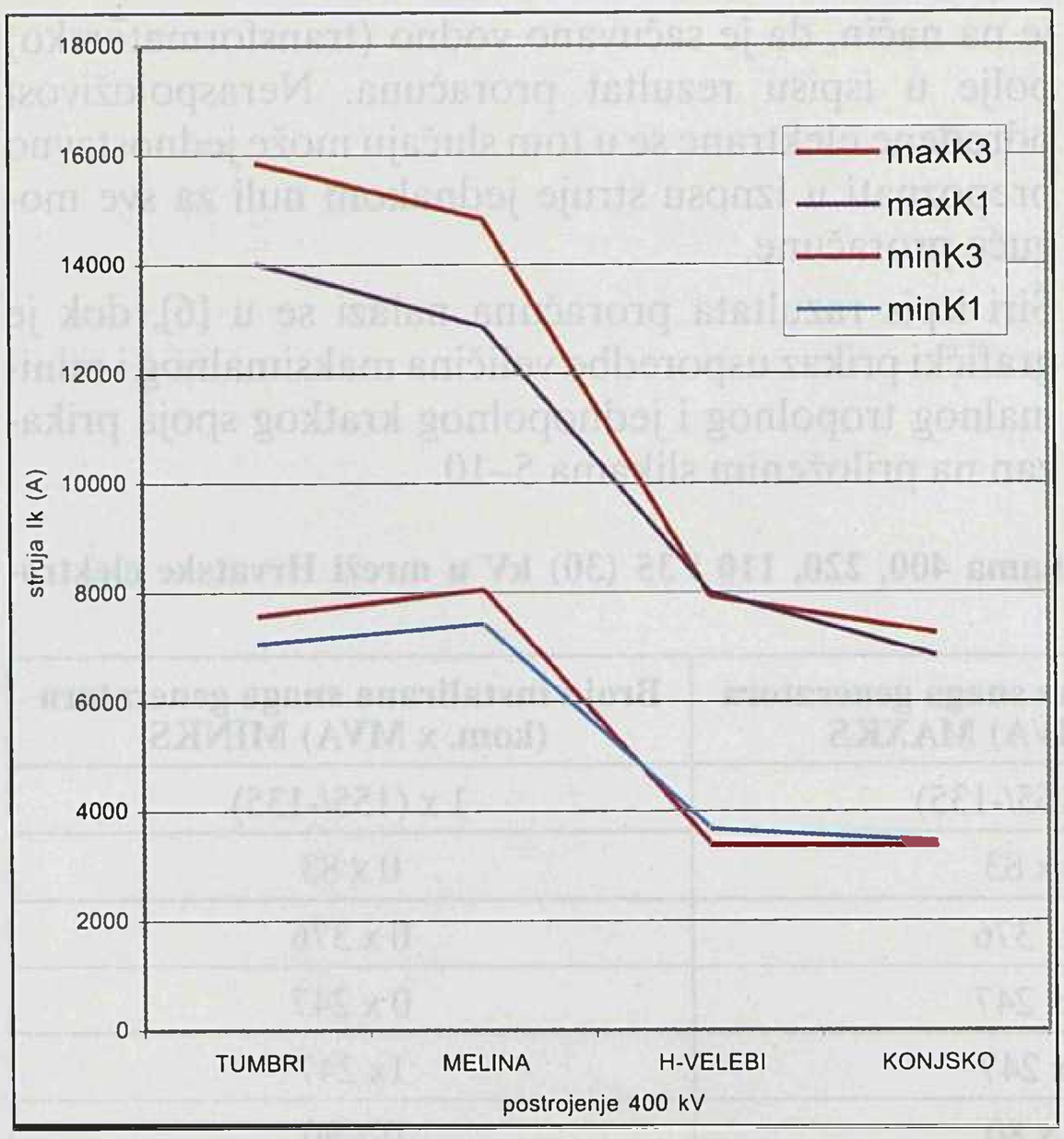
kanal za spremanje karakterističnih rezultata proračuna minimalnog kratkog spoja To su: struja u fazi R tropolnog kratkog spoja i struja 3Io jednopolnog kratkog spoja. Rezultati su paralelno tabelirani, da se jasno može prepoznati ispad pojedinog elementa mreže (u tom slučaju udio iz isključene grane je jednak nuli).

Modifikacija početnog stanja prema pretpostavki 2. (sniženje angažiranja elektrana, tablica 2) provedeno je na način, da je sačuvano vodno (transformatorsko) polje u ispisu rezultat proračuna. Neraspoloživost određene elektrane se u tom slučaju može jednostavno prepoznati u iznosu struje jednakom nuli za sve moguće proračune.

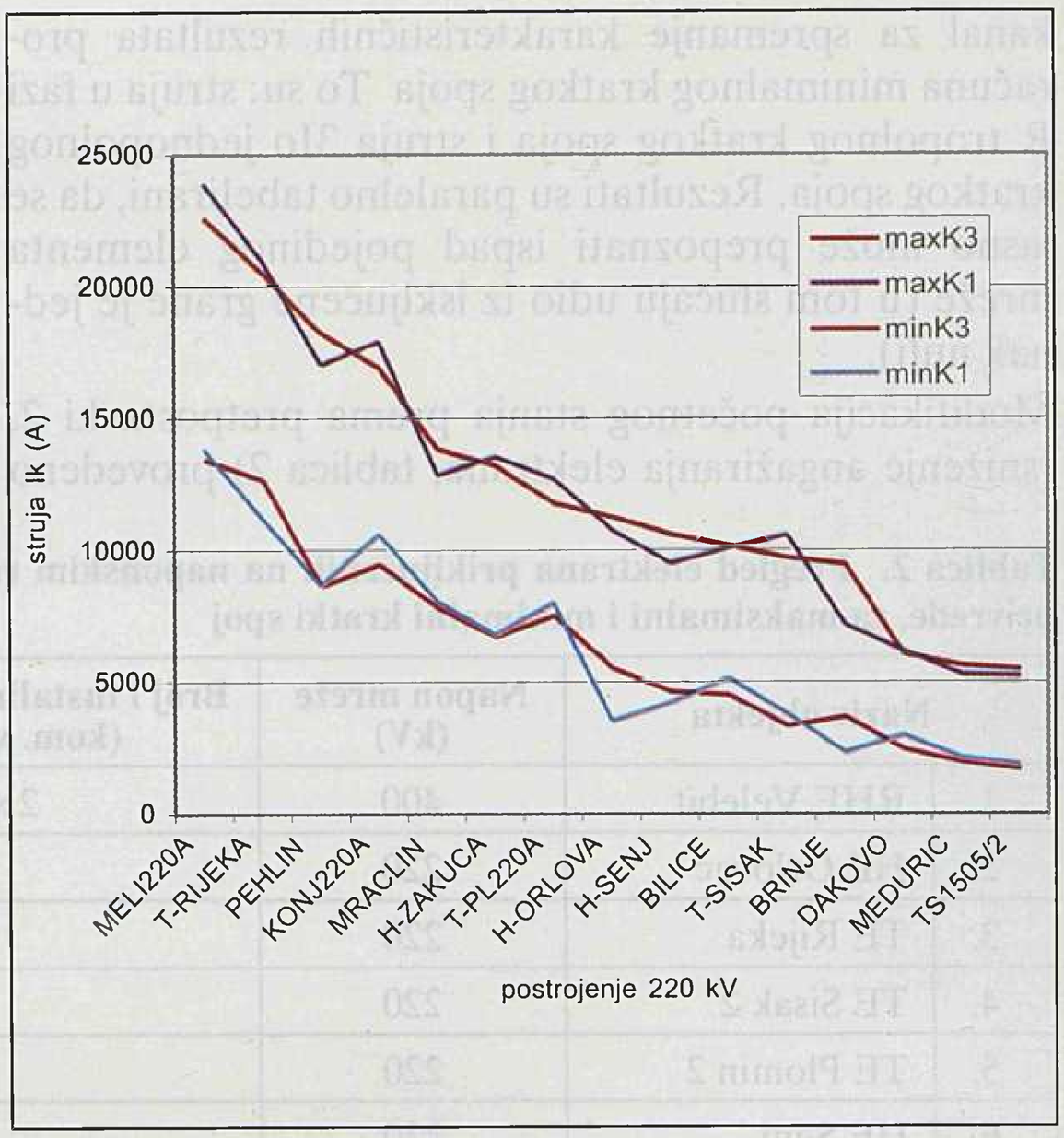
Širi ispis razultata proračuna nalazi se u [6], dok je grafički prikaz usporedbe veličina maksimalnog i minimalnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja prikazan na priloženim slikama 5–10.

Tablica 2. Pregled elektrana priključenih na naponskim razinama 400, 220, 110 i 35 (30) kV u mreži Hrvatske elektroprivrede, za maksimalni i minimalni kratki spoj

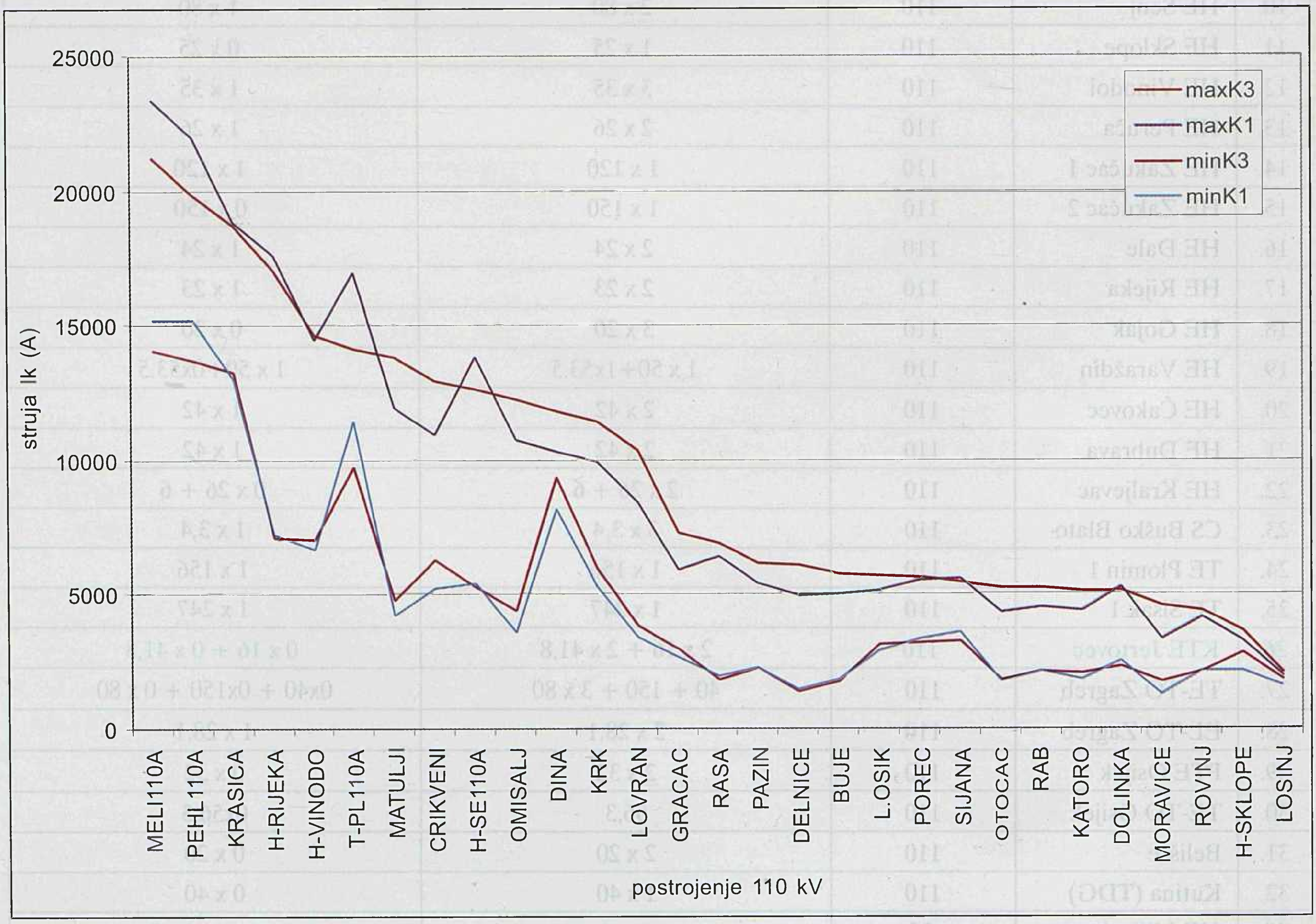
Naziv objekta		Napon mreže (kV)	Broj i instalirana snaga generatora (kom. x MVA) MAXKS	Broj i instalirana snaga generatora (kom. x MVA) MINKS
1.	RHE Velebit	400	2 x (155/-135)	1 x (155/-135)
2.	HE Orlovac	220	3 x 83	0 x 83
3.	TE Rijeka	220	1 x 376	0 x 376
4.	TE Sisak 2	220	1 x 247	0 x 247
5.	TE Plomin 2	220	1x 247	1x 247
6.	HE Senj	220	1 x 80	0 x 80
7.	HE Zakučac 1	220	1 x 120	1 x 120
8.	HE Zakučac 2	220	1 x 150	0 x 150
9.	HE Dubrovnik	110	1 x 120	1 x 120
10.	HE Senj	110	2 x 80	1 x 80
11.	HE Sklope	110	1 x 25	0 x 25
12.	HE Vinodol	110	3 x 35	1 x 35
13.	HE Peruča	110	2 x 26	1 x 26
14.	HE Zakučac 1	110	1 x 120	1 x 120
15.	HE Zakučac 2	110	1 x 150	0 x 150
16.	HE Đale	110	2 x 24	1 x 24
17.	HE Rijeka	110	2 x 23	1 x 23
18.	HE Gojak	110	3 x 20	0 x 20
19.	HE Varaždin	110	1 x 50+1x53.5	1 x 50+0x53.5
20.	HE Čakovec	110	2 x 42	1 x 42
21.	HE Dubrava	110	2 x 42	1 x 42
22.	HE Kraljevac	110	2 x 26 + 6	0 x 26 + 6
23.	CS Buško Blato	110	3 x 3,4	1 x 3,4
24.	TE Plomin 1	110	1 x 156	1 x 156
25.	TE Sisak 1	110	1 x 247	1 x 247
26.	KTE Jertovec	110	2 x 16 + 2 x 41,8	0 x 16 + 0 x 41,8
27.	TE-TO Zagreb	110	40 + 150 + 3 x 80	0x40 + 0x150 + 0 x 80
28.	EL-TO Zagreb	110	2 x 28,1	1 x 28,1
29.	PTE Osijek	110	2 x 32	0 x 32
30.	TE-TO Osijek	110	56,3	0x56,3
31.	Belišće	110	2 x 20	0 x 20
32.	Kutina (TDG)	110	1 x 40	0 x 40
33.	HE Miljacka	35	1 x 6 + 3 x 8	1 x 6 + 0 x 8
34.	EL-TO Zagreb	30	1 x 15,7 + 1 x 37,5	0 x 15,7 + 0 x 37,5
			0,5	



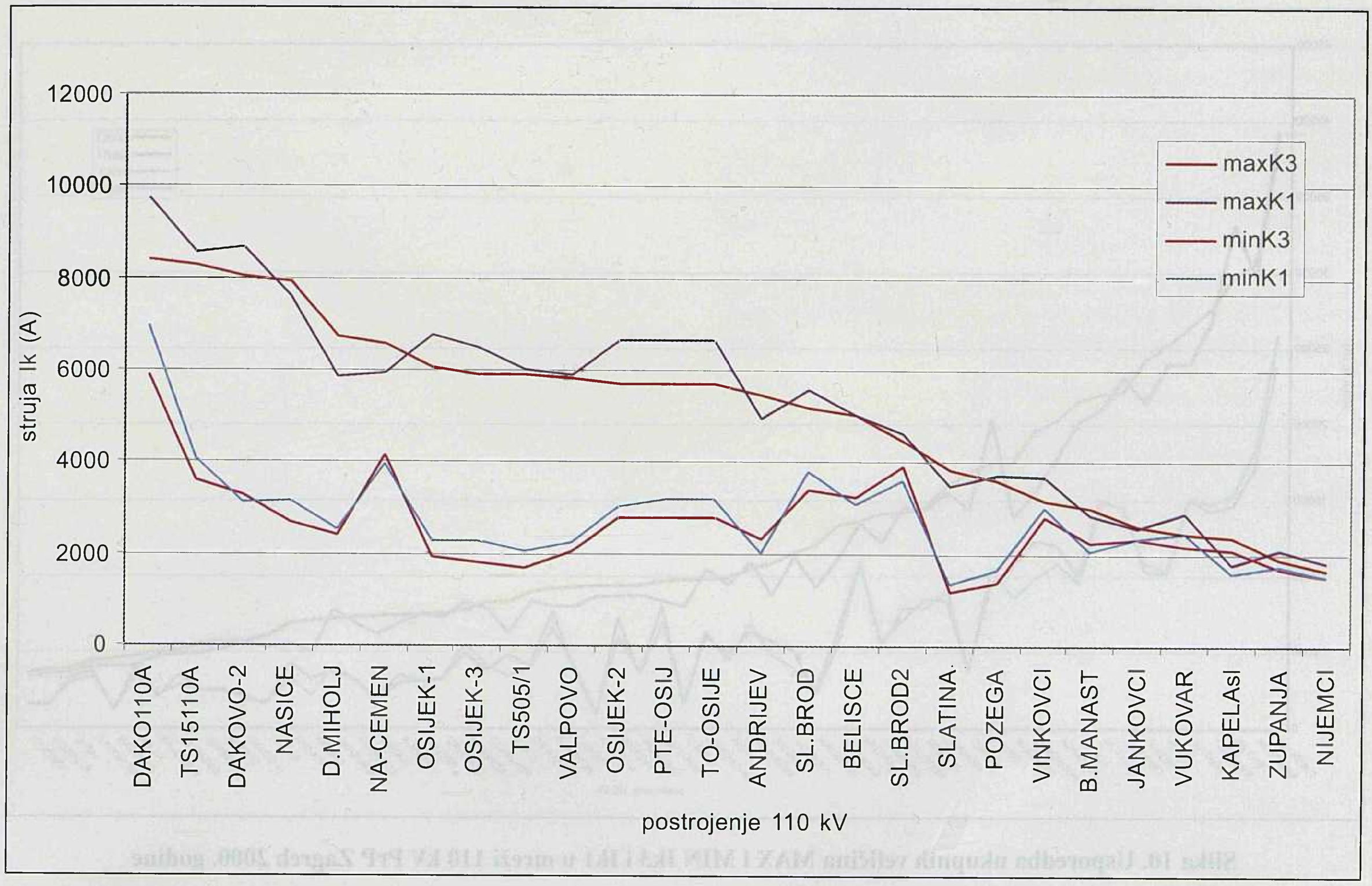
Slika 5. Usporedba ukupnih veličina MAX i MIN Ik3 i Ik1 u 400 kV mreži Hrvatske 2000. godine



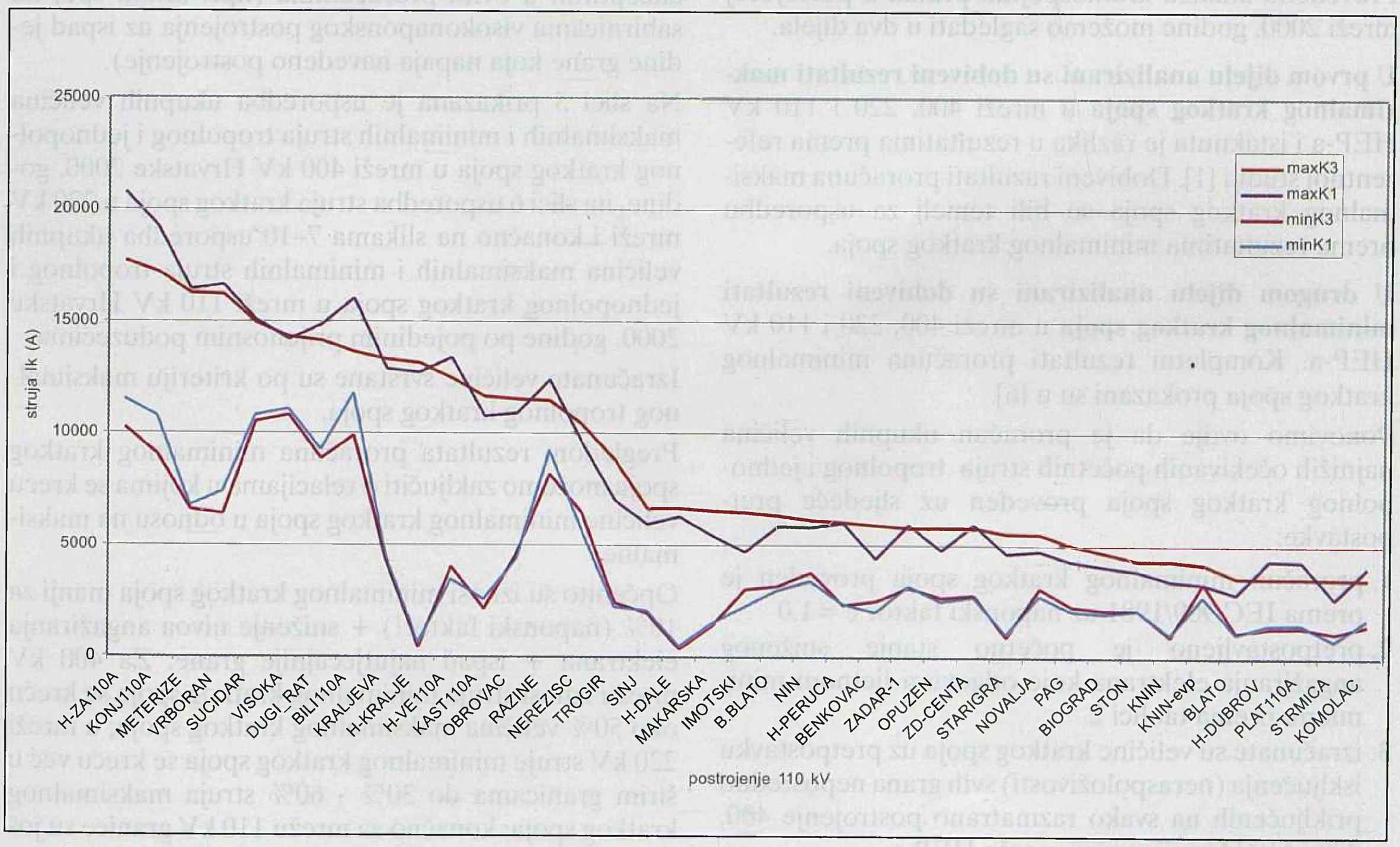
Slika 6. Usporedba ukupnih veličina MAX i MIN Ik3 i Ik1 u 220 kV mreži Hrvatske 2000. godine



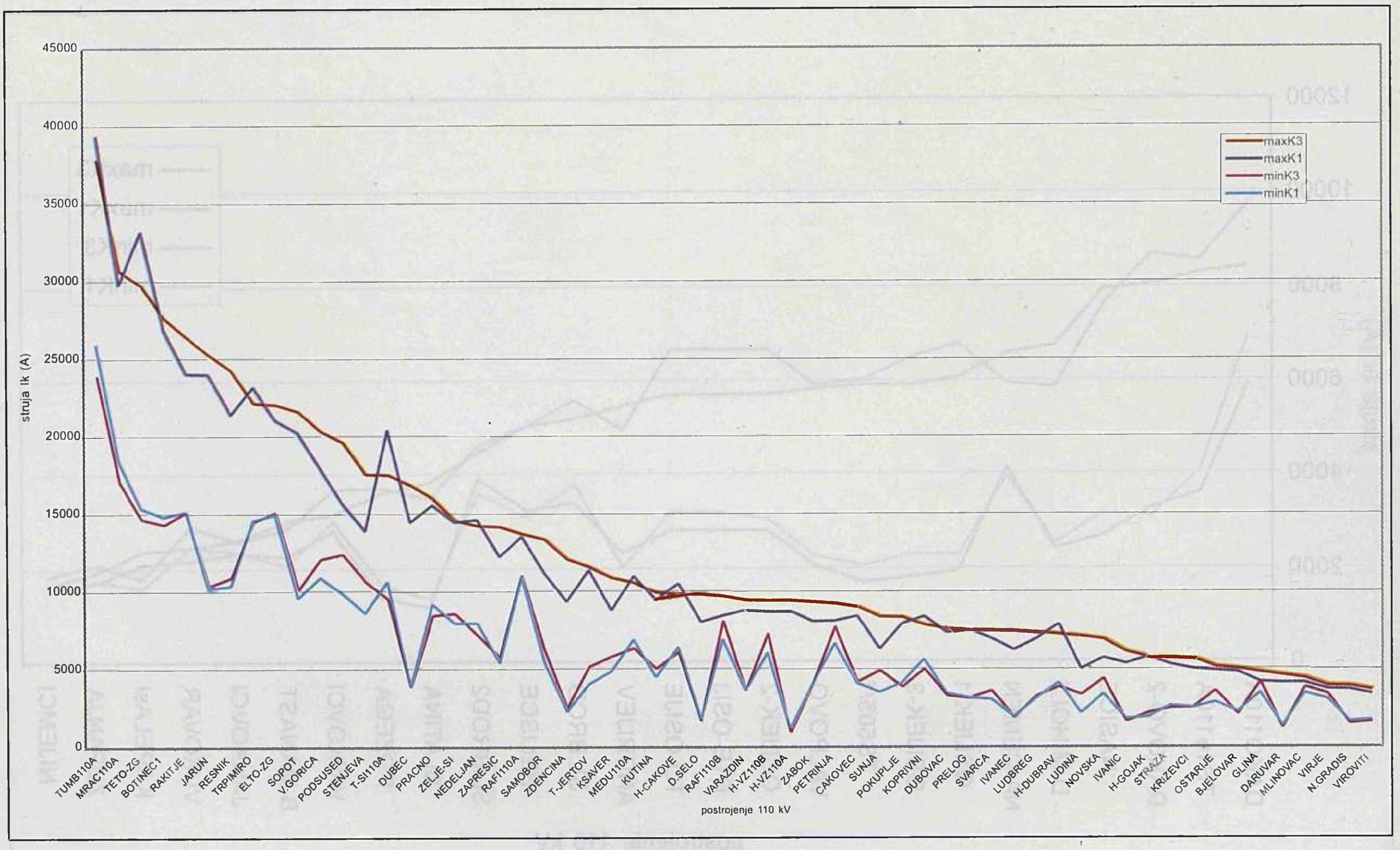
Slika 7. Usporedba ukupnih veličina MAX i MIN Ik3 i Ik1 u mreži 110 kV PrP Opatija 2000. godine



Slika 8. Usporedba ukupnih veličina MAX i MIN Ik3 i Ik1 u 110 kV PrP Osijek 2000. godine



Slika 9. Usporedba ukupnih veličina MAX i MIN Ik3 i Ik1 u mreži PrP Split 2000. godine



Slika 10. Usporedba ukupnih veličina MAX i MIN Ik3 i Ik1 u mreži 110 kV PrP Zagreb 2000. godine

6. ZAKLJUČAK

Provedenu analizu kratkospojnih prilika u postojećoj mreži 2000. godine možemo sagledati u dva dijela.

U prvom dijelu analizirani su dobiveni rezultati maksimalnog kratkog spoja u mreži 400, 220 i 110 kV HEP-a i istaknuta je razlika u rezultatima prema referentnoj studiji [1]. Dobiveni razultati proračuna maksimalnog kratkog spoja su bili temelj za usporedbu prema rezultatima minimalnog kratkog spoja.

U drugom dijelu analizirani su dobiveni rezultati minimalnog kratkog spoja u mreži 400, 220 i 110 kV HEP-a. Kompletni rezultati proračuna minimalnog kratkog spoja prokazani su u [6].

Ponovimo ovdje da je proračun ukupnih veličina najnižih očekivanih početnih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja proveden uz sljedeće pretpostavke:

1. proračun minimalnog kratkog spoja proveden je prema IEC 909/1981 uz naponski faktor c =1.0
2. pretpostavljeno je početno stanje sniženog angažiranja elektrana koje odgovara ljetnom minimumu prema tablici 2.
3. izračunate su veličine kratkog spoja uz pretpostavku isključenja (neraspoloživosti) svih grana neposredno priključenih na svako razmatrano postrojenje 400, 220 i 110 kV prijenosne mreže HEP-a

Veličine najnižih struja izračunate su uz istodobno uvažavanje svih triju navedenih pretpostavki. Situacije minimalnog kratkog spoja koje vode prema struji jednakoj nuli nisu razmatrane, tj. minimum = 0 nije akceptiran u ovim proračunima (npr. kratki spoj na sabirnicama visokonaponskog postrojenja uz ispad jedine grane koja napaja navedeno postrojenje).

Na slici 5 prikazana je usporedba ukupnih veličina maksimalnih i minimalnih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja u mreži 400 kV Hrvatske 2000. godine, na slici 6 usporedba struja kratkog spoja u 220 kV mreži i konačno na slikama 7–10 usporedba ukupnih veličina maksimalnih i minimalnih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja u mreži 110 kV Hrvatske 2000. godine po pojedinim prijenosnim poduzećima.

Izračunate veličine svrstane su po kriteriju maksimalnog tropolnog kratkog spoja.

Pregledom rezultata proračuna minimalnog kratkog spoja možemo zaključiti o relacijama u kojima se kreću veličine minimalnog kratkog spoja u odnosu na maksimalne.

Općenito su iznosi minimalnog kratkog spoja manji za 10% (naponski faktor!) + sniženje nivoa angažiranja elektrana + ispad najutjecajnije grane. Za 400 kV mrežu iznosi struja minimalnog kratkog spoja se kreću oko 50% veličina maksimalnog kratkog spoja; u mreži 220 kV struje minimalnog kratkog spoja se kreću već u širim granicama do 30% - 60% struja maksimalnog kratkog spoja; konačno za mrežu 110 kV granice su još puno šire, od 5% - 90%, ovisno o situaciji priključka razmatranog postrojenja 110 kV na elektroenergetski sustav HEP-a.

Općenito, ekstremi su povezani uz radijalnu topologiju mreže, s maksimalnim vrijednostima u slučaju radijalno priključenih transformatorskih postrojenja 110 kV, do minimalnih vrijednosti u slučajevima radijalno priključenih manjih proizvodnih postrojenja na 110 kV sustav.

LITERATURA

[1] D. NEVEČEREL: "Proračun kratkog spoja u mreži Hrvatske 2005. i 2010. godine", IE, Zagreb, III/1989.

[2] W. STAGG, A. H. EL.-ABIAD: "Computer Methods iz Power System Analysis, McGraW-Hill Book Company, 1968. "

[3] IEC 909/First edition 1988.:Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems.

[4] H. SELJESETH, A. CAMPLING, K. H. FEIST, M. KUUSSAARI: "Station Earthing - Safety and Interference Aspects" - Electra, No 71, - July 1980.

[5] D. NEVEČEREL: "Programski sustav RIMA za proračun kratkog spoja u elektroenergetskim mrežama" (R), Energija, god.37/1988/3,str.221-230.

[6] D. NEVEČEREL: "Analiza maksimalnih i minimalnih kratkospojnih prilika u prijenosnoj mreži Hrvatske 2000. godine" , IE, Zagreb, VII/2000.

MAXIMAL AND MINIMAL SHORT CIRCUIT CIRCUMSTANCE ANALYSIS OF THE CROATIAN TRANSMISSION NETWORK IN THE YEAR 2000

The paper presents the network's comparable maximal and minimal short circuit calculation results for the year 2000. The maximal short circuit results are updated in relation to the base year 2000 and according to the study referred [1].

UNTERSUCHUNG MAKSIMALER UND MINIMALER KURZSCHLUSSANGELEGENHEITEN IM ÜBERTRAGUNGSNETZ KROATIENS IM JAHRE 2000

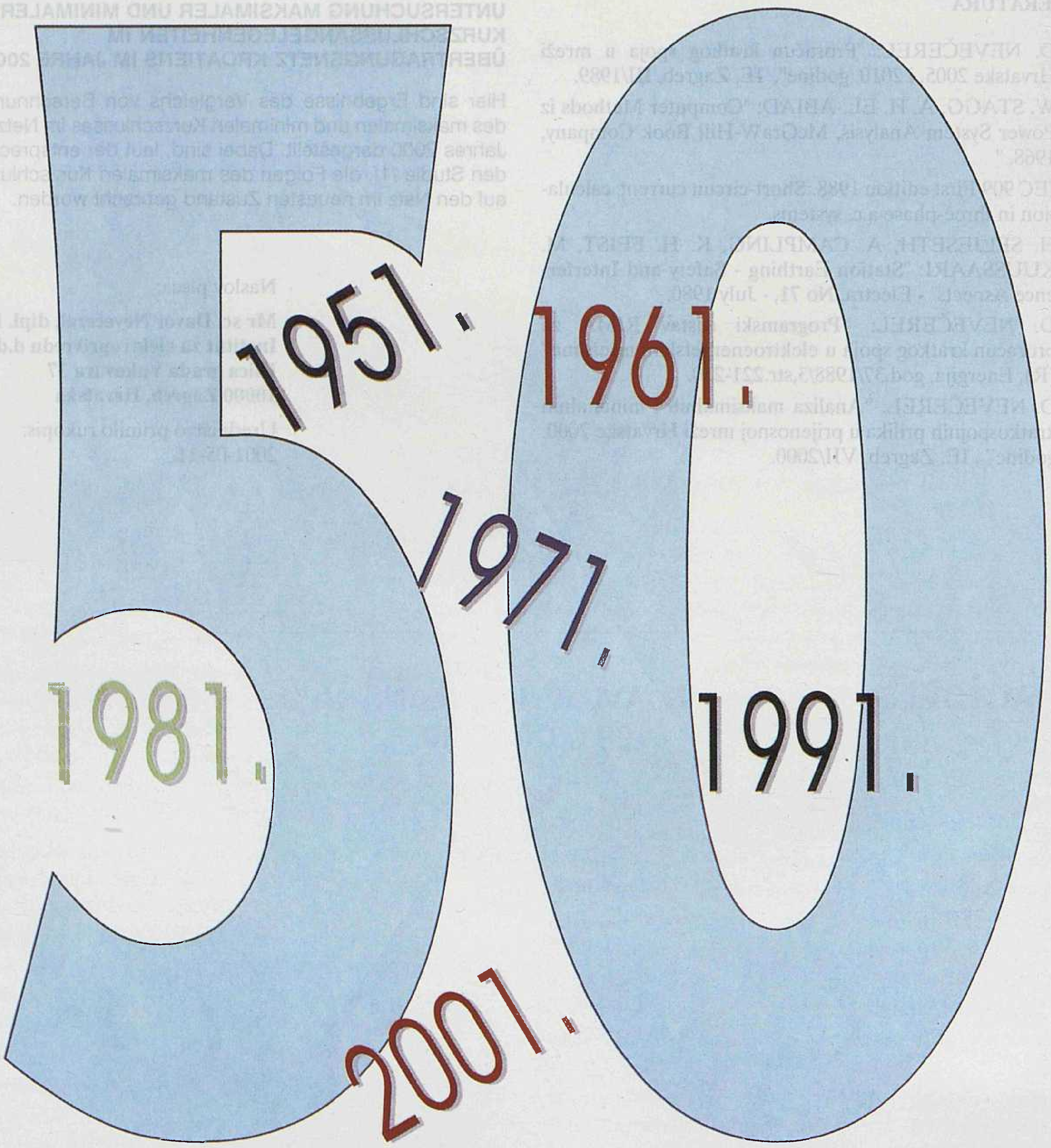
Hier sind Ergebnisse des Vergleichs von Berechnungen des maksimalen und minimalen Kurzschlusses im Netz des Jahres 2000 dargestellt. Dabei sind, laut der entsprechenden Studie /1/, die Folgen des maksimalen Kurzschlusses auf den Netz im neuesten Zustand gebracht worden.

Naslov pisca:

Mr sc. Davor Nevečerel, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu d.d.
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-05-11.

50 godina ENERGIJE



PREGLED INOZEMNIH I DOMAĆIH PILOT PROGRAMA ENERGETSKE EFIKASNOSTI U ZGRADAMA

Mr. sc. Vesna K o l e g a, Zagreb

UDK 624/628:620.91
PREGLEDNI ČLANAK

U članku je dan pregled nekih od zanimljivijih inozemnih i domaćih programa energetske efikasnosti u zgradama, koji konkretno dokazuju moguće opsege uštede energije i očuvanja čovjekove okoline, primjenom energetski efikasnih uređaja i sustava u zgradama, bioklimatskih projektantskih tehnika, te aktivne i pasivne solarne arhitekture.

Ključne riječi: pilot zgrada, energetska efikasnost, aktivna i pasivna sunčana arhitektura.

1. UVODNA RAZMATRANJA

Suvremeni pristup arhitekturi i graditeljstvu karakterizira energetski i ekološki racionalno urbanističko planiranje, projektiranje, izgradnja i rekonstrukcija građevina i naselja uz primjenu bioklimatskih projektantskih tehnika i principa pasivne i aktivne solarne arhitekture.

Posljednjih se godina u razvijenim zemljama Europe i svijeta, provode brojni programi energetske efikasnosti u zgradama kojima je zajednički cilj maksimalno reducirati potrošnju energije i emisiju onečišćujućih tvari u atmosferu uz osiguranje visoke, svjetlosne, toplinske i mikroklimatske udobnosti korisnika zgrada.

Inozemna su iskustva pokazala da su u uvjetima ograničenih sredstava za razvoj i velikog broja sudionika različitih interesa, pilot programi najbolja prilika za oživotvorenje raznih tehnoloških i drugih dostignuća.

Pilot programi trebaju biti jednostavni, lako razumljivi i provedivi, ciljani programi i projekti Vlade, lokalnih uprava, uprava gradova i odgovarajućih institucija.

Dobro osmišljen i proveden pilot program je najneposrednija i najefikasnija pomoć osnaživanju zakonskih, institucionalnih i poticajnih mjera energetske politike i odgovornog gospodarenja energijom.

Osnovni je cilj pilot programa energetske efikasnosti u zgradama stvaranje povoljnih uvjeta i pretpostavki za implementaciju mjera energetske efikasnosti i zaštite okoliša u graditeljstvo, pri čemu je jedan od prioriteta potvrditi nužnost izmjena i dopuna postojeće tehničke regulative u skladu sa Smjernicama vijeća Europske unije.

2. INOZEMNI PRIMJERI USPJEŠNO PROVEDENIH PILOT PROGRAMA ENERGETSKE EFIKASNOSTI U ZGRADAMA

2.1. Pokazne zone energetske efikasnosti u tranzicijskim zemljama

Zamisao o pokaznim zonama bazirana je na pretpostavci da se specifične potrebe mogu najbolje razumjeti na lokalnoj razini i da je ona ta na kojoj treba donositi odluke važne za održivost nekog projekta. Karakteristično za pilot programe u zemljama u tranziciji je da, u principu, ne predstavljaju pokusne tehnologije, već u obzir dolaze jedino one potpuno provjerene na tržištu. U gospodarstvima tranzicijskih zemalja većina se ulaganja smatra rizičnima, te su lokalne pokazne zone na neki način, provjere institucionalnog ustroja. Pilot programi uspješno provedeni u jednoj pokaznoj zoni provjeravaju se i u drugim zonama, da bi se tako provjereni na kraju prenijeli na državnu razinu.

Jedna od glavnih značajki pilot programa u sektoru energetike je važnost ekološke komponente. Uvažavajući činjenicu da je zagađenje okoliša, u većini slučajeva lokalne naravi, pokazne zone energetske efikasnosti učinkovito su sredstvo reduciranja emisija onečišćujućih tvari u atmosferu.

U izvješću o vrednovanju programa energetske efikasnosti, izrađenom od strane Odbora za energiju Gospodarske komisije za Europu Ujedinjenih naroda (1997.), o projektima pokaznih zona ustanovljeno je slijedeće [1]:

- pokazne zone su vodeći projekt programa Energy Efficiency 2000 (Energetska efikasnost 2000);
- svi pokrenuti pilot programi moraju biti tržišno orijentirani;

- pokrenuti projekti ne trebaju biti prezahtjevni, već manji, realni i fleksibilni;
- naglasak je dan praktičnim rezultatima provedbe;
- preliminarni rezultati moraju biti dostupni najkasnije godinu dana nakon završetka radova u sklopu pilot programa.

2.2. Niskoenergetska zgrada u Beču

Kao primjer uspješno provedenog pilot programa energetske efikasnosti u zgradarstvu u stručnim se krugovima navodi niskoenergetska zgrada u Beču (Wien-Leopoldstadt) završena krajem 1995. godine. To je višestambena zgrada s ukupno 333 stana i predviđenom godišnjom potrebnom energijom za grijanje od 44 kWh/m^2. Ovako niska očekivana potrošnja toplinske energije rezultat je primjene bioklimatskih projektantskih tehnika i pasivne solarne arhitekture.

Smjernice za uštedu energije bazirane na rezultatima ovog pilot programa su sljedeće:

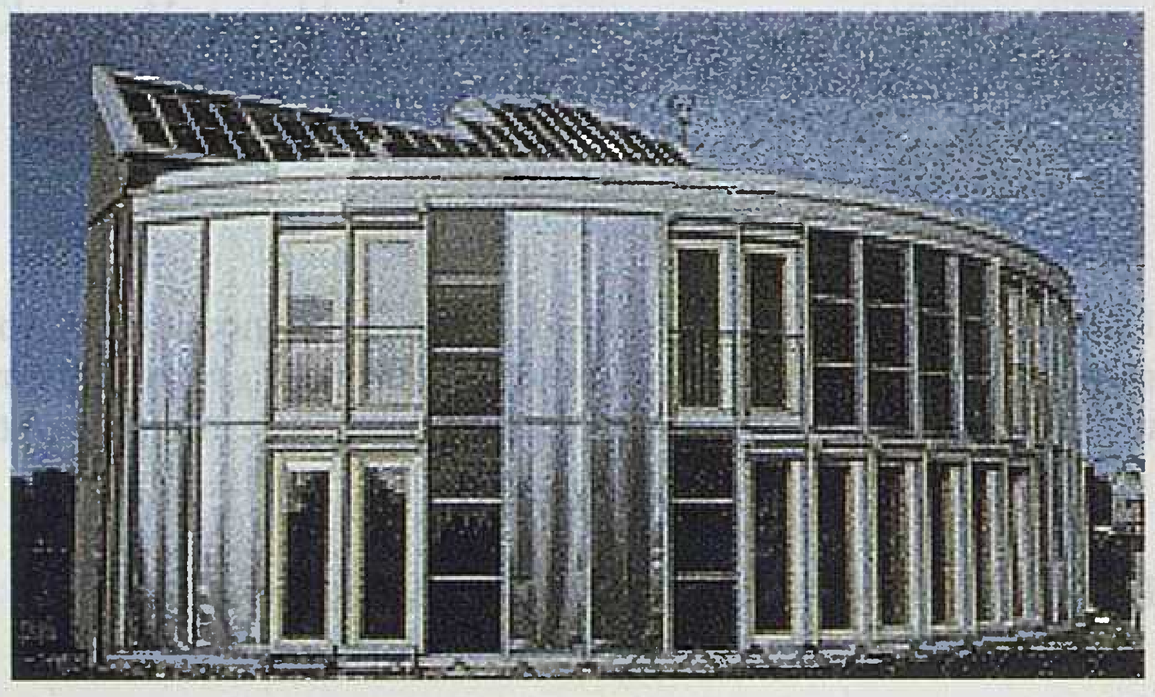
- kompaktno tijelo zgrade s povoljnim omjerom oplošja i volumena, A/V;
- primjena kvalitetnih toplinsko-izolacijskih materijala;
- pasivni solarni doprinosi kroz dobru orijentaciju i veličinu prozora, uz upotrebu izolacijskih stakala;
- korištenje povratne energije za dogrijavanje vode i dr.

Pilot programom je dokazano da se troškovi gradnje mogu bitno reducirati:

- uključivanjem građevinskih fizičara u najraniju fazu projektiranja;
- zajedničkim radom grupe projektanata na inovacijskim konceptima;
- uskom suradnjom projektanata i izvođača radova;
- uvođenjem penala za prekoračenje troškova.

2.3. Energetski samodostatna obiteljska kuća u Freiburgu

Jedan od uspješnih primjera energetski samodostatne arhitekture je obiteljska kuća u Freiburgu (sl. 1), useljena u listopadu 1992. godine, izgrađena prema koncepciji i projektu Adolfa Goetzbergera, i uz financijsku potporu njemačke Vlade i industrije [2]. Solarna kuća u Freiburgu je pilot program Fraunhofer instituta za solarne energetske sustave. Karakteristično je za ovu dvokatnicu, ukupne korisne površine od 145 m^2, da zadovoljava sve energetske potrebe obitelji bez vezanosti na elektroenergetski sustav, plinsku mrežu ili neke druge izvore energije. Većina toplinskih zahtjeva pokrivena je primjenom visokokvalitetne transparentne izolacije. Zagrijavanje vode se provodi eksperimentalnim sunčanim pretvornicima-kolektorima, smještenima na krov, koji u kombinaciji sa spremnikom vode kapaciteta 100 litara, osiguravaju opskrbu kućanstva toplom vodom kroz čitavu godinu [19]. Fotonaponske ćelije proizvode električnu energiju, a sustav vodikove tehnologije omogućava godišnje uskladištenje energije. Primijenjeni visokoučinkoviti sunčani pretvornici konstruirani su unutar polukružne koncentrirajuće plohe tako da je omogućen izravan prihvat solarnog zračenja odozgo i reflektirano dozračivanje odozdo. Na taj je način apsorber osunčan s obje strane, pri čemu mu je efikasnost dodatno potencirana slojem transparentne izolacije s gornje i donje strane.



Slika 1. Energetski samodostatna obiteljska kuća u Freiburgu [19]

Ukupna cijena kuće koja obuhvaća projekt, građevinske radove i svu pripadajuću opremu iznosi cca 6 milijuna DEM.

2.4. Naselje Neckarsulm-Amorbach u njemačkoj pokrajini Baden-Württenberg

Naselje Neckarsulm-Amorbach, čija je izgradnja završena u srpnju 1996. godine je niskoenergetsko naselje sa solarnim postrojenjima, kapaciteta cca 4000 stanara, a sastoji se od jednokatnica u nizu, nekoliko višekatnica i manjeg broja samostojećih obiteljskih kuća (sl. 2).

Središnji dio naselja čini zelena površina okružena školom, vrtićem i staračkim domom. Izgradnju naselja je kao pilot program energetske efikasnosti djelomično financiralo Ministarstvo gospodarstva Baden-



Slika 2. Pilot naselje Neckarsulm-Amorbach [17]

Württenberga. Sve građevine u naselju projektirane su kao niskoenergetske primjenom bioklimatskih projektantskih tehnika i pasivne sunčane arhitekture. Stambene su jedinice tako projektirane da su prostorije u kojima se boravi tijekom većeg dijela dana (dnevni boravci, dječje sobe i dr.) okrenute prema jugu s ugrađenim prozorima velikih dimenzija s izolacijskim staklima. Kao toplinsko-izolacijski materijal korištena je mineralna vuna. Debljine toplinsko-izolacijskih slojeva iznose 12 cm u vanjskim zidovima i 18 cm u krovnim konstrukcijama. Na krovove višekatnica postavljeno je 2000 m^2 solarnih kolektora, koji godišnje proizvode ukupno 350 MWh energije, a koja pokriva cca 12% potrebne toplinske energije čitavog naselja. Postavljanjem solarnih kolektora ostvarena je ušteda na zemnom plinu od cca 35 000 m^3, a prosječna godišnja emisija CO_2 u atmosferu reducirana je za cca 420 t. Opisana konstrukcijska rješenja povećala su ukupne investicijske troškove gradnje za cca 6%, a rezultirala su smanjenjem troškova grijanja i pripreme tople vode za više od 40%. Prosječna godišnja potrebna energija za grijanje iznosi 70 kWh/m^2, što potvrđuje energetsku efikasnost primijenjenih mjera aktivne i pasivne sunčane arhitekture i bioklimatskih projektantskih tehnika.

2.5. Projekt "Energetska udobnost 2000" (Energy comfort - EC 2000)

"Energetska udobnost 2000" jedan je od pilot programa energetske efikasnosti u zgradama u sklopu programa THERMIE [15]. Krajnji cilj programa je razvitkom koncepta niske energetike reducirati potrošnju energije u 8 novoizgrađenih javnih zgrada za 50%, a emisije CO_2 za 50-70% u odnosu na konvencionalnu gradnju. Svih osam projekata pokriva cca 60 000 m^2 novoizgrađenih površina.

Koordinatori projekta su:

- ECD Energy and Environment, Bruxelles, Belgija;
- Esbensen Consulting Engineers, Virum, Danska.

Jedan od glavnih zadataka projekta je dokazati da visoki standardi udobnosti ne moraju, obvezno, biti u suprotnosti s niskim troškovima energije.

Projektom je obuhvaćeno projektiranje, izgradnja i praćenje korištenja osam građevina raznih tipova u bitno različitim klimatskim uvjetima:

- zgrade sveučilišta u Velikoj Britaniji i Francuskoj,
- javne zgrade u Nizozemskoj,
- poslovne zgrade u Velikoj Britaniji, Grčkoj, Nizozemskoj i Španjolskoj,
- multifunkcionalni paviljon na EXPO 98 u Lisabonu.

Zajednički ciljevi EC 2000 primijenjeni na svim zgradama su:

- reduciranje energetske potrošnje za 50% u odnosu na utvrđene razine potrošnje za određeni tip zgrade i klimatsko područje u kojem se nalazi;
- reduciranje emisije CO_2 za 50-70%;
- izbjegavanje ili minimaliziranje kondicioniranja zraka u prostoru zgrade;
- osiguranje visokih standarda svjetlosne i toplinske udobnosti korisnika zgrade;
- primjena individualne kontrole sustava rasvjete, grijanja i hlađenja;
- stimuliranje primjene ekoloških građevinskih tehnologija, elemenata i materijala.

U realizaciji projekta kombinirane su konvencionalne i suvremene tehnologije energetsko-ekološki svjesne arhitekture i graditeljstva:

- aktivni i pasivni solarni elementi i sustavi;
- prirodno osvjetljenje i ventilacija;
- suvremeni rasvjetni sustavi;
- podno hlađenje;
- noćna ventilacija;
- atriji;
- zasjenjenja;
- hlađenje rječnom vodom i dr.

Prva završena zgrada EC 2000 projekta je biblioteka i učilišni centar u sklopu Politehničkog sveučilišnog centra Anglia u Chelmsford-u (Velika Britanija) (sl. 3). Zgrada je završena u rujnu 1994. godine, i dana na korištenje u listopadu iste godine. Kraljica Elizabeta II. je službeno otvorila zgradu u lipnju 1995. koja je njoj u čast nazvana Queen's Building. Praćenjem i analizom dobivenih rezultata u razdoblju od 12 mjeseci (srpanj 1995. - lipanj 1996.) od strane ECD Energy and Environment institucije i samog sveučilišta utvrđena je godišnja potrošnja od 114 kWh/m^2.

Poslovna zgrada City Office Park u Leeds-u (Velika Britanija) je, ustvari, kompleks površine 6 500 m^2, dovršen 1997. godine, koji karakterizira prostrani centralni atrij s prirodnom ventilacijom kao dodatkom mehaničkom ventilacijskom sustavu. Zgrada je još u razdoblju praćenja rezultata.

Pilot zgrada u centru Atene je upravna zgrada građevinskog poduzeća Avax SA Construction, površine 2 000 m^2, čije je glavno pročelje okrenuto na



Slika 3. Queen's Building, Chelmsford [20]

istok, a kao ljetna zaštita od pregrijavanja koriste se vertikalni brisoleji. Zgrada će biti hlađena mehaničkom ventilacijom što će reducirati upotrebu klimatizacijskih uređaja i potrošnju električne energije.

Zgradu porezne uprave u Enscheden-u u Nizozemskoj, površine 4 000 m^2, za koju je karakteristična široka primjena prirodnog osvjetljenja i ventilacije, te fotonaponske instalacije na krovu, završenu u studenom 1996. godine, izgradila je Vladina građevinska agencija kao niskoenergetsku referentnu zgradu za buduće rekonstrukcije i izgradnje javnih zgrada u Nizozemskoj.

U multifunkcionalnom paviljonu na EXPO 98 u Lisabonu, kapaciteta 16 000 posjetitelja, korišten je aktivni sustav hlađenja s predhlađenjem riječnom vodom.



Slika 4. Paviljon na EXPO 98 [18] a) vanjski izgled



b) unutarnji izgled

Od samog početka rada na projektu EC 2000, istraživači, projektanti i druge zainteresirane stranke sastaju se svakih 6 mjeseci, razmjenjujući informacije i iskustva. Naglasak diskusija je na energetskoj efikasnosti, pasivnoj sunčanoj arhitekturi i djelovanju na okoliš, a pojedinačni se projekti svake zgrade detaljno analiziraju radi iznalaženja što uspješnijih rješenja. Ukupni troškovi čitavog projekta EC 2000 iznosili su 95 000 000 ECU, od čega je 3 490 000 ECU bila THERMIE potpora.

Stečena su iskustva elaborirana u sljedećim publikacijama dostupnima širokom krugu zainteresiranih:

- sigurnost od požara u atrijima,
- pasivna ventilacija u novim uredskim zgradama,
- prozor – ključ pasivnog oblikovanja,
- korisnici i niskoenergetske zgrade,
- kontrolne strategije energetske efikasnosti i toplinske udobnosti u zgradama.

2.6. Projekt "Stanovanje 2000" ("Wohnen 2000")

Projekt "Stanovanje 2000" pokrenut je u Njemačkoj 1991. godine kao natječaj radi iznalaženja najuspješnijih rješenja reduciranja i izjednačenja godišnje potrebne energije za grijanje za tri tipa stambene izgradnje (tabl. 1):

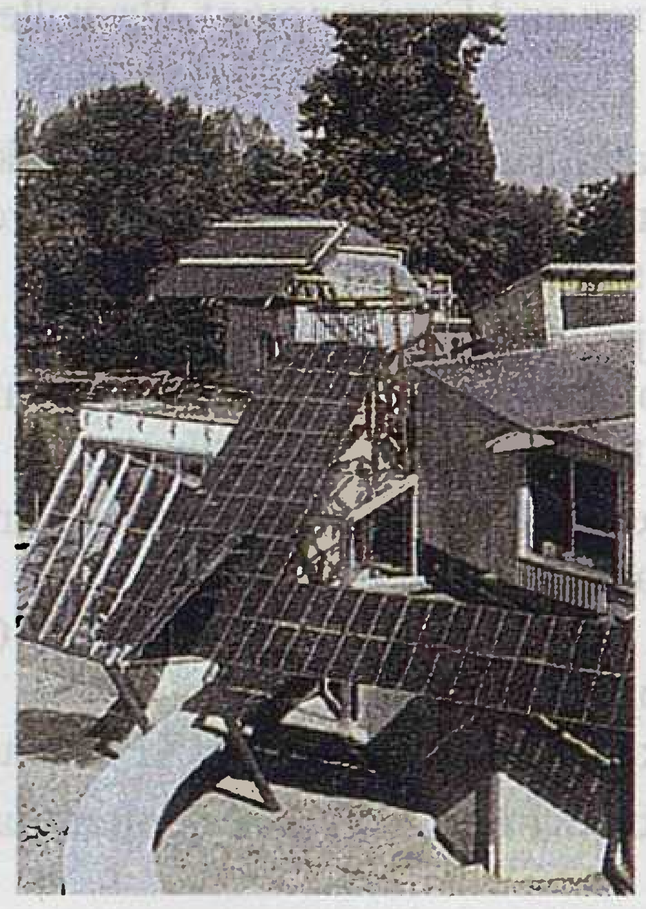
- samostojeće obiteljske kuće;
- obiteljske kuće u nizu;
- višestambene zgrade.

Tablica 1. Godišnja potrebna energija za grijanje u kWh/m^2 prema natječaju "Stanovanje 2000"

Tip stambene izgradnje	Izgradnja do 1984. godine	Izgradnja nakon 1984. godine (pooštreni propis o toplinskoj zaštiti zgrada)	Ostvareno natječajem "Stanovanje 2000"
Samostojeća obiteljska kuća	270	190	≤ 70
Obiteljska kuća u nizu	190	110	≤ 60
Višestambena zgrada	160	90	≤ 60

Projekt "Stanovanje 2000" je u sklopu međunarodne izložbe vrtne arhitekture (Internationale Garten Architektur-IGA), održane u Stuttgartu 1993. godine, nizom ostvarenja samostojećih obiteljskih kuća, obiteljskih kuća u nizu i manjih višestambenih zgrada, potvrdio konačnu opredijeljenost za energetski svjesnu i ekološki koncipiranu stambenu arhitekturu.

U vanjske stijene pročelja integrirani su solarni fotonaponski pretvornici (kao plohe fotonaponskih ćelija za pretvaranje solarne u električnu energiju) i aktivni toplinski pretvornici za zagrijavanje potrošne sanitarne vode (kolektori solarne energije s vodenim medijem). Pojedini dijelovi pročelja obloženi su visokokvalitetnom transparentnom izolacijom. Južna pročelja koncipirana kao visokotehnološka sinergijska pročelja osiguravaju velik dio energetskih potreba, pri čemu se potencijalni višak električne energije može prodavati javnoj mreži (sl. 5).



Slika 5. Energetsko-ekološka obiteljska kuća s pasivnim, aktivnim fotonaponskim i sustavom za prikupljanje oborinske vode za sanitarnu upotrebu u Breisachu, arhitekt prof. Thomas Spiegelhalter, 1993.

Dvostruko ostakljeno pročelje omogućuje bioklimatsku cirkulaciju zraka, odnosno prirodnu ventilaciju solarnom energijom zagrijanog zraka u sezoni grijanja ili cirkulaciju ohlađenog zraka u noćnom ciklusu sezone hlađenja. Ovako koncipirano pročelje značajno je u ukupnoj energetskoj bilanci građevine zbog mogućih velikih ušteda energije za hlađenje zgrada, a rezultira toplinskom i svjetlosnom udobnošću prostora, uz značajan ekološki doprinos korištenjem obnovljivih izvora energije [10].

2.7. Mreža europskog ekološkog stanovanja – (European Housing Ecology Network – EHEN)

Mreža europskog ekološkog stanovanja je kooperativno tijelo osnovano 1992. godine od grupe stambenih udruženja iz sedam zemalja članica Europske unije u savezu s KAB Consult, Cenergia Energy Consultants u Danskoj i Ken Walker and Partners u Velikoj Britaniji, te nekim drugim organizacijama, a osnovni joj je zadatak primjenom suvremenih koncepata energetsko-ekološke efikasnosti reducirati potrošnju energije za grijanje i pripremu tople vode za 50-70%.

U sklopu mreže su pokrenuti pilot programi u različitim klimatskim podnebljima u Danskoj, Nizozemskoj, Irskoj, Italiji, Portugalu, Španjolskoj i Velikoj Britaniji.

Rad na pilot programima obuhvaća:

- međusobne usporedbe pojedinih projekata dokumentirane detaljnim energetskim analizama;
- iznalaženje optimalnih energetsko-ekoloških strategija urbanističkog planiranja, izgradnje novih i rekonstrukcija postojećih zgrada;
- izradu kataloga proizvoda, materijala i projektnih uputa za pomoć u izgradnji energetski efikasnih zgrada koji će putem brošura, videa, reportaža i internacionalnih konferencija biti dostupni širokom krugu korisnika.

1. *Winterswijk, Nizozemska:*

- pilot program izgradnje niskoenergetskog naselja s aktivnim solarnim postrojenjima;
- solarna energija osigurava 40% energije za pripremu tople vode i 11% za grijanje prostora.

2. *Swansea, Wales:*

- pilot program obuhvaća praćenje i analizu 35 niskoenergetskih i 10 konvencionalnih kuća s ciljem usporedbe energetske potrošnje i toplinske udobnosti korisnika.

3. *Madrid, Španjolska:*

- pilot programom obuhvaćeno praćenje i analiza energetskih bilanci u 95 postojećih kuća različitih toplinsko-izolacijskih karakteristika, sustava grijanja i pripreme tople vode i dr.

4. *Lleida, Španjolska:*

- pilot program nazvan "La Parra" pokrenut od instituta Catala del Sol (INCASOL);
- izgradnja 73 stambene jedinice u 2 zgrade (trokatnica i peterokatnica);
- unutar zgrada se nalazi i 11 stanova namijenjenih starijim osobama, te 7 komercijalnih prostora u prizemlju (dućani, frizerski salon i dr.);
- ukupna izgrađena površina iznosi 6 000 m^2;
- projekt je lociran u kontinentalnoj klimatskoj zoni (područje Katalonije je podijeljeno na 7 klimatskih zona) gdje prosječno dnevno globalno zračenje na horizontalnu plohu iznosi 15,3 MJ/m^2 (6 MJ/m^2 u siječnju i 24,6 MJ/m^2 u srpnju);
- izgradnja je završena 1996. godine;
- energetska bilanca pokazuje prosječnu godišnju toplinsku potrošnju od 50 kWh/m^2;
- ostvarena ušteda energije za grijanje i pripremu tople vode iznosi 44 kWh/m^2, a godišnja ušteda električne energije 480 kWh po stambenoj jedinici [18].

5. *Torino, Italija:*

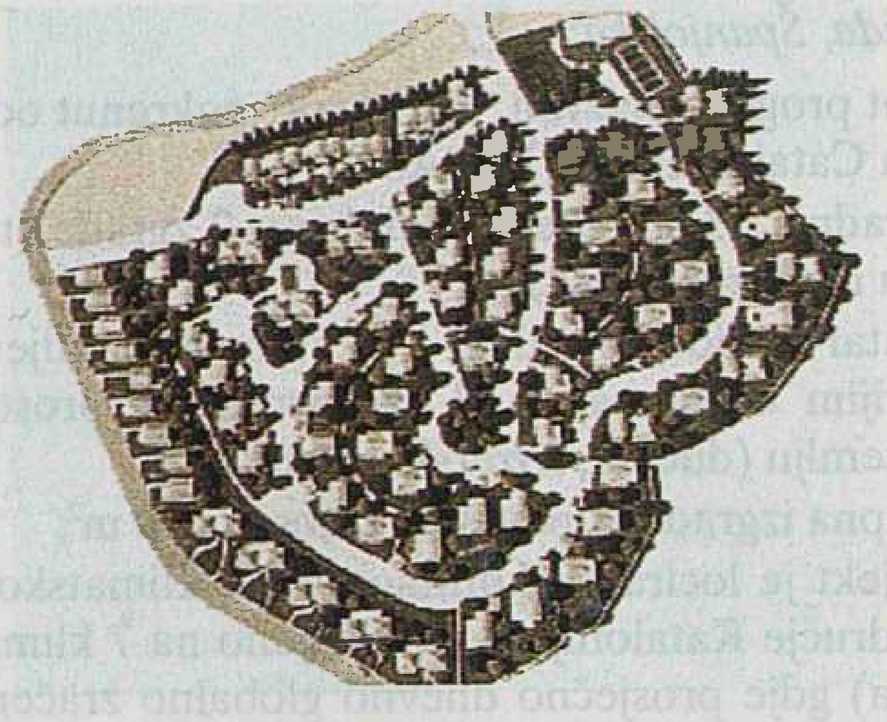
- pilot program izgradnje niskoenergetske zgrade sa 68 stanova;
- razdoblje izgradnje 1995.- 97.;
- ukupni grijani volumen 16 000 m^3;
- 114 m^2 solarnih kolektora (na krovu) osiguravaju pripremu tople vode;
- u tijeku projektiranja zgrade prezentirane su i uspoređene razne graditeljske tehnologije, elementi i materijali, uz primjenu pasivne solarne arhitekture, čime je omogućen energetsko-ekonomski optimalan odabir načina gradnje.

6. *Dublin, Drogheda i Waterford, Irska:*

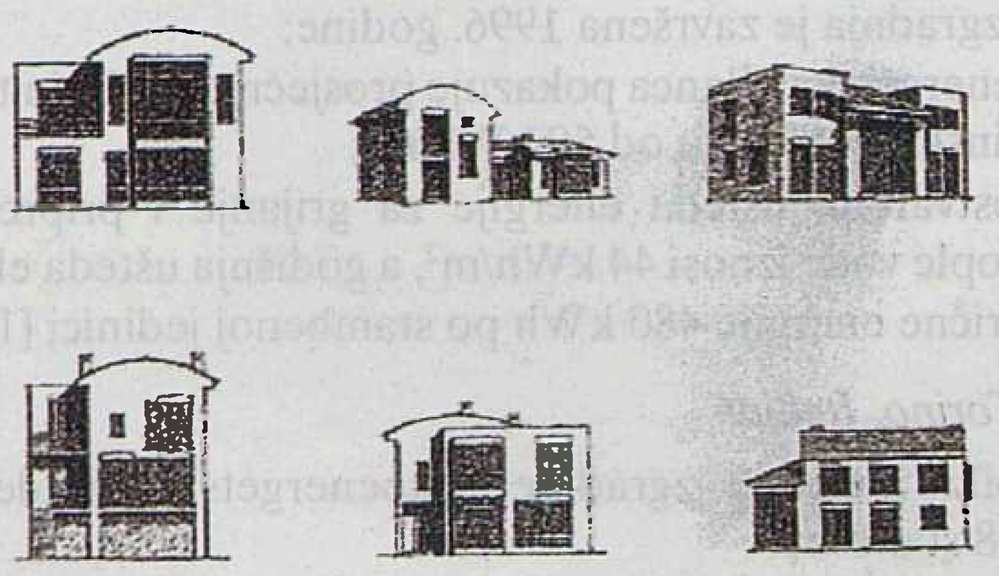
- pilot programom je obuhvaćena izgradnja 55 samostojećih obiteljskih kuća na 5 lokacija u istočnom dijelu Irske;
- za program je značajna podrška lokalnog stanovništva u svim fazama izgradnje i praćenja postignutih rezultata.

7. *Nafarros, Portugal:*

- pilot projekt nazvan "Quinta Verde" smješten u selu Nafarros, 30 km od Lisabona;
- projektom je obuhvaćena izgradnja demonstracijskog naselja od 91 obiteljske kuće (dvokatnice) uz prateće objekte (sl. 6);
- južna orijentacija pročelja (sl. 7);
- solarni kolektori osiguravaju pripremu tople vode, uz instalirane plinske bojlere kao rezervnu soluciju;
- zahvaljujući primjeni pasivne solarne arhitekture i bioklimatskih projektantskih tehnika prosječna godišnja energija za grijanje iznosi samo 6 kWh/m^2, dok je za pripremu tople vode potrebno 30 kWh/m^2;
- postignuta godišnja ušteda energije za grijanje je 54 kWh/m^2, za pripremu tople vode 18 kWh/m^2, dok je godišnja ušteda električne energije 10 kWh/m^2 [18].



Slika 6. Avionski snimak naselja



Slika 7. Sheme pročelja

2.8. Program MONITOR

U sklopu programa MONITOR, pokrenutog pod pokroviteljstvom nadležnih tijela Europske unije, sustavno je praćena izgradnja ili rekonstrukcija, te višegodišnje korištenje 49 građevinskih objekata, koji obuhvaćaju obiteljske kuće, javne zgrade (škole, poslovne zgrade i dr.) i velika naselja (stambenih višekatnica, kuća u nizu).

Rezultati višegodišnjeg praćenja pružili su svim zainteresiranim strankama čvrstu i nedvojbenu eksperimentalnu potvrdu energetske i ekološke efikasnosti principa solarne arhitekture. U ovisnosti o uspješnosti projekta, opsegu primijenjenih pasivnih i aktivnih solarnih zahvata, te geografskoj lokaciji građevine ili naselja, pokazalo se da korištenje sunčeve energije može reducirati energetske toplinske potrebe u rasponu od 30-70%. Vrijeme otplate dodatnih investicija kretalo se od nekoliko mjeseci do 8-10 godina [3].

2.9. Projekt ekološke izgradnje – (Low Environmental Impact New Housing – LEINH)

Projekt ekološke izgradnje (LEINH) obuhvaća dva pilot programa izgradnje socijalnih stanova u Velikoj Britaniji i Danskoj, namijenjenih starijima i osobama s niskim primanjima, te pilot program izgradnje niskoenergetske zgrade u Berlinu za prodaju na slobodnom tržištu.

Glavni ciljevi programa su reducirati troškove grijanja, rasvjete i ventilacije (za) između 48 i 75% uz zadržavanje jednake udobnosti stanovanja, te smanjiti emisiju CO_2 povezanu s grijanjem i pripremom tople vode za cca 44%.

Krajnji je cilj LEINH projekta, za kojeg je iz THERMIE fondova izdvojeno 1,3 MECU, demonstrirati ekonomsku isplativost poduzimanja mjera energetske efikasnosti i zaštite okoliša iznad onih propisanih važećim nacionalnim standardima i propisima [18].

1. *Bristol, Velika Britanija:*

- pilot program obuhvaća izgradnju niskoenergetske zgrade s 58 stanova od čega je njih 44 namijenjeno starijim osobama;
- s obzirom na socijalni karakter zgrade projekt je financijski potpomognut od Guinness-ove zaklade, nacionalnog stambenog udruženja za starije osobe;
- u projekt je uključeno i rušenje deseterokatnog bloka stanova vrlo problematične kvalitete na ukupnoj površini od 2 900 m^2, pri čemu je sav iskoristiv građevinski materijal recikliran za daljnju upotrebu;
- zgradu karakterizira južna orijentacija, dobra toplinska izolacija (20 cm mineralne vune u zidovima i 7.5 cm u podovima), toplinsko-izolacijski prozori s plinom između stakala, štedni rasvjetni sustavi, prirodna ventilacija i aktivna solarna postrojenja za pripremu tople vode;
- voditelj programa je Gradsko poglavarstvo Bristola.

2. *Aälborg, Danska:*

- pilot programom je obuhvaćena izgradnja naselja od 14 obiteljskih kuća, površine 85 m^2 + zajednički objekt površine 70 m^2 na području ukupne površine 1 260 m^2 primjenom bioklimatskih projektantskih tehnika i pasivne solarne arhitekture;
- namjena zajedničke kuće je održavanje sastanaka i društvenih događanja, u skladu s razvitkom tzv. socijalnog oblika stanovanja, vrlo popularnog u Danskoj i drugim razvijenim europskim zemljama;
- kuće su izgrađene prema "C.L.E.A.R." (niska cijena, niska energija, zdravo stanovanje, visoki nivo zaštitite okoliša) konceptu gradnje;
- voditelj projekta je poznati danski arhitekt Lars Hojensgärd;
- ostvarena ušteda za troškove grijanja iznosi 51% u odnosu na konvencionalnu gradnju

3. *Berlin, Njemačka:*

- projekt izgradnje 30 obiteljskih kuća u bivšem istočnonjemačkom dijelu Berlina;
- kuće su izgrađene prema "C.L.E.A.R." konceptu gradnje razvijenom u Danskom tehnološkom institutu;
- kuće karakterizira dobra toplinska izolacija krovova, zidova i podova, južna orijentacija, prirodana ventilacija, izo stakla i dr.

2.10. Program gospodarenja energijom u stambenom sektoru mediteranskog podneblja (Residental Energy Management in the Mediterranean Area – REMMA)

REMMA je THERMIE projekt pokrenut 1994. godine, a obuhvaća izgradnju i monitoring stambenih zgrada u mediteranskom podneblju.

Cilj programa je odrediti energetsko-ekonomski optimalnu kombinaciju različitih pasivnih i aktivnih solarnih elemenata i sustava, načina gradnje, vrsta i karakteristika građevinskih materijala i elemenata, i dr. Projekt je u fazi praćenja rezultata, koji upućuju na moguće smanjenje troškova grijanja za 60% i pripreme tople vode za 70%.

1. *Castelldefels, Španjolska:*
- lociran na samoj obali, u mjestu Castelldefels, smještenom cca 20 km južno od Barcelone;
- izgradnja i monitoring 303 stambene jedinice u 11 zgrada na terenu ukupne površine 46 190 m^2;
- prvi rezultati monitoringa pokazuju godišnju uštedu energije primjenom pasivne i aktivne solarne arhitekture veću od 40%, uz visoku toplinsku i svjetlosnu udobnost, visoku kvalitetu zraka, niski nivo buke, i dr.;
- koordinator projekta je Institut Cerda iz Barcelone.

2. *Cecina, Italija:*
- projekt je startao 1994. godine;
- sastoji se od izgradnje 44 stambene jedinice smještene u četiri dvokatna stambena bloka koji okružuju igralište;
- u tijeku je monitoring postignutih rezulatata.

3. *Lisabon, Portugal:*
- portugalski projekt je lociran u sjeverno-istočnom dijelu Lisabona, u području novogradnje;
- izgrađen je 14-katni neboder, sa 48 stanova, smještenih na 12 gornjih katova, prosječne stambene površine od 100 m^2;
- dva kata nebodera su namijenjena komercijalnoj upotrebi (uredi, ordinacije, dućan i dr.);
- ukupna površina zemljišta iznosi 7 000 m^2;
- u tijeku je prikupljanje preliminarnih rezultata.

Ukupna THERMIE potpora za tri navedena pilot projekta iznosi 3,0 MECU.

Nadalje je, u sklopu programa REMMA, u 1998. godini pokrenuto šest novih pilot programa koji se baziraju na konceptu energetske i ekološke efikasnosti u urbanističkom planiranju:
- *EXPO gradovi* – izrada novih urbanističkih planova za potrebe naglog rasta Lisabona, Hannovera, Palma de Mallorce i Utrechta;
- *Ponovni početak* – izrada novih urbanističkih planova velikih industrijskih gradova kompatibilnih suvremenim energetsko-ekološkim konceptima;
- *Zeleni gradovi* – formiranje mreže europskih gradova i regija koji će vlastitim pozitivnim primjerima promovirati energetsko-ekološki svjesno urbanističko planiranje;
- Meduca – u sklopu pilot programa prate se i analiziraju međuutjecaji povećanja energetske efikasnosti na toplinsku i svjetlosnu udobnost korisnika u obrazovnim ustanovama;
- *Suhn* – programom je obuhvaćena izgradnja i monitoring 10 niskoenergetskih zgrada u 8 europskih zemalja uz predviđeno smanjenje potrošnje energije za 50%;
- *Shine* – program obuhvaća izgradnju i monitoring niskoenergetskih obiteljskih kuća uz planiranu prosječnu uštedu energije za cca 60%.

2.11. Program Međunarodne energetske agencije (International Energy Agency – IEA, Task 20)

U sklopu programa Međunarodne energetske agencije, Task 20, izgrađeno je 15 demonstracijskih objekata. Glavni cilj programa, završenog 1996. godine, bio je, poduzimanjem raznih zahvata, naći maksimum energetskih ušteda bez smanjenja udobnosti stanara, uz uvažavanje ekoloških imperativa.

Neki od izvedenih zahvata su sljedeći [13]:
- kvalitetnija toplinska izolacija;
- ostakljeni balkoni i/ili galerije;
- primjena poluprozirnih izolacijskih materijala;
- korištenje "selektivnih" slojeva/premaza;
- zamjena ravnih krovova kosima, uz ugradnju sunčanih kolektora.

Višegodišnjim praćenjem rezultata došlo se do zaključaka:
- radi smanjenja toplinskih gubitaka građevine najuspješnije su metode koje kombiniraju kvalitetnu toplinsku izolaciju s primjenom solarne pasivne arhitekture;
- ugradnjom aktivnih toplinskih i fotonaponskih solarnih pretvornika u zgrade kontinentalnog podneblja energetske potrebe su reducirane za, prosječno, 75%;
- investicija u aktivne solarne uređaje za grijanje čitavih gradskih naselja iznosi 550 - 1 050 DEM/m^2 kolektora, uz godišnju isporuku energije od 300 do 550 kWh/m^2;
- cijena sezonskih spremnika topline je dvostruko veća od dnevnih spremnika, ali oni omogućuju 2 do 3 puta veći udio energije sunca u podmirivanju ukupnih toplinskih potreba zgrade.

2.12. Program za Berlin

Berlinski parlament usvojio je 21. rujna 1995. godine odluku prema kojoj je zakonski propisana obveza ugradnje uređaja za grijanje sanitarne vode sunčevom energijom, dimenzioniranih tako da pokriju minimalno 60% potreba za sanitarnom toplom vodom 14.

Odredba vrijedi za, praktično, sve buduće građevinske objekte, taksativno navodeći malobrojne dozvoljene iznimke. Uzimajući u obzir da je Berlin jedno od najvećih gradilišta u Europi (predviđena je izgradnja više od 300 000 stanova u sljedećih 15-20 godina) može se ocijeniti opseg i značaj ove odluke, koja, ujedno, obvezuje arhitekte i urbaniste na planiranje pogodno orijentiranih krovnih, fasadnih i drugih površina radi zadovoljenja propisa.

Donošenju odluke prethodila je javna rasprava, na kojoj su glavni argumenti oponenata bili sljedeći:

- nedovoljan toplinski i ekološki doprinos;
- nužnost subvencioniranja proizvođača opreme;
- nedokazana profitabilnost.

Diskusija je rezultirala zaključkom da niti jedan od navedenih argumenata (više) ne vrijedi:

- ugradnja kolektora u krov povećava ukupne investicije građevine za cca 1-2% u odnosu na klasični krov (uštedom energije ova će se dodatna solarna investicija otplatiti za nekoliko godina);
- emisija CO_2 kod novoizgrađenih zgrada bit će smanjena za 15% u odnosu na postojeću;
- značajnim povećanjem tržišta osjetno će se smanjiti cijena solarnih tehnologija, a time i potreba za subvencijama;
- provođenje odluke pozitivno će se odraziti na zaposlene u sektorima proizvodnje, projektiranja i gradnje;
- donošenje ove odluke dugoročno će utjecati na gospodarski prosperitet Berlina razvitkom modernih, inovativnih i perspektivnih tehnologija 21. stoljeća.

3. USPJEŠNI PRIMJERI ENERGETSKI EFIKASNE ARHITEKTURE U HRVATSKOJ

3.1. Naselje Trnsko u Zagrebu

U sklopu višegodišnjeg hrvatsko-američkog znanstveno-istraživačkog projekta "Energetska i ambijentalna rehabilitacija u stanovanju", vođenog od *Arhitektonskog fakulteta u Zagrebu* i *University of California, Berkley* izrađena je na primjeru naselja Trnsko u Zagrebu, znanstveno utemeljena projektna podloga za energetsku i ekološku obnovu [4], [5], [6].

Krajnji cilj projekta je na temelju detaljnih analiza postojećeg stanja doći do temeljnih pokazatelja za energetsku i ekološku rekonstrukciju zgrada i naselja u dvije različite klimatske zone: mediteranskoj (Split) i kontinentalnoj (Zagreb).

Projekt je startao u Zagrebu, gdje je za prototipnu zgradu odabrana tipična samostojeća peterokatnica s tri stubišta u kojoj su dnevni boravci svih stanova orijentirani na jug, a u čijoj su neposrednoj blizini dvije tlocrtno i oblikovno identične zgrade orijentirane prema istoku i zapadu, što će u nastavku istraživanja omogućiti komparaciju energetske potrošnje, kvalitete osunčanja, te svjetlosne i toplinske udobnosti.

Korištena se metodologija temelji na simulacijskom modelu tokova energije u zgradama, DOE-2, razvijenom u Berkley-vom istraživačkom laboratoriju. Izradi simulacijskog modela prethodila je detaljna analiza ponašanja stanara u smislu dinamike i intenziteta korištenja energije u odnosu na zaposlenost, životnu dob i standard. Na temelju prikupljenih podataka formirane su tipične grupe stanara raspoređene u pet različitih tipova stanova u zgradi i definirana mreža godišnjeg korištenja rasvjete i kućanskih uređaja, te njihovo opterećenje. Sustav grijanja i godišnji raspored grijanja, hlađenja i prirodne ventilacije jednaki su za sve stanove.

Radi iznalaženja optimalnog odnosa uštede energije i razine kvalitete stanovanja provedene su brojne simulacije:

- rekonstrukcija plašta zgrade s pojačanom izolacijom (više građevinsko-tehnoloških rješenja);
- primjena toplinsko-izolacijskog ostakljenja;
- promjena dimenzija prozora (smanjenje na neosunčanim i povećanje na osunčanim pročeljima);
- povećanje površine stana dodavanjem optimalno orijentiranih prostora za pasivno korištenje Sunčeve energije (npr. staklenika);
- dodavanje tavanskih prostora pod novim krovištima;
- ugradnja izolacijskih zastora i roleta;
- primjena modernih, energetski efikasnih sustava grijanja;
- korištenje aktivnih sunčanih sustava;
- izvođenje termoakumulacijskih zidova na južnom pročelju.

Projekt je podijeljen u dvanaest faza, a preliminarni su rezultati početnih faza (fizikalna poboljšanja zgrade) obećavajući. Simulacija je pokazala da se kombiniranjem pojačane toplinske izolacije (dodatni toplinsko-izolacijski sloj debljine 5 cm), trostrukog ostakljenja i poboljšanja ventilacijskog sustava potrošnja energije značajno smanjuje.

Radi poboljšanja ekoloških karakteristika zgrade i naselja u cjelini predviđeni su sljedeći zahvati:

- primarna selekcija otpada;
- prikupljanje kišnice za sanitarne potrebe;
- redizajn hortikulture i prometa;
- obveza primjene ekoloških građevinskih materijala i elemenata.

Ovdje je važno naglasiti, da se veći dio investicija za energetsku i ekološku obnovu može pokriti rekonstrukcijom postojećih ravnih krovova nadogradnjom krovne stambene etaže i dobivanjem nove, korisne stambene površine [3].

3.2. Pasivne solarne obiteljske kuće u Hrvatskoj

U ratnim je razaranjima porušeno i oštećeno cca 210 000 stambenih jedinica [3]. Zbog potrebe brzog zbrinjavanja prognanika odlučeno je kao projektnu dokumantaciju koristiti projekte već izvedenih zgrada i

obiteljskih kuća. Pod pokroviteljstvom Ministarstva graditeljstva i zaštite okoliša, 1992. godine je raspisan "Natječaj za cjelovitu i izgradnjom provjerenu dokumentaciju obiteljskih kuća i manjih višestambenih zgrada", proveden od konzalting kuće Koprojekt. Natječaj je osmislio Koordinacijski odbor sastavljen od renomiranih stručnjaka HAZU, fakulteta, instituta i drugih organizacija. U svibnju 1993. članovi Ocjenjivačke komisije odabrali su najuspješnije projekte, koji su objavljeni u Katalogu obiteljskih kuća i zgrada [7].

U Katalogu su, kao uspješan primjer pasivne solarne obiteljske kuće dane projektne dokumentacije sljedećih objekata:

- Kuće "P2" u Mariji Bistrici;
- Kuće "V1" u Koprivnici.

3.2.1. *Kuća "P2" u Mariji Bistrici*

Pasivnu solarnu obiteljsku kuću "P2" u Mariji Bistrici (sl. 8), izgrađenu 1985. godine, arhitektonski je osmislio doc. dr. Ljubomir Miščević.

Bioklimatski koncept kuće prepoznatljiv je po tlocrtnoj geometriji izduženog oblika u smjeru istok-zapad.



Slika 8. Pasivna sunčana obiteljska kuća "P2" u Mariji Bistrici



Slika 9. Termoakumulacijski zid od prirodnog kamena u stakleniku (pogled s jugozapada)

Dubinu kuće određuje doseg niskih, zimskih zraka do (unutarnje plohe) sjevernog zida dnevnog boravka kroz visoke otvore južnog pročelja.

Za kuću je karakteristična primjena isključivo autohtonih prirodnih materijala i izgradnja masivnog ostakljenog termoakumulacijskog zida (sl. 9) [8], [9].

Zračni kolektori topline povezani su s podnim spremnikom topline u stakleniku u kojem je termoakumulacijski zid tipa Trombe-Michel izveden od prirodnog kamena. Topli se zrak iz staklenika bioklimatskom cirkulacijom odvodi podnim razvodom do spavaćih soba i kupaonice u potkrovlju.

Pasivni solarni elementi dimenzionirani su na temelju kompjutorskih simulacija programa BAMP I i II, razvijenih u Institutu "Ruđer Bošković" [3].

Potrošna voda se zagrijava solarnim kolektorima postavljenim kao nadstrešnica ulaza u garažu.

Usporedba potrošenog plina za etažno zagrijavanje ove kuće i klasične obiteljske kuće sličnih dimenzija, rezultirala je s cca 60-70% uštede. Subjektivne ocjene stanara u pogledu toplinske i svjetlosne udobnosti vrlo su dobre.

Izum i patentiranje masivnog ostakljenog termoakumulacijskog zida južno orijentiranog pročelja tipa Trombe-Michel unio je krajem šezdesetih godina novu dimenziju u pasivnu solarnu arhitekturu. U realizacijama pasivnih solarnih obiteljskih kuća u Hrvatskoj (oko 45S), termoakumulacijski se zid pokazao s jedne strane energetski efikasnim, a s druge ekonomski isplativim zbog zanemarivo niske dodatne investicije u odnosu na ukupnu cijenu građevine.

Predfabrikacija takvog arhitektonsko-građevinskog elementa, dodatno bi reducirala njegovu cijenu, uz istodobnu veću kvalitetu pojedinih detalja.

3.2.2. *Kuća "V1" u Koprivnici*

Kuća je izgrađena 1986. godine, u novom, vrlo gusto naseljenom području Lenišće, gdje razmak između kuća nije dovoljan za energetski efikasno korištenje sunčeve energije u prizemnoj etaži u zimskim mjesecima. Iz tog su razloga termoakumulacijski zidovi izvedeni na pročelju 1. kata. Za kuću je karakterističan staklenik povezan sa staklenikom vanjskog bazena koji znatno povećava energetsku efikasnost. Solarni pretvornici-kolektori za zagrijavanje vode uklopljeni su u krovnu konstrukciju kao "sunčani pokrov".

Ova obiteljska kuća odabrana je kao arhitektonski model za prostorno-energetsku demonstraciju u okviru razvojnog, edukacijskog i stručno-znanstvenog projekta "Energetska kuća" Saveza energetičara Hrvatske [11].

3.3. *Projekt "Energetska kuća"*

U sklopu razvojnog, edukacijskog stručno-znanstvenog projekta "Energetska kuća" Saveza energetičara Hrvatske, pokrenutog 1991. godine, po prvi je

put u Hrvatskoj, na visokoj, znanstvenoj i stručnoj razini definiran i razrađen pojam energetske kuće [11].

U projekt je na razne načine uključeno više od 60 stručnjaka iz državne uprave, znanstvenih i stručnih ustanova, te proizvodnih i izvođačkih tvrtki i poduzeća.

Od 1992. godine kontinuiranim se organiziranjem domaćih i međunarodnih znanstveno-stručnih skupova pod pokroviteljstvom resornih ministarstava, pokušava podići energetsko-ekološka svijest i dostići europska razina građenja u Hrvatskoj.

Projekt "Energetska kuća" postavlja kriterije i zahtjeve na kvalitetu građenja koji su usmjereni prema etapnom, vremenski i materijalno realnom dosegu europskih standarda i normi, pri čemu su uvjeti građenja definirani urbanističkim, arhitektonskim, građevinskim, tehnološkim, funkcionalnim, energetskim, ekološkim, ekonomskim, estetskim i normativnim zahtjevima uz uvažavanje regionalnih i etnoloških karakteristika. Projekt se temelji na izgradnji ogledne energetski efikasne obiteljske kuće u Hrvatskoj, radi iznalažnja i predlaganja optimalnih normi i standarda u području toplinske zaštite i građevinske fizike, te korištenja sunčeve energije i drugih obnovljivih izvora, uz kontinuirano promoviranje novih, prvenstveno domaćih, energetskih i građevinskih tehnologija, elemenata i materijala.

Nadalje, on daje posebno značenje ekonomskim karakteristikama izgradnje novih i rekonstrukcije postojećih stambenih i gospodarskih zgrada, polazeći od načela da ekonomskom analizom isplativosti gradnje ili rekonstrukcijskih zahvata treba obuhvatiti čitav životni vijek građevine, uvažavajući sve uštede korištenja suvremenih, visokokvalitetnih energetski efikasnih sustava, tehnologija, elemenata i materijala.

Jedan je od prioritetnih zadataka projekta što skorije provođenje izmjena i dopuna važećih hrvatskih propisa za područje toplinske zaštite zgrada u skladu sa Smjernicama vijeća Europske unije [15], [16].

4. ZAKLJUČAK

Različiti primjeri inozemnih uspješno provedenih pilot programa energetske efikasnosti u zgradarstvu ukazuju na nekoliko zajedničkih momenata:

- najjači poticaj realizaciji programa energetske efikasnosti je zadovoljavajuće zakonodavno uređenje područja toplinske zaštite i pasivne i aktivne solarne arhitekture unutar urbanističke, arhitektonsko-građevinske i energetske legislative;
- primjenom suvremenih principa energetske efikasnosti koji objedinjuju bioklimatske projektantske tehnike, visokokvalitetnu toplinsku zaštitu, aktivne solarne elemente i sustave, koncepte pasivne sunčane arhitekture, te primjenu energetski efikasnih uređaja i sustava u zgradama, potrošnja energije za grijanje i pripremu tople vode može se reducirati u granicama između 30 i 70%, a emisija CO_2 od 15 do 50%;
- jedan od preduvjeta uspješne provedbe pilot programa je sustavni, višegodišnji monitoring pilot zgrada, uz kontinuirano informiranje javnosti o svim važnim momentima provedbe programa i postignutim rezultatima.

Kao izravna posljedica svjetske energetske krize 1973. godine, u Hrvatskoj se početkom osamdesetih godina, pojavljuju prvi projekti pasivne solarne arhitekture obiteljskih kuća. Za daljnji razvitak energetski efikasne arhitekture od najvećeg je značenja donošenje novih, strožih propisa o toplinskoj zaštiti zgrada [15]. Postojeći su propisi znatno niži od europskih standarda i odnose se jedino na građevine veće od 500 m^2, čime je veliki dio današnje stanogradnje izvan zakonske obveze.

Dosadašnja pozitivna iskustva u primjeni pasivne solarne arhitekture u Hrvatskoj trebaju osigurati njezin daljnji razvitak, kao jedan od preduvjeta modernog, europski orijentiranog i ekološki koncepiranog graditeljskog i energetskog sektora.

U posljednje vrijeme gotovo svi pilot programi, i to ne samo u sektoru energetike, imaju jako izraženu ekološku komponentu, a s obzirom na činjenicu da je zagađenje okoliša obično lokalne naravi, pokazna zona je vrlo podesna za pilot programe energetske efikasnosti radi reduciranja emisije onečišćujućih tvari.

Prigodom odabira pilot programa energetske efikasnosti u zgradama pokazne zone trebaju biti u tri klimatski različita područja Hrvatske.

Radi uspješne realizacije pilot programa treba slijediti neke općenite odrednice:

- odabrani pilot program treba biti prilagođen trenutnoj situaciji u Hrvatskoj, a ne jednostavno preslikano tuđe iskustvo;
- odabrane pokazne zone trebaju biti što tipičnije za Hrvatsku u cjelini, a ne jedino za specifična, uska područja zemlje;
- u svim fazama pripreme i realizacije pilot programa nužno je djelotvorno praćenje, prikupljanje, analiza i sinteza rezultata;
- dobiveni rezultati moraju biti važan čimbenik u oblikovanju nacionalne energetske politike, zakonodavstva i normi.

U pripremi i realizaciji pilot programa $KUEN_{zgrada}$ trebaju od početka zajednički sudjelovati istraživačko-razvojne ustanove i građevinska industrija radi što brže implementacije dobivenih rezultata. Financiranje pilot programa, trebaju uz državu i međunarodne fondove novčano poduprijeti proizvođači građevnskih materijala i opreme, kojima suradnja na programu može otvoriti pristup na tržište.

Strana i domaća iskustva, istraživanja i analize pokazuju da je energetski efikasna građevina, izvedena od zdravih materijala, opremljena tehničkim instalacijskim i informatičkim uređajima koji upravljaju

energetsko-ekološkim funkcijama i osiguravaju pozitivan odnos između arhitekture i okoliša, idealna zgrada 21. stoljeća i prihvatljiva opcija održivog razvitka u trećem tisućljeću.

Energetsko-ekološka kuća 21. stoljeća je, ustvari, prijamnik sunčeva zračenja, spremnik topline ili hladnoće koja se bioklimatski raspodjeljuje u unutarnjem prostoru toplinske i svjetlosne udobnosti, proizvođač energije aktivnim instalacijskim i fotonaponskim sustavima, a ujedno je aktivno ekološko mjesto primarne selekcije sekundarnih sirovina, organske reciklaže i prikupljanja oborinske vode za sanitarnu upotrebu [12].

LITERATURA

[1] V. KOLEGA [et. al.]: "$KUEN_{ZGRADA}$ – Program energetske efikasnosti u zgradarstvu: prethodni rezultati i buduće aktivnosti", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, travanj 1998.

[2] LJ. MIŠČEVIĆ: "Suvremene energetsko ekološke koncepcije i materijali u arhitekturi", Zbornik radova simpozija "Uvjeti kvalitetne izgradnje hrvatskih regija", SEH, Zagreb, 1994.

[3] B. HRASTNIK [et. al.]: "SUNEN – Program korištenja energije sunca: prethodni rezultati i buduće aktivnosti", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, travanj 1998.

[4] G. KNEZEVIC, V. BAZJANAC, LJ. MISCEVIC, B. BALETIĆ: " Improving the Energy Performance of Large Scale Housing through the Redesign of the Building Envelope", Zbornik radova Međunarodne konferencije International Solar Energy Society (ISES), Milano, 1990.

[5] B. BALETIĆ: "Energetske pretpostavke stambene obnove", Čovjek i prostor, br. 11-12, Zagreb, 1990.

[6] LJ. MIŠČEVIĆ: "Renewable Energy Technology and Bioclimatic Architecture in Croatia – a useful experience", Zbornik radova Svjetskog kongresa International Solar Energy Society (ISES), Harare, Zimbabwe, 1995.

[7] KOPROJEKT, Katalog obiteljskih kuća i zgrada, Koprojekt, Zagreb, 1993.

[8] LJ. MIŠČEVIĆ: "Passive Solar Architecture in Croatia", Solar World Congress, Proceedings, Budapest, 1993.

[9] LJ. MIŠČEVIĆ: "Bioclimatic Rehabilitation of Dwellings in Croatia, Sun at Work in Europe, The Franklin Company Consultants Ltd., Vol. 8: No. 3, Birmingham, UK, 1993.

[10] LJ. MIŠČEVIĆ: "Niskoenergetska visokotehnološka arhitektura", Zbornik radova Međunarodnog kongresa o energiji i zaštiti okoliša, Opatija, 1994.

[11] Savez energetičara Hrvatske "Projekt Energetska kuća", Zbornici znanstveno-stručnih hrvatskih i međunarodnih simpozija, Zagreb, 1992.

[12] Architektur, Innenarchitectur, Technischer Ausbau (AIT), 1-2/1993. I Architectural Review (AR), Houses, br. 1196, 10/1996.

[13] H. TER HORST: "Building integrated PV in the Netherlands", SunWorld No. 1, 1996.

[14] D. LOY, U. HARTMANN: "Berlin Solar Collector Ordinance", Zbornik radova 10. međunarodne konferencije EUROSUN 96, München, 1996.

[15] V. KOLEGA: "Uvod u nacionalni program energetske efikasnosti u zgradarstvu - $KUEN_{ZGRADA}$" , Energija br. 5, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, listopad 1999.

[16] Smjernice Vijeća Europske zajednice 89/106 o građevinskim proizvodima, Temeljni dokument o uštedi energije i toplinske zaštite, 21. prosinca 1988.

[17] Internet adresa: www.neckarsulm.de

[18] Internet adresa: europa.eu.int

[19] Internet adresa: www.ise.fhg.de

[20] Internet adresa: www.ecde.demon.co.uk

REVIEW OF FOREIGN AND DOMESTIC ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS' PILOT PROGRAMMES

The paper reviews some interesting foreign and domestic programmes of energy efficiency in buildings that prove real possibilities of energy saving measures and environmental protection, using energy effective equipment and systems in buildings, bio-climate design techniques as well as active and passive solar architecture.

DIE ÜBERSICHT AUSLÄNDISCHER UND EINHEIMISCHER VERSUCHSPROGRAME DER ENERGETISCHEN LEISTUNGSFÄHIGKEIT IN GEBÄUDEN

In diesem Artikel ist die Übersicht einiger interessanten ausländischen und einheimischen Versuchsprograme der energetischen Leistungsfähigkeit in Gebäuden dargestellt. Dabei ist der mögliche Ausmaß der Energiesparung und der Umfang des Umweltschutzes durch energetisch wirksame Geräte und Einrichtungen, durch bioklimatische Entwurfsverfahren, sowie mittels aktiver und passiver Nutzung der Sonne in der Architektur sachlich erreicht,.

Naslov pisca:

Mr. sc. Vesna Kolega, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska cesta 163
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-11-15.

10 godina HK CIGRÉ

50 godina JUKO CIGRÉ



TEHNIČKE I EKONOMSKE ZNAČAJKE RAZLIČITIH SUSTAVA INDIVIDUALIZIRANJA TROŠKOVA GRIJANJA

Mr. sc. Florijan R a j i ć, Zagreb

UDK 644.1.1:621.317
PREGLEDNI ČLANAK

U radu se opisuju temeljne tehničke i gospodarske značajke opreme i sustava individualiziranja troškova grijanja i uporabe tople i hladne vode. Daje se pregled osnovnih vrsta tehničkih izvedbi dijelova opreme, podsustava i sustava, i opisi načina njihovog djelovanja, dimenzioniranja, održavanja, očitavanja i obrade podataka. Opisuju se osnovni načini informatičkog povezivanja sustava, počevši od ogrjevnih tijela i potrošnih mjesta, do stanova, zgrada i stambenih kompleksa. Daju se osnovne informacije o cijeni i gospodarskim efektima investicija u različite sustave, te o načinima optimiranja vremena njihove isplate.

Ključne riječi: individualizacija troškova, toplina, grijanje, cijene, efikasnost.

UVOD

U Njemačkoj je prije više desetljeća (1952) tvrtka **TECHEM,** vodeća u Europi na ovome tehničkom području, uvela prva individualizirana mjerenja i razdiobu troškova potrošnje topline u skupno grijanim stambenim zgradama i stanovima, odnosno na njihovim ogrjevnim tijelima ili radijatorima. Mjerenja su tijekom nekoliko desetljeća razvijana i izvođena isključivo s isparničkim razdjelnicima, koji se i danas, u vrlo usavršenim izvedbama, u zapadnim zemljama Europe pretežito, i vrlo učinkovito i jeftino, koriste u iste svrhe. U posljednjih desetak godina u uporabi su i elektronički razdjelnici topline. Unatoč tome zastupljenost isparničkih razdjelnika je, na primjer u Njemačkoj pa i drugim zemljama Zapadne Europe, i dalje gotovo dvostruko veća. Tako je u Njemačkoj od donošenja osnovnih zakona i uredbi za područja čuvanja i potrošnje energije grijanja, sustavima individualiziranja (SI) opremljeno oko 15 milijuna stanova, od kojih je samo tvrtka TECHEM opremila njih više od 5 milijuna.

Tablica 1. Pregled broja stanova u europskim državama

Država	Ukupan broj stanova	Podobno za SI	Opremljeno sa SI
Njemačka	26.796.000	20.055.000	18.000.000
Rusija	38.000.000	30.000.000.	**Pilot-projekti !**
Austrija	3.000.000	2.000.000	1.200.000
Češka	3.700.000	2.200.000	500.000
Mađarska	3.955.000	3.000.000	500.000
Bugarska	600.000	540.000	300.000
Poljska	11.610.000	6.330.000	1.500.000
Hrvatska	850.000	630.000	**Pilot-projekti !**

Istodobno je veliki napredak u primjeni ovih sustava učinjen i u zemljama Istočne Europe, u takozvanim tranzicijskim zemljama, kao što **su Poljska, Češka, Slovačka, Mađarska i Bugarska**. I **Rusija** u tom pogledu izvodi velike pripreme; učinila je veliki dio posla na "inventarizaciji" postojećeg stanja, odnosno pregledu svih svojih potreba i mogućnosti, pa se, temeljem mnogobrojnih pilot-projekata i priprema ukupne zakonske regulative, priprema za veliko povećanje učinkovitosti cjelokupnih sustava grijanja, i racionalne uporabe topline u, kod njih za individualizaciju troškova grijanja raspoloživih, **30.000.000 stanova** (tablica 1)**!**

PRIMJENA SUSTAVA INDIVIDUALIZACIJE TROŠKOVA GRIJANJA I VODE U HRVATSKOJ

A što je do sada učinjeno u Hrvatskoj? Učinjene su mnogobrojne prezentacije, stručna predavanja, promocije i razgovori s potencijalnim korisnicima sustava individualizacije troškova grijanja. Na njima je široki krug stručnih ljudi, i građana-stanara, detaljno upoznat sa svrhom i tehnikom sustava, mogućnostima njihove nabave i ugradnje, vrstama izvedbi, cijenama investicija u cjeline i dijelove sustava, mogućim iznosima štednje energije i vode, vremenu povrata uloženih novaca i dr. Interes stanara i građana Hrvatske za ove sustave je vrlo velik, a isto takva je i njihova spremnost na primjerena i razborita investicijska ulaganja. Ali, dvije su **osnovne prepreke napretku** u tom smislu: prva je **nepostojanje adekvatne zakonske regulative**, a druga je **nespremnost isporučilaca energenata (plina) i topline (iz vrelovodnih mreža)** da ove sustave i njihove rezultate neodgodivo, i **u smislu savjesnog gospodarenja energijom i vodom** uvode i prilagođavaju našim ukupnim, zakonskim i financijskim mogućnostima.

Urađeno je i nekoliko uspješnih Pilot-projekata sustava individualizacije troškova grijanja, a njihovi se rezultati samo djelomično koriste za pokusna obračunavanja. Dva Pilot-projekta, u dvije zgrade s 90 stanova, izvedena su i s jeftinim isparničkim razdjelnicima, no oni su od strane nekih "poduzetnih i naprednih stručnjaka" ocijenjeni kao neperspektivni, i nepodobni za domaću primjenu, a razlog tomu je "nepoželjno"(jednom godišnje!) ulaženje u stanove radi očitavanja podataka! Rezultati ovih Pilot-projekata pokazali su efikasno djelovanje i visoku točnost razdiobe troškova grijanja, ali po njima, zbog neutemeljenih osporavanja podobnosti isparničkih sustava od strane isporučilaca energije, stanarima nikada nisu ispostavljani računi.

Prije nekoliko godina napravljen je i nacrt "**Zakona o obračunu troškova grijanja**…", kojemu se, neobjašnjivo, već u prvom čitanju, zagubio svaki trag?! **Nepostojanje zakonske regulative** razlog je i isporučiocima plina da stanarima Pilot-projekata ne obračunavaju troškove grijanja prema pokazanim rezultatima jednostavnog, potpuno efikasnog i točnog isparničkog sustava individualiziranja. Na drugoj strani, isporučiocu vrelovodne topline razlog za izbjegavanje novog obračunavanja je i njegova unaprijedna, **nerazborita i svojevoljna odluka,** o "orijentaciji na moderne", ni malo efikasnije ali i neusporedivo skuplje i složenije, sustave individualizacije troškova s elektroničkim razdjelnicima.

VRSTE SUSTAVA INDIVIDUALIZACIJE TROŠKOVA GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA

Postoji više vrsta osnovnih izvedbi sustava individualizacije troškova grijanja i potrošnje vode u skupno grijanim zgradama i stambenim objektima. Oni se međusobno bitno razlikuju i po tehničkim izvedbama i značajkama, a još više po njihovoj cijeni izgradnje, uporabe i održavanja. Pregled jedne grupe ovih sustava pokazan je u tablici 2.

a) Sustavi individualizacije troškova s posebnim mjerilima topline. Najjednostavnija, pa i najjeftinija, individualizacija troškova grijanja po stanovima postiže se ugradnjom zasebnih mjerila topline za svaki grijani stan. Mjerila topline treba postaviti na hodnicima ili stubištima zgrada, dostupno za očitavanja bez ulazaka u stanove i obveznog prisustva stanara. Individualno mjerenje je najbolje predvidjeti prvim projektom zgrada i stanova s ugradbom etažnog, jednocijevnog ili dvocijevnog grijanja. U istu svrhu, ogrjevna tijela u stanovima treba opskrbiti i s prikladnim termostatskim ventilima. Uz mjerila toplinske energije ogrjevne vode,

Tablica 2. Pregled osnovnih značajki različitih sustava individualizacije troškova grijanja

Poslovi ugradnje, očitavanja i održavanja	Zasebna mjerila topline za stanove	Isparnički razdjelnici	Elektronički razdjelnici s lokalnim očitavanjem	Elektronički razdjelnici s lokalnim očitavanjem i dva osjetila	Elektronički razdjelnici s daljinskim očitavanjem u zgradi	Elektronički razdjelnici s daljinskim očitavanjem iz centra
	a	b	c	d	e	f
Inventariziranje, snimanje podataka o ogrijevnim tijelima	+	+	+	+	+	+
Skaliranje ili svrstavanje u područja potrošnje	+	+	+	+	+	+
Računalsko programiranje	+	-	+	+	+	+
Očitavanje i zapisivanje podataka o potrošnji	Ručno ili daljinski	Ručno, na obrasce	Ručno, na obrasce	Ručno, na obrasce	Na kartice ili diskete	Na diskove računala
Obvezne zamjene dijelova	Baterija, nakon 5-6 godina	Ampula, jednom godišnje	Baterija, nakon 7-8 godina	Baterija, nakon 7-8 godina	Baterija, nakon 6-8 godina	Baterija, nakon 6-8 godina
Nadzor rada	Lokalno + daljinski	Lokalno	Lokalno	Lokalno + daljinski	Lokalno + daljinski	Lokalno + daljinski
Štetne tvari	Li-baterije i dr.	-	Li-baterije i dr.	Li-baterije i dr.	Li-baterije i dr.	Li-baterije i dr.
Oprema za prijenos podataka	Sabirnice i radijski moduli	-	-	-	Radijski moduli	Radijski moduli i TT prijenosnici ili modemi

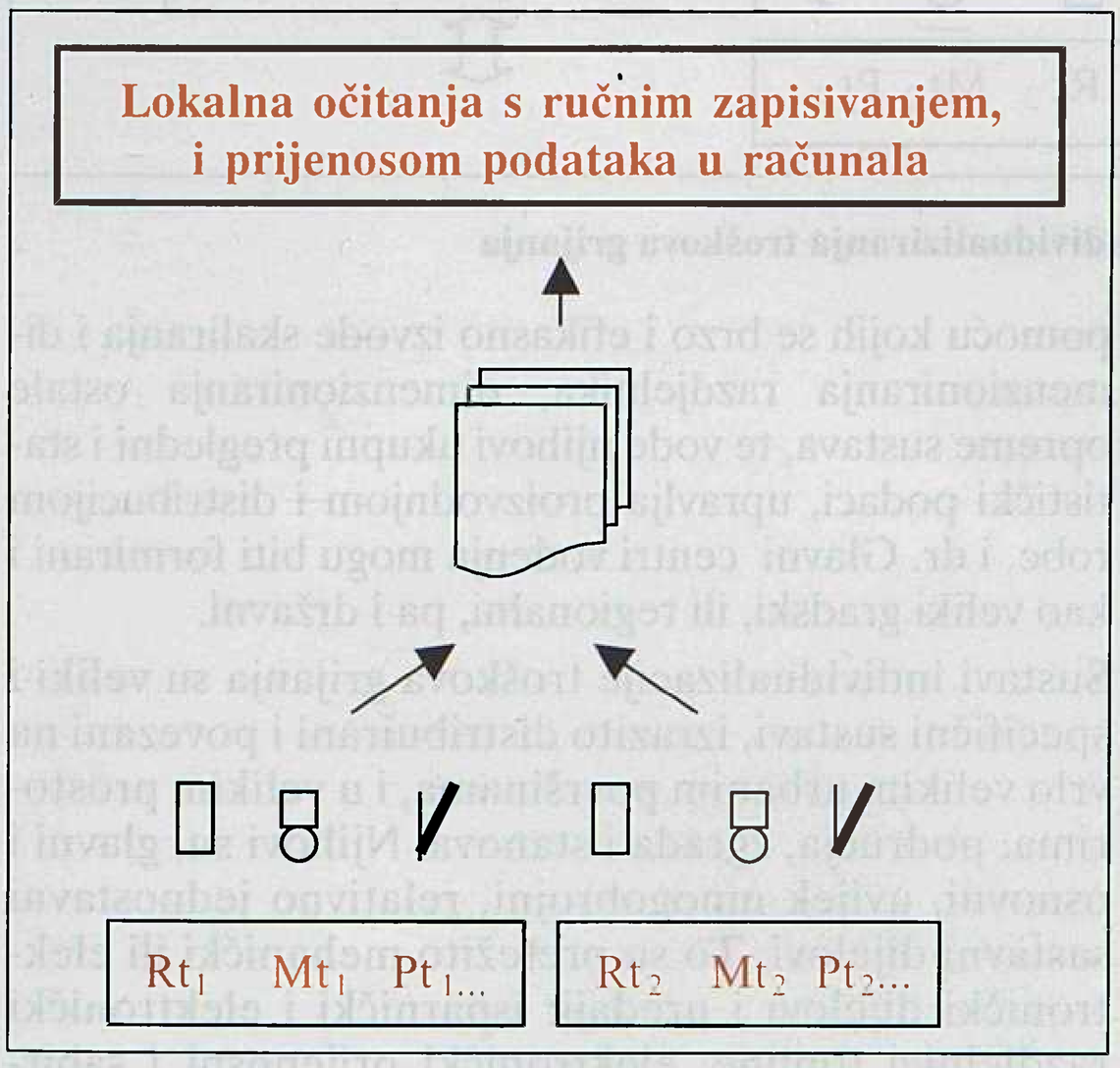
mogu se ugraditi i posebna mjerila potrošnje tople sanitarne i hladne vode. Mjerila se smještaju zajedno u razvodnim i mjernim ormarićima.

U nas je, pa i u mnogim drugim osobito tranzicijskim zemljama, naknadna ugradnja sustava individualizacije, zbog raznolikih oblika kućnih instalacija grijanja, spojena s mnoštvom problema. Prvenstvena poteškoća u tome su neprikladne razvodne mreže s mnogostrukim usponskim vodovima za napajanje ogrjevnih tijela-radijatora, te napajanja sanitarnom i hladnom vodom. I za ovakve stanove je jedina ispravna perspektiva ona, u kojoj će se kućne mreže preurediti tako, da će se u njima omogućiti i zasebna mjerenja ne samo ogrjevne i tople sanitarne, nego i mjerenja potrošnje pitke vode. S ovakvim podsustavima omogućit će se i jednostavnija daljinska očitavanja i prijenosi potrebitih podataka.

b) Sustavi individualizacije troškova grijanja s isparničkim razdjelnicima topline omogućavaju vrlo jednostavno i točno očitavanje potrošene topline na ogrjevnim tijelima. Načela djelovanja i izvedbi su im jednostavna, jednostavna je i njihova ugradnja, pa su ovakvi sustavi zasigurno najjeftiniji u izgradnji, ali i očitavanju i održavanju (slika 1). Uz njih se obvezatno ugrađuju i termostatski ventili za automatsko održavanje željenih temperatura prostorija.

Jedini nedostatak ovakvih sustava, koji se urednom organizacijom poslova očitavanja može umanjiti do nebitnosti, je prijeko potrebito ulaženje u stanove radi "ručnog" očitavanja podataka o potrošnji topline, i jedne godišnje zamjene isparničkih cjevčica.

Očitani podaci s isparničkih razdjelnika topline (Rt_1, Rt_2..), kao i potrebiti podaci s mjerila topline (Mt_1, Mt_2..) ili temperatura (Pt_1, Pt_2…) i dr., prenose se na prikladne obrasce (SO) "ručno", a sa njih se onda podaci učitavaju neposredno na elektronička računala (slika 1).



Slika 1. Jednostavni isparnički sustavi individualiziranja troškova grijanja

c) Sustavi s elektroničkim razdjelnicima i lokalnim očitavanjem. Ovi sustavi se izvode kao i jednostavni sustavi s isparničkim razdjelnicima, koji se ugrađuju jednako ili slično, ovisno o tome koje su vrste elektronički razdjelnici. Tako postoje **kompaktni elektronički razdjelnici,** s ugradnjom jednakom isparničkim razdjelnicima, neposrednim očitanjem s elektroničkih pokaznika, i ručnim zapisivanjem podataka. Napajaju se baterijama dugog trajanja (8 do 10 godina), kod kojih dugoročno nema zamjena. Bitan nedostatak elektroničkih razdjelnika je netočno mjerenje potrošnje topline pri malim razlikama temperatura između okoline i ogrijevnih tijela, odnosno "polaznih" i "povratnih" temperatura vode.

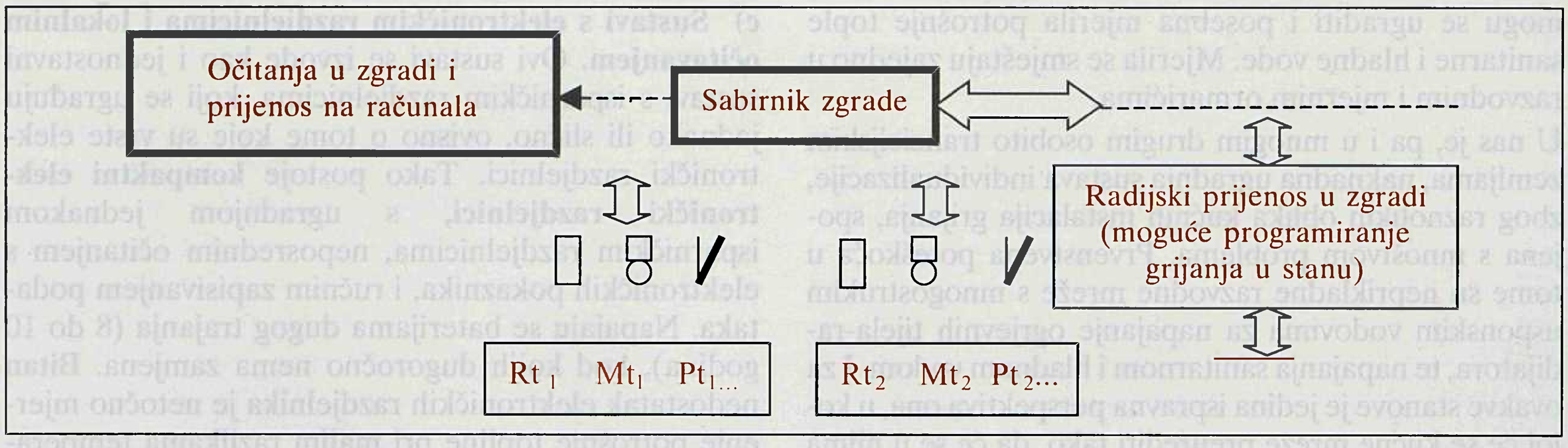
d) Sustavi s elektroničkim razdjelnicima topline s dva osjetila nemaju spomenuti nedostatak netočnosti. Kod njih se jednim mjernim osjetilom mjeri temperatura ogrjevnog tijela, a drugim, ugrađenim u razdjelnik, temperatura okoline na ugradbenom mjestu. Zbog složenije građe, ovi razdjelnici imaju i bitno više cijene isporuke, montaže i održavanja.

e) Elektronički razdjelnici topline s daljinskim očitavanjima u zgradi. Elektronički razdjelnici se mogu graditi i za različite vrste daljinskog prijenosa podataka unutar stambenih zgrada; pomoću M-sabirnica ili s radijskim prijenosom. Pri tome također nema obvezatnih ulazaka u stanove radi očitavanja, a skraćuju se i vremena očitavanja i zapisivanja podataka. Osim toga, ovdje se zbog drugačije tehnologije razdjelnika, očitavanja izvode u svim stanovima praktično istodobno, što je pri primjeni suvremenih, daljinski nadziranih, pa i vođenih i očitavanih elektroničkih sustava relativno sigurno i jednostavno.

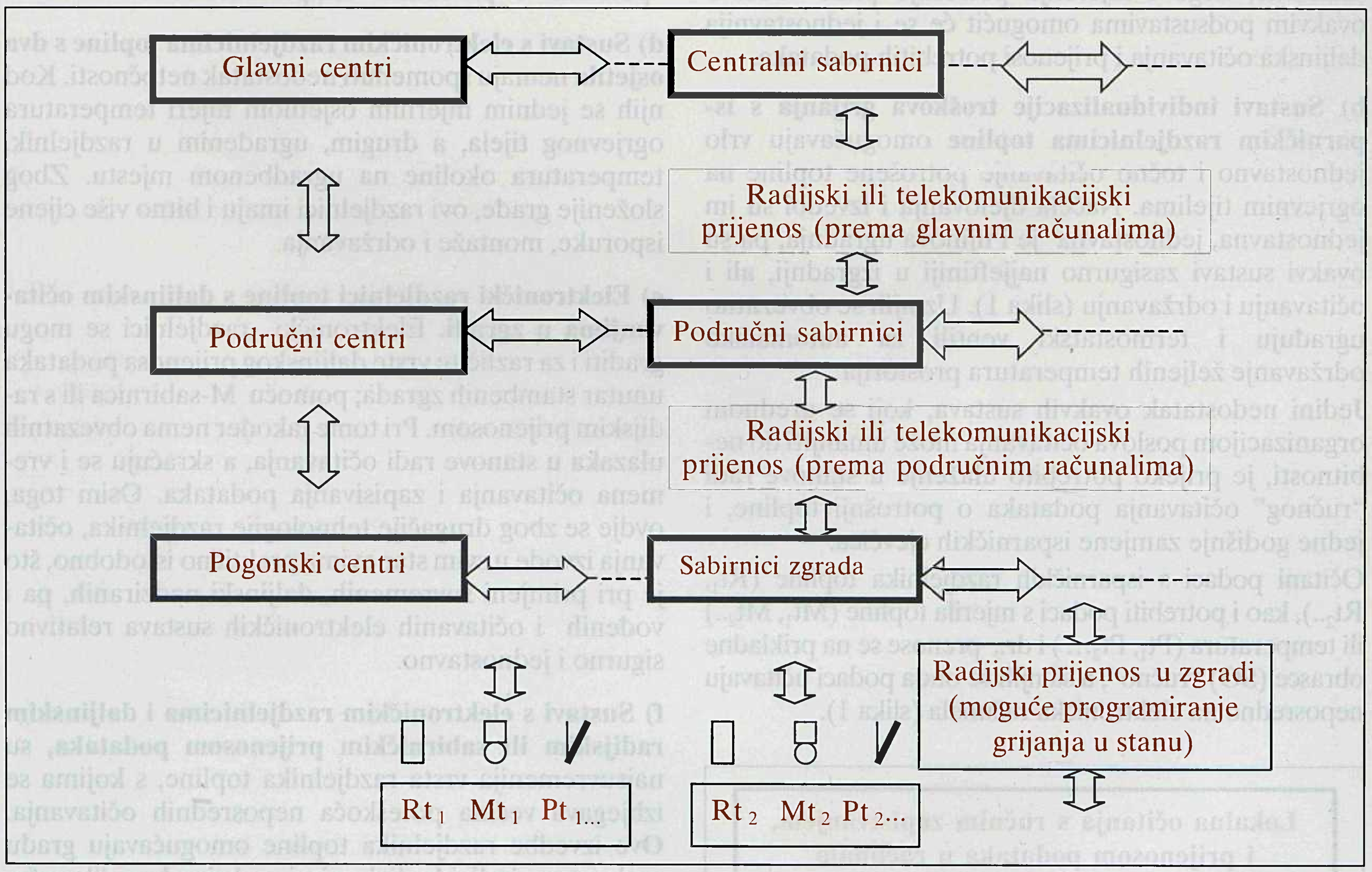
f) Sustavi s elektroničkim razdjelnicima i daljinskim radijskim ili sabirničkim prijenosom podataka, su najsuvremenija vrsta razdjelnika topline, s kojima se izbjegava većina poteškoća neposrednih očitavanja. Ove izvedbe razdjelnika topline omogućavaju građu podsustava individualiziranja i maksimalnog "komforiranja" sustava grijanja, s potpunim elektroničkim povezivanjem, primjerice putem M-sabirnica tako da je omogućeno potpuno daljinsko očitavanje, računalno programiranje iz pogonskih prostora vođenja, obračunavanje i ispostave računa, a uz to se programiranim podsustavima mogu ostvariti puni nadzor i vođenje ogrjevnih tijela s individualiziranjem troškova u svakom stanu (slika 2).

Takvi, složeni elektronički sustavi individualiziranja troškova mogu biti zasnovani i građeni u nekoliko osnovnih varijanata. Najjednostavniji su s **pogonskim centrima**, u kojima se mogu, prema slici 2., kad oni služe za obradu više stanova i zgrada, izvoditi i daljinski prijenos i obrada očitanih podataka putem radijskih primopredajnika, ili putem M-sabirnica i TT-linija.

Kod velikih sustava individualiziranja, u kojima se obrađuje veliki broj zgrada i stanova, na primjer kod



Slika 2. Jednostavni elektronički sustavi individualiziranja troškova grijanja



Slika 3. Složeni elektronički sustavi individualiziranja troškova grijanja

sustava s više od 5000 stanova, formiraju se odgovarajući i znatno veći **područni centri**. Prijenos podataka i u njima može biti izveden radijski ili putem telekomunikacijskih mreža, te velikih mreža s M-sabirnicama. Ove mreže mogu biti formirane na više načina; kao **linijske, zvjezdaste, kružne** ili drugačije mreže. Osim obračuna troškova, u većim područnim centrima se mogu obavljati i drugi poslovi integralnog vođenja cjelokupnog sustava; poslovi ugovaranja, inventariziranja i gradnje, održavanja sustava, i dr.

Velike tvrtke, koje se bave proizvodnjom opreme, projektiranjem, izgradnjom, uspostavom djelovanja i održavanjem sustava individualiziranja troškova grijanja, potrošnje vode, plina, električne energije i dr, imaju velike **glavne centre za sustavno vođenje** mnogih drugih poslova. U njima su glavne banke podataka, pomoću kojih se brzo i efikasno izvode skaliranja i dimenzioniranja razdjelnika, dimenzioniranja ostale opreme sustava, te vode njihovi ukupni pregledni i statistički podaci, upravlja proizvodnjom i distribucijom robe, i dr. Glavni centri vođenja mogu biti formirani i kao veliki gradski, ili regionalni, pa i državni.

Sustavi individualizacije troškova grijanja su veliki i specifični sustavi, izrazito distribuirani i povezani na vrlo velikim urbanim površinama, i u velikim prostorima, područja, zgrada i stanova. Njihovi su, glavni i osnovni, uvijek mnogobrojni, relativno jednostavni sastavni dijelovi. To su pretežito mehanički ili elektronički dijelovi i uređaji: isparnički i elektronički razdjelnici topline, elektronički prijenosni i sabirnički moduli, mjerila količine topline, količine vode i dr.

TEHNIČKA EFIKASNOST SUSTAVA INDIVIDUALIZIRANJA TROŠKOVA

Tehnička efikasnost sastavnih dijelova i sustava individualizacije troškova može se odrediti temeljem promatranja njihove pouzdanosti, raspoloživosti, radne sigurnosti i ekologičnosti. **Pouzdanost** se može promatrati na više razina sustava. Tako je pouzdanost osnovne opreme; razdjelnika topline i mjerila, ovisna više o pouzdanosti izvedbi i namjeni pojedinih njezinih dijelova, a pouzdanost nadgrađenih informatičkih sustava i prijenosnika podataka je ovisna i o pouzdanosti primijenjenih programskih, odnosno "softverskih paketa" i prijenosnih medija.

Pouzdanost osnovne opreme, u dijelu **točnosti mjerenja**, može se promatrati posebno za razdjelnike topline, koji pripadaju u grupe mjernih indikatora, a posebno za ostala mjerila topline tlaka i protoka, koji pripadaju grupama "klasičnih" toplinskih mjerila. Naime, za praktičnu primjenu razdjelnika topline potrebite su suglasnosti Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo (što podjednako vrijedi za isparničke i elektroničke razdjelnike topline), a za mjerila topline i dr. standardna "Tipska odobrenja" za uporabu u RH. Sve suvremene izvedbe razdjelnika topline i drugih mjerila, moraju zadovoljiti i sve međunarodne kriterije kvalitete i točnosti opreme za njezinu praktičnu primjenu u RH (DIN, IEC, EN).

Radna **sigurnost** osnovne i informatičke opreme mora također potpuno zadovoljavati sve spomenute standarde i norme, pa se i ona najčešće može primjenjivati bez ograničenja. **Raspoloživost** mora biti odlika suvremenih sustava individualiziranja troškova grijanja i potrošnje vode, a postiže se osiguranjem potrebite tehničke kvalitete i zalihosti dijelova i opreme.

Sa stajališta **ekologičnosti**, suvremena oprema ovih elektroničkih sustava mora zadovoljavati sve kriterije, iako neki njezini dijelovi mogu sadržavati i problematične tvari (sastojci elektroničkih sklopova, LiCl-baterije i dr.), a moguće su i štetnosti radijskih zračenja odašiljačkih dijelova sustava, koje se još uvijek ozbiljno istražuju.

EKONOMSKA EFIKASNOST SUSTAVA INDIVIDUALIZIRANJA TROŠKOVA

Za ove sustave, kako za njihovu osnovnu opremu tako i za informatičke mreže, mora se reći, da oni nikako nisu sami sebi svrha, i da se moraju graditi u najefikasnijim, točnim, pouzdanim i sigurnim, pa za naše uvjete i iznad svega, u financijski prihvatljivim formama. U cjelini gledano, sve izvedbe sustava individualiziranja, pa čak i one najjeftinije i vrlo efikasne s isparničkim razdjelnicima, su skuplje od sustava individualizacije troškova grijanja sa zasebnim mjerilima topline, kad se ona unaprijed projektiraju, i instaliraju pri gradnji stanova.

Uređaji i oprema individualiziranja troškova povezuju se u male, srednje ili velike elektroničke informacijske sustave. Sustavi su stoga najčešće složeni, a rabe i različite složene elektroničke medije i opremu za prijenos i obradu podataka. Cijene sustava bitno ovise o primijenjenim vrstama informatičkih mreža i medija, pa njihove cijene mogu i bitno premašivati cijene osnovne opreme. Stoga se pri projektiranju sustava individualizacije troškova grijanja i potrošnje vode, nikada ne smije manje važni čimbenik "komfor" pretpostaviti mnogo važnijoj svrsi, cijeni i efikasnosti sustava. Svi poslovi projektiranja i gradnje sustava moraju se voditi vrlo razborito, uz razmišljanje dobrih gospodara, u dobroj vjeri, i uvijek na dobro potrošača i na opće dobro. To se posebno odnosi na poslove uvođenja sustava individualiziranja u postojeće zgrade, s njihovim, lošim, a "hardverski i softverski" uhodanim, "socijaliziranim" plaćanjem grijanja i potrošnje vode.

Pregledni podaci mogućih cijena investicija u različite izvedbe sustava individualiziranja troškova grijanja po stanu, pokazani su u tablici 3. I iz ove tablice se vidi da bi uvođenje individualizacije troškova grijanja bilo najjednostavnije i najisplativije sa zasebnim mjerilima topline u svakom stanu. Nebitno su skuplji i jednostavni isparnički sustavi, a cijene elektroničkih sustava znatno rastu, ovisno o njihovoj prilagodbi daljinskim očitavanjima ili mogućnostima programiranih vođenja grijanja na svim ogrjevnim tijelima. Ovakvi sustavi imaju daljinski i programski vođene, te također komunikacijski, s M-sabirnicama ili radijski, povezane termostatske ventile.

Neki od navedenih sustava, u našim su uvjetima nestimuliranih investiranja, preskupi, pa u rokovima isplate investicijskih troškova od deset pa i od dvadeset godina, donose realne gubitke investitorima. Tako je u našim uvjetima investiranje u sustave individualiziranja troškova grijanja i potrošnje vode potpuno destimulirano. Prvo je to učinjeno neprikladnim i sveprisutnim PDV-om, zatim troškovima carinjenja, različitim doprinosima, prirezima i trošarinama, te mnogim drugim nerazboritim davanjima. Za razliku od naše prakse, u zapadnoeuropskim zemljama su svi postojeći zakoni i uredbe uređeni tako da potpuno ili značajno eliminiraju sve destimulirajuće troškove spomenutih vrsta investiranja. U uređenim i razboritim gospodarstvima, razboritom se regulativom sve građane i investitore pomaže u izgradnji, državi i korisnicima prijeko potrebitih, štedljivih sustava individualiziranja troškova grijanja i troškova potrošnje vode.

Primjena elektroničkih sustava donosi i nove troškove, naprimjer troškove komunikacija zbog uporabe radijskih frekvencija ili TT-linija, koji bitno rastu prema cijenama pripadnih osnovnih uređaja i opreme. Ta "komforna nadgradnja" informatičke opreme, i opreme vođenja i komunikacija, može često, i sasvim nepotrebno i mnogostruko, poskupiti troškove i onih, prijeko potrebitih, dijelova osnovnog sustava individualiziranja troškova grijanja. S time se i ukupna efikasnost investicija može bitno umanjiti.

Tablica 3. Troškovi investicija, očitavanja, održavanja i godišnjih ušteda različitih sustava

Radovi ugradnje, očitavanj i održavanja	Zasebna mjerila topline	Isparnici	Elektronički razdjelnici s lokalnim očitavanjem	Elektronički razdjelnici s dva osjetila i s lokalnim očitavanjem	Elektronički razdjelnici s daljinskim očitavanjem u zgradi	Elektronički razdjelnici s daljinskim očitavanjem iz Centra	Programirani sustav Techem- "ASSISTO"
a	b	c	d	e	f	g	h
Prosječna cijena opreme po stanu (a'50m^2, 5 radijatora) [kn]	2.200,00	1.700,00	2.800,00	4.500,00	6.000,00	9.000,00	12.000,00
Pristojbe za uporabu komunikacija [kn]	-	-	-	-	Pristojbe za uporabu frekvencija	Pristojbe za uporabu frekvencija, HT pristojbe	Pristojbe za uporabu frekvencija, HT pristojbe
Cijena održavanja i očitavanja [kn/ st. /god.]	30,00	40,00	70,00	120,00	150,00	200,00	250,00
Godišnji dobitak / Gubitak (+)/(-) [kn] (za 10 g.)	+350,00	+390,00	+250,00	+30,00	**-150,00**	**-550,00**	**-850,00**
Godišnji dobitak Gubitak (+)/(-) [kn] (za 20 g.)	+460,00	+475,00	+390,00	+275,00	+150,00	**-50,00**	**-250,00**

Ni cijena negativnih ekoloških utjecaja složenih elektroničkih sustava ne smije se zanemariti, a kojih ima znatno više nego što ih se prikazuje,. Tu prije svega pripadaju moguće interferencijske radijske smetnje, i masovni "elektronski smog" iz mnoštva odašiljačkih dijelova sustava, troškovi zbrinjavanja nereciklabilnih dijelova (primjerice Li-baterija, elektrolita i drugih elektroničkih dijelova ...).

Pri zasnivanju i projektiranju ovih sustava uvijek se moraju odabrati razboriti oblici izvedbi i niže cijene investicija koje mogu, i moraju, omogućiti ne samo uredne rokove isplativosti, nego i samoodrživi razvoj i održavanje sustava. S tim ciljem, radi boljeg uvida u buduću primjenu različitih sustava u našoj zemlji, navedene su i procjene njihove gospodarske isplativosti naznačene u tablici 4.

Tablica 4. Cijene, vremena isplativosti i mogućnosti samorazvoja različitih sustava

Oprema sustava individualiziranja troškova grijanja za 100.000 stanova [stan -50 m^2]	Zasebna mjerila topline	Isparnički	Elektronički s očitavanjem u zgradi	Elektronički s očitavanjem iz centra	Programirani sustav Techem- "ASSISTO"
Procjena iznosa investicija [kn]	220.000.000	150.000.000	600.000.000	900.000.000	1.200.000.000
Vrijeme otplate [god.]	1,5 do 2,5	1 do 2	6 do 8	9 do 12	10-14
Mogućnost izgradnje sustava samoodrživim razvojem iz ušteda (početni broj stanova 10.000)	moguća za 6-8 godina	moguća za 5 do 7 godina	praktično nemoguća ("moguća" za 18-20 godina!)	Praktično nemoguća ("moguća" za 27 do 32 godina!)	Praktično nemoguća ("moguća" za 32 do 38 godina!)

Iz tablice se vidi, da su neki od raspoloživih sustava za primjenu u nas neprikladni, jer se "isplaćuju" u predugim i neprihvatljivim rokovima, a kod nekih nema ni govora o mogućem efikasnom i prihvatljivom samorazvoju.

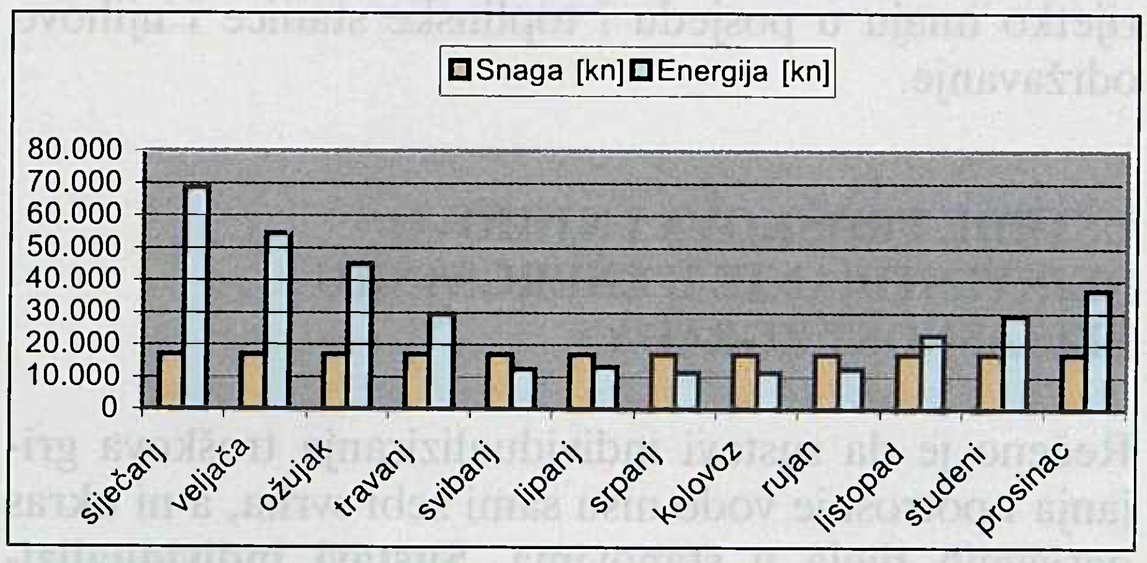
Naznačeni podaci o procjenama govore da se neki od sustava, a s obzirom i na naše "tarifne" oblike obračunavanja troškova grijanja i tople vode, ne bi mogli isplatiti u razumnim rokovima, a kamo li da bi se mogli i samoodrživo razvijati.

Ponovimo, gospodarski bi najefikasnije, bilo investirati, i graditi sustave sa zasebnim mjerilima topline, ili isparničke sustave. Elektronički sustavi se, i u najjednostavnijim izvedbama, isplaćuju u znatno duljim rokovima, a rokovi njihovog samoodrživog razvoja su predugački i praktično nemogući.

SUSTAVI NAPLATE TROŠKOVA GRIJANJA I ODNOSI SPRAM POTROŠAČA

Zanimljivi su i oblici odnosno tarifni sustavi s kojima domaći isporučioci energenata i topline izvode obračune i naplate krajnjim korisnicima, odnosno potrošačima. U tu svrhu su znakovito formirani i obračunski formulari, temeljem kojih se ispostavljaju računi i izvodi naplata troškova energenata i topline. Za ilustraciju, u tablici 5 su pokazani sadržaji obračuna i načini naplate troškova energenata i energije grijanja u dvije domaće i u jednoj inozemnoj tvrtki.

Sadržaji računa zorno pokazuju i osnovne elemente njihovih tarifnih sustava. Tako, na primjer, tvrtka GPZ ima 13 relativno razložnih "stavki" iz kojih se vidi, kako je ova tvrtka, isporučilac plina za toplinske stanice, korekcijskim faktorima po volumenu i po garantiranoj kvaliteti, sasvim dobro formirala sigurnu naplatu količina isporučenog plina. Ipak, iz dostupnih računa i nije baš potpuno jasno, kako su na mjerilima ugrađenim ispred toplinskih stanica, osigurani i faktori točnog mjerenja volumena plina, odnosno njegovi tlakovi i temperature? U računima i tarifnom sustavu CSG-a, dominantne vrijednosti imaju "zakupljena snaga potrošača" i "isporučena energija", koje su za primjer jedne zgrade pokazane dijagramom 1. Tarifni sustav ovog isporučioca topline, jednak je za toplinu koju isporučuje putem CSG-a, i putem posebnih toplinskih stanica koje koriste energent iz plinske mreže. Primjer sa dijagrama, odnosi se na takvu zgradu, za koju isporučilac plina, za plin isporučen "na pragu" toplinske stanice račune ispostavlja CSG-u. Drugim riječima, i cijena snage se u računima CSG-a odnosi vjerojatno na troškove amortizacije, pogona i



Dijagram 1. Prosječni troškovi "snage"(37%) i "energije"(63%) u jednoj zgradi CSG-a!?

Tablica 5. Usporedba obračunskih lista i različitih sustava naplate topline

Obračunska lista GPZ (mjesečni obračun)	Obračunska lista CSG-a (mjesečni obračun)	Obračunska lista "Techem" (godišnji obračun)
a	b	c
1 Zadnje očitanje	01 Zakupljena snaga [MW]	1 Troškovi energije [MJ, DM]
2 Predzadnje očitanje	o2 Isporučena energija [MW]	2 Podjela troškova
3 Utrošena količina plina [m^3]	03 Površina stambenog objekta	-fiksni troškovi 30%
4 Korekcijski faktor brojila	04 Površina stana [m^2]	[m^2, MW]
5 Korekcijski faktor kv. plina	05 Osnovica za obračun PDV-a	-promjenjivi troškovi 70%
6 Količina za naplat [m^3]	06 Osnovica za obračun kamata	[EJ, MW]
7 Cijena plina [kn/m^3]	07 Cijena snage [kn/MW]	3 Iznos troškova stana [DM]
8 Iznos za obračun PDV-a	08 Cijena energije [kn/MW]	4 Uplaćene akontacije [DM]
9 Iznos PDV-a	09 Cijena za objekt [kn/m^2]	5 Razlika (doplata/povrat) [DM]
10 Iznos za naplatu u zgradi	10 Stopa PDV-a	
11 Cijena po m^2	11 Mjesečna kamatna stopa [%]	
12 Površina stana [m^2]	12 Iznos troškova snage [kn]	
13 Iznos za naplatu u stanu	13 Iznos troškova energije [kn]	
	14 Iznos troškova grijanja [kn]	
	15 Iznos PDV-a [kn]	
	16 Iznos zatezne kamate [kn]	
	17 Ukupno (14+15+16) [kn]	

održavanja postrojenja toplinske stanice, čiju su izgradnju financirali sami stanari zgrade.

Održavanje plinske mreže ovdje ide na teret GPZ-a, a sva održavanja instalacija grijanja na teret pričuve u GSKG-u. Usprkos tome, u ovoj su zgradi (2000.g.) naplaćeni prosječni troškovi snage 37% godišnjih troškova; zimi cca 20%, a ljeti (kad je generirana samo topla voda!) cca 70%(!) ukupnih troškova grijanja!?

Koliko je poznato, u zemljama Zapadne Europe, troškovi snage se iskazuju najčešće kao dio pogonskih troškova, a tamo gdje se to čini zasebno oni iznose najviše 20-22% ukupnih troškova grijanja. To je svakako zanimljiv "specifikum" u naznačenom tarifnom sustavu, koji može značiti samo da CSG-a radi neracionalno i skupo i da tako znatno oštećuje potrošače.

Prema tablici 5, za primjer i usporedbu, mogu se analizirati i osnovni sadržaji obrasca računa, kakve ispostavlja tvrtka Techem u Njemačkoj i mnogim zemljama Europe, gdje isporučioci energije grijanja rijetko imaju u posjedu i toplinske stanice i njihovo održavanje.

UŠTEDE TROŠKOVA I NJIHOVO REINVESTIRANJE U ENERGETSKU EFIKASNOST ZGRADA

Rečeno je da sustavi individualiziranja troškova grijanja i potrošnje vode nisu sami sebi svrha, a ni ukras ogrjevnih tijela u stanovima. **Sustavi individualiziranja troškova služe prvo za pravedno plaćanje računa, zatim za otkrivanje nedostataka u energetskoj učinkovitosti sustava grijanja, stanovima i zgradama, i napokon za plaćanje učinkovitog otklanjanja nedostataka**, koje je uvijek povezano s novim, prijeko potrebitim i svakako racionalnim troškovima. Investicije u racionalnu uporabu energije i vode je najbolje realizirati prvo na teret sredstava iz ušteda, i potom na teret novih racionalnih ulaganja.

Nama, kao vrlo poučan primjer, mogu poslužiti ulaganja u dorade, odnosno u poboljšanje energetske kvalitete zgrada u Njemačkoj, pokazana u tablici 6.

Tablica 6. Ulaganja u gradnju novih i dorade postojećih zgrada u Njemačkoj

Ulaganja u zgradarstvo Njemačke (godina 1996.)	
U novogradnje	U dorade postojećih zgrada
170.000.000.000,00 [DM]	**145.000.000.000,00 [DM]**

Vidi se da se u Njemačkoj veliki dio investicijskih troškova odnosi na popravljanje energetske efikasnosti postojećih zgrada, pa je odnos ulaganja i izgradnju novih zgrada prema ulaganjima u postojeće vrlo znakovit, i iznosi 1:0,85. Tako bi morali raditi i mi, i uvoditi racionalne sustave individualiziranja troškova, a uz to i nove i stare zgrade činiti energetski optimalno efikasnim. Energetski stručnjaci to vrlo razborito rade u svim zapadnoeuropskim nacionalnim gospodarstvima. Tako će se i u nas, svi pozitivni rezultati ušteda energenata pomoću efikasnih sustava individualiziranja troškova grijanja, morati razborito reinvestirati u njihov daljnji razvoj. Tako će se morati raditi sve do konačne uspostave ovih sustava u svim našim raspoloživim stanovima.

Pri svakom razmišljanju o vrsti primijenjenih sustava individualiziranja troškova grijanja, odlučujuća mora biti njihova gospodarska učinkovitost. Stoga ovi sustavi moraju biti jeftini i brzo isplativi. **Oni moraju omogućiti i samoodrživi vlastiti razvoj**. S takvog su stajališta, i kao naši budući najprihvatljiviji sustavi individualiziranja troškova grijanja, sustavi sa zasebnim mjerilima topline ili isparnički sustavi. **Svako drugo razmišljanje, i eventualne odluke o nabavi i instaliranju skupih, a ne i učinkovitijih sustava, ići će na našu opću štetu, odnosno na štetu i državi i potrošačima**.

ZAKLJUČCI

Temeljem navedenih podataka i procjena moguće je nedvojbeno zaključiti sljedeće:

- **U našoj se zemlji mora neodgodivo započeti sa širokim upoznavanjem stanovništva s vrstama i mogućnostima primjene sustava individuaaliziranja troškova grijanja i uporabe tople i hladne vode.**
- **Moraju se, neodgodivo, donijeti odgovarajući zakoni, uredbe i propisi pomoću kojih će se uvesti racionalna i štedljiva uporaba energije grijanja i vode.**
- **Mjerodavne državne institucije moraju što prije utvrditi mogućnosti, strategiju i načine povećavanja energetske učinkovitosti postojećih zgrada.**
- **Mora se propisati primjena optimalnih sustava individualiziranja troškova, koji će biti tehnički i gospodarski efikasni, suvremeni, točni, pouzdani i sigurni.**
- **Sve novogradnje, s više stanova ili zasebnih prostora, moraju se projektirati i izgraditi sa zasebnim mjerilima topline, tople i hladne vode.**
- **Moraju se odrediti načini i rokovi opremanja postojećih stambenih zgrada sustavima individualiziranja troškova grijanja i potrošnje vode.**
- **Vrste, cijene izgradnje, uporabe i održavanja sustava individualiziranja troškova moraju omogućiti njihov prihvatljiv i samoodrživ razvoj.**
- **Moraju se donijeti zakoni koji će se stimulirati, subvencionirati, ili osloboditi od poreza i ostalih pristojbi, sve investicije kojima se racionaliziraju potrošnja energije za grijanje, potrošnja vode i dr.**
- **Sve novčane uštede, koje se postignu temeljem ovakvih sustava, moraju se prvenstveno usmjeravati na efikasno smanjivanje toplinskih gubitaka i povećavanje energetske učinkovitosti postojećih i novograđenih zgrada, stanova i poslovnih prostora, te na daljnje učinkovito razvijanje sustava individualitiranja troškova grijanja i potrošnje vode.**

LITERATURA

[1] Energija u strategiji razvitka grada Zagreba, Poglavarstvo grada Zagreba, Zagreb 1992.

[2] Energija u Hrvatskoj 1990-1994, Ministarstvo gospodarstva Hrvatske, 1995.

[3] Program racinalnog korištenja energije, Republički komitet za energetiku i industriju SRH 1988.

[4] Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 1996., 1998.

[5] W. FRANKE: Heizkostenabrechnung nach verbrauch, modernisierungs magazin 5/6/95, Sonderdruck von TECHEM AG.

[6] Prospektna, tehnička i opća dokumentacija tvrtke TECHEM o opremi i sustavima prikupljanja i obrade, podataka i ispostavljanja racuna za potrošenu toplinu i vodu, 1990. do 2001.

[7] M. KAMENSKI: Toplinska energija i njezino mjerenje, EEG, No.16, 12/97.

[8] F. RAJIĆ: Suvremeni sustavi individualizacije troškova grijanja u zgradarstvu hrvatske; Energija, Zagreb 2000.

[9] Studije, bilteni i publikacije tvrtke TECHEM, 1990-2001.

TECHNICAL AND COST CHARACTERISTICS OF DIFFERENT SYSTEMS FOR MAKING HEATING COSTS INDIVIDUAL

Basic technical and cost characteristics of equipment and systems for making heating, hot and cold water costs individual are described. A review on basic technical concepts of equipment parts, subsystems and systems is given together with the description of their operation, design, maintenance, reading and data processing. Ways of information linkage among systems are described, starting from heating devices and consumption spots to flats, buildings and housing complexes. Information on prices and economic effects of investments into different systems as well as possibilities of optimising the pay back period are given.

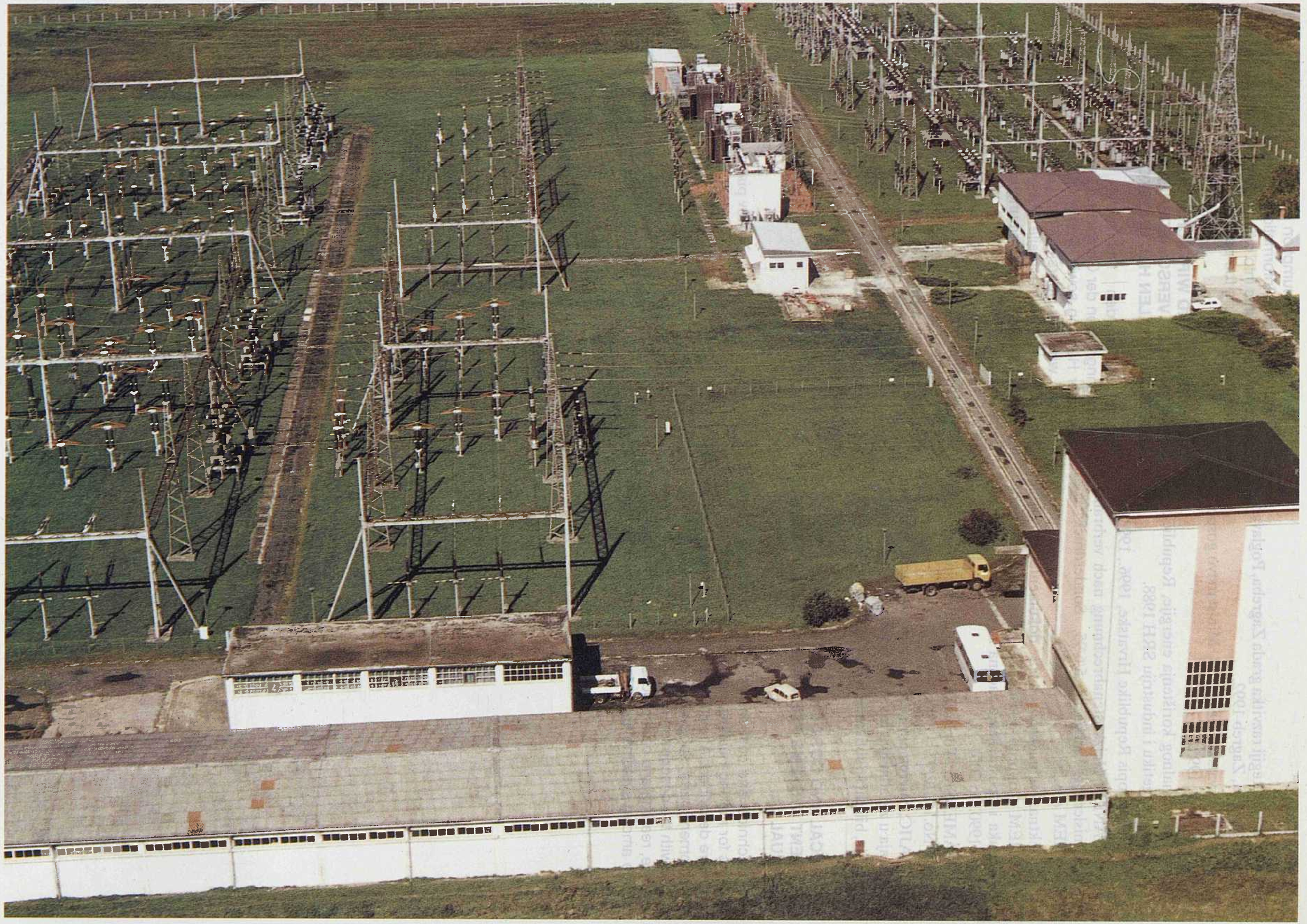
TECHNISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE KENNGRÖSSEN VERSCHIEDENER SYSTEME DER INDIVIDUELLEN HEIZUNGSKOSTENANPASSUNG

Geschildert werden technische und wirtschaftliche Grundkenngrössen der Geräte und Systeme individuell angepasster Heizung sowie Warm- und Kaltwassernutzung. Gegeben wird die Übersicht der Grundarten technischer Ausführung der Bestandteile von Geräten, Sätzen und Gruppen sowie die Beschreibung deren Wirkungsweise, Bemessung und Instandhaltung, noch dazu die Datenaufnahme und -bearbeitung. Beschrieben werden die Grundarten informatischer Koppelung in den Systemen, mit Heizkörpern und Verbrauchsstellen angefangen, bis zu den Wohnungen, Gebäuden und Wohnblöcken. Grundangaben über den Preis und die Haushaltsauswirkungen der Geldanlagen in verschiedene Systeme; die Modalitäten der Optimierung der Zeitspanne derer Rückzahlung werden ebenfalls gegeben.

Naslov pisca:

Mr. sc. Florijan Rajić, dipl. ing.
Omiška 18
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-04-20.



NEIZRAZITA (FUZZY) LOGIKA I NJENA PRIMJENA U ELEKTROENERGETICI

Sonja Tomašić-Škevin, Zagreb

UDK 621.31:51
PREGLEDNI ČLANAK

Elektroenergetski sustavi sapadaju među najkompleksnije sustave naše civilizacije. Uz mnoštvo faktora pomoću kojih se može opisati rad tog sustava postoje i razni vanjski utjecaji koji više ili manje utječu na ponašanje promatranog sustava. Zakonitosti po kojima se vladaju takvi sustavi počesto nisu linearni niti do kraja određeni. Zbog složenosti a ponekad i neodređenosti i zbog potrebe korištenje znanja eksperta na određenom području neizrazita (engl. fuzzy) logika našla je primjenu kod rješavanja problema u elektroenergetici. Neizrazita logika sa svojim svojstvom korištenja neizrazitih varijabli može uhvatiti razne neodređenosti i biti kao pomoćni alat inženjerima u mnogim dijelovima elektroprivrede.

Ključne riječi: neizrazita logika, neodređenost, elektroenergetski sustav.

1. UVOD

Matematičar Lotfi A. Zadeh 1965. godine uvodi pojam fuzzy skupa kao matematički opis neodređenosti koje se javljaju u lingvistici. Fuzzy skupovi mogu se promatrati kao generalizacija klasične teorije skupova [1].

Zadehov princip nekompatibilnosti kaže da se s porastom kompleksnosti sustava smanjuje naša sposobnost donošenja točnih i vrijednih zaključaka o ponašanju tog sustava. Proces se nastavlja sve do dostizanja praga nakon kojeg točnost i značajnost (ili relevantnost) postaju karakteristike koje gotovo u potpunosti isključuju jedna drugu. Iz toga se može izvesti zaključak o povezanosti kompleksnosti i dvosmislenosti (netočnosti):

"Što bliže pogledamo problem stvarnog svijeta, njegovo rješenje postaje nejasnije". [Zadeh] [1]

Način na koji ljudi misle rješavajući probleme uključuje kompleksnost i dvosmislenost na subjektivan način. Kad čovjek proučava kompleksni sustav, on zaključuje približno o njegovom ponašanju (sposobnost koju računalo nema) i tako zadržava samo generičku sliku problema. Za razumijevanje kompleksnih sustava dovoljna je ta općenitost i dvosmislenost.

Što se više bavimo nekim sustavom njegova kompleksnost se smanjuje a raste naše razumijevanje sustava. Preciznost koju pri modeliranju dobivamo računalnim metodama postaje sve korisnija. Za manje kompleksne sustave, koji stoga imaju malu nesigurnost, matematički izrazi nude precizan opis ponašanja sustava. Kod sustava koji su samo malo kompleksniji, ali za koje postoje karakteristični podaci, metode umjetne inteligencije predstavljaju moćna i efikasna sredstva za smanjenje nesigurnosti pomoću učenja zasnovanog na uzorcima koji se nalaze u bazi podataka.

Ne postoji problem za koji bi se moglo reći da su poznate apsolutno sve informacije o njemu, tj. bez nepoznatog, bez nejasnog, bez nepreciznog ili bez elemenata slučajnog. Nesigurna informacija može imati mnogo različitih oblika. Postoji nesigurnost koja proizlazi iz kompleksnosti, npr. kompleksnost procjene pouzdanosti distribucije u energetici. Postoji nesigurnost koja proizlazi iz ignorancije, iz slučajnosti, iz nepreciznosti, iz nesposobnosti da se izvedu adekvatna mjerenja, iz nedostatka znanja, iz neodređenosti, kao i neodređenost koja proizlazi iz našeg govornog jezika.

Prije odabira prikladne metode za izražavanje nesigurnosti sustava potrebno je proučiti prirodu nesigurnosti sustava. Neizrazita logika pomaže pri razumijevanju ponašanja vrlo kompleksnih sustava za koje postoji malo numeričkih podataka, a raspoloživi podaci su dvosmisleni ili neprecizni na takav način da dozvoljava interpolaciju između promatrane ulazne i izlazne situacije. Fuzzy modelima se općenito može obuhvatiti vrlo velika nepreciznost.

Neizrazita logika je zasnovana na načinu na koji ljudski mozak procesira neprecizne informacije. Neizraziti sustavi spajaju neizrazite skupove s neizrazitim pravilima kako bi dobili sveukupno kompleksno nelinearno ponašanje sustava. Oni počinju od vrlo formalnog uvida u strukturu kategorija koje nalazimo u stvarnom svijetu i tada daju neizrazita IF-THEN pravila. Kako su neizraziti sustavi zapravo strukturirani numerički esti-

matori, oni omogućavaju bolju analizu sustava pri njegovu radu s nesigurnim ili nepreciznim informacijama ili u uvjetima punim smetnji.

Prilikom razvoja modela fizičkog procesa neke informacije se mogu učiniti kao instinktivna reakcija projektanta fizičkog procesa, radije nego određena kvantitativna informacija. Neizrazita logika omogućava uvođenje intuicije u rješavanje problema. Ona je moćan alat koji omogućava izražavanje informacije na našem vlastitom sredstvu komunikacije: ljudskom jeziku. Po svojoj prirodi ljudski je jezik dvosmislen i neprecizan. Ipak, on je najjači oblik komunikacije i razmjene informacija među ljudima. Usprkos neodređenosti ljudskog jezika, ljudi imaju vrlo malo problema u razumijevanju tuđih ideja i zamisli. Takovo razumijevanje nije moguće postići u komunikaciji s računalom jer ono zahtijeva veliku preciznost prilikom korištenja.

Primjena fuzzy sustava je pokazala da je pomoću njih moguće modelirati kompleksne nelinearne procese do određenog stupnja točnosti. Broj i raznolikost primjena fuzzy sustava je u porastu, od industrijskih procesa preko medicinskih instrumenata do informacijskog sustava i analize odlučivanja.

2. NEIZRAZITI (FUZZY) SKUPOVI

Osnovna ideja neizrazitog skupa je vrlo jednostavna. Kod konvencionalnih skupova element ili pripada ili ne pripada tom skupu tj. pripadnost je kruta. Neizraziti skup je uopćenje običnog skupa na način da dozvoljava mjeru pripadnosti (eng. membership degree) za svaki element posebno u nekom rasponu. Tako funkcija pripadnosti neizrazitog skupa pridružuje svakom elementu skupa mjeru pripadnosti.

Teoretski, neizraziti skup F na promatranom skupu vrijednosti (referentnom skupu) X = { x } je definiran kao funkcija, $_F(x) : X \rightarrow [\ 0,\ ]$ kojom se svakom x-u pridružuje broj iz intervala [0,] prikazujući do koje mjere x ima atribut F. $_F(x)$ se zove funkcija pripadnosti ili mjera (stupanj) članstva. Nakon normaliziranja imamo $_F(x) : X \rightarrow [\ 0, 1\ ]$. Neizrazita logika se tada naziva normalizirana [2]. Funkcija pripadnosti ima najčešće trokutast, trapezoidan ili oblik razlomljene linearne funkcije. Ponekad se koristi i oblik Gauss-ove funkcije. Odabir oblika funkcije pripadnosti je proizvoljan i najčešće ovisi o iskustvu korisnika. Broj funkcija pripadnosti ovisi također o korisniku. Korištenjem više funkcija pripadnosti dobivaju se kvalitetnija rješenja, ali to povećava kompleksnost računanja.

Neizrazita vrijednost varijable može biti iskazana ne samo brojem već i atributom. U tom slučaju neizrazita varijabla se naziva lingvistička varijabla, a njena vrijednost lingvistička vrijednost. Zbog te svoje sposobnosti neizrazita logika se koristi za kvalitativno modeliranje ljudskog razmišljanja. Kao u ljudskom jeziku tako u neizrazitoj logici postoje razni modifikatori za naglašavanje značenja izraza ili općenito neizrazitog skupa. Postoji li neizraziti skup koji se zove "stabilan sustav", tada se korištenjem raznih modifikatora dobije *vrlo stabilan sustav*, *ne tako stabilan sustav*, *nešto malo manje stabilan sustav*, *slabo stabilan sustav* itd. Modifikatori se mogu smatrati operatorima koji djeluju na funkciju pripadnosti neizrazitog skupa kako bi je modificirali. Modifikatori koji se najčešće koriste su:

koncentratori (lingvistički: vrlo) kojima je cilj smanjenje vrijednosti onih elemenata neizrazitog skupa koji imaju malu vrijednost funkcije pripadnosti;

rastezači (lingvistički: prilično) kojima je cilj rastezanje neizrazitog skupa povećavanjem vrijednosti funkcije pripadnosti onim elementima koji imaju malu vrijednost za veću vrijednost nego onim elementima koji imaju veću vrijednost.

Isto kao i kod konvencionalne teorije skupova i kod teorije neizrazitih skupova koristi se logika "i" (unija), "ili" (presjek) i "ne" (komplement). Bilo koji odnos dva skupa može biti prikazan pomoću tih operatora. U neizrazitoj logici se unija, presjek i komplement izražavaju pomoću funkcije pripadnosti.

Pretpostavimo li da su A i B neizraziti skupovi opisani pomoću svojih funkcija pripadnosti $_A(x)$ i $_B(x)$, tada vrijedi:

$$\text{unija: } _{A\cup B}(x) = _A(x) \cup _B(x) = \max(_A(x), _B(x)); \quad (1)$$

$$\text{presjek: } _{A\cap B}(x) = _A(x) \cap _B(x) = \min(_A(x), _B(x)); \quad (2)$$

$$\text{komplement: } _{\sim B}(x) = 1 - B(x) \quad (3)$$

Neizrazita relacija R iz neizrazitog skupa A prema neizrazitom skupu B može biti označena funkcijom pripadnosti $_R(x,y)$ koja zadovoljava pravilo kompozicije koje glasi:

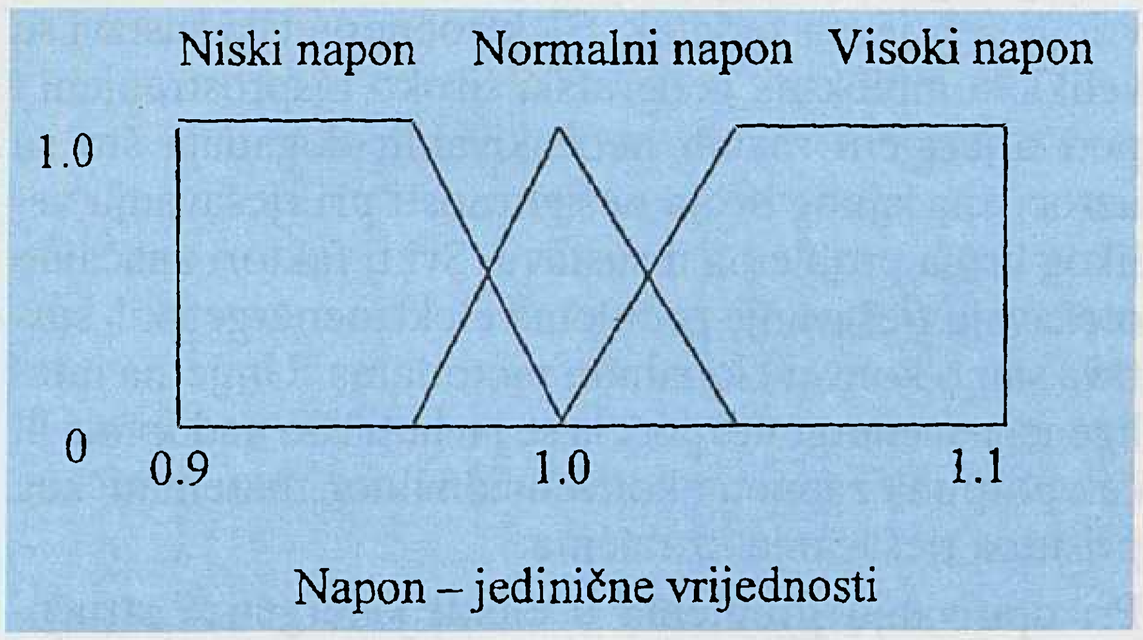
$$_B(y) = \max(\min(_R(x,y), _A(x))) \quad (4)$$

Logika kojom se dobije izrazita (eng.crisp) vrijednost iz neizrazitog ulaza naziva se neizrazita logika. Kako bi se izrazila distribucija istinitosti oko varijable potrebno je definirati relaciju. Na primjer, "malo" je definirano kao distribucija oko vrijednosti x. To znači da bilo koja vrijednost unutar distribucije može biti označena kao "malo", ali s različitim stupnjem istinitosti (pripadnosti, važnosti).

Teorija neizrazitih skupova ne bavi se kreiranjem distribuirane vjerojatnosti oko vrijednosti varijabli, već se bavi pravilima za računanje kombinirane vjerojatnosti izraza koji sadrže neizrazite varijable.

Jedna od osnovnih karakteristika neizrazite teorije je dopuštanje nesigurnosti pri formulaciji problema. Na slici 1 prikazana su tri neizrazita skupa: jedinične vrijednosti (p. u. – *per unite*) napona na sabirnicama koje su definirane kao niska vrijednost napona, normalna vrijednost napona i visoka vrijednost napona. Pojmovi *niski*, *normalni* i *visoki napon* su neprecizni i subjektivni, ali su ipak način prezentiranja prosudbe vrijednosti koja može biti izražena s određenim stup-

njem sigurnosti. Na slici 1 0% je sigurno da je 0,92 p. u. napona normalna vrijednost i 100% je sigurno da je taj nivo napona nizak [3].



Slika. 1. Neizraziti prikaz napona

Ako napon u predočenom primjeru nije "normalan", on je tada ili nizak ili visok. Između 0.95 p. u. i 1.0 p. u., npr. 0.97 p. u., za napon se može reći da je niski sa sigurnošću od 0.6 ili normalan sa sigurnošću 0.4. Skupovi poput ovih nazivaju se komplementarnim skupovima jer su niski i visoki naponi komplementarni normalnom naponu i obrnuto. Prema definiciji stupanj pripadnosti komplemenatarnih skupova jednak je jedinici, ali skupovi koji se preklapaju ne moraju biti komplementarni budući da mogu sadržavati pripadnost atributa koji nisu komplementarne prirode.

Dobivanje konačnog rezultata

Dobivanje konačnog rezultata (defuzzyfikacija; engl. defuzzyfication) jedan je vrlo važan korak. Vrlo često, na osnovi funkcija pripadnosti i raznih pravila moguće je pronaći više od jednog odgovora na zadani problem. Općenito, proces dobivanja konačnog rezultata je proces pronalaženja jednog odgovora, iz više vrijednosti funkcije pripadnosti, koji najbolje prezentira izlaz. To je konačna (izrazita) vrijednost izlaznog područja vrijednosti. Dva načina koja su najčešće u uporabi za dobivanja te vrijednosti su

1) *maksimiziranje*, koja uzima maksimalnu vrijednost mogućih izlaza
   $_A(a) = \max {}_A(x)$ za x_i ¤ X gdje je ***a*** vrijednost koja najbolje izražava izlaznu vrijednost, a X je skup referentnih vrijednosti
   - Postoji li više maksimalnih vrijednosti, najčešće se uzima njihova srednja vrijednost.

2) centroidna metoda, koja pronalazi centar mase izlaznog signala što se može izraziti kao

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \mu_A(x_i)}{\sum_{i=1}^{n} \mu_A(x_i)} \qquad (5)$$

   gdje je ***a*** vrijednost koja najbolje izražava izlaznu vrijednost. Ovdje se zapravo računa moment funkcije pripadnosti neizrazitog skupa koji treba podijeliti s površinom funkcije pripadnosti.

Postoji još i metoda koja uzima *težinski prosjek,* tj. prosjek težinskih faktora mogućih izlaza.

Neizrazitost i vjerojatnost

Stupanj pripadnosti nije vjerojatnost, ali ga se često zamijenjuje s vjerojatnošću. Vjerojatnost je mjera nečega što se može desiti ili ne, a stupanj pripadnosti neizrazitog skupa pokazuje mjeru do kojeg će se nešto desiti ili će neki uvjet postojati. Onome tko se prvi put susretne s teorijom neizrazitih skupova može se učiniti kako je to samo kamufliran oblik teorije vjerojatnosti. Teorija neizrazitih skupova nam omogućava prezentaciju nesigurnosti. Teorija vjerojatnosti je do sada bila osnovni alat opisa nesigurnosti u matematičkim modelima. Kao rezultat toga, sve nesigurnosti su imale karakteristiku slučajne nesigurnosti. Osnova statističke analize bazira se na teoriji vjerojatnosti ili slučajnim stacionarnim procesima. Većina rezultata eksperimenata sadržava i slučajne (tipičan primjer je smetnja) i ne-slučajne procese. Bilo koja klasa slučajnih stacionarnih procesa pokazuje sljedeće tri karakteristike:

- prostor uzoraka na kojem je definiran proces ne može se mijenjati od eksperimenta do eksperimenta, što znači da se i prostor rezultata ne može mijenjati;
- frekvencija slučajne pojave, ili vjerojatnost, nekog događaja unutar prostora uzoraka je konstantna i ne može se mijenjati od eksperimenta do eksperimenta;
- rezultati se moraju moći ponoviti od eksperimenta do eksperimenta. Rezultat jednog pokusa ne utječe na rezultate prijašnjih niti budućih pokusa.

Neizraziti skupovi nemaju takve karakteristike.

Rezultati nekog određenog slučajnog procesa su strogo pitanje slučaja; a predskazivanje slijeda događaja nije moguće. Za slučajni proces moguće je dati samo precizan opis njegove dugoročne srednje vrijednosti.

Nije sva nesigurnost slučajna. Neki oblici nesigurnosti nisu slučajni i zbog toga nisu prikladni za opis pomoću teorije vjerojatnosti. Čak se može reći da velika većina nesigurnosti povezanih s kompleksnim sustavima zapravo nije slučajnog karaktera. Teorija neizrazitih skupova je odličan alat za opis takvih oblika nesigurnosti povezanih s neodređenošću, s nepreciznošću, i/ili s nedostatkom podataka u svezi s određenim promatranim problemom.

Osnovna razlika između neizrazite logike i vjerojatnosti je korištenje **neizrazitosti** za izražavanje determinističke vjerojatnosti dok se **vjerojatnost** koristi kod nedeterminističkih slučajeva, stohastičkih događaja.

U slučajevima u kojima je preciznost jasno definirana, bolje je koristiti precizne algoritme nego neizrazite sustave. Zahtijevana preciznost dovodi do većih troškova i duljeg vremena razvoja i proizvodnje modela ili proizvoda. U sustavima koji nisu jako mali, troškovi su

proporcionalni preciznosti: veća preciznost zahtijeva i veće troškove. Inženjer koji počne koristiti neizrazitu logiku mora biti svjestan da se mora tolerirati nepreciznost. Tražena velika preciznost rezultira problemom gubitka određene gipkosti pristupa problemu.

Neizraziti sustavi rješavaju probleme usredotočivši se na njihovu nepreciznost. Situacije pri kojima je prikladno formulirati probleme u sustavu pomoću neizrazitih skupova su:

- u procesima koji uključuju interakciju (ljudsko opisivanje ili intuitivno razmišljanje);
- kada je raspoloživ ekspert koji može odrediti pravila koja stoje iza ponašanja sustava i neizrazite skupove koji predstavljaju karakteristike svake varijable;
- kada matematički model sustava ne postoji, ili postoji ali je prekompliciran za programiranje ili je previše kompleksan da bi bio primjenjiv za rad u stvarnom vremenu ili je memorijski vrlo zahtjevan;
- u procesima s kontinuiranim promjenama (jedna ili više varijabli su kontinuirane) koje nije lako podijeliti na manje diskretnih segmenata;
- kada se mora uzeti u obzir visok stupanj smetnji ili se ne mogu koristiti skupi senzori.

Mnoga se područja mogu "fuzzyficirati" pa tako možemo imati fuzzy neuronske mreže, fuzzy prepoznavanje uzoraka, fuzzy matematičko programiranje. Kod korištenja neizrazitosti prednost je veća općenitost, veća moć izražavanja i poboljšana sposobnost modeliranja problema stvarnog svijeta.

Primjena neizrazitih sustava

U mnogim područjima neizrazitost je istisnuo konvencionalne načine rješavanja problema. Najčešće se koristi u kontroli raznih sustava, prepoznavanje uzoraka (slike, audio, procesiranje signala), kod kvantitativne analize (operativna istraživanja, upravljanje), pri zaključivanju (ekspertni sustavi za dijagnozu; inteligentni roboti; softverski inženjering), i pri radu s podacima (baze podataka).

Sustav neizrazite logike je osnovni tip aplikacija temeljenih na teoriji neizrazitih skupa. Kao dodatak postoje još i :

- neizrazita nelinearna simulacija;
- neizrazito odlučivanje;
- neizrazita klasifikacija;
- neizrazito prepoznavanje uzoraka;
- neizrazito programiranje.

3. PRIMJENA NEIZRAZITE (FUZZY) TEORIJE U ELEKTROENERGETICI

Teorija neizrazitih skupa je uvedena u rješavanje problema u elektroenergetici prvi put sedamdesetih godina, ali se tek dvadesetak godina kasnije pojavio veći interes za njezinu primjenu. Rješavanje problema elektroenergetskog sustava, njegovog planiranja i upravljanja pomoću konvencionalnih analitičkih metoda nailazi na teškoće zbog pretpostavki bez kojih te metode ne bi radile, a koje ograničavaju problem. Čak uz te pretpostavke, rješavanje problema velikih sustava vrlo je zahtjevan zadatak. Elektroenergetski sustavi su veliki, kompleksni, geografski široko rasprostranjeni i pod utjecajem raznih neočekivanih događaja što su uzroci značajnog broja nesigurnosti pri rješavanju velikog broja problema u sustavu. Svi ti faktori značajno otežavaju rješavanje problema elektroenergetskih sustava samo konvencionalnim metodama. Umjetna inteligencija u energetici počela se javljati kao nadopuna ili čak potpuna zamjena konvencionalnog matematičkog pristupa rješavanju problema.

Pri opisivanju problema u elektroenergetici, stručnjak/ekspert svoje empiričko znanje izražava dvosmislenim ili fuzzy opisima. U tom slučaju klasična Booelova algebra nije od velike pomoći, pa se neizrazita logika nameće kao prirodni odabir.

Dosadašnja postignuća u primjeni teorije neizrazitih skupova u elektroenergetici su obećavajuća, iako njezina primjena nije široko prihvaćena. Razlozi njezine smanjene prisutnosti na tom polju su:

- nerazumijevanje koncepta;
- prenaglašene izjave nekih stručnjaka (istraživača);
- nepostojanje instaliranih, implementiranih i raspoloživih sustava;
- (njezin) status "nove" i eksperimentalne teorije.

Neočekivani događaji i nesigurnost njihove pojave prikazuju se pomoću vjerojatnosti. Priroda nekih faktora nesigurnosti je doista neizrazita pa ih je teško opisati probabilistički. U elektroenergetici postoje problemi koji imaju kontradiktorne zahtjeve, primjerice ekonomičnost nasuprot sigurnosti ili maksimalno zadovoljenje potrošača električnom energijom nasuprot minimalnim troškovima proizvodnje. Tradicionalni pristup rješavanju ovakvih problema sastoji se u korištenju težinskih faktora dok se korištenjem neizrazitih skupova dobivaju bolji rezultati i može se udovoljiti suprotstavljenim zahtjevima postavljenim u sustavu/problemu. Teorija neizrazitih skupova u odnosu na tradicionalne metode ima sljedeće prednosti:

- omogućava alternative za mnoge atribute odabranih ciljeva;
- ukida suprostavljenost ciljeva pridajući željene težine svakom pojedinom cilju;
- može se koristiti dvosmislenošću dijagnostike koja uključuje i simptome i uzroke. [1]

Komponente elektroenergetskog sustava imaju svoja fizikalna i radna ograničenja koja su najčešće iskazana nejednakostima pri matematičkoj formulaciji problema. Mala narušavanja tih ograničenja (praktično još uvijek prihvatljiva) znatno opterećuju rad upravljačkog računala i smanjuju njegovu efikasnost pa čak mogu i spriječiti pronalaženje mogućeg rješenja. U praksi su takva mala odstupanja od zadanih ograničenja dozvo-

ljena. To znači, da ustvari nema čvrstih ograničenja i da te granice mogu biti mekane (neizrazite). Taj problem se tradicionalno rješava ili modificiranjem funkcije cilja ili provođenjem iterativnog postupka. Implementacija "fuzzy-a" olakšava taj problem zato što su u prirodi neizrazitih skupova mekane granice.

Nesigurnost i nepreciznost

U inženjerskim problemima postoje i nesigurnosti i nepreciznosti. Općenito, kompleksnost nastaje zbog nesigurnosti izražene dvosmislenostima. Primjeri nekih nesigurnosti i nepreciznosti u elektroenergetskom sustavu su sljedeći:

- promjena uvjeta rada sustava, poput promjene opterećenja ili promjene proizvodnje, te promjena topologije sustava;
- razne karakteristike komponenata sustava;
- različiti uvjeti poremećaja ili kvarova, određivanje početka kvara, lokaciju kvara, tip kvara;
- nepreciznosti uzrokovane naponskim i strujnim oscilacijama ili SCADA mjerenjima i procjenama stanja, te smetnje uzrokovane elektromagnetskim inferencijama;
- nesigurnost zbog tržišta električne energije ili deregulacije;
- nepreciznost informacija koje daje inženjer koji se bavi planiranjem, upravljanjem ili kontrolom elektroenergetskog sustava.

Postoje mnogi pojmovi u elektroenergetskom sustavu povezani s navedenim nesigurnostima. Primjerice, stabilnost elektroenergetskog sustava je vrlo važno pitanje. Sustav ili je ili nije stabilan; tu ne postoji nikakva "fuzzy" podjela. Ako je sustav u stanju nestabilnosti, ona se može opisati kao mala (lagana), dinamička, tranzijentna ili naponska, iz čega slijedi da je pojam (ne)stabilnost prilično "fuzzy".

Područja primjene neizrazitih skupova u elektroenergetici

Planiranje razvoja

Vrlo važno mjesto pri donošenju odluka o razvoju sustava imaju odluke koje su bazirane na iskustvu i mišljenju eksperata. Vrlo je teško deterministički odrediti faktore koji imaju presudan utjecaj na takvu odluku, poput iznosa potrošnje potrošača, lokacije novih proizvodnih postrojenja, utjecaj na okolinu i sl.. Osim toga su i ciljevi i ograničenja planiranja razvoja elektroenergetskog sustava nesigurni ili su međusobno konkurentni. Proces razvoja elektroenergetskog sustava u velikoj mjeri je kvalitativan pa je korištenje koncepta neizrazitih skupova kod tog procesa intuitivno.

Dugoročno-srednjoročno planiranje

U grupu dugoročno-srednjoročnih planova spadaju godišnji raspored održavanja, sezonski raspored dobave goriva i srednjoročni raspored proizvodnje. Te planove karakterizira mnoštvo nesigurnosti i mogućnost raznih komplikacija zbog čega je pri tome korištenje konvencionalnih metoda optimizacije neefikasno i kompliciranо. Prisutna ograničenja lakše se prikazuju mekano nego kruto. Kombinacije konvencionalnih i neizrazitih metoda predstavljaju najbolji način rješavanja problema.

Procjena dinamičke sigurnosti

Procjena dinamičke sigurnosti jedna je od najvažnijih funkcija u radu elektroenergetskog sustava. Nivo sigurnosti sustava varira u skladu s inženjersko-ekonomskim razmatranjima, pouzdanošću zaštitnih releja i kvalitetom korištenih modela. Pri korištenju konvencionalne binarne logike, a zbog mogućnosti pojavljivanja različitih pogrešaka, ne može se sa sigurnošću reći je li sustav siguran ili ne. Današnja je praksa da se rade "off-line" razmatranja stanja sustava za njegova različita stanja i konfiguracije mreže. Kod analize u realnom vremenu (on-line) primijenjeni rezultati "off-line" proračuna nisu direktno raspoloživi, ali operateri se oslanjaju na svoje vlastite procjene i znanja prikupljena u "off-line" studijama i iskustvu prikupljenom tijekom dužeg vremenskog razdoblja. Teorija neizrazitih skupova može se koristiti pri izradi ekspertnog sustava za procjenu dinamičke sigurnosti baziranog na empiričkom znanju operatera.

Prognoza opterećenja

Na opterećenje u elektroenergetskom sustavu utječe mnogo faktora kao što su vrijeme, ekonomske i socijalne aktivnosti, te različite komponente opterećenja (kućanstvo, industrija, trgovina itd.). Vrlo je teško dobiti kvalitetnu prognozu samo iz analize povijesnih podataka o opterećenju. Relacije između operećenja i nezavisnih varijabli su kompleksne te nije uvijek moguće podesiti krivulju opterećenja koristeći statističke modele. I tu je ekspertni pristup rješavanju problema dao bolje rezultate nego konvencionalne metode. Korištenje neizrazite metodologije pokazuje se prikladno zbog numeričkog aspekta i nesigurnosti prognoze opterećenja.

Regulatori temeljeni na neizrazitoj logici

Najpopularnije područje korištenja neizrazitih skupova je za rješavanje problema upravljanja elektroenergetskim sustavom. Pri tradicionalnom projektiranju regulatora prvo se konstruirao model sustava čijom se analizom potom dolazilo do zakona upravljanja. Zbog nelinearnog ponašanja karakteristika sustava potrebno je linearizirati njegov model; potom dobiveni linearni regulatori koriste se za upravljanje nelinearnim sustavom. Jedna od prednosti korištenja neizrazite logike u odnosu na ostale regulatore bazirane na znanju leži u činjenici da su pravila upotrebljena za "fuzzy" regulator interpolativne naravi. Najčešće korišteni neizraziti regulatori služe za

reguliranje uzbude. Pravilo preklapanja kod neizrazitih skupova osigurava prijelaz između upravljačkih akcija različitih pravila. Zbog te mogućnosti interpolacije, regulatori temeljeni na neizrazitoj logici zahtijevaju mnogo manje pravila nego drugi regulatori temeljeni na znanju. U posljednje vrijeme sve se više obraća pozornost na neizrazite regulatore jer su neovisni o modelu, pokazuju veliku robustnost i prilagodljivi su.

Dijagnoza

Eksperti igraju glavnu ulogu u rješavanju problema i analizi pogrešaka u radu sustava. U elektroenergetskim sustavim potrebno je dijagnosticirati krivi rad opreme jednako kao i poremećaje u radu sustava. Informacije potrebne za dijagnozu kvarova opreme su veći dio vremena nepotpune. Uvjeti koji uzrokuju pogreške mogu se mijenjati s vremenom. Pri otkrivanju i analizi kvarova ekspertni sustavi su se pokazali korisnima jer je tu nužno korištenje subjektivnih pretpostavki baziranih na iskustvu. Neizraziti skupovi se mogu koristiti pri prezentaciji znanja i pri gradnji ekspertnih sustava.

Neizrazita logika pri upravljanju sustavom

Neizrazito upravljanje sustavom naziva se upravljanje sustavom koje se temelji na uporabi neizrazitih skupova za modeliranje upravljačkih odluka. Neizraziti skupovi povezani su u pravila kako bi se predočilo znanje koje se treba koristiti pri procesu odlučivanja. Takav skup pravila poznat je pod imenom neizraziti ekspertni sustav. Osnovna ideja se sastoji u pronalaženju načina korištenja ljudskog znanja i iskustva pri projektiranju automatskog upravljanja sustavom. Iz skupa lingvističkih pravila koje opisuju operaterovu strategiju upravljanja konstruira se upravljački algoritam u kojem su riječi definirane kao neizraziti skupovi. Osnovna prednost ovakvog pristupa je mogućnost implementiranja praktičnih iskustava, intuicije i heuristike te činjenica da nije potreban stvarni model procesa.

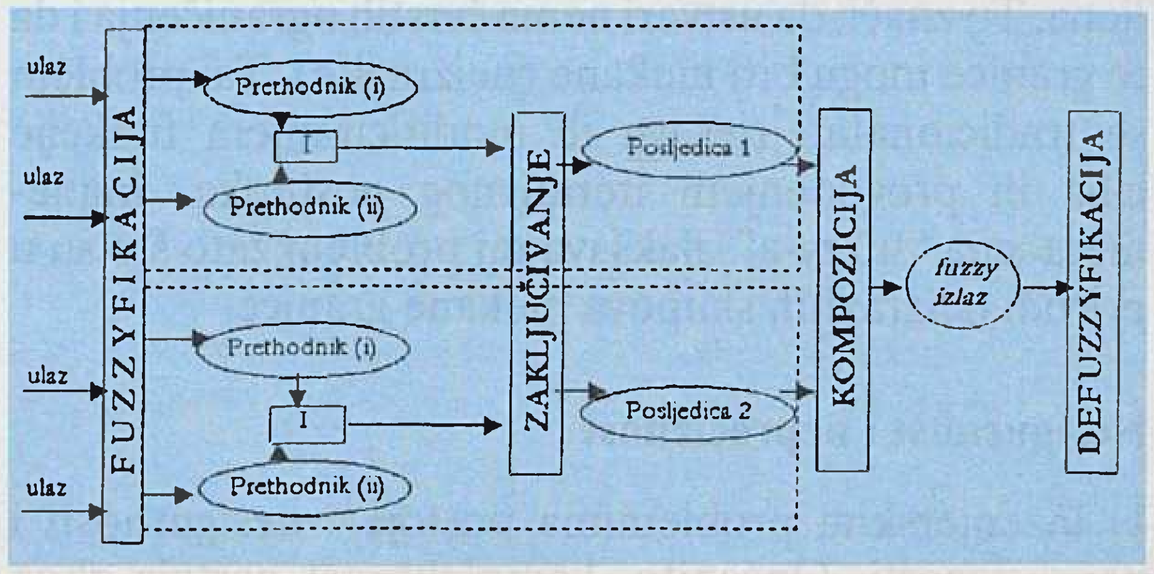
Prednosti neizrazitog ekspertnog sustava pred klasičnim ekspertnim sustavom su sljedeće:

- neizraziti skupovi vrlo dobro predstavljaju jezične pojmove koje koriste eksperti; kako znanje obuhvaćeno IF-THEN pravilima najčešće nije samo istina ili laž, neizraziti skupovi omogućavaju prezentaciju znanja pomoću manjeg broja pravila;
- neizrazita pravila mogu biti uključena ili isključena;
- moguće je dobiti glatku korespondenciju između ulaza i izlaza.

Neizraziti ekspertni sustav izvršava niz pravila ili kondicionalnih izjava u obliku

IF x je malo AND y je visoko THEN z je srednje

Kako su ulazi u neizraziti sustav upravljanja izrazite vrijednosti, a i na izlazu su tražene izrazite vrijednosti, takav sustav radi u četiri koraka prikazana na slici 2 [3]:



Slika 2.

- "fuzzyfikacija": od vrijednosti varijable na ulazu (koja nije fuzzy) i njene funkcije pripadnosti dobiva se stupanj istinitosti premisa;
- zaključivanje: računa se istinita vrijednost za svaku premisu u pravilu i pridružuje se zaključnom dijelu pravila;
- kompozicija: svi neizraziti podskupovi (funkcije pripadnosti) pridružene svakoj izlaznoj varijabli združuju se kako bi stvorili jedinstven podskup ili funkciju pripadnosti za svaku izlaznu varijablu;
- "defuzzyfikacija": konvertira neizraziti skup u izrazite vrijednosti.

Primjena u elektroenergetskim sustavima

Neizrazite metode mogu naći raznoliku i raznovrsnu primjenu u elektroenergetskim sustavima, ali do sada su zabilježeni sljedeći slučajevi njihovog korištenja u svrhe:

- modeliranja i upravljanja, te kontrole stabilnosti sustava;
- prepoznavanja uzoraka i predviđanja, procjene sigurnosti sustava, dijagnoze kvarova, prognoze opterećenja i zaštite sustava;
- optimiranja i planiranja sustava, te kod izbora termoagregata i ekonomične raspodjele opterećenja.

Iako je većina do sada objavljenih radova u fazi istraživanja i razvoja, testiranja na stvarnim sustavima pokazuju obećavajuće rezultate. U tablici 1 prikazane su primjene neizrazite logike u elektroenergetskom sustavu [3].

Tablica 1

Područje	*Problemi*
Planiranje	planiranje, pouzdanost
Proizvodnja	procjena stabilnosti, prognoza opterećenja, upravljanje opterećenjem, izbor termoagregata, ekonomična raspodjela opterećenja, procjena stanja, kontrola napona
Upravljanje	stabilizatori sustava, upravljanje generatorima, upravljanje frekvencijom
Zaštita i dijagnoza	mreža, strojevi, zaštita prijenosnih linija, lociranje kvara

LITERATURA

[1] "Electric Power Application in Power Systems" edite by Tharam S. Dillon, Dagmar Neibur, CRL Publishing

[2] "Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic", Stamatios V. Kartalopoulos, IEEE Press

[3] " Artificial Intelligence Technique in Power Systems" edited by Kevin Warwick, Arthur Ekwve and Raj Aggarwal IEE Power Engineering Series 22

FUZZY LOGIC AND ITS APPLICATION IN ELECTRIC POWER SECTOR OR SYSTEM

Electric power systems are one of the most complex in our civilisation. Aside from many factors describing the operation of the system there are different external influences that more or less influence the behaviour of the observed system. Laws describing these systems are often neither linear nor finally defined. Because of its complexity, sometimes even non-defined as well as for the need of expert knowledge in a certain field fuzzy logic has found application in solving problems of an electric power sector. Fuzzy logic with its application of fuzzy variables can catch different non-determination and be an auxiliary tool to engineers in many parts of an electric power company.

VERWICKELTE (FUZZY) LOGIK UND IHRE ANWENDUNG IN DER ELEKTROTECHNIK

Elektroenergetische Systeme gehören den am meisten zusammengesetzten Systemen unserer Zivilisation. Zu den zahlreichen Einflussgrössen, mit deren Hilfe das Wirken dieses Systems beschrieben werden kann, bestehen auch verschiedene äussere Einflüsse, welche mehr oder weniger das Verhalten des betrachteten Systems mitbestimmen. Die in diesen Systemen herrschenden Gesetzmässigkeiten sind oft nicht linear und nicht ausführlich bestimmt. Der Verwickeltheit, manchmal auch der Unbestimmtheit wegen, sowohl auch wegen der Notwendigkeit der Spezialkenntnisse von Sachkundigen eines Gebietes, hat diese Art der Logik (engl. Termin "Fuzzy") beim Lösen der Fragen in der Elektroenergetik Anwendung gefunden. Durch ihre Eigenart der Nutzung verwickelter Abhängigkeiten kann diese Logik verschiedene Unbestimmtheiten erfassen und als Hilfswerkzeug den Ingenieuren in vielen Zweigen der Elektrizitätswirtschaft dienen.

Naslov pisca:

Mr. sc. Sonja Tomašić-Škevin
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2000-11-23.



ENERGETSKE (NE)PRILIKE NA KOSOVU

Mr. sc. Mladen Z e l j k o, Zagreb

UDK 620.9:621.31
PREGLEDNI ČLANAK

Za vrijeme bivše Jugoslavije Kosovo je bila najnerazvijenija regija u državi. Unatoč toj činjenici, infrastruktura elektroenergetskog sektora, prije svega proizvodnog dijela, je bila dovoljna za potrebe Kosova kao regije. Ne samo da je bilo moguće podmiriti lokalne potrebe, nego je veći dio proizvedene električne energije izvožen u ostale dijelove države. Glavnina tog "regionalnog viška" proizvodnje pokrivala je elektroenergetsku bilancu Srbije.

Današnja energetska, a time i elektroenergetska slika Kosova je bitno izmjenjena, zbog političkih, gospodarskih a i tehničkih razloga. Kao što će se vidjeti, Kosovo danas, ne samo što nema električne energije za izvoz, nego ne može podmiriti ni svoje potrebe. Ograničenja potrošnje (redukcije) električne energije su njihova svakodnevna stvarnost. Ovaj članak daje vrlo kratki prikaz elektroenergetskih okolnosti u prošlosti te ono što se može očekivati u razdoblju do 2015. godine. Naime, Svjetska banka je pokrenula jedan projekt tehničke pomoći u rješavanju energetskih problema na Kosovu. Cilj projekta je izraditi optimalni plan izgradnje energetske infrastrukture koja bi osigurala pouzdanu opskrbu potrošača na Kosovu različitim oblicima energije, uz što nižu moguću cijenu.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, energetski sektor, Kosovo, PUD, UNMIK.

1. RAZDOBLJE DO 1990. GODINE

Iako je Kosovo bilo najnerazvijenija regija bivše države, svi proizvodni elektroenergetski objekti su izgrađeni do 1990. godine. Proizvodnja električne energije, zasnovana na jeftinom domaćem lignitu, bila je praktično glavna gospodarska djelatnost. Dvije su termoelektrane, Kosovo A i Kosovo B, te jedna hidroelektrana, HE Gazivode, proizvodni "park" Elektroprivrede Kosova (KEK). Termoelektrana Kosovo A ima pet jedinica koje su u trenutku izgradnje imale slijedeće instalirane snage : 65 MW (oznaka A1 - ušla u pogon 1962. godine), 125 MW (oznaka A2 – ušla u pogon1964.), 2x 200 MW (oznake A3 i A4 s ulascima u pogon 1970. i 1971.) i 210 MW (oznaka A5 – ušla u pogon 1975.). Termoelektrana Kosovo B ima dvije jednake jedinice instalirane snage 339 MW (oznake B1 i B2 – ušle u pogon 1983. i 1984.). Hidroelektrana Gazivode je snage 35 MW (dva agregata po 17.5 MW). Dakle, ukupna instalirana snaga elektrana na Kosovu je nominalno 1513 MW.

Tablica 1. prikazuje godišnju elektroenergetsku bilancu Kosova za razdoblje 1985-1990. godine.

Kao što pokazuje tablica 1, Kosovo je napr. u 1985. godini više izvozilo električne energije nego što je bila lokalna potrošnja. Izvoz se u tom vremenu kretao od 52 posto raspoložive energije u 1985. do 26 posto u 1990. godini.Već 1989. godine se počinje uočavati negativni trend, kako u ukupnoj proizvodnji , tako i u potrošnji električne energije. To je rezultat početka i političke i gospodarske krize u bivšoj državi.

Tablica 1. Elektroenergetska bilanca Kosova 1985-1990.

GWh

	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.
Ukupna proizvodnja	5277	5297	5974	6091	5533	4302
Vlastita potrošnja	494	485	540	592	536	450
Raspoloživa energija	4783	4812	5434	5499	4997	3852
Uvoz					390	
Izvoz	2486	2368	2604	2340	2242	1008
Ukupna potrošnja	2297	2444	2830	3159	3145	2844
Gubici prijenosa	126	118	202	210	208	135
Potrošnja na VN mreži	561	595	784	1053	973	760
Predano distribuciji	1610	1731	1844	1896	1964	1949
Gubici u distribuciji	301	355	375	407	450	513
Predano potrošačima NN	1309	1376	1469	1489	1514	1436
Predano potrošačima - ukupno	1870	1971	2253	2542	2487	2196

2. RAZDOBLJE OD 1991. DO 1998.

Nakon 1990. godine na Kosovu, kao i u drugim državama nastalim raspadom bivše države, gospodarstvo je zahvaćeno krizom, industrijska proizvodnja se smanjuje, što dovodi i do smanjenja potrošnje električne energije. Kompletno upravljanje na Kosovu u političkom smislu, a najvećim dijelom i u gospodarskom smislu, vođeno je bez značajnijeg udjela većinskog alnbanskog stanovništva. Tablica 2 sadrži podatke o godišnjoj elektroenergetskoj bilanci za razdoblje 1991 – 1998. U usporedbi s prethodnim razdobljem zamjetan je pad i proizvodnje i potrošnje električne energije. Negativni trend u potrošnji električne energije je zaustavljen 1993. godine, i sve do pred sam ratni sukob (koji je počeo 1999. godine) ostvaren je postupni porast potrošnje.

Dok su gubici u prijenosnoj mreži bili prilično stabilni (do 5 posto), gubici u distribucijskoj mreži su dostizali razinu i preko 33 posto. Značajan dio tih gubitaka se pripisuje ilegalnim priključcima, odnosno krađi električne energije.

Ratni sukob je krenuo početkom 1999. godine a završio negdje sredinom godine, nakon NATO akcije. U tom razdoblju sukoba najveći dio kosovskih Albanaca je napustio regiju, ali se velika većina nakon završetka rata vratila. Kao posljedica svakog rata, tako se i ovdje dogodilo relativno veliko preseljavanje stanovništva. Najčešći smjer je bio od ruralnih ka urbanim područjima. To je i razlog znatnog porasta broja stanovnika u većim gradovima, posebice u Prištini.

Još od početka 90-ih godina održavanje elektroenergetskih objekata je bilo nedovoljno stručno, a stalni problem je bio i pomanjkanje novca za održavanje. Time su postojeće termoelektrane dovedene na vrlo nisku razinu raspoloživosti. Često se događaju kvarovi, i kao posljedica toga ispadi iz pogona. S druge strane, tehničke karakteristike termoelektrana (snaga na pragu i specifični potrošak) su značajno lošije od projektiranih.

3. TRENUTNO STANJE

Iako u kosovskim elektranama nije bilo izravnih posljedica ratnih razaranja tijekom ratnog sukoba na Kosovu, stanje postrojenja je vrlo loše, a proizvodne mogućnosti su bitno smanjene u odnosu na razdoblje prije 1990. godine. Jedinice A2 i A5 uopće nisu pokrenute nakon rata na Kosovu. O revitalizaciji bloka A2 se više i ne razmišlja. S obzirom na godinu ulaska u pogon (1964.), nema ni opravdanja ulagati u tako stari objekt, u okolnostima gdje nema financijskih mogućnosti obnove ni novijih objekata, a koji su također u stanju koje zahtijeva određena ulaganja. Što se tiče bloka A5, o njegovoj revitalizaciji se razmišlja.

Dakle, u sadašnjem trenutku se ne može računati na blokove A2 i A5. Preostali blokovi u Kosovu A mogu postići maksimalno opterećenje kako slijedi: A1 25 MW, A3 120 MW i A5 122 MW. To znači da je u Kosovu A maksimalno raspoloživo 267 MW. Jedinice u Kosovu B mogu postići slijedeće maksimalne snage : B1 277 MW i B2 226 MW, ukupno 503 MW. Kosovo A i Kosovo B mogu zajedno držati opterećenje od 770 MW, a uz hidroelektranu Gazivode 805 MW. Uz podatak da je maksimalno opterećenje u 2000. godini bilo oko 660 MW, to bi bilo dovoljno za sadašnju razinu potrošnje električne energije i maksimalnog opterećenja u EES-u Kosova, kada bi stanje postrojenja bilo u nekim uobičajenim okvirima za takav tip postrojenja.

Tablica 2. Godišnja elektroenergetska bilanca za razdoblje 1991-1998.

GWh

	1991.	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.
Ukupna proizvodnja	4721	4437	3828	3823	4107	4378	4870	4726
Vlastita potrošnja	424	442	410	419	437	453	504	418
Raspoloživa energija	4297	3995	3418	3404	3670	3925	4366	4308
Uvoz								
Izvoz	1102	1716	1026	899	918	775	984	1322
Ukupna potrošnja	3195	2279	2392	2505	2752	3150	3382	2986
Gubici prijenosa	130	109	114	119	131	147	158	147
Potrošnja na VN mreži	659	267	142	94	156	347	468	230
Predano distribuciji	2406	1903	2136	2292	2465	2656	2756	2609
Gubici u distribuciji	506	465	448	548	635	728	786	877
Predano potrošačima NN	1900	1438	1688	1744	1830	1928	1970	1732
Predano potrošačima – ukupno	2559	1705	1830	1838	1986	2275	2438	1962

Međutim, iz ranije navedenih razloga, raspoloživost, odnosno pouzdanost rada postrojenja je vrlo loša. Kad se uzme u obzir i potreba redovitog održavanja pojedinih blokova, dolazi se do onoga što i današnja praksa pokazuje, da Kosovo ne može podmiriti svoje potrebe za električnom energijom, pa mora uvoziti, ako ima čime platiti i ako ima od koga uvesti. Razlika koja se ne može podmiriti iz uvoza rješava se ograničenjima potrošnje. Problem za Kosovo je takav da čak i kad bi imali dovoljno novca, često nemaju od koga nabaviti energiju. Velik dio regije je deficitaran s električnom energijom (Srbija, Crna Gora, Makedonija, Albanija). Samo u iznimno povoljnim hidrološkim uvjetima navedene zemlje mogu podmiriti svoje trenutne potrebe. Interkonektivni vodovi ne dopuštaju u svakom trenutku uvoz dovoljnih količina energije za sve zemlje. Poznato je da je, nakon razaranja TS Ernestinovo, ovaj dio Balkana vrlo slabo povezan s UCTE sustavom (preko Mađarske), te je stvarna mogućnost uvoza energije dosta ograničena.

Distribucijska mreža, koja se kontrolira preko decentraliziranih kompanija, podijeljena je u sedam područja: Uroševac, Đakovica, Gnjilan, Mitrovica, Peć, Priština i Prizren. Ukupni broj potrošača je oko 360 000. Velik problem u poslovanju KEK-a predstavlja velik postotak potrošača koji ne plaćaju račune za potrošenu električnu energiju. Za razdoblje rujan 1999. do kolovoz 2000, samo 38 % računa izdanih za kućanstva i komercijalni sektor, je plaćeno do sredine listopada 2000. godine.

Ukupna duljina vodova visokog napona (110 kV i višeg) je 1162 km, a distributivnih vodova (napona 35 kV i nižeg) iznosi oko 29 000 km. Ukupna instalirana snaga transformatorskih stanica (prijenosnih i distributivnih) je oko 4600 MVA. «Kralježnica» interkonektivnog prijenosnog sustava je 400 kV veza s Makedonijom, Srbijom i Crnom Gorom. Postoji također 220 kV veza s Albanijom, Makedonijom i Srbijom.

Sadašnji EES Kosova egzistira kao samostalan, dakle koordiniran je iz Prištine. Nema subordinacije s dispečerima iz Srbije. Jedina veća hidroelektrana na Kosovu, HE Gazivode, koja je u sastavu poduzeća Ibar-Lepenac, a koje se nalazi u sjevero-zapadnom dijelu Kosova, gdje su Srbi većinski narod, je također pod upravom dispečera iz Prištine. Kontrolu nad KEK-om ima Public Utility Department (PUD), koji djeluje u sklopu međunarodne uprave na Kosovu (The United Nations Interim Administration Mission in Kosovo –skraćeni naziv UNMIK). PUD je regulator cijelog javnog energetskog sektora, postavlja Nadzorni odbor i izvršne menadžere u svim kompanijama energetskog sektora. Sektor uključuje KEK, koji je i vlasnik dvaju ugljenokopa Mirash i Bardh, Ibar-Lepenac (imaju u vlasništvu HE Gazivode), Termakos (poduzeće koje je odgovorno za centralno grijanje u Prištini), Standard (poduzeće odgovorno za centralno grijanje u Mitrovici) i poduzeće odgovorno za centralno grijanje u Đakovici.

4. PROGRAM MEĐUNARODNE POMOĆI ENERGETSKOM SEKTORU KOSOVA

Program za rekonstrukciju i obnovu Kosova su pripremili Europska komisija (EC) i Svjetska banka, i prezentirali na donatorskoj konferenciji u Briselu, u studenom 1999. godine. Za EES je najhitniji cilj bio proizvesti što više energije u postojećim elektranama u zimi 1999-2000, a razliku namiriti iz uvoza. Za ljeto 2000. plan je bio napraviti generalni remont obe jedinice u Kosovu B i jednoj jedinici Kosova A. Sredstva je donirao veći broj zemalja EU, Japan, SAD, EC i KFOR (međunarodne vojne snage na Kosovu).

U listopadu 2000. godine svi prijenosni vodovi naponske razine 400 kV su bili u pogonu. Sve 220 kV veze su bile također u pogonu osim veze između Kosova A i Skopja 2.

Od Svjetske banke je zatražena financijska i tehnička pomoć u izradi srednjoročne i dugoročne strategije razvitka energetskog sektora Kosova. Krajem 2000. godine raspisan je i natječaj za izradu studije razvitka energetskog sektora Kosova do 2015. godine. Vrijednost posla je nešto oko 2.5 milijuna USD. Studija se sastoji od 13 modula, čiji se ciljevi u najkraćem mogu definirati kako slijedi:

1. Modul A – Analiza potrošnje električne enerije, uključujući procjenu mogućnosti i troškova korištenja drugih oblika energije za kuhanje, grijanje prostora i ostale potrebe, i projekcija potrošnje električne energije za razdoblje 2002-2015.
2. Modul B – Procjena mogućnosti proizvodnje i preostalog životnog vijeka postojećih elektrana (Sub-modul B1); definiranje mogućih opcija za buduću proizvodnju električne energije te definiranje njihovih tehničkih karakteristika i troškova (Sub-modul B2); izrada least-cost programa investiranja u proizvodne elektroenergetske objekte, kako bi se mogla podmiriti potrošnja do 2015. godine (Sub-modul B3).
3. Modul C – Priprema alternativnih programa obnove postojećih i izgradnje novih prijenosnih vodova i analiza tih vodova zajedno s pomoću least-cost plana investiranja izabranih proizvodnih objekata. Naći optimalnu kombinaciju vodova i elektrana.
4. Modul D – Analiza tehničkih gubitaka u prijenosnoj i distributivnoj mreži i prijedlog hitnih te dugoročnih mjera i realnog cilja smanjenja gubitaka do 2015. godine, uključujući i troškove ostvarenja takvog cilja.
5. Modul E – Procjena potrebe novog SCADA sustava i potrebnih telekomunikacijskih uređaja za dispečerski centar na Kosovu.
6. Module F – Odrediti, po redoslijedu prioriteta, buduće zahtjeve za rekonstrukcijom i investicijama u nove distribucijske kapacitete do 2015.
7. Modul G – Predložiti strategiju razvoja ugljenokopa do 2015. i procijeniti troškove buduće «proizvodnje» lignita.

8. Modul H – Procijeniti stvarno stanje postrojenja i mreže u sustavima centralnog grijanja Prištine, Đakovice i Mitrovice. Usporediti konkurentnost sustava centralnog grijanja s ostalim mogućim načinima grijanja. Istražiti mogućnosti poboljšanja učinkovitosti i prelaska na drugo gorivo u centraliziranim toplinskim sustavima. Procijeniti moguće varijante revitalizacije i proširenja postojećih sustava, uključujući i troškove svake od razmatranih varijanti.
9. Modul I – Istražiti tehničke i ekonomske mogućnosti dovođenja prirodnog plina (uvoz) na Kosovo, procjenjujući potencijalnu potrošnju plina i potrebnu transportnu te distributivnu infrastrukturu. Pri tome treba procijeniti troškove razvitka takve infrastrukture, kao i cijenu isporučenog m^3 plina za različite kategorije potrošača. Također je potrebno predložiti najprimjereniju institucionalnu organizaciju plinskog sektora na Kosovu.
10. Modul J – Procijeniti potrošnju tekućih goriva, u skladu s potrošnjom svih ostalih energenata. Predložiti uspostavu regulatornog okvira koji će osigurati ispunjavanje svih standarda u pogledu kvalitete goriva te smanjiti na minimum izbjegavanje plaćanja poreza svih uvoznika nafte i naftnih derivata.
11. Modul K – Na osnovu svih naprijed navedenih modula, pripremiti detaljan prijedlog plana investiranja u elektroenergetski sektor, ugljenokope lignita, centraliziranog sustava grijanja, plinskog sektora, naftnog sektora. Naznačiti moguće načine financiranja takvog plana investicija.
12. Modul L – Na osnovu least – cost programa investiranja u proizvodne, prijenosne, distributivne objekte te programa investicija u modernizaciju dispečerskog centra, procijeniti troškove ukupne elektroenergetske djelatnosti i definirati tarifnu strukturu za pojedine kategorije potrošača. Te tarife trebaju odražavati stvarne troškove, kako bi se omogućilo zadovoljavajuće financijsko stanje KEK-a. Treba predložiti i strategiju tranzicije od sadašnjeg stanja ka novoj tarifnoj strukturi.
13. Modul M – Treba preispitati internu organizacijsku strukturu i funkcioniranje svake od energetskih kompanija te predložiti poboljšanje učinkovitosti. Nadalje, treba predložiti transformaciju strukture energetskog sektora prema većoj autonomnosti kompanija, korporatizaciji, komercijalizaciji, konkurenciji i privatizaciji, tamo gdje je to razumno i moguće.

Svaki od navedenih modula treba biti izveden na način da uvažava glavne smjernice EU direktiva i Pakta o stabilnosti.

5. OPTIMALNI PROGRAM INVESTIRANJA U PROIZVODNE ELEKTROENERGETSKE OBJEKTE

Namjera je da članak naglasi sadašnje i buduće probleme probleme u elektroenergetskom sektoru, posebice segment proizvodnje električne energije. Prema prvim rezultatima (Modul A) potrošnja električne energije na Kosovu bi, sa sadašnjih oko 3000 GWh, narasla na oko 5100 GWh u 2015. godini. Pri tome bi maksimalno opterećenje od 660 MW naraslo na oko 1200 MW u 2015. godini. To je u skaldu s referentnim scenarijem potrošnje, koji je zasnovan na određenim pretpostavkama makroekonomskog razvitka Kosova.

Kako planirati izgradnju dovoljnih proizvodnih kapaciteta? Problem se može analizirati na dva osnovna načina, što je predloženo i od strane investitora. Jedan način je ako se EES Kosova promatra kao izolirani sustav, a drugi ako se EES kosova promatra kao potpuno integrirani u regiju.

Budući da je EES Kosova gotovo čisti termo sustav, koji ima bazne elektrane (ložene lignitom) vrlo malih (gotovo nikakvih regulacijskih) mogućnosti, očito je da će mu trebati elektrane s većom fleksibilnošću u pogonu. To se, dakle, može izgraditi na Kosovu, ili koordinirati rad s nekim od susjednih sustava koji imaju značajan udjel hidroenergije.

Kao moguće opcije izgradnje do 2015. godine na Kosovu promatrani su slijedeći tipovi elektrana: rehabilitacija postojećih jedinica (A3, A4 i A5; na jedinicu A2 se više ne računa, a jedinica A1 bi izišla iz pogona 2005. godine) u elektrani Kosovo A (dvije jedinice u elektrani Kosovo B bi trebale ostati u pogonu barem do 2015. godine), nove jedinice na postojećim lokacijama koje bi koristile lignit, plinske elektrane (otvorenog i kombiniranog ciklusa), elektrane na tekuća goriva i jedna hidroelektrana, HE Žur, snage 145 ili 292 MW (postoje dvije moguće varijante izgradnje te elektrane).

Prema energetsko ekonomskim karakteristikama analiziranih kandidata za izgradnju, kao najpovoljnije rješenje pokazuje se rehabilitacija postojećih blokova u elektrani Kosovo A. Tom rehabilitacijom bi se postigla nešto veća izlazna snaga nego što se sada iz njih može dobiti (jedinice A3, A4 i A5 bi nakon rehabilitacije mogle imati snagu na pragu oko 135 MW). Ono što je također bitno, a što se dobiva nakon rehabilitacije, je nešto bolja pouzdanost rada elektrana, a smanjio bi se i specifični potrošak, odnosno povećala učinkovitost tih jedinica. U kombinaciji s Kosovom B to je više nego dovoljno baznih elektrana. Minimalno opterećenje, čak i u 2015. godini je dosta niže od toga. Ono što je još potrebno to je do 400 MW vršnih elektrana, s prosječnim godišnjim iskorištenjem do 2000 sati, čak i manje. Jasno je da to ne mogu biti nove elektrane na lignit. Kao najbolje rješenje pokazuju se plinske elektrane kombi i otvorenog ciklusa. S obzirom na veličinu

sustava bolje se uklapaju manje jedinice (70 do 150 MW). To rješenje je praktično neosjetljivo na cijenu plina u rasponu od 13 Usc/m^3 do 20 USc/m^3.

Zašto je rješenje neosjetljivo na prilično velik raspon cijene plina? Zato što je vrijeme iskorištenja bilo kojeg tipa elektrana – kandidata za izgradnju (osim rehabilitacije postojećih blokova na lignit) relativno malo, tako da se razlika u investiciji kod kapitalno skupljih elektrana ne može kompenzirati jeftinijim gorivom.

Ono što je problem je kada je moguće dovesti plin na Kosovo. Postoje dva potencijalna pravca i oba su zasnovana na transportu preko Bugarske. Do Skoplja već postoji plinovod i potrebno bi bilo izgraditi oko 30 km plinovoda od Skoplja do Uroševca na Kosovu. Drugi pravac je iz Niša gdje također postoji plinovod.

Druga varijanta izgradnje EES-a Kosova je koordinacija rada s nekim od susjednih elektroenergetskih sustava. U tom bi slučaju bila zanimljiva razmjena energije, Kosovo bi davalo baznu, a uzimalo vršnu. Pod takvom pretpostavkom bi onda i dio dodatnih kapaciteta na Kosovu trebao biti bazni. Vrijeme iskorištenja novih elektrana bi onda bilo 6000 sati godišnje, ili nešto više. Tada više nije nevažno kolika je cijena plina, i kombi blokovi su u prednosti pred otvorenim ciklusom. Elektrane na ugljen, radi visokih investicijskih troškova još uvijek nisu konkurentne plinskim. To su samo neke preliminarne postavke.

Oko ove druge varijante se u ovom trenutku ne može reći pono više, jer analize nisu gotove. Još uvijek je nejasno kakav status će imati Kosovo. Osim toga, za ozbiljnije proračune, odnosno zaključke, potrebno je imati detaljne informacije o EES-ima zemalja okruženja, koje su potencijalni partneri za koordinirani rad s EES-om Kosova.

6. ZAKLJUČNI KOMENTAR

Vjerojatno će se većina čitatelja (možda i s pravom) zapitati zašto časopis Energija objavljuje članak o energetskoj situaciji na Kosovu. Zbog čega je to zanimljivo?

Dva su osnovna problema na koja je autor, kao sudionik međunarodnog konzorcija koji izvodi studiju, želio ukazati čitateljima. Prvi je vezan za sadašnju elektroenergetsku sliku Kosova, sa svakodnevnim redukcijama električne energije. Većini od nas je ostalo u sjećanju kako je Kosovo regija koja je (u odnosu na potrošnju na vlastitom području) bila relativno velik izvoznik električne energije, čija je proizvodnja zasnovana na jeftinom domaćem lignitu. Postavlja se pitanje kako to da sada ne može podmiriti niti svoje potrebe. Osnovni je problem bio u nedovoljno stručnom kadru za vođenje postojećih termoelektrana i nedovoljnom ulaganju u održavanje istih. Problem i ne bi bio tako bitan, jer proizvodnja i potrošnja električne energije na Kosovu su vrlo mali u europskim razmjerima, da nije znakovit i za neke druge zemlje. Slični problemi s održavanjem objekata su u posljednjih petnaestak godina bili i u Srbiji, BiH, Rumunjskoj, Bugarskoj, Ukrajini, ...Dakle, u zemljama imaju dosta termoelektrana i koje su i mnogi stručnjaci u Hrvatskoj držali kao nepresušne izvore jeftine električne energije. Današnje stanje pokazuje da je cijela ova, nama prostorno bliža regija, deficitarna s električnom energijom. Znači, u normalnima posebice u sušnim hidrološkim okolnostima, osim Kosova koje praktično i nema bitnog udjela hidroenergije, u deficitu su Srbija, Crna Gora, Makedonija i Albanija. Grčka je približno u ravnoteži, s tim da ima povremene razmjene. Bugarska i Rumunjska imaju nešto viškova, ali s obzirom na stanje nekih objekata, ti viškovi nisu dugoročni, i relativno brzo će se istopiti. Da bi se stanje dovelo u ravnotežu u narednim godinama, potrebna su velika financijska sredstva, kojih objektivno nema. Zbog još uvijek nestabilnog političkog ustroja nekih dijelova regije (prije svega BiH i Kosova) strani kapital neće tek tako ući u to područje.

Ovo treba shvatiti kao ozbiljno upozorenje, iz kojeg bi hrvatski stručnjaci trebali izvući neke pouke. Nije preporučljivo oslanjati se dugoročno na velik udio uvoza u podmirivanju potreba za električnom energijom, ukoliko se želi osigurati pouzdana opskrba. Porast potrošnje električne energije je potrebno pratiti primjerenom izgradnjom proizvodnih kapaciteta na vlastitom području.

Drugi problem na koji se želi upozoriti u ovom članku je ponašanje međunarodne zajednice u zemljama u kojima ona ima protektorat, a to su BiH i Kosovo. Ono što se može dogoditi je to da elektroprivredne kompanije u tim zemljama postanu lagani (jeftini) plijen nekih većih kompanija sa zapada. I u BiH i na Kosovu, tijekom procesa promjena u energetskom sektoru upravlja međunarodna zajednica na način da se puno ne pita domaće političare, a još manje stručnjake, o ciljevima i načinu provedbe reforme u elektroenergetskom sektoru. Teško je argumentirano odbaciti sumnje da se kroz poteze međunarodne zajednice ne provodi politika u interesu nekih kompanija iz zapadnih zemalja koje sudjeluju u međunarodnim snagama u BiH i na Kosovu.

ENERGY SITUATION IN KOSOVO

In former Yugoslavia Kosovo was the most underdeveloped region in the country. Despite this, the electric power sector's infrastructure, within the production part, was able to meet the needs. Not only was the local consumption covered, but also a major part of electric energy production was exported to other parts of the country. Most of that regional surplus was used to cover Serbian electric power needs.

Today energy and electric power picture has drastically changed, because of political, economic and technical rea-

sons. As it could be seen Kosovo today can not meet own needs nor can it export energy. Reductions are everyday reality. The paper gives a short review on electric power circumstances in the past and the expectations until 2015. Namely, the World Bank has initiated a project of technical help for Kosovo in resolving energy problems. The scope of the project is to make optimal energy infrastructure construction plan that could ensure reliable supply of Kosovo consumers with different energy forms and low energy price.

ENERGETISCHE UMSTÄNDE (MISSTÄNDE) IN KOSSOWO

In den Zeiten des ehemaligen Jugoslawiens war Kossowo die unentwickeltste Region im Staate. Dieser Tatsache zum Trotz hat die Infrastruktur im energetischen Sektor, vor allem in seinem Erzeugungssegment, für den Bedarf von Kossowo gereicht. Es war nicht nur den lokalen Bedarf zu decken, sondern den grösseren Anteil des erzeugten Strome in andere Regionen des Staates zu exportieren möglich. Der Hauptanteil dieses "regionalen Stromüberschusses" deckte die Strombilanz Serbiens.

Das energetische, als auch das elektroenergetische Gebilde von Kossowo von heute hat sich aus politischen, wirtschaftlichen, sogar auch technischen Gründen wesentlich geändert. Wie hier gezeigt wird, verfügt Kossowo heutzutage nicht nur über keinen Stromüberschuss für den Export, sondern kann nicht einmal den eigenen Bedarf decken. Die Einschränkung des Stromverbrauchs ist eine tagtägliche Wirklichkeit. Dieses Artikel wiedergibt eine ganz kurze Darstellung elektroenergetischer Umstände in der Vergangenheit, sowie mögliche Erwartungen für die Zeitspanne bis zum Jahre 2015. Die Weltbank hat nämlich ein Projekt der technischen Hilfe für die Lösung energetischer Fragen in Kossowo in Gang gesetzt. Der Ziel des Projektes ist einen optimalen Plan des Ausbaues der energetischen Infastruktur zu entwerfen, welche eine zuverlässige Versorgung der Verbraucher in Kossowo mit verschiedenen Formen dre Energie, mit niedrigstmölichem Preis, sichern sollte.

Naslov pisca:

Mr. sc. Mladen Zeljko, dipl. ing.
Institut "Hrvoje Požar"
Savska cesta 163
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-11-02.

ZAKONSKA REGULATIVA IZ PODRUČJA TELEKOMUNIKACIJA

Tijekom proteklog desetgodišnjeg razdoblja doneseno je niz zakona o telekomunikacijama koji su prikazani kronološkim redom kako su usvajani.

Red. broj	Narodne novine	Datum	Naziv	Napomena
1.	NN 42/90	10. 10. 1990.	Zakon o osnivanju javnog hrvatskog poštanskog i telekomunikacijskog poduzeća	
2.	NN 44/90	31. 10. 1990.	Rješenje o imenovanju članova Upravnog odbora Poduzeća Hrvatska pošta i telekomunikacije	
3.	NN 57/90	27. 12. 1990.	Statut poduzeća HPT - Hrvatska pošta i telekomunikacije	
4.	NN 57/90	27. 12. 1990.	Odluka o davanju suglasnosti na Statut poduzeća HPT-Hrvatska pošta i telekomunikacije	
5.	NN 2/91	24. 1. 1991.	Rješenje o razrješenju glavnog inspektora za telekomunikacije u Ministarstvu prometa i veza Republike Hrvatske	
6.	NN 4/91	1.2. 1991.	Ispravak Rješenja o imenovanju Upravnog odbora Poduzeća Hrvatska pošta i telekomunikacije	
7.	NN 20/91	30. 4. 1991.	Rješenje o imenovanju direktora HPT - Hrvatska pošta i telekomunikacije	
8.	NN 51/91	2.6. 1991.	Plan Dugoročnog razvoja pošte i telekomunikacija u Republici Hrvatskoj do 2000. godine sa Srednjoročnim planom razvoja za razdobljeod 1991. do 1995. godine	
9.	NN 55/91	25. 10. 1991.	Uredba o organiziranju i funkcioniranju pošta i telekomunikacija u slučaju ratnog stanja ili neposredne ugroženosti neovisnosti i jedinstvenosti Republike Hrvatske	
10.	NN 68/92	14. 10. 1992.	Rješenje o razrješenju članova Upravnog odbora Poduzeća "Hrvatska pošta i telekomunikacije"	
11.	NN 68/92	14. 10. 1992.	Rješenje o imenovanju članova Upravnog odbora Poduzeća "Hrvatska pošta i telekomunikacije"	
12.	NN 86/92	12. 12. 1992.	Odluka o davanju suglasnosti na Izmjene i dopune Statuta Javnog poduzeća HPT - Hrvatska pošta i telekomunikacije	
13.	NN 17/93	3. 3. 1993.	Odluka o utvrđivanju općeg interesa za izgradnju optičkoga telekomunikacijskoga kabela na relaciji Osijek-Đakovo	
14.	NN 56/93	13. 6. 1993.	Uredba o izmjeni i dopuni Zakona o osnivanju javnog hrvatskog poštanskog i telekomunikacijskog poduzeća	
15.	NN 109/93	7. 12. 1993.	Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o osnivanju javnog hrvatskog poštanskog i telekomunikacijskog poduzeća	
16.	NN 11/94	17. 2. 1994.	Odluka o davanju suglasnosti na Izmjene i dopune Statuta poduzeća HPT - Hrvatska pošta i telekomunikacije	
17.	NN 53/94	8. 7. 1994.	Zakon o telekomunikacijama	
18.	NN 80/94	2. 11. 1994.	Odluka o imenovanju članova Vijeća za telekomunikacije	
19.	NN 82/94	11. 11. 1994.	Pravilnik o pečatu za pečačenje radijske postaje,telekomunikacijske i druge tehničke opreme	
20.	NN 84/94	24. 11. 1994.	Pravilnik o obrascu iskaznice državnog inspektora za telekomunikacije i obrascu iskaznice državnog djelatnika koji obavlja poslove kontrole radio-frekvencijskog spektra	
21.	NN 96/94	29. 12. 1994.	Pravilnik o izmjenama Pravilnika o pečatu za pečaćenje radijske postaje, telekomunikacijske i druge tehničke opreme	
22.	NN 15/95	3. 3. 1995.	Pravilnik o visini naknade za koncesiju u javnim telekomunikacijama i načinu plaćanja	Ne vrijedi. Primjenjuje se Pravilnik (NN 88/01)

Red. broj	Narodne novine	Datum	Naziv	Napomena
23.	NN 18/95	17. 3. 1995.	Pravilnik o koncesijama u javnim telekomunikacijama	Ne vrijedi. Primjenjuje se Pravilnik (NN 88/01)
24.	NN 22/95	31. 3. 1995.	Pravilnik o uvjetima za ovlaštene pravne i fizičke osobe u telekomunikacijama	
25.	NN 28/95	27. 4. 1995.	Rješenje o imenovanju vršitelja dužnosti direktora Javnog poduzeća "Hrvatska pošta i telekomunikacije"	
26.	NN 30/95	1.5. 1995.	Pravilnik o označavanju tehničke opreme telekomunikacija, radijskih komunikacija, te električne i druge tehničke opreme koja ima potvrdu o elektromagnetskoj kompatibilnosti	
27.	NN 49/95	17. 7. 1995.	Odluka o davanju suglasnosti na Izmjene Statuta poduzeća HPT - Hrvatska pošta i telekomunikacije	
28.	NN 58/95	9. 8. 1995.	Pravilnik o javnim telekomunikacijama u nepokretnoj mreži	
29.	NN 58/95	9. 8. 1995.	Pravilnik o javnim telekomunikacijama u pokretnoj mreži	
30.	NN 84/95	20. 10. 1995.	Pravilnik o općim uvjetima za obavljanje telekomunikacijskih usluga	
31.	NN 100/95	8. 12. 1995.	Pravilnik o izmjeni pravilnika o uvjetima za ovlaštene pravne i fizičke sobe u telekomunikacijama	
32.	NN 19/96	8. 3. 1996.	Odluka o imenovanju članova Vijeća za telekomunikacije	
33.	NN 26/96	2.4. 1996.	Pravilnik o izmjenama i dopuni Pravilnika o visini naknade za koncesiju u javnim telekomunikacijama i načinu plaćanja	
34.	NN 39/96	17. 5. 1996.	Odluka o razrješenju i imenovanju jednog člana Vijeća za telekomunikacije	
35.	NN 62/96	24. 7. 1996.	Pravilnik o izmjeni Pravilnika o koncesijama u javnim telekomunikacijama	Ne vrijedi. Primjenjuje se Pravilnik (NN 88/01)
36.	NN 66/96	3.8. 1996.	Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o uvjetima za ovlaštene pravne i fizičke osobe u telekomunikacijama	
37.	NN 75/96	6. 9. 1996.	Objava Dodatka uz Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o uvjetima za ovlaštene pravne i fizičke osobe u telekomunikacijama	
38.	NN 89/96	23. 10. 1996.	Pravilnik o izmjenama Pravilnika o visini naknade za koncesiju u javnim telekomunikacijama i načinu plaćanja	
39.	NN 95/96	13. 11. 1996.	Pravilnik o načinu obavljanja provjere ispravnosti tehničke opreme koja služi za mjerenju i registriranje obavljenih telekomunikacijskih usluga	
40.	NN 101/96	29. 11. 1996.	Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o općim uvjetima za obavljanje telekomunikacijskih usluga	
41.	NN 102/96	4. 12. 1996.	Odluka o davanju suglasnosti na Izmjene Statuta Javnog poduzeća HPT - Hrvatska pošta i telekomunikacije s p.o., Zagreb	
42.	NN 105/96	13. 12. 1996.	Ispravak Pravilnika o izmjenama i dopunama Pravilnika o općim uvjetima za obavljanje telekomunikacijskih usluga	
43.	NN 2/97	9. 1. 1997.	Pravilnik o dopuni Pravilnika o općim uvjetima za obavljanje telekomunikacijskih usluga	
44.	NN 6/97	22. 1. 1997.	Pravilnik o dopunama Pravilnika o uvjetima za ovlaštene pravne i fizičke osobe u telekomunikacijama	
45.	NN 12/97	5. 2. 1997.	Ispravak Pravilnika o dopunama Pravilnika o uvjetima za ovlaštene pravne i fizičke osobe u telekomunikacijama	
46.	NN 95/97	12. 9. 1997	Pravilnik o izmjenama i dopuni Pravilnika o visini naknade za koncesiju u javnim telekomunikacijama i načinu plaćanja	
47.	NN 139/97	23. 12. 1997.	Rješenje o imenovanju direktora Javnog poduzeća "Hrvatska pošta i telekomunikacije	

Red. broj	Narodne novine	Datum	Naziv	Napomena
48.	NN 139/97	23. 12. 1997.	Rješenje o imenovanju članova Upravnog odbora Javnog poduzeća "Hrvatska pošta i telekomunikacij	
49.	NN 139/97	23. 12. 1997.	Rješenje o razrješenju članova Upravnog odbora Javnog poduzeća "Hrvatska pošta i telekomunikacij	
50.	NN 6/98	21. 1. 1998.	Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o visini naknade za koncesiju u javnim telekomunikacijama i načinu plaćanja	
51.	NN 101/98	28. 7. 1998.	Zakon o razdvajanju Hrvatske pošte i telekomunikacija na Hrvatsku poštu i Hrvatske telekomunikacije	Vrijedi uz dopune zakona (NN 68/01 I 65/99)
52.	NN 138/98	21. 10. 1998.	Rješenje o imenovanju Ivice Mudrinića direktorom Javnog poduzeća "Hrvatska pošta i telekomunikacije	
53.	NN 138/98	21. 10. 1998.	Rješenje o razrješenju Stipe Hrkaća dužnosti direktora Javnog poduzeća "Hrvatska pošta i telekomunikacije	
54.	NN 152/98	24. 11. 1998.	Rješenje o imenovanju dijela članova Upravnog odbora Javnog poduzeća "Hrvatska pošta i telekomunikacije	
55.	NN 152/98	24. 11. 1998.	Rješenje o razrješenju dijela članova Upravnog odbora Javnog poduzeća "Hrvatska pošta i telekomunikacije	
56.	NN 163/98	23. 12. 1998.	Odluka o davanju suglasnosti na Statut dioničkog društva Hrvatske telekomunikacije	
57.	NN 3/99	8. 1. 1999.	Pravilnik o izmjenama Pravilnika o visini naknade za koncesiju u javnim telekomunikacijama i načinu plaćanja	Ne vrijedi. Primjenjuje se Pravilnik (NN 88/01)
58.	NN 3/99	8. 1. 1999.	Pravilnik o dopuni Pravilnika o koncesijama u javnim telekomunikacijama	Ne vrijedi. Primjenjuje se Pravilnik (NN 88/01)
59.	NN 45/99	11. 5. 1999.	Pravilnik o dopuni Pravilnika o visini naknade za koncesiju u javnim telekomunikacijama i načinu plaćanja	
60.	NN 65/99	25. 6. 1999.	Zakon o privatizaciji Hrvatskih telekomunikacija d.d.	Prestaje vrijediti članak 8 Zakona o razdvajanju (NN 101/98). Vrijedi uz dopune (NN 68/01).
61.	NN 76/99	19. 7. 1999.	Zakon o telekomunikacijama	
62.	NN 94/99	17. 9. 1999.	Odluka o dodjeli koncesije za obavljanje javnih govornih usluga u nepokretnoj mreži iz članka 12. Zakona o telekomunikacijama i tržišnih telekomunikacijskih usluga u nepokretnoj mreži iz članka 25. Zakona o telekomunikacijama	
63.	NN 94/99	17. 9. 1999.	Odluka o dodjeli koncesije za izgradnju i uporabu javnih telekomunikacija u globalnom sustavu pokretne mreže GSM	
64.	NN 95/99	20. 9. 1999.	Odluka o dodjeli koncesije za izgradnju i uporabu javnih telekomunikacija u NMT sustavu	
65.	NN 97/99	24. 9. 1999	Pravilnik o visini naknade za obavljanje telekomunikacijskih usluga i drugih telekomunikacijskih djelatnosti i načinu plaćanja	Ne vrijedi. Primjenjuje se Pravilnik (NN 88/01)
66.	NN 115/99	4. 11. 1999.	Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o visini naknade za obavljanje telekomunikacijskih usluga i drugih telekomunikacijskih djelatnosti i načinu plaćanja	Ne vrijedi. Primjenjuje se Pravilnik (NN 88/01)
67.	NN 128/99	30. 11. 1999.	Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o telekomunikacijama	
68.	NN 129/99	4.12. 1999.	Rješenje o imenovanju Dominika Filipovića privremenim ravnateljem Hrvatskog zavoda za telekomunikacije	Ne vrijedi. Primjenjuje se Rješenje (NN 45/00)
69.	NN 145/99	27. 12. 1999.	Uredba o imenovanju članova Upravnog vijeća Hrvatskog zavoda za telekomunikacije	

Red. broj	Narodne novine	Datum	Naziv	Napomena
70.	NN 149/99	31. 12. 1999.	Rješenje o imenovanju Vladimira Dobrića zamjenikom ravnatelja Hrvatskog zavoda za telekomunikacije	Ne vrijedi. Pimjenjuje se Rješenje (NN 98/00)
71.	NN 149/99	31. 12. 1999.	Rješenje o imenovanju Dominika Filipovića ravnateljem Hrvatskog zavoda za telekomunikacije	Ne vrijedi. Primjenjuje se Rješenje (NN12/01)
72.	NN 149/99	31. 12. 1999.	Odluka o davanju suglasnosti na Statut Hrvatskog zavoda za telekomunikacije	
73.	NN 22/00	23. 2. 2000	Pravilnik o izmjenama i dopuni Pravilnika o visini naknade za obavljanje telekomunikacijskih usluga i drugih telekomunikacijskih djelatnosti i načinu plaćanja	Ne vrijedi. Primjenjuje se Pravilnik (NN 88/01)
74.	NN 26/00	3. 3. 2000.	Ispravak Pravilnika o izmjenama i dopuni Pravilnika o visini naknade za obavljanje telekomunikacijskih usluga i drugih telekomunikacijskih djelatnosti i načinu plaćanja	Ne vrijedi. Primjenjuje se Pravilnik (NN 88/01)
75.	NN 34/00	29. 3. 2000.	Naredba o određivanju terminalnih i sličnih uređaja iz područja telekomunikacija te uređaja koji se na njih priključuju koji se mogu stavljati promet samo ako su opskrbljeni jamstvenim listom i tehničkom uputom te o najmanjemu trajanju jamstvenog roka i roka osiguranog održavanja za uređaje	
76.	NN 42/00	20. 4. 2000.	Pravilnik o izmjeni i dopuni Pravilnika o visini naknade za obavljanje telekomunikacijskih usluga i drugih telekomunikacijskih djelatnosti i načinu plaćanja	Ne vrijedi. Primjenjuje se Pravilnik (NN 88/01)
77.	NN 45/00	28. 4. 2000.	Rješenje o razrješenju ravnatelja Hrvatskog zavoda za telekomunikacije	
78.	NN 98/00	3. 10. 2000.	Rješenje o razrješenju zamjenika ravnatelja Hrvatskog zavoda za telekomunikacije	
79.	NN 12/01	14. 2. 2001.	Rješenje o imenovanju dr. sc. Draška Marina vršiteljem dužnosti ravnatelja Hrvatskog zavoda za telekomunikacije	
80.	NN 68/01	27. 7. 2001.	Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o privatizaciji Hrvatskih telekomunikacija d.d.	Odnosi se na zakon (NN 65/99)
81.	NN 68/01	27. 7. 2001.	Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o telekomunikacijama	
82.	NN 85/01	2. 10. 2001.	Pravilnik o numeriranju i adresiranju u javnim telekomunikacijama i plaćanju naknade	
83.	NN 88/01	11. 10. 2001.	Pravilnik o tehničkim uvjetima gradnje i uporabe telekomunikacijske infrastrukture	
84.	NN 88/01	11. 10. 2001.	Pravilnik o naknadi za obavljanje telekomunikacijskih usluga i drugih telekomunikacijskih djelatnosti i načinu plaćanja	Primjenom prestaje vrijediti Pravilnik (NN 97/99, 115/99, 22/00, 26/00, 42/00)
85.	NN 88/01	11. 10. 2001.	Pravilnik o koncesijama za obavljanje djelatnosti u javnim telekomunikacijama	Primjenom prestaje vrijediti Pravilnik (NN 18/95, 62/96, 3/99)

PRAVILNIK O KONCESIJAMA ZA OBAVLJANJE DJELATNOSTI U JAVNIM TELEKOMUNIKACIJAMA

Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 88/01 od 11. listopada 2001. godine. Primjenom ovog Pravilnika prestaje važiti raniji Pravilnik sa izmjenama i dopunama objavljenim u Narodnim novinama broj 18/95, 62/96 i 3/99.

Pravilnikom o koncesijama za obavljanje djelatnosti u javnim telekomunikacijama u općim odredbama (članci 1, 2 i 3) propisuju se načela za određivanje trajanja koncesije, način i uvjeti davanja koncesije, uvjeti formiranja cijene i kakvoće telekomunikacijskih usluga, pristupa korisnika telekomunikacijskim uslugama i raspoloživosti telekomunikacijskih sustava, uvjeti kakvoće i strukture radijskog i televizijskog programa kao i način i uvjeti za emitiranje i distribuciju radijskog i televizijskog programa drugih koncesionara. Osim toga uređuju se i uvjeti za međusobno nacionalno povezivanje pokretnih mreža druge generacije (GSM, E-GSM, DCS-1800) i treće generacije (UMTS).

U članku 3 tablično je prikazano vrijeme trajanja koncesije za obavljanje pojedinih usluga i djelatnosti u javnim telekomunikacijama ovisno o vrsti i složenosti usluge ili djelatnosti kao i području pokrivanja koncesije.

Telekomunikacijske usluge utvrđene su u člancima 4 do 7.

Način i uvjeti davanja koncesije za obavljanje telekomunikacijskih usluga u nepokretnoj mreži utvrđeni su u članku 4. Članak 5 utvrđuje način i davanje koncesije za obavljanje tržišnih telekomunikacijskih usluga s uporabom radiofrekvencijskog spektra. Kakvoća telekomunikacijskih usluga i raspoloživost telekomunikacijskog sustava utvrđeni su u člancima 6 i 7.

Telekomunikacijske usluge u određenim pokretnim mrežama utvrđene su u člancima 8 do 20. U člancima 8 do 10 utvrđeni su način i uvjeti davanja koncesije za obavljanje telekomunikacijskih usluga u GSM, E-GSM i DCS-1800 mreži. Način i uvjeti davanja koncesije za obavljanje telekomunikacijskih usluga u UMTS mreži prikazani su u člancima 11 do17. Za obavljanje telekomunikacijskih usluga u kombiniranoj GSM, E-GSM, DCS-1000 i UMTS mreži način i uvjeti davanja koncesije prikazani su u člancima 18 do 20.

O radiju i televiziji govore članci 21 do 24.

Kakvoća i struktura radijskog i televizijskog programa utvrđena je kriterijima iz članka 21. Članak 23 regulira zajedničku uporabu istih odašiljača i istih kanala, dok je u članku 24 utvrđeno pod kojim uvjetima se obavlja emitiranje programa na frekvenciji ili kanalu drugog koncesionara.

Kabelska televizija, odnosno način i uvjeti davanja koncesije, cijena priključka, kakvoća usluge, pristup korisnika, raspoloživost sustava utrvđeni su u člancima 25 do 29.

Članak 30 utvrđuje nadzor.

SBK

PRAVILNIK O TEHNIČKIM UVJETIMA GRADNJE I UPORABE TELEKOMUNIKACIJSKE INFRASTRUKTURE

Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 88 od 11. listopada 2001. godine. Pravilnikom s epropisuju tehnički uvjeti gradnje i uporabe telekomunikacijske infrastrukture .

U članku 2 pojašnjeni su termini međumjesna telekomunikacijska infrastruktura, mjesna telekomunikacijska infrastruktura, distribucijska telekomunikacijska kanalizacija, PEHD cijevi, PVC cijevi, kabelski zdenci, kabelska galerija te utvrđeno da su slabo naseljena mjesta onas koja imaju manje od 5 stanovnika na 1 km^2.

Projektiranje i građenje telekomunikacijske infrastrukture utvrđuju članci 3 do 10. U članku 5 tablično (tablica 2) je prikazana udaljenost kod paralelnog vođenja ili približavanje trase kabela drugim nadzemnim i podzemnim objektima, dok su za mjesta križanja trase kabela s podzemnim i nadzemnim objektima udaljenosti između pojedinih objekata prikazane u tablici 2. Kod projektiranja i gradnje primjenjuju se hrvatske norme te ITU-T preporuke serije K kao i europskih normi prEN 5031 i prEN 5032. Za uemljenje pri izboru uzemljivača treba primijeniti hrvatske norme usklađene s europskom normom ETS 300 253. Uvjeti uporabe izgrađene infrastrukture telekomunikacijskog objekta prikazani su u članku 11.

SBK

PRAVILNIK O NAKNADI ZA OBAVLJANJE TELEKOMUNIKACIJSKIH USLUGA I DRUGIH TELEKOMUNIKACIJSKIH DJELATNOSTI I NAČINU PLAĆANJA

Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 88/01 od 11. listopada 2001. godine. Stupanjem na snagu ovog Pravilnika prestaje vrijediti Pravilnik o visini naknade zsa obavljanje telekomunikacijskih usluga i drugih telekomunikacijskih djelatnosti i načinu plaćanja (NN 97/99, 115/99, 22/00, 26/00 i 42/00).

Pravilnikom se u člancima 2 do 5 propisuje visina naknade za koncesiju, prijavu, ovlast i privremeno odobrenje za tehničko i tržišno ispitivanje te za sudjelovanje u postupku davanja koncesija i podnošenje prijava za obavljanje telekomunikacijskih usluga i drugih telekomunikacijskih djelatnosti, ovisno o vrsti djelatnosti, razini i veličini područja na kojem se obavlja djelatnost kao i način plaćanja za koncesije, prijave i ovlasti te privremeno odobrenje.

Visina godišnje naknade utvrđena je u članku 2, što je prikazano tabelarno u tablicama 1 do 7.

Način plaćanja u odnosu na tabelarne iskaze iz članka 2 utvrđen je u članku 3.

Naknade za podneske u vezi s obavljanjem usluga i drugih djelatnosti u telekomunikacijama prikazana je u članku 4.

SBK

PRAVILNIK O NAKNADI ZA UPORABU RADIJSKIH FREKVENCIJA I NAČINU PLAĆANJA

Pravilnik je objavljen u Narodnim novinam abroj 88/01. Zamjenjuje Pravilnik iz Narodnih nodina 97/99.

Ovim Pravilnikom se u člancima 1 do 17 propisuje visina naknade za uporabu radijskih frekvencija koju plaća korisnik radijske postaje ili radijske mreže, kao i način plaćanja. Naknada se određuje prema vrsti i namjeni radijske postaje, kapacitetu radijske veze, zauzetosti frekvencijskog spektra, izračenoj snazi, najvećoj efektivnoj visini antene, području pokrivanja emisijom, broju radijskih postaja u mreži, broju dodjeljenih frekvencijskih kanala itd.

U članku 2 prikazani su iznosi kuna/godinu za sve tipove nepokretne radijske postaje.

U članku 3 prikazana je naknada za sve tipove pokretne radijske postaje.

Naknada za frekvencije dodijeljene samo jednom korisniku prikazana je u članku 4.

Članci 5 i 6 odnose se na zrakoplovnu i pomorsku službu i služba plovidbe na unutarnjim vodama te na sustav za pozivanje osoba.

Naknade za nepokretnu satelitsku službu (VSAT, SNG) utvrđene su u člancima 7 do 9.

U članku 10 utvrđena je naknada za pokretnu satelitsku službu, u članku 1 za širokopojasni bežični pristup internetu, a članak 12 za radio i televiziju.

Z aostale radijske postaje nakanada je prikazan au članku 13, a posebne naknade u članku 14.

Način i plaćanja naknade utvrđeni su u članku 16.

SBK

IZ IZVJEŠĆA HEP-a O ZAŠTITI OKOLIŠA

Izvješće o zaštiti okoliša "Hrvatska elektroprivreda i okoliš 1999. - 2000."drugo je izvješće HEP-a o okolišu. Prvo izvješće obuhvaćalo je razdoblje od 1990. do kraja 1998. godine. Ovo drugo izvješće obuhvaća dvogodišnje razdoblje. S obzirom da se rezultati aktivnosti na zaštiti okoliša postižu u dužem vremenskom razdoblju, dvogodišnje izvješćivanje daje dobar uvid u te rezultate. Sektor za razvoj organizacijski je nositelj poslovne funkcije zaštite okoliša uz stručnu podršku iz temel-

jnih direkcija i pogona u čijem se radu konkretno pojavljuju brojna pitanja zaštite okoliša.

Da bi rezultati iz izvješća bili razumljiviji, prije svega treba podsjetiti na načela iz Izjave o poslovnoj politici HEP-a iz 1996. godine, prema kojoj se poslovna politika HEP-a u području zaštite okoliša temelji na slijedećim načelima:

- uključivati problematiku zaštitu okoliša u razvojne planove i strategiju HEP-a, a kriterije zaštite okoliša u postupke planiranja i donošenja odluka
- rabiti resurse racionalno, smanjivati emisije u zrak, vode i tlo te količinu i štetnost proizvedenog otpada
- čuvati biološko-ekološke i druge prirodne vrijednosti okoliša u okolici objekata HEP-a provodeći mjere zaštite flore i faune te prirodne i kulturno-povijesne baštine
- ugrađivati i održavati na svakoj lokaciji gdje se nalaze HEP-ovi objekti trajne sustave redovnog nadzora zaštite okoliša te objavljivati dobivene rezultate
- poticati uporabu obnovljivih izvora energije i kogeneracijskih jedinica
- razvijati i istraživati primjenu čistijih i djelotvornijih tehnoloških rješenja u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije
- obrazovati i osposobljavati zaposlenike HEP-a za zaštitu okoliša
- surađivati s tijelima državne uprave i lokalne samouprave te s institucijsma i građanskim udrugama za zaštitu okoliša
- zagovarati racionalnu uporabu i štednju energije kod svojih potrošača te na državnoj razini
- zahtijevati od isporučitelja opreme, konzultantskih i projektantskih te ostalih suradničkih firmi i poslovnih partnera HEP-a da razviju politiku zaštite okoliša na temelju ovih načela.

Uvažavajući navedena načela Uprava HEP-a donijela je Program rada za razdoblje 2000. do 2003. godina. Za operacionalizaciju zadataka iz Programa pokrenuta je u 2000. godini izrada Plana zaštite okoliša HEP-a, koji treba biti ključni dokument za uvođenje sustava upravljanja okolišem (EMS) sukladno međunarodnoj poslovnoj normi ISO 14001. Tijekom 2000. godine donešen je Plan zaštite okoliša TE Sisak koji je ujedno i prvi takav dokument za jedan od HEP-ovih pogona.

Također je pokrenuta izrada priručnika za računovodstveno praćenje troškova zaštite okoliša u HEP-u. Uvid u troškove omogućit će Upravi donošenje utemeljenih poslovnih odluka u području zaštite okoliša.

U čemu se očituju utjecaji pogona Hrvatske elektroprivrede na okoliš? Najizraženiji utjecaji elektroprivrednih pogona na okoliš su kroz emisije onečišćujućih tvari u zrak, proizvodnju tehnološkog otpada i ispuštanje otpadnih voda.

Najvažniji pokazatelj utjecaja na okoliš elektroenergetskog sektora emisije su u zrak onečišćujućih tvari SO_2, NO_x, CO_2 i krutih čestica. Brojčane vrijednosti prikazane su u tablici 1 za 1999. godinu te u tablici 2 za 2000. godinu. Treba napomenuti da su podaci za 2000. godinu privremeni.

U odnosu na vrijednosti iz osamdesetih i početkom devedesetih godina prosjek emisija SO_2 smanjen je na blizu 50 %. Emisije krutih čestica NO_x i CO_x zadržane su na približno jednakoj razini. To je rezultat je provedbe poslovne odluke o korištenju niskosumpornog goriva u termoelektranama HEP-a tj. Uvoznog ugljena s manje od jedan posto težinskog udjela sumpora u TE Plomin 1 i 2 kao i niskosumpornog loživog ulja u termoelektranam akoje koriste to gorivo.

Specifične emisije u zrak svedene na kWh električne energije isporučene potrošačima te na kWh električne energije proizvedene u termoelektranama prikazane su u tablici 3. Treba napomenuti da su za 2000. tu godinu podaci preliminarni. Pod g/kWh električne energije isporučene potrošačima podrazumijeva se emisija termoelektrana HEP-a po ukupno isporučena električna energija potrošačima u Hrvatskoj iz svih izvora (hidro i termo), dok se pod g/kWh proizvedene električne energije u termoelektranama podrazumijeva emisija termoelektrana HEP-a po u njima proizvedenoj električnoj energiji bez dijela emisija zbog toplinarstva.

Tablica 1 – Emisije u zrak iz termoelektrana u 1999. godini

Termoelektrane	Proizvodnja		Gorivo					Emisija			
	Električna energija GWh	Toplina TJ	Ugljen 10^3 t	Sumpor %	Tekuće gorivo 10^3 t	Sumpor %	Prirodni plin 10^6 m^3	SO_2 t	NO_x t	Čestice t	CO_2 kt
TE Plomin 1	433		195	3,13				10729	1353	185	466
TE Rijeka	1670				384	2,33		16071	3300	1116	1187
TE Sisak	1639				343	2,08	88	12834	3322	1022	1234
TE-TO Zagreb	347	4137			130	2,25	63	5259	1361	149	521
EL-TO Zagreb	418	3816			34	2,19	157	1325	1286	68	396
TE-TO Osijek	118	839			24	2,04	38	875	260	70	145
PTE Osijek	84	121					37	0	319	0	69
KTE Jerovec	85						28	0	306	0	52
UKUPNO	4794	8913	195	3,13	914	2,21	411	47092	11507	2610	4071

Tablica 2 – Emisije u zrak iz termoelektrana u 2000. godini

Termoelektrane	Proizvodnja		Gorivo					Emisija			
	Električna energija GWh	Toplina TJ	Ugljen 10^3 t	Sumpor %	Tekuće gorivo 10^3 t	Sumpor %	Prirodni plin 10^6 m^3	SO_2 t	NO_x t	Čestice t	CO_2 kt
TE Plomin 1	624		267	0,70	1	0,12		3284	1856	94	634
TE Plomin 2	777		302	0,70	6	0,12		3731	2148	109	735
TE Rijeka	604				145	2,08		5341	848	371	450
TE Sisak	1024				138	2,12	149	4852	1461	390	708
TE-TO Zagreb	295	3612			74	2,03	102	2707	949	85	421
EL-TO Zagreb	398	3350			22	2,12	164	833	1251	33	372
TE-TO Osijek	155	973			13	1,92	66	434	228	35	162
PTE Osijek	61	43			1	0,12	26	2	235	0	50
KTE Jerovec	20						6	0	69	0	12
UKUPNO	3958	7978	569	0,70	400	2,04	513	21183	9046	1117	3544

Tablica 3 – Specifična emisija SO_2, NO_x, CO_2 i čestica iz termoelektrana HEP-a po kWh

Emisija	g/kWh isporučene električne energije			g/kWh proizvedene električne energije u termoelektranama		
	1998.	1999.	2000.	1998.	1999.	2000.
Emisija SO_2	3,53	3,44	1,53	9,25	9,05	4,47
Emisija NO_x	0,80	0,84	0,65	2,00	2,10	1,86
Emisija čestica	0,22	0,19	0,08	0,58	0,52	0,25
Emisija CO_2	304,00	298,00	256,00	751,00	743,00	748,00

Što se tiče sigurnog i trajnog zbrinjavanja tehnološkog otpada i dalje se vodi Katastar tehnološkog otpada koji nastaje pri djelatnostima proizvodnje, prijenosa i distribucije. Dio otpada ili nusproizvoda u termoelektranama komercijalno iskorištava se kao sekundarna sirovina (TE Plomin). Otpadna ulja se spaljuju. Oprema, koja sadrži izolacijska ulja s PCB-ima, čiji je životni ciklus završio(transformatori, kondenzatori) također se planski zbrinjava.

Kvantitaivni podaci o otpadnim vodama termoelektrana HEP-a prikazani su u tablici 4. U tablici su prikazani za svaku termoelektranu podaci o vrsti otpadne vode, sustavu obrade, gdje s eispušta. Kontrola kakvoće otpadnih voda regulirana je vodopravnom dozvolom. Mjerenja se obavljaju kvartalno, a izvode ih ovlašteni laboratoriji. Podaci se dostavljaju nadležnim institucijama u republici i županijama.

Uspostava sustava upravljanja okolišem sukladno normi ISO 14001 jedan je od strateških ciljeva poslovne politike HEP-a. To znači poslovanje sa zakonima i propisima kojih je ne mali broj. Da bi se olakšala identifikacija, sustavno praćenje i interpretacija važećih zakona i propisa načinjen je pregled u posebnom Biltenu HEP-a broj 89 pod nazivom "Propisi o zaštiti okoliša značajni za rad i razvoj elektroenergetskog sustava – Smjernice". Detaljan pregled navedene regulative prikazan je u Energiji, god. 50(2001), broj 4, str. 294.

Ovo izvješće prezentirano je krajem rujna na skupu u Šibeniku pod nazivom "Zaštita zraka 2001". Osim toga na skupu je prezentirana i "Provedba mjera zaštite zraka u HEP-u" kao i "Plan zaštite okoliša u HEP-u".

Ovo je treći znanstveno-stručni skup iz područja zaštite zraka. Hrvatska elektroprivreda je generalni sponzor ovogodišnjeg skupa koji je organiziralo Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka. Teme skupa su bile:

- upravljanje kakvoćom zraka (inspekcija i nadzor)
- emisije (onečišćenja vanjske i unutarnje atmosfere)
- procjena izloženosti i učinci
- zaštita zraka u sustavu prostornog uređenja i garđenja
- kakvoća zraka u funkciji turizma.

Tablica 4 – Podaci o otpadnim vodama termoelektrana HEP-a

Termoelektrana	Izvor vode	Vrsta otpadne vode	Sustav obrade	Ispust
TE Plomin 1 i 2	Bubić jama	tehnološke vode	uređaj za pročišćavanje otpadnih tehnoloških voda	u Čepić kanal preko kojeg se slijevaju u Plominski zaljev
		oborinske vode s odlagališta ugljena	lamelni taložnik	
	Bubić jama (pričuva – vodovod)	zauljene vode	separacija ulja	
		sanitarne vode	BIO-uređaj	
	more	rashladna voda	bez obrade	
TE Rijeka	javni vodovod	tehnološke vode	uređaj za predobradu	podvodni ispust u more
		zauljene vode	separacija ulja	
		sanitarne vode	BIO-uređaj	
	more	rashladna voda	bez obrade	površinski ispust u more
TE Sisak	rijeka Sava	tehnološke vode	uređaj za predobradu	oborinskom kanalizacijom u Savu
		zauljene vode	separacija ulja	
	javni vodovod	sanitarne vode	bez obrade	
	rijeka Sava	rashladna voda	bez obrade	u Savu
Te-TO Zagreb	bunari (na području TE-TO Zagreb)	tehnološka voda iz KPV	neutralizacija i taloženje	u Savu
		ostala tehnološka voda	uređaj za predobradu	u Savicu
		zauljene vode	separator ulja + mehaničke barijere uz dodavanje koagulatora ulja	
		sanitarne i oborinske vode	bez obrade	
	rijeka Sava	rashladna voda	bez obrade	u Savu
EL-TO Zagreb	javni vodovod	sanitarne vode	bez obrade	u gradsku kanalizaciju
	bunari	tehnološke vode	uređaj za predobradu	
		zauljene vode	separacija ulja	
		rashladna voda za tornjeve	hlađenje i recirkulacija	
KTE Jertovec	rijeka Krapina	tehnološke vode	uređaj za predobradu	u otvoreni kanal prema potoku Jertovec (pritok Krapine)
		zauljene vode	separacija i filtri s aktivnim ugljenom	
	javni vodovod	sanitarne i fekalne vode	BIO-uređaj	
	rijeka Krapina	rashladna voda za tornjeve	hlađenje i recirkulacija	
PTE i TE-TO Osijek	rijeka Drava	otpadna voda iz KPV	neutralizacija i taloženje	u gradsku kanalizaciju
		ostala otpadna voda	lagune za taloženje	
		zauljene vode	separacija ulja	u kanal Palčić prema Dravi
		oborinske vode s čistih površina	bez obrade	
		rashladna voda za tornjeve	hlađenje i cirkulacija	
	javni vodovod	sanitarne vode	bez obrade	u gradsku kanalizaciju

SBK

GRANSKE NORME HEP-A – PRAVILA I MJERE SIGURNOSTI PRI RADU NA ELEKTRODISTRIBUCIJSKIM POSTROJENJIMA

U Biltenu HEP-a broj 94 od 25. srpnja 2001. godine objavljena je još jedna granska norma za područje distribucije električne energije. Primjenom ovih Pravila prestaju vrijediti Pravila I mjere sigurnosti pri radu na elektroenergetskim postrojenjima distribucije električne energije, Prilog 4 od 5. listopada 1994. godine objavljena u Biltenu HEP-a broj 41.

Primjena ovih Pravila obvezna je za sve osobe koje iz bilo kojeg razloga ulaze u elektrodistributivna postrojenja.

U drugom dijelu utvrđene su definicije i pojmovi za stanja i dijelove elektropostrojenja, mjesta i osobe koje ulaze u postrojenja te dokumentaciju vezanu za rad postrojenja.

Uvjeti za rad prikazani su u trećen dijelu i dobuhvaćaju:

- stručne i zdravstvene uvjete
- uvjete okoliša (atmosferska pražnjenja, utjecaj vjetra, vidljivosti, temperature te ostale vremenske nepogode
- uređenje mjesta rada i posebne okolnosti
- osobna zaštitna sredstva i zaštitne naprave.

U četvrtom dijelu utvrđena su osnovna načela rada.

U petom dijelu definirane su zone postrojenja prema stupnju opasnosti:

- zona opasnosti (III zona) - prostor oko dijelova postrojenja koji su pod naponom u kojem izolacijska razina ne osigurava zaštitu od električne opasnosti
- zona približavanja (II zona) – prostor oko zone opasnosti u kojem se prigodom radova moraju primijeniti određene mjere zaštite da se spriječi zadiranj eu taj prostor
- zona slobodnog kretanja (I zona) – svaki prostor izvan zone približavanja.

Isprave za rad u šestom dijelu obuhvaćaju niz obrazaca:

- obavijest o kvaru
- program rada
- radni zadatak
- nalog za rad
- zahtjev za isključenje i za izdavanje dopusnice za rad
- dopusnica za rad
- dopusnica za isključenje i rad
- izjava rukovoditelja radova druge tvrtke
- dopusnica za ulazak posjetitelja u postrojenje
- izjava posjetitelja
- obavijest o isključenju
- pogonski dnevnik
- brzojavka.

Ulazak i kretanje po pojedinim zonama radi izvođenja određenih radova, zbog vanjskog nadzora te posjetitelja utvrđeni su u sedmom dijelu.

Organizacija izvođenja radova u vlastitim postrojenjima i u postrojenjima koja nisu vlasništvo HEP-a propisano je u osmom dijelu.

Deveti dio opisuje pogonske postupke od utvrđivanja ispravnog stanja postrojenja, provjere do ispitivanja kojim se utvrđuje je li postrojenje ili njegov dio sukladan s tehničkim i sigurnosnim odredbama određenih propisa i normi u slučaju prvog puštanja u pogon, rekonstrukcije, preinake ili dogradnje, popravka ili redovitog pogona.

U deset dijelu opisuje se rad u beznaponskom stanju. Tu se naglašava pet pravila sigurnosti koja se primjenjuju redoslijedom kako je navedeno:

1. potpuno isključenje i odvajanje od napona
2. sprječavanje ponovnog uključenja
3. utvrđivanje beznaposnkog stanja
4. uzemljenje i kratko spajanje te
5. ograđivanje mjesta rada od dijelova pod naponom.

Jedanaesti dio utvrđuje rad u blizini napona, gdje se zaštita od električne opasnosti postiže:

- zaštitnim izolacijskim napravama
- održavanjem sigurnosnog razmaka i trajnim nadzorom.

Uvjeti pod kojima je dozvoljen rad pod naponom kao i stanja kada taj rad nije dozvoljen utvrđeni su u 12 dijelu.

Trinaesti i četrnaesti dio utvrđuju sigurnosne uvjete za rad na nadzemnom i kabelskom vodu (u beznaponskom stanju i u blizini napona).

U šestnaestom dijelu prikazani su svi obrasci odnosmo isprave za rad.

SBK

UGOVOR O KUPOPRODAJI ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ VJETROELEKTRANE RAVNE NA PAGU

U rujnu ove godine potpisan je ugovor između Hep-a i hrvatsko-njemačke tvrtke Adria Wind Power o kupoprodaji električne energije iz male vjetroelektrane Ravne na otoku Pagu. To je prvi projekt komercijalne vjetroelektrane u Hrvatskoj pripremljen za izgradnju. Vjetroelektarna će imati instaliranu snagu 5,6 MWh i procijenjenu godišnju proizvodnju od 15 milijuna kWh. HEP će preuzimati električnu energiju po cijeni u visini 90% prosječne prodajne cijene kWh električne energije. Međutim, ugovoreno je da cijena električne energije ne može biti niža od 0,0485 eura/kWh. Vjetroelektrana bi trebala početi s komercijalnim radom u prvom kvartalu 2002. godine.

Dosadašnja istraživanja mogućnosti proizvodnje električne energije iz energije vjetra u Republici Hrvatskoj potvrdila su da na priobalju ima neiskorištenih vjetropotencijala. Utvrđen je redosljed najboljih makrolokacija prema kojem je lokacija na Pagu rangirana kao četvrta (vidjeti: Energija, god.46(1997), broj 5)

SBK

NE KRŠKO – NOVI MEĐUDRŽAVNI UGOVOR ČEKA RATIFIKACIJU

Nakon deset bezuspješnih godina hrvatsko-slovenskih pregovora oko nuklearne elektrane Krško konačno su ostvareni neki vidljivi rezultati. Vlade obiju zemalja parafirale su međudržavni ugovor, koji bi trebao do kraja 2001. biti i ratificiran u parlamentima.

Što to znači za Republiku Hrvatsku? Novim ugovorom HEP dobiva slovenskog gospodarskog partnera novoosnovano poduzeće ELES-Gen d.o.o. u stopostotnom vlasništvu ELES-a. Do sada je partner bila slovenska država, što jer HEP dovodilo u neravnopravan položaj.

Novim ugovorom HEP ponovno ima 50 % vlasništva nad elektranom. To ga obvezuje da preuzme 50 posto proizve-

dene električne energije. Od početka 2002. godine predviđeno je zajedničko upravljanje elektranom. U srpnju 1998. godine Hrvatskoj je prekinuta isporuka električne energije iz NE Krško. Ponovna isporuka električne energije u mrežu HEP-a trebala bi početi 1. srpnja 2002. godine.

NE Krško bi trebala raditi do 2023. godine, nakon čega se pristupa razgradnji. Što se tiče troškova razgradnje elektrane i zbrinjavanja istrošenog goriva , predviđa se da se i u Hrvatskoj osnuje fond za tu namjenu. Takav fond već nekoliko godinu funkcionira u Sloveniji. Dosada je u fond prikupljeno oko 130 milijuma njemačkih maraka.

Isto tako HEP preuzima obvezu da traži najprihvatljivije rješenje za trajno odlaganje radioaktivnog otpada iz NE Krško. Naime, skladištenje nisko i srednje radioaktivnog otpada te istrošenog goriva u NE Krško može se koristi privremeno do 2015. godine. Obje strane trebale bi osnovati komisije za izradu programa razgradnje i trajnog odlaganja istrošenog goriva. Ukoliko se ne bi našlo zajedničko rješenje svaka strana se treba pobrinuti za polovicu svih vrsta otpada. S obzirom na razvoj novih tehnologija program zbrinjavanja otpada trebao bi se revidirati svakih pet godina.

SBK

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

RASTE EUROPSKO ELEKTROENERGETSKO JEDINSTVO

Pristupanjem 10 istočnoeuropskih država u EU sa 44 milijuna električnih priključaka, povećat će broj priključaka u EU na 244 milijuna.

Ukupna instalirana snaga elektrana država (Bugarska, Latvija, Litva, Estonija, Poljska, Rumunjska, Slovenija, Madžarska, Slovačka i Češka Republika) iznosi skoro 112000 MW. To je oko 20% instalirane snage u elektranama EU(561000 MW). Ulaskom novih država porasti će i ukupna proizvodnja električne energije u EU za nekih 20%.

EW, god. 100(2001), br. 13

Mrk

MANJE SUMPORNOG DIOKSIDA IZ ELEKTRANA

Od ujedinjenja Njemačke, termoelektrana ujedinjene države snizile su emisiju SO_2 za 98%. U vremenskom razdoblju od godine 1991. do godine 2000. pala je emisija od 1,79 na o,14 milijuna tona, iako je električna energija proizvedena iz ugljena, nafte ili plina porasla za 6%. Takvom padu emisije najviše je doprinjela modernizacija istočnonjemačkih termoelektrana u što je uloženo 3,5 milijardi DEM.U zapadnom dijelu Njemačkeodsumporavanje u termoelektranama završeno je već tijekom osamdesetih godina, uz investicije od 15 milijardi DEM.

EW, god. 100(2001), br. 13

Mrk

FOTOVOLTAIČKA ELEKTRANA U SALZBURGU

U novu kompresnu zgradu u Salzburgu, tvrtka Siemens ugradila je fotovoltaičku elektranu, najveće snage koju je ta tvrtka ikad izgradila u tankoslojnoj tehnici. U fotovoltaičku elektranu u Salzburgu ugrađeno je 1020 modula s površinom od 420 m2. Instalirana vršna snaga postrojenja iznosi 40,8 kW, a predviđena godišnja proizvodnja električne energije cijeni se na 35000 kWh.

U ovakvoj tehnici tvrtka gradi module od 5 do 20 W, koji se koriste u postrojenjima s baterijama u decentraliziranim sustavima s malim snagama, u prvom redu u telekomunikacijama. Grade se i moduli snaga 40 W, kakvi su ugrađeni u postrojenje u Salzburgu. To su veća postrojenja većih snaga s priključkom na javnu električnu mrežu.

EW, god. 100(2000), br. 14/15

Mrk

10000 POGONSKIH GODINA NUKLEARNIH ELEKTRANA

Sredinom godine 2001. Navršilo se 10000 reaktorskih pogonskih godina u nuklearnim elektranama.

Na koncu godine 2000. U svijetu je bilo u radu 438 nuklearnih elektrana u 31. Zemlji, 6 novih nuklearki priključeno je, tijekom godine 2000. Na električnu mrežu, a u gradnji se nalazi 31. postrojenje.

Općenito se u svijetu ne smatra da je vrijeme nuklearki prošlo. Npr. prema izvješću NRC (Nuclear Regulatry Comission) u SAD u dvije je nuklearke produljeno vrijeme pogona za 20 godina, a za 34 nuklearke produžen je vijek pogona od 40 do 60 godina.

Mnoge zemlje između kojih su Japan, Kina i Finska planiraju gradnju novih nuklearki.

EW, god. 100(2000), br. 14/15

Mrk

SMANJENJE EMISIJE CO_2 IZ TERMOELEKTRANA

Prema obavijesti Udruge njemačke elektroprivrede VDEW (Verband der Dent Elektrizitätswirtschaft) njemačke su termoelektrane smanjile emisiju ugljičnog dioksida za skoro 8% (od 289 milijuna tona na 267 milijuna) u vremenskom razdoblju od 1990. godine do 2000., unatoč povećanoj proizvodnji električne energije. Elektroprivreda se obvezala da će do godine 2015. Smanjiti emisiju na 255 milijuna tona godišnje tj. za 12%.

Međutim, ako se promotre specifične vrijednosti, uoče se još bolji rezultati. Emisija je pala od 0,67 kg po kWh proizvedene električne energije na 0,58 kg/kWh, a to je 13%.

Glavni udio smanjenja emisije je veća upotreba zemnog plina, goriva koje daje specifično najmanje CO2. Osim toga, povećana je efikasnost termoelektrana i povećana upotreba električko-toplinskih postrojenja.

Treba istaknuti da se proivodnjom električne energije u nuklearkama, u Njemačkoj, godišnje izbjegne emisija CO2 od 160 milijuna tona što bi kod jednake proizvodnje izbacile elektrane na fosilna goriva.

EW, god. 100(2001), br. 14/15

Mrk

UGINULI INSEKTI SMANJUJU EFIKASNOST VJETROELEKTRANA

Energetičari iz Energetskog centra u Nizozemskoj i tvorničari vjetroelektrana u Danskoj otkrili su da kora, koja nastaje od uginulih insekata na listovima rotora vjetroelektrana, smanjuje njihovu snagu i do 50%.

Vlasnici vjetroelektrana u Kaliforniji opazili su da kod jakog vjetra snaga vjetroelektrana pada za 50-75% od očekivane. Unatoč mnogim mjerenjima uzrok toj pojavi nije pronaden. Intenzivnim istraživanjima različitog inečišćenja listova rotora došlo se do zaključka da pri malim brzinama vjetra, do 11 m/s, nema pojave sniženja snage vjetroelektrane, no ona je jasno vidljiva kod brzina 11 do 25 m/s.

Istraživanja su utvrdila da se uvijek iza razdoblja slabog vjetra, javlja pad snage kad nastane jači vjetar. Sloj leda i zmazanoće djeluje jednako kao i sloj kore uginulih insekata.

EW, god. 100(2001), br. 14/15

Mrk

ENERGETSKI PROGRAM SAD I NUKLEARNE ELEKTRANE

Novi energetski program koji je izradio potpredsjednik Amerike, a iznio ga i predstavio predsjednik SAD Bush favorizira nuklearnu energiju.

U posljednjih deset godina mnogo je učinjeno na poboljšanju u nuklearnoj industriji. Povećana je raspoloživost nuklearki od 70% na okruglo 80% u 100 nuklearnih elektrana. Cijena proizvedene električne energije, najniža je od sviju vrsta elektrana i danas u Americi iznosi 1,83 cent/kWh.

Energetska kriza u Kaliforniji promijenila je kod mnogih Amerikanaca mišnjenje o nuklearkama. Danas 76% stanovnika Amerike smatra da se mogu graditi nove nuklearne elektrane, locirane uz postojeće. Nuklearne stručnjake zabrinjava činjenica da oskudijevaju u podmlatku. Posuda u pogonu nuklearki polako stari, a sve je teže dobiti nove uposlenike.

Prema mišnjenju Američkog energetskog instituta (Nuclear Energy Institutes), pod pretpostavkom da status nuklearnih elektrana ostane nepromijenjen do godine 2020. Morat će se izgraditi oko 50000 MW novih nuklearnih kapaciteta. Dodatno treba 10000 MW biti poboljšano uz povećanje snage. Istovremeno

treba u SAD izgraditi 400000 MW konvencionalnih elektrana, kako bi zamijenili stara postrojenja, starija od 30 godina.

Ukoliko bi potrošnja rasla 2,5% godišnje, trebalo bi izgraditi čak 540000 MW novih proizvodnih postrojenja.

EW, god. 100(2001), br. 14/15

Mrk

ANKETA O ELEKTROPRIVREDI U AUSTRIJI

Tijekom mjeseca svibnja i lipnja godine 2001. Provedena je u Austriji anketa među stanovništvom o budućnosti austrijske elektroprivrede. Anketa je provedena na 1300 ispitanika. Pokazalo se, da 56% građana smatra da je loše što je zaustavljena gradnja hidroelektrana, a 29% to odobrava. Još uvijek je negativan stav prema nuklearnim elektranama. 71% ispitanika jasno je izjavilo da je protiv.

U svezi privatizacije elektroprivrede 33% je uvjereno da će time električna energija poskupjeti. Da će dodatna emisija CO2 djelovati na promjenu klime u svijetu misli 49% ispitanika, dok ih 7% to ne vjeruje. Austrija ionako ne može na to utjecati.

46% Austrijanaca spremno je platiti višu cijenu električne energije, ako je ona iz alternativnih izvora. 41% se tome protivi.

EW, god. 100(2001), br. 16

Mrk

NOVI IZVOR ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ruski znanstvenici iz pomorskog instituta otkrili su mogućnost dobivanja električne energije, na temelju principa strujanja iona kroz polupropusnu membranu. U njihovom uređaju membrana dijeli slanu i slatku vodu, a strujanje iona između tekućina stvara električni napon. Njihov prototip ima napon 3V do 4V i proizvodi energiju od 0,15 kWh/m3 svježe vode. Znanstvenici se nadaju da će postići 0,7 kWh/m3. Mora se ipak konstatirati da su takvi uređaji još sasvim u početku. Vjeruje se kad se usavrše da bi mogli biti korisno upotrebljeni u područjima gdje velike količine svježe vode utječu u more.

EW, god. 100(2001), br. 16

Mrk

BUGARSKI ENERGETSKI FAKTOR SE REFORMIRA

Bugarska priprema reformu energetskog sektora. Predviđenom reformom planirano je podizanje učinkovitosti, slobodno natjecanje, povećanje privatnog udjela u energetici i prilagodba EU-smjernicama. Da se ovo može provesti Bugarska je izdala novi energetski zakon. On obuhvaća elektroenergetiku, daljinsko grijanje, zemni plin i energetsku učinkovitost. No ipak je općenito mišnjenje inozemnih stručnjaka da zakon dovoljno ne stimulira slobodno tržišno natjecanje i privatno investiranje u energetici.

Prema statistici državnog elektroprivrednog poduzeća NEK, koje još danas drži u rukama svu elektroprivrednu djelatnost i ima u Bugarskoj potpuni monopol, proizvodnja električne energije kretala se godine 1999. prema tablici

Vrsta elektrane	Instalirano MW	Proizvodnja GWh	Udjel %
NE Kozlodny	3760	16899	45
TE i toplane	5658	16922	45
Hidroelektrane	2981	3310	9
Industrijske el.	822	347	1
UKUPNO	13241	27478	100

Kao što se iz tablice vidi veliki dio električne energije dolazi iz nuklearne elektrane Kozlodny u kojoj je instalitrano 6 nuklearnih blokova (2 x 1000 MW i 4 x 440m MW) sovjetske proizvodnje. Tijekom devedesetih godina drastično je pala potrošnja električne energije, pa je dosta proizvodnih kapaciteta ostalo slobodno. Još uvijek dohodak elektroprivrede ne pokriva troškove, pa je neophodna državna subvencija. Elektroprivreda još ne posluje po tržišnom principu.

Visokonaponska prijenosna mreža građena je u tri naponske razine: 750 kV (85 km), 400 kV (1844 km) i 220 kV (2283 km). Kao naponi razdiobe uzeti su 110 kV (8301 km) i 20 kV (2283 km).

Danas je još bugarska elektroprivreda državna, cijena električne energije i investicije u nadležnosti su bugarske vlade putem državnog poduzeća NEK. Reformom se to mijenja.

EW, god. 100(2001), br. 16

Mrk

75-GODIŠNJICA STEPENASTE SKLOPKE ZA REGULACIONE TRANSFORMATORE

Brzo nakon praktičke upotrebe transformatora pokazalo se, da čvrsti prijenosni omjer ne može uvijek zadovoljiti. Tada se prijenosni odnos transformatora mogao mijenjati samo u beznaponskom stanju. U praksi je bilo mnogo različitih pokušaja da se problem riješi i konstruira sklopka kojom bi se mogao mijenjati prijenosni odnos transformatora, ali bez prekidanja pogona i time regulirati napon.

Osnovni princip za pravo rješenje dao je 1928. njemački inžinjer B. Jansen, svojim prvim patentom. Nizom njegovih patenata do godine 1931. Razvijeni su svi glavni dijelovi regulacione transformatorske sklopke, koja omogućuje regulaciju napona, bez prekidanja pogona. Jansen je u svezi s razvojem regulacione sklopke u Njemačkoj patentirao 49 patenata i danas većina regulacionih transformatorskih sklopaka radi na njegovom principu.

EW, god. 100(2001), br. 16

Mrk

VISOKOTEMPERATURNI SUPRAVODLJIVI KABELI

Pojava supravodljivosti otkrivena je još 1911 godine. Nakon drugog svjetskog rata, kad su bili u izgledu prijenosi vrlo velikih snaga, u svijetu se mnogo eksperimentiralo sa supravodičima kao mogućnost primjene u tehnici prijenosa električne energije. Najveći je problem bio vrlo nisko hlađenje, u blizini apsolutne nule, što je bilo moguće samo tekućim vodikom kao rahladnim sredstvom.

Otkriće visokotemperaturnih supravodiča godine 1987. pružilo je bolje uvjete za praktičnu primjenu, jer su se potrebne niske temperature kretale 60K do 80K (-208oC do 193oC), a hlađenje je moguće tekućim dušikom.

Visokotemperaturni materijali su metalni oksidi ($(BiPb)_2 Sr_2 Ca_2 Cu_3 O_{10}$). Budući da su slični keramici, mogu biti savitljivi i izrađivati se u vrpcama samo kad se nalaze u tankom sloju s metalnim matricama.

U svijetu se prave pokusi i prototipovi uređaja, gdje se mogu primijeniti novi visokotemperaturni supravodljivi materijali. Npr. u gradnji električnih strojeva, prigušnica i kabela. Prednosti su uvijek mali gubici, visoka opteretivost, smanjenje dimenzija i mase.

Danas su moguće izvedbe visokotemperaturnih kabela jednožilno i trofazno. Rashladno sredstvo struji kroz cijev, koja je centrično smještena u kabelu, a oko nje je uvijen supravodič kao tanki sloj u metalnoj matrici. Kod danog napona moguć je prijenos električne energije 200% do 500% više nego kod klasičnih kabela. Predviđa se, da kod duljih trada, pumpne stanice za rashladno sredstvo, mogu biti smještene na razmaku od oko 5 km.

Kao test- projekt, prvi takve vrste u svijetu, ugrađen u javnoj mreži, je visokotemperaturni supravodljivi kabel u trafostanici AMK u Kopenhagenu. Izvedba je trofazna, duljine 30 m, napona 30kV s maksimalnim opterećenjem od 2 kA. Kabel služi za vezu dvaju rasklopnih polja i napaja potrošače na otoku Amager. Paralelno sa supravodljivim kabelom položeni su i standardni bakreni kabeli, koji služe i tome, da u fazi testiranja supravodljivi kabel opterećuju stepenasto do maksimalnih 2kA.

I u Americi se bave sličnim problemom. Na području tvrtke Southwire, od veljače godine 2000. U pogonu je supravodljivi kabel, bez ikakvih problema.

Osim ovog ispitnog kabela, planira se da se u gradu Detroitu ugradi u javnu mrežu supravodljivi kabel duljine 120 m i stavi u pogon koncem 2001. godine. Time bi se devet bakrenih kabela, nadomjestila sa tri supravodljiva kabela.

Također i u Japanu razvijaju supravodljive kabele. Sumitimo i Furukava uz suradnju Tokyo Power Electric planira, kao nadomjestak za bakrene kabele u centru Tokiju, koji više nisu u mogućnosti da prenesu traženu električnu energiju, ugraditi visokotemperaturne supravodljive kabele.

EW, god. 100(2001), br. 16

Mrk

ENERGETSKA KRIZA U KALIFORNIJI I REAKCIJA STANOVNIŠTVA

U studiji organizacije J. D. Power and Associates, temeljenoj na telefonskoj anketi, održanoj od ožujka do svibnja godine 2001., na anketiranih 1500 stanovnika Kalifornije objavljeni su podaci o raspoloženju stanovništva, nakon elektroenergetske katastrofe u toj zemlji. Pokazalo se da se 75% ispitanika odlučilo na štednju električne energije. Štedjet će na taj način što će rasvjetu smanjiti za 50%. Svaki se deseti izjasnio da će smanjitit grijanje, odnosno klima uređaj. 34% isključilo je ekstra-televizor i hladnjak.

Osim elektroenergetskih poteđkoãa, đtednju je potakla i visoka cijena električne energije. U 2000. Godini prosječni je račun za struju iznosio 75 US$. Cijena je u 2001. godini poveãana za 36%, a ¾ ispitanika računa i s daljnjim poskupljenjem od 40%.

Studija je pokazala da 57% stanovnika podupire gradnju novih elektrana i to želi platiti. Uplatom od 10 US$ po stanovniku uklonila bi se energetska kriza, platile mjere štednje i snizila tarifa.

EW, god. 100(2001), br. 17

Mrk

SMANJENJE PRAŠINE IZ NJEMAČKIH TERMOELEKTRANA

Prema podacima elektroprivredne udruge VDEW, njemačke su termoelektrane, u vremenskom rasponu od godien 1999. do godine 2000., smanjile godišnju emisiju prašine od 164000 t na 8000 t. Već osamdesetih godina, modernizacijom TE u zapadnom dijelu Njemačke, smanjena je emisija prašine za 87%, a u daljnjem desetgodišnjem razdoblju za daljnjih 31%. U istočnom je dijelu, u posljednjih deset godina, uz znatne investicije, smanjenje iznosilo 99%.

Članovi VDEW, vlasnici elektrana, sudjeluju u općoj emisiji prašine u zemlji samo sa 3%, dok npr. industrija sudjeluje sa 45%, promet sa 14% i malopotrošnja sa 14%.

EW, god. 100(2001), br. 17

Mrk

ELEKTROENERGETSKE POTEŠKOĆE BRAZILA

U Brazilu je, povodom poteškoća s električnom energijom, mnogo i oštro diskutirano o prilikama i propustima u elektroenergetici.

Brazil dobiva 95% električne energije iz hidroelektrana, koje je pogodilo dugo sušno razdoblje. Takve se klimatske prilike ne pamte već 40 godina, a neki tvrde i 70 godina. Raspravlja se o mjerama kako bi se potakla štednja električne energije. Da li povišenjem cijena ili iskapčanjem?

Međutim enrgetičar prof. Oliviera sa sveučilišta u Riu podsjeća da je već prije ukazivao na poteškoće, premda je sredinom osamdesetih godina, nakon završetka izgradnje velikih hidroelektrana, nastao višak ponude električne energije. No već se godine 1994. Osjetila potreba da se nastale rezerve troše. One su istrošene, a u nove se energetske izvore nije in-

vestiralo. Investicije u elektroprivredu znatno su pale. Od oko 8 milijardi eura u 1998. godini, na 3 milijarde eura u prošloj godini.

Poteškoće su se povećale naglim porastom potrošnje električne energije, nakon novčane reforme 1994. U kućanstvima je nabavljeno na tisuće aparata bijele tehnike, upravo žderača električne energije. U vremenskom rasponu od godine 1990. i 1999. Prosječni godišnji porast potrošnje električne energije iznosio je 4,4%, a gospodarstva 2,5%. Za razdoblje godina 2001.-2004. brazilsko ministarstvo predviđa prosječni godišnji porast od 5,5%.

Direktor nadzorne ustanove Aneel brani brazilsku energetsku politiku i ukazuje da se elektroenergetske prilike u zemlji prikazuju lošijima nego ustvari jesu. Mnogo je toga ipak učinjeno. U razdoblju od godine 1995. do 1999. na saveznu je električnu mrežu priključeno 16000 MW novih elektrana, a u razdoblju godine 2000. do 2003. planirano je 23000 MW novih elektroenergetskih izvora (danas je instalirana snaga oko 65000 MW). To dogovara godišnjem porastu od 5,5%. Za to će biti potrebne godišnje investicije od 5 milijardi eura. U planu je, nadalje, smanjenje ovisnosti i hidroelektranama, gradnjom termoelektrana na zemni plin, uglavnom uvezen iz Bolivije. U obzir dolazi i dobava iz nuklearnih elektrana.

U gradnji je nuklearka Agra 3, ali je još daleko od završetka. Treba reći da cijeli izloženi plan napreduje vrlo polako.

Unatoč planiranih termo i nuklearnih elektrana, Brazil nije odustao od gradnje novih hidroelektrana. Na sjeveru zemlje još ima velikih mogućnosti iskorištenja vodnih snaga. Do godine 2073. Predviđa se izgradnja druge etape HE Tucurui od 4000 MW, a zatim da se izgrade postrojenja od 11000 MW, Belo Horizonte na rijeci Rio Xingu. Treba istaknuti da se prijenos električne energije iz ovih planiranih elektrana mora omogućiti izgradnjom prijenosne električne mreže. Danas pet saveznih država, s teritorijem većim od polovice Brazila, nije vezano na saveznu električnu mrežu.

Brazil se također odlučio na privatizaciju elektroprivrede, ali pritom nailazi na veliki otpor. Stručnjaci su ocijenili da od privatizacije neće biti velike koristi, jer oni koji će uložitti kapital u kupnju, u prvome će redu gledati na profit, a vjerojatno zanemariti investicije.

EW, god. 100(2001), br. 17

Mrk

GORIVA ĆELIJA ZA NOVU ZGRADU

U novu zgradu predstavništva pokrajine Nordrhen-Westfalen u Berlinu, bit će ugrađen ekološki čist i izoliran energetski sklop za potrebe zgrade. Nosilac posla je RWE Plus AG koji ujedno dijeli troškove ovog pilot projekta od 2,4 milijuna DEM s pokrajinom NRW.

Projekt će biti realiziran u dvije etape. Prilikom otvaranja zgrade, godine 2002., bit će ugrađena plinska mikroturbina, a krajem godine 2003. Na nju će doći goriva ćelija također na zemni plin. Oba će uređaja raditikao energetski sklop ivora snage i topline.

Očekuje se da će decentralizirano napajanje snagom i toplinom, na bazi gorivih ćelija, sve više u budućnosti dobivati na važnosti. Poduzeće RWEPlus želi stoga sakupiti potrebna iskustva za praktičnu upotrebu tehnologije gorivih ćelija i nada se da će već godine 2007. tehnologiju toliko unaprijediti da bude konkurentna u slobodnom energetskom tržištu.

EW, god. 100(2001), br. 17

Mrk

ELEKTROKEMIJSKI POSTUPAK STAVLJANJA SLOJA SKRAĆUJE VRIJEME REMONTA

Zbog sve većeg tržišnog natjecanja u elektroprivredi, nastoji se smanjiti troškove u svim sektorima, tako i na reparaturama u elektranama. Dok su revizije na turbinama i generatorima vršene prosječno svake četiri godine, danas je taj rok produžen na 8 godina, a nekad se predviđa rok od 12 do 16 godina.

Ako se ipak u međuvremenu, kod djelomičnih i kratkih revizija, pokažu na osovini, ležaju ili labirintnoj britvi neka oštećenja, manjka neki brzi postupak da se kvar otkloni do neke velike i generalne reparature. Jedan od takvih brzih i efikasnih postupaka je selektivno elektrokemijsko stavljanje sloja. Tim se postupkom mogu konvencionalni troškovi i vrijeme ispada za reparaturu generatora i turbine smanjiti i do 70%.

EW, god. 100(2001), br. 18

Mrk

PREGLED ČLANAKA OBJAVLJENIH U "ENERGIJI" OD 1951. DO 1960. GODINE

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Abbaffy, Miroslav	Vlastita potrošnja termoelektrane Jertovec	9/58	323
Alajbeg, Ante	Opći uvjeti o isporuci električne energije	11-12/57	390
	Normiranje radne snage u distribuciji električne energije	11-12/58	484
	Jedinstveni sistem za analitičku procjenu radnih mjesta u elektroprivredi	5-6/58	172
	Dohodak investicionog uzdržavanja osnovnih sredstava privrednih organizacija	3-4/59	114
	Planska cijena materijala i planiranje	5-6/60	193
	Rentabilitet pomoćnih radionica i autoparka	8/55	7
Alfirević, Slobodan	Istraživanja morskog dna u svrhu polaganja podmorskog kabela	11-12/57	338
	Morfologija i geološki sastav Tihog kanala kao podloga podmorskom električnom kabelu	3-4/59	91
	Marinsko-geološka istraživanja u kanalima južnog Jadrana i njihova primjena u podmorskom trasiranju električnih kabela	9-10/59	277
Antunac, Krsto	Potreba rekonstrukcije hidroelektrane Jaruga	3-4/59	115
Arnold, Marijan	Ispitivanje odvodnika prenaponau laboratoriju za visoki napon i jaku struju Instituta za elektroprivredu u Zagrebu	11-12/57	381
	Spajanje odvodnika prenapona i izbor nominalnog napona	9-10/59	298
Baborsky, Aleksandar	Rekonstrukcija rasklopnih postrojenja u HE Kraljevac	9-10/57	298
	Primjena tehnike ponovnog ukapčanja u našoj mreži visokog i najvišeg napona	1-2/59	17
Balling, Miroslav	Elektrifikacija Zadra i zadarskog područja	5-6/57	106
	Ekonomična primjena naših distributivnih transformatora	5-6/58	133
	Plansko investiranje u zagrebačku mrežu	1-2/59	41
	Tendencije razvoja snaga kratkog spoja u našim distributivnim mrežama	9-10/60	310
Baranović, Borivoj	Najnoviji razvoj rada na studiji Yougelexport	3/54	16
	Problemi prijenosa energije izmjeničnom strujom v.v. naponima na kongresu CIGRE 1954.	3/54	13
	Kongres CIGRE 1954.	3/54	12
	Yougelexport, Dokument EP65, 10 Maj 1954.	4/54	26
	Investicije za elektroprivredu u evropskim zemljama	4/54	28
	Izvještaj Ekonomskog komiteta Yougelexport	5/54	24
	U Srbiji i dalje težište proizvodnje u termoelektranama	6/54	21

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
	Izgradnja termoelektrana u Evropi - prevod iz publikacije Komiteta za el. Energiju u Ženevi E/ECE/EP/142 od 15. Aprila 1954.	6/54	23
	Osnovi planiranja električne supermreže - Iskustva u Britaniji i pouke za naše prilike	3-4/57	69
	Osnove elektrane Jertovec	9/58	270
	Izgradnja hidroelektrana na Trebišnjici - Dubrovnik i Grančarevo	1-2/59	1
	Izrada opreme za Toplanu Zagreb	1-2/60	48
	Vodne snage Une i Save	1-2/60	30
	Ispitivanje kvalitete čeličnih građevnih konstrukcija na gradilištima Termoelektrane Zagreb II	3-4/60	110
	Termoelektrana Zagreb II - oba kotla u montaži	5-6/60	184
	Termoelektrana Zagreb II - bitka za dovršenje svih građevinskih radova u ovoj godini	7-8/60	253
	Udio domaće industrije u opremanju Termoelektrane Zagreb II	9-10/60	344
	Energetska situacija u sjeverozapadnoj Hrvatskoj i utjecaj dovršenja TE Konjšćina	7/54	3
	Centralni elektrotehnički laboratorij elektroprivrede i elektroindustrije u Parizu	8/54	14
	Završno zasjedanje tehničkog komiteta Yougelexport-a	9/54	11
	Studije superponirane mreže visokog napona u jugoslaviji	9/54	23
	Magistrala 110 kV Matulji – Vinodol – Gojak – Zagreb – Konjšćina – Varaždin	2-3/55	6
	Splitsko savjetovanje ekonomista i jedinstvo jugoslavenske elektroprivrede	4/55	9
	Splitsko savjetovanje ekonomista i jedinstvo jugoslavenske elektroprivrede	5/55	1
	Studije za vod Mostar – HE Kraljevac (HE Split)	9/55	1
Begović, Krunoslav	HE Peruća - Osnovna koncepcija rješenja elektrostrojarskog dijela elektrane	3-4/57	55
	Tehnička problematika brzog stavljanja u pogon termoelektrane	5-6/57	125
	Automatika agregata generator-turbina, motor-pumpa u hidroelektrani Fužine	7-8/57	207
	Dosadašnji razvoj visokonaponske mreže u Istri	11-12/57	357
	Hidroelektrana Senj - Osnovna koncepcija rješenja elektro-strojarskog dijela elektrane	7-8/58	197
	Problemi izbora električne sheme u postrojenjima 380 kV	5-6/60	164
Belošević, M.	Problematika osiguranja ugljena kao energetskog izvora u elektroprivrednom sistemu sjeverne Hrvatske	4/54	2
Bencelj, Josip	Laboratorij za toplinska mjerenja Instituta za elektroprivredu	11/54	21
Bengeri, Mirko – Cenčić, Franjo – Planić, Radoslav	Pitanje priključka neelektrificiranih područja na elektroenergetsku mrežu u Hrvatskoj	3-4/57	17
Beširević, Nusret i grupa autora	Neka iskustva u pogonu mreža 10 kV	7-8/59	224

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Bezerić, Jakov	Investicije u elektroprivredi grada Zagreba od 1907. do 1957.	10/58	395
Blažević, Zdenko	Režim dobave električne energije za elektroanalize alumminija	3-4/60	86
Boranić, Vilim	Energetska bilanca prerade nafte u FNRJ	5-6/57	142
Brezinšćak, Marijan	Elektrifikacija požeške kotline	8-9/56	12
	Registracija struja munja pomoću metode magnetskih štapića	9-10/59	282
	Istosmjerni mrežni analizator s elastičnim sabirnicama i jednim operatorom	3-4/60	77
	Domaći uređaj za ispitivanje i udešavanje nadstrujne zaštite	5-6/60	179
	Ferorezonancija u elektroenergetskim sistemima	11-12/60	382
Bulić, Ivo	Izgradnja hidroelektrane Split	1-2/58	3
	Hidroelektrane Split i Peruća u 1958. Godini	3-4/59	69
	Hidroelektrana Split i Peruća u punom razvoju gradnje	3-4/60	67
Bumči, Petar	Ekonomičnija izgradnja zidnih distributivnih transformatorskih stanica 35/10 kV u NRH	11-12/60	406
Butković, Zdenko	Razlike između sistema električne vuče s obzirom na tehničko-ekonomske uvjete	5-6/59	161
Cenčić, Franjo	Mreža superponiranog napona	1-2/56	1
	Izgradnja dalekovoda 220 kV Jajce – Zagreb	10/55	10
Cvetković, Zorko	Širenje prijenosne mreže u zapadnoj Hrvatskoj	7-8/59	240
	Protupožarna zaštita transformatora u prijenosnoj mreži HRH	1-2/60	33
	Gašenje požara transformatora miješanjem ulja pomoću komprimiranog plina	1-2/60	35
Cvjetković, Vladimir	Prijevod članka autora Novelli - Carnicella: Distributivna mreža s ovješenim kabelima	7-8/59	243
Čavlina, Čedomir	Elektrifikacija željezničke pruge Rijeka - Zagreb	9-10/57	266
Dabac, Vlatko	Predradnje za izgradnju elektrane u Zagrebu	10/58	348
Damjanić, Miloš	Nekoliko riječi o biltenu	6/54	1
	Čestitka graditeljima Miljacke (Manojlovac)	3/56	7
	Osvrt na poslovanje elektroprivrede Hrvatske u god. 1956.	3-4/57	43
	Zakon o elektroprivrednim organizacijama	3-4/58	71
	Uvodna riječ povodom konačnog dovršenja termoelektrane Jertovec Konjščina	9/58	262
	Posjet francuskoj elektroprivredi	11-12/59	362
	Rad Saveza jugoslavenske elektroprivrede	1/55	1
Damjanić, Miloš – Cenčić, Franjo – Planić, Radoslav	Potreba i mogućnost elektrifikacije otočja	5-6/60	150
Dobša, J	Izolatori domaće proizvodnje I-10	8/55	15
	Istražni radovi britanske elektroprivrede – prijevod	8/55	7
	Ispitivanje elektromaterijala	9/55	30
	Kontrolno ispitivanje odvodnika prenapona u distributivnim mrežama	11/55	37

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Dokmanić, Mladen	Razvoj mreže grada Zagreba u budućnosti	10/58	343
	Izrada projekta riječke mreže	4/54	5
	Elektrifikacija Slavonije i značaj stanice 110/30 kV	6/54	11
	Idejno rješenje elektrifikacije kotara Šibenik	7-8/60	223
	Elektrifikacija Baranje	1/55	4
Dorčić, Milorad	Trafostanica Resnik	3-4/57	87
Draščić, Vladimir	Izgradnja prijenosnih postrojenja u Dalmaciji	3-4/60	109
Drašković, Božidar	Elektroprivredna poduzeća NR Hrvatske predlažu osnivanje jedne elektroprivredne zajednice	1/54	1
	Osnutak Zajednice elektroprivrednih poduzeća	4/54	1
	Izvještaj o radu Upravnog odbora Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske	11/54	1
Drempetić, Stanko	HE Ozalj II u svom konačnom obliku	1-2/60	48
Dudaš, Lovro	Prekoračenje odobrenih sredstava u investicionoj izgradnji	8-9/56	21
Einwalter, Ivan	Crpna hidroelektrana Fužine	7-8/57	193
Exel, Boris	Napori za štednju goriva u Engleskoj	1-2/57	33
	Ekonomika topline u pogonu industrijskih peći	3-4/60	93
Feöcze, Danijel	Platni fond u elektroprivredi	5/54	15
	Električna energija i dopunska plaćanja na uvoz	6/54	8
	Ekonomski instrumenti za elektroprivredu u 1957.	1-2/57	3
	Mogućnosti elektroprivrede u sistemu obračuna dohotka	9-10/57	293
	Dinamika cijene električne energije	1-2/58	31
	Razvoj strukture vlastite cijene koštanja i prodaje električne energije	10/58	392
	Racionalizacija prodajne službe u elektroprivredi	11-12/58	478
	Razgraničenje deviznih sredstava između udružene elektroprivrede i poduzeća za distribuciju električne energije na području ZEPH	5-6/60	176
	Kolektivni ugovor za ekonomske odnose ZEPH u 1960.	5-6/60	170
	Nagrađivanje po kWh	7-8/60	236
	Financijski potencijal amortizacije u elektroprivredi	11-12/60	369
	Prijedlog društvenog plana elektroprivrede Hrvatske za g. 1957.	10/56	27
	Niveliranje troškova distribucije na području elektroprivredne zajednice	1-2/59	27
Feretić, Danilo	Proizvodnja električne energije u svijetu	1/55	18
Feuerbach, Marija	Široka potrošnja električne energije u Hrvatskoj	7-8/57	221
Feuerbach, Vlado	Ispitivanje parnih kotlova i turbo-agregata u termoelektrani Jertovec	11-12/58	467
Filipović, Božidar	O radu organizacione-privredne-pravne komisije	5/54	19
	Pedeset godina razvoja potrošnje i cijene električne energije u gradu Zagrebu	10/58	379
	Energetska ekonomičnost opskrbe potrošača električnom energijom u Jugoslaviji	5-6/58	148
	Valorizacija električne energije u Jugoslaviji	7-8/59	209

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
	Osnove računa o rentabilnosti izvoza električne energije	1-2/60	9
	Savjetovanje o elektrifikaciji poljoprivrede u Osijeku	3-4/60	95
	Završno zasjedanje ekonomskog komiteta Yougelexport-a	9/54	14
	Općenito o energetskom tržištu	11/54	8
	Principi valorizacije električne energije	11-12/56	3
	Radni sastanak potkomisije za tarife električne energije	9/54	18
Fišer, Karlo	Iskustva s aluminijskim vodičima na području Zadra	3-4/57	84
	Ispitivanje aluminijskih i alučel užeta	9-10/60	343
	Problemi projektiranja voda 220 kV Zagreb - Kidričevo	11-12/60	404
Fišer, Karlo – Kirigin, B. – Škarica, Ranko	Rezultati mjerenja vjetra i leda u Hrvatskoj	3-4/57	80
Föecze, Danijel	Položaj i svojstva elektroprivrede u sklopu društvenog proizvoda	11-12/59	335
Foit, Bohumil	Čehoslovačka ispitna stanica velike snage	7-8/59	252
Gaćina, Ante – Šimunić, Milivoj	Strojarski dio termoelektrane Jertovec	9/58	297
Gašparić, Stjepan	Potreba prijenosa električne energije u Podravinu	9-10/60	325
Goluža, Mirko	Da li postoji problem ventilacije transformatorskih stanica u obalnom pojasu?	9-10/59	314
	Rezervna petlja kod polaganja kabela jake struje	1-2/60	43
	Kako bojadisati elektroenergetska postrojenja i elemente rasklopnih uređaja	1-2/60	43
	Smještaj i oblikovanje gradskih transformatorskih stanica	3-4/60	106
	Prijelaz na pogonski napon od 30 kV u razvodnom sistemu u Dalmaciji	8/55	13
Gorupić, Drago	Razvoj i problemi energetske privrede Hrvatske	7/55	1
Grlić, Aleksandar	Obnova i proširenje električne mreže grada Pule i okolice	1-2/58	45
Hangi, Velimir	Prijedlog za etapnu ugradnju uređaja za ponovno ukapčanje u 110 kV mreži Hrvatske	11-12/57	367
	Zaštita sabirnica	1-2/59	20
	Problematika korištenja domaće električne zaštite	1-2/60	44
	Izbor električnih zaštitnih uređaja za transformatorske stanice 15/30/10 kV, 110/35/30 kV i 220/110 kV u elektroprivredi Hrvatske	11-12/60	393
Herr, Stjepan	Parni kotlovi u drugoj etapi termoelektrane Jertovec	9/58	317
Holjevac, V	Povodom proslave 50-godišnjice elektroprivrede grada Zagreba	10/58	345
Hönigsfeld, Ervin	Odobrenje investicijskog programa HE Split, DV Dalmacija - Zapadna Hrvatska i Toplana Zagreb	1-2/56	22
Horvat, Vinko	Dobava električne energije iz Slovenije za Austriju	5/54	11
	Ugovor o dobavi električne energije sa Slovenijom	5/54	10
	Povezivanje elektroenergetskih sistema FNRJ i Mađarske	9-10/57	314
	Udružene električne centrale (UEC)	10/58	354
Jakić, Krešimir	Vlastiti potrošak električne energije u TE Osijek	7-8/57	233

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Jamnicki, Ivo	Uloga industrijskih dopunskih agregata pri svladavanju povremenih nestašica električne energije u privredno nerazvijenim zemljama	5-6/57	117
	Optimalno korištenje termoelektarne Zagreb-zapad	1-2/60	1
Janaček , Valter	Plan za 1954. god. i perspektiva istog na gradnji HE "N. Tesla"	5/54	5
	Stanje radova na izgradnji HE Gojak i perspektiva dovršetka	10/56	20
	Povodom revizije generalnog projekta HE Valići	11-12/56	7
	Iskorišćenje vodnih snaga u sjevernoj Škotskoj	3-4/59	107
	Povodom završetka radova na hidroelektrani Nikola Tesla (Vinodol)	10/55	5
Janić, Ivan	Energetski čvor i električna mreža grada Rijeke	7-8/57	177
	Električna mreža grada Pule	9-10/57	270
	Elektrifikacija kvarnerskih otoka	3-4/58	93
	Elektrifikacija istočne Slavonije	3-4/60	72
	Izvod iz investicionog programa za 30 kV dalekovod i trafostanicu "Đuro Đaković"	11/54	11
Jenik, Slavko	Konstrukcija i pogon parnih kotlova razmatrani s obzirom na sigurnost, pogonsku spremnost i ekonomiju	3-4/59	95
Jerić, Jerko	Predviđanja potrošnje električne energije - Metode upotrebljene u raznim zemljama Europe i SAD	4-5/56	24
	Jedan prilog proračunu opterećenja Jadranskog dalekovoda	4-5/56	14
	Određivanje karakterističnih protoka u hidroenergetskim sistemima	6-7/56	4
	Kretanje proizvodnje električne energije u FNRJ	9-10/57	263
	Raspoložive i iskorišćene hidrauličke energije u elektroenergetskim sistemima	1-2/58	5
	Osvrt na energetsku situaciju u Europi i SAD	5-6/59	185
	Narodni dohodak i proizvodnja električne energije	5-6/59	170
	Proizvodnja i potrošnja ugljena u Hrvatskoj	9-10/59	318
	Karakteristike elektrificiranih domaćinstava u Hrvatskoj	5-6/60	155
Jovanović, Mirko	Tarifni sporazum u elektroprivredi	3-4/59	113
Jung, Miroslav	Proračun kratkog spoja u visokonaponskoj mreži Hrvatske 1962.	7-8/57	221
	Tokovi snaga i naponske prilike u 110 kV mreži Hrvatske	7-8/58	226
	Proračun kratkog spoja u budućoj 110 i 220 kV mreži Hrvatske	1-2/59	12
	Statička stabilnost sistema kao granica prijenosnih mogućnosrti dalekovoda	9-10/60	313
Kalapašev, Siniša	O normiranju gubitaka električne energije u distributivnim mrežama	9-10/59	269
Kasprzyk, Stefan	Sredstva za poboljšanje ekonomije topline u industrijskoj energetici	5-6/59	146
Kirinčić, Dušan	Pedeset godina termoelektrane Rijeka	11-12/58	486
	Transformatorska stanica 110 kV Matulj	8-9/56	21
	Rekonstrukcija termoelektrane Rijeka	1-2/57	26

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
	Hidroelektrana Rijeka - I etapa postrojenja na Rječini	3-4/58	98
	Transformatorska stanica 110/50 kV Vlaška (Raša)	7-8/58	231
	Hidroelektrana Rijeka u izgradnji	9-10/60	322
	Dalekovod 110 kV Vinodol - Matulji	9/54	40
Knešaurek, Norbert	Iz pogonske problematike parnih turbina	3-4/59	103
Kostanjšek , Drago	Konjukturna kretanja u elektroprivredi	3-4/57	74
	Britanska elektroprivreda 1955. - 1956.	5-6/57	155
	Razvoj proizvodnje i potrošnje električne energije u HR Hrvatskoj	9-10/57	306
	Britanska elektroprivreda 1956. - 1957.	11-12/57	383
	Razvoj i stanje elektrifikacije NR Hrvatske u 1956.	1-2/58	48
	Stanje elektroprivrede LR Slovenije u 1956.	1-2/58	50
	Elektroprivreda Hrvatske u 1957.	11-12/58	491
	Elektroprivreda u Sloveniji u godini 1957.	11-12/58	494
	Razvoj elektroprivrede Bosne i Hercegovine i stanje u 1957.	11-12/58	496
	Elektroprivreda Evrope 1952. - 1956.	11-12/58	500
	Razvoj široke potrošnje električne energije u NR Hrvatskoj	7-8/58	238
	Elektroprivreda Evrope od 1952. do 1957.	5-6/59	182
	Statističke metode u elektroprivrednim ispitivanjima	5-6/59	173
	Elektroprivreda Hrvatske u 1958. Godini	11-12/59	363
	Elektroprivreda Slovenije u 1958.	11-12/59	371
	Stanje seoske elektrifikacije u nekim zemljama Europe u 1957.	1-2/60	39
	Energetska situacija u Europi 1958.	1-2/60	36
	Mjesto NR Hrvatske i FNR Jugoslavije u elektroprivredi Europe	3-4/60	101
	Financiranje elektroprivrednih investicija u nekim zemljama Europe	5-6/60	174
	Elektroprivreda Slovenije u 1959.	7-8/60	246
	Elektroprivreda Hrvatske u 1959.	7-8/60	243
	Značenje metode indeksnih brojeva i njihova primjena u elektroprivredi	9-10/60	337
	Racionalizacija potrošnje električne energije - Izvještaj OUN, Ženeva 1960.	11-12/60	409
Kovač, Franjo	Norveška i švedska elektroprivreda	11-12/59	364
Kragić, Vjekoslav	Radovi na izgradnji brane hidroelektrane Peruća na rijeci Cetini	1-2/57	18
Kragujević, Stjepan	Elektrifikacija poljoprivrede i cijene električn energije	5-6/57	132
	Organizacija poduzeća "Elektro-Slavonija" i razvoj elektrifikacije u Slavoniji	5-6/58	168
Kralj, Stjepan	Mjesto i zadaci kadrovske službe u poduzeću	1-2/60	46
Krivanek, Valter	Elektromašinski dio HE Miljacka	3/56	23
Kršulović, Ante	Obračunska kalkulacija, mjesečna i kontinuirana	8-9/56	28
	Obrtna sredstva u elektroprivredi i njihovi izvori	1-2/57	2

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
	Analitička evidencija o plaćama	5-6/57	137
	Metoda kalkulacije u termoelektrani	7-8/57	212
	Energetsko gorivo - Obračun i analiza	11-12/57	370
	Sadašnja organizacija poduzeća "Elektrane" u Zagrebu	10/58	415
	Kratak prikaz sadržaja bilance GEC i njenih priloga kroz 50 godina	10/58	397
	Utvrdimo normu privredno-računskoj službi	11-12/58	483
	Premiranje u termoelektranama za sniženje troškova materijala za preradu i vlastitog potroška električne energije	9-10/59	310
	Normativi i metoda planiranja i obračuna u elektroprivrednim organizacijama	1-2/60	25
	Prijedlog za nagrađivanje radnika po kWh u kooperaciji elektroprivrednih sistema	9-10/60	316
Krušlin, Antun	Građevni dio obnove HE Miljacka	3/56	18
Kulik, Roman	Gorivo za elektranu Jertovec	9/58	274
Kuzele, Petar	Faktor snage zagrebačke industrije i njegova kompenzacija	7-8/58	222
	Rentabilnost kompenzacije električne jalove snage zagrebačke industrije	9-10/60	308
Ledinegg, M.	Proračun pregradnih pregrijača pare	7-8/58	228
Leskovar, Marijan	Vodne snage Jugoslavije	6/54	20
	Broj pogonskog osoblja u hidroelektranama Genissiat i Seyssel na rijeci Rhoni	6/54	28
	Nuklearna energija i naša elektroprivreda	4-5/56	6
	Nuklearna energija i naša elektroprivreda (svršetak)	6-7/56	10
	Umjetno podsticanje kiše	11-12/56	15
	Deklasiranje termoelektrana i perspektivno planiranje	9-10/57	284
	Udvostručenje konzuma električne energije svakih deset godina	11-12/57	351
	Perspektivni razvoj proizvodne cijene električne energije	1-2/58	37
	Cijena električne energije i ljudski odnosi u elektroprivredi	11-12/58	489
	Prijedlog nove metode za određivanje veličine izgradnje hidroelektrana	3-4/58	72
	Cijene električne energije u Jugoslaviji	7-8/58	211
	Prognoziranje razvoja konzuma električne energije	1-2/59	10
	Vodne snage Jugoslavije	7-8/59	206
	Deklasiranje termoelektrana	9-10/59	272
	Meteorološka služba elektroprivrede	5-6/60	163
	Pumpne hidroelektarne	7-8/60	242
	Prognoza razvoja konzuma električne energije u Hrvatskoj	7-8/60	219
	Britanska elektroprivreda u 1954.	1-2/57	33
	Dovršenje opremanja HE Zelieni Vir	3-4/57	79
Levandovski, Nikola	Namjenske devize u elektroprivredi	6-7/56	26
	Problem namjenskih deviza u elektroprivredi Hrvatske	11-12/56	23

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Lucati, Jakob	Rentabilitet investicija za štednju ugljena	11-12/56	12
	O stacionarnim plinskim turbinama i njihovoj primjeni u zemlji	1-2/57	13
	Pogonski rezultati plinske turbine "Pertigalete"	3-4/57	86
	Najnoviji razvoj plinskih turbina	7-8/57	183
	Glavni izvori toplinske energije u NR Hrvatskoj	1-2/58	13
	Parni kotlovi u NR Hrvatskoj	5-6/58	143
	Unaprjeđenje toplinskog gospodarstva u FNR Jugoslaviji	5-6/58	176
	Premiranje ložača parnih kotlova	7-8/58	234
	Centralna grijanja u gradu Zagrebu	3-4/59	84
	Unaprjeđenje toplinskog gospdarstva u Hrvatskoj	5-6/59	179
	Ekonomija topline velikoprostornog grijanja u industriji NR Hrvatske	7-8/60	214
	O pokretnoj plinsko-turbinskoj elektrani	1-2/57	38
	Četvrti internacionalni kongres za strojeve s unutrašnjim sagorjevanjem "CIMAC"	5-6/57	145
Lucati, Jakob – Filipović, Božidar	Energetska i ekonomska usporedba potrošnje topline u domaćinstvima	9-10/60	303
Lucati, Jakob – Selanec, Zdenko	Termoelektrane u industriji Hrvatske	7-8/59	219
Lučev, Ante	Organizacija i organi upravljanja poduzeća "Elektra" u Zagrebu	10/58	413
Lučev, Ivan	Elektrotermija i elektrokemija s gledišta elektroprivrede	5-6/57	147
	Uputa za brzo određivanje doprinosa iz osobnog dohotka privredne organizacije	3-4/58	105
	Razmjena električne energije između elektroprivrednih zajednica	1-2/59	32
	Tarifa za električnu energiju	11-12/57	389
Macoko, Vojislav	Historijat hidroelektrane Manojlovac	3/56	8
Majić, Josip	Regulacioni uređaj kotlova I. Etape termoelektrane Jertovec	11-12/58	475
	Konjšćinski ugljeni trošeni za pogon TE Jertovec od 15.12.1953. do 31.12.1954.	12/54	11
Maldineo, L.	Troškovi izgradnje HE Peruća	12/55	7
Maravić, Zdenko	Radovi na konačnoj izgradnji TE Konjšćina	1-2/56	33
	Izgradnja paralelenog voda 110 kV HE Vinodol TS Zagreb	4-5/56	31
Maravić, S.	Prijenos energije iz Bosne u Slavoniju	10/55	13
Markovčić, Boris	Uklanjanje dodatnih opterećenja na dalekovodima u Gorskom Kotaru	11-12/57	355
	Prijelaz postojećih vodova na viši napon	7-8/60	227
	Elektrifikacija željeznice kroz Gorski Kotar	6/55	9
	Razvoj mreže visokog napona u Istri	10/55	1
	Razvoj mreže visokog napona u Istri	11/55	1
	Razvoj mreže visokog napona u Istri	12/55	12
Markovčić, Boris – Jung, Miroslav	Izokarauničkа karta NR Hrvatske	9-10/60	335

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Markovčić, Boris – Škarica, Ranko	Prilog izboru najnovijeg tipa stupa i vodiča za naše vodove 220 kV	5-6/58	140
Marušić, Ante	Saniranje planskog manjka prema društvenom planu za god. 1956.	10/56	35
	Mogućnost uvođenja jedinstvenih tarifa električne energije na području SFRJ	6/55	1
Marušić, Ante – Radetić, Ernest	Ekonomske i financijske poteškoće elektroprivrede Hrvatske - Jedan prijedlog za njihovo rješenje	4-5/56	3
Masnec, Branko	Izgradnja dispečerskog centra u ZEPH u Zagrebu	11-12/59	373
Matešić, Boris	Nalazište lignita na području Vukomerskih Gorica	11-12/58	462
Matjan, Ljudevit	Opis smještaja objekata i pregled osnovne opreme elektrane Jertovec	9/58	274
	Električni dio termoelektrane Jertovec	9/58	323
	Proširenje toplane tvornice šećera "Boris Kidrič" Županja	9/54	34
Mažuranić, Krsto	Dizelska električna vuča na pruzi Split - Knin	5-6/60	177
Mihajlov, Juraj	Tehnički razvoj termoelektrane grada Zagreba	10/58	350
	Prikaz projekta toplane u Zagrebu	10/58	427
Mlinarić, Đuro	Revolucionarni rad u bivšoj GEC u Zagrebu	10/58	406
Mrakovčić, Branko	Prijelaz distributivne mreže Gorskog Kotara na 10 kV	11-12/57	388
	Neki podaci o potrošnji i opterećenju kućanstava na Kvarnerskim otocima	3-4/60	105
Mrakovčić, Branko – Planić, Ranko – Skarica, Ivo – Tilić, Boris	Napori oko obnove i proširenja gradskih mreža u Hrvatskoj	9-10/57	286
Mrša, Vjekoslav	Izvještaj o radovima na postrojenju 110 kV oko buduće HE Senj	5-6/60	185
	Početak izgradnje prijenosnih postrojenja 220 kV	5-6/60	147
Mrvoš, M.	Izgradnja pregrade Lokvarka - HE "N. Tesla"	5/54	1
Mudrinić, Vojin	Napori za obnovu i proširenje gradskih mreža u Hrvatskoj - Problem mreže grada Osijeka	11-12/57	361
Nadinić, Miljenko	Potreba obnove HE Miljacka (Manojlovac)	3/56	11
	Izgradnja hidroelektrane Senj	7-8/59	203
Najman, Josip	Stanje građevinskih radova na HE Ogulin (Gojak) koncem lipnja 1954	6/54	3
	Gradnja dovodnog tunela HE Gojak i nesretni slučajevi za vrijeme rada	5/55	27
	Sedam kilometara Gojačkog tunela	12/55	10
Opačić , Rade	Elektroprivreda i problem osiguranja	6-7/56	29
	Sredstva udruženih poduzeća elektroprivrede NRH su osigurana na stvarnu vrijednost	11-12/56	18
Oštrić, Rihard	Osiguranje najkritičnijih veza VF uređajima iz izvoza	1/54	6
	Prvi radni sastanak telekomunikacione komisije	3/54	17
	Idejni projekt visokofrekventnih veza na dalekovodima 110 kV u NRH	4/54	21
	Rekonstrukcija VF uređaja u Dalmaciji	1/55	17
	Rad Instituta za elektroprivredu na problemima službe veze	12/55	41

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Ožegović, Karlo	Prilog problema uzemljenja: Jedan slučaj oštećenja uređaja za vezu usljed lošeg uzemljenja 30 kV rasklopnog postrojenja	10/55	16
Padjen, Ladislav	Razvoj mreže u razdoblju od 1945. do 1948.	10/58	368
Padjen, Ladislav – Štok, Rudolf	Predradnje za izgradnju i razvoj mreže grada Zagreba 1907. do 1930.	10/58	357
Pađen, Ladislav	Kritično stanje zagrebačke mreže	2-3/55	14
	Popravak uložaka visokoučinskih osigurača	2-3/55	16
Pavlin, Boris	Istražni radovi za hidroelektranu Senj	10/56	10
Pavljak, Stjepan	Toplinska stanica elektrane Zagreb	10/58	376
Plančić, Žarko	Gradnja HE peruća na Cetini	5/55	23
Planić, Radoslav	Brige oko izbora objekata i opsega radova na električnim postrojenjima u NRH	3/54	5
	Investiranje u električna postrojenja u razdoblju 1945.-1953. i potrebe danas	4/54	29
	Investicioni troškovi termoelektrane Jertovec	9/58	283
	Financiranje izgradnje republičke mreže u 1959.	3-4/59	111
	Investiranje u elektroprivredu u NR Hrvatskoj	11-12/59	346
	Elektrifikacija Dalmacije i iskorištenje vodnih snaga primorskog pojasa	1-2/60	45
	Udio republike u izgradnji mreže 30-35 i 10 kV u 1960.	5-6/60	176
	Značajke investiranja u 1959.	9-10/60	332
	Stanje elektrifikacije u Hrvatskoj	11-12/60	389
	Elektroprivrede i privredni razvoj u Hrvatskoj	5/55	16
	Problemi amortizacije u elektroprivredi evropskih zemalja	9/55	24
Podbrežnik, Franjo	Neki problemi održavanja kotlovskih instalacija, naročito s obzirom na zastoj u pogonu	3-4/60	90
Podgojski, Vinko	Gubici usljed jalove energije u Rijeci	3-4/57	85
Požar, Hrvoje	Stanje i razvoj elektrifikacije naselja i domaćinstava u HR Hrvatskoj	4-5/56	18
	Stanje i razvoj elektrifikacije naselja i domaćinstava u Hrvatskoj (svršetak)	6-7/56	16
	Karakteristike proizvodnje u hidroelektranama zapadnog i centralnog dijela Jugoslavije	8-9/56	3
	Potrebna dopunska snaga u elektroenergetskim sistemima	1-2/57	6
	Potrebna izgradnja termoelektrana	3-4/57	65
	Jedna od metoda za usporedbu hidroelektrana u nedovoljno razvijenim područjima	7-8/57	181
	Elektroenergetske prilike u Jugoslaviji nakon izgradnje prvih velikih hidroelektrana	1-2/58	8
	Granica opravdanosti redukcija potrošnje u elektroenergetskom sistemu	11-12/58	457
	Instalirana snaga hidroelektrana i stepen iskorištenja vodnih snaga	1-2/59	5
	Nove mogućnosti za izradu elektroenergetskih bilanca velikih elektroenergetskih sistema	3-4/59	75

Autori	*Naziv članka*	*Broj/god.*	*Stranica*
	Određivanje moguće proizvodnje varijabilne energije u hidroelektranama	5-6/59	140
	Mogućnost proizvodnje hidroelektrana u Hrvatskoj	9-10/60	302
Požar, Hrvoje – Keglević, Juraj – Balling, Miroslav	Potrebna toplina i električna energija za grijanje prostorija u nekim gradovima Jugoslavije	7-8/60	209
Purec, Josip	Izgradnja i razvoj mreže grada Zagreba od 1949. do 1956.	10/58	370
Radetić, Ernest	Uloga radnog kolektiva u elektroprivredi grada Zagreba od 1907. do 1957.	10/58	399
	Od nekadašnje GEC do današnje suvremene organizacije elektroprivrede u Zagrebu	10/58	417
	Savjetovanje "Elektrokemija u kućanstvu"	1-2/60	47
	Puštena je u pogon HE Peruća	9-10/60	299
	Obračun kupnje i prodaje električne energije u elektroprivrednoj zajednici	12/54	13
	Financijski plan elektroprivrede Hrvatske za 1955.	4/55	1
Radičević, Lovro	Obračunavanje kupnje i prodaje električne energije između elektroprivrednih poduzeća i Zajednice	8/54	1
	Međusobni način obračuna između elektroprivrednog sistema NRH i udruženih poduzeća za 1954.	8/54	4
Radman, Ivan	Izgradnja dalekovoda 110 kV Peruća - Split	3-4/60	111
	Proširenje mreže 110 kV u zapadnoj Hrvatskoj	3-4/60	110
	S gradilišta hidroelektrane Split	5-6/60	183
Raguž, Nikola	Elektrifikacija dubrovačkog otočja	7-8/59	238
	Stečena iskustva investitora izgradnje DV 35 kV Bileća – Dubrovnik	9/55	27
Rasworschegg , H.	Austrijska iskustva u građenju kotlova za naše lignite	1-2/59	47
Reštarevič, Stjepan	HE Split (karakteristični ekonomsko-energetski podaci)	12/54	1
Ribić, Božidar	Uloga elektroprivrede u razvoju grada Zagreba	10/58	410
	Izvođenje zračnih kućnih priključaka	9-10/59	318
	Uzemljavanje distributivnih transformatorskih stanica	11-12/60	412
	Nesretni slučajevi na električnim rasklopnim postrojenjima	11-12/60	411
	Zasjedanje organizaciono-pravnog komiteta Yougelexport-a	11/54	4
Sakar, Zdenko	Važnost kontrole toplinskog gospodarstva i rezultati rada na njegovu unaprjeđenju u Jugoslaviji	1-2/59	44
	Posjet belgijskoj elektroprivredi	7-8/59	249
Selanec, Zdenko	Akumulaciono električno grijanje	5-6/60	159
Sever M.	Hidroelektrana Rijeka	9/55	1
Stefanini, Božidar	Problematika nadzemnih vodova najvišeg napona na kongresu "CIGRE" 1954.	6/54	25
	Izbor izolatora za Jadranski dalekovod	1-2/58	26
	Pokusni paralelni pogon 110 kV mreže Jugoslavije 20. do 22. 12.1957.	5-6/58	156
	O ekonomici dalekovoda	5-6/59	155
	Elektroenergteska mreža u Velikoj Britaniji	11/55	19
	Energetska mreža u Velikoj Britaniji	12/55	33

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Stefanini, Božidar – Strašak, M.	Cijena vodova 110 kV za potrebe planiranja	4-5/56	26
Stepinac, Antun	O istražnim radovima kod projektiranja hidroelektrana	6/54	15
	Hidroenergetski potencijal rijeke Drave na sektoru Ormož - Botovo i prevođenje njenih voda u sliv Save	5-6/60	141
Stipančić, Nikola	Prodaja materijala	5/54	14
	Prenos osnovnih sredstava bez naplate u elektroprivredi	5/54	12
Strašak M.	Dvadeset godišnja iskustva o koroziji Alučel vodiča na dalekovodima u Engleskoj	2-3/55	17
	Uzemljenje transformtorskih stanica visokog napona	7/55	20
	Novi propisi za uzemljenje u postrojenjima visokog napona	8/55	1
	Uzemljenje armiranobetonskih stupova za 10 kV vodove i mjesne mreže	11/55	33
Šaler, Antun	Zaštita i automatika termoelektrane Jertovec	9/58	335
Šarmazov, Aleksej	Upotreba električne energije za zagrijavanje vode u domaćinstvima	9-10/60	343
	Određivanje obujma međurepubličke razmjene električne energije	1-2/59	36
Ščap, Alojzije	Oprema elektroenergetske dispečerske službe ZEP Hrvatske suvremenim uređajima	1-2/56	4
	Određivanje normativa potroška topline u termoelektranama	4-5/56	29
	Pogon termoelektrana kod niskih opterećenja	6-7/56	19
	Pogon termoelektrana kod niskih opterećenja (svršetak)	8-9/56	17
	Stavljanje u pogon i zaustavljanje termoelektrana	10/56	14
	Osvrt na organizaciju elektroprivrede u Austriji	3-4/57	88
Šener, Valter	Priprema za gradnju HE Senj	3-4/60	112
Šercl , Stjepan	Perspektiva budućeg korištenja stare elektrane Zagreb	10/58	422
Škare, Ante – Čalogović, Marko	Građevinsko-arhitektonska koncepcija termoelektrane Jertovec	9/58	289
Škarica, Branko	Dodirni naponi na željeznim stupovima distributivnih mreža	5-6/58	178
	Ponašanje tronamotnog transformatora u pogonu	9-10/60	329
Škarica, Ranko – Fišer, Karko	Dalekovod Zagreb - Jajce	5-6/58	159
Škarica X. - Horvat Y.	Puštanje u pogon DV 110 kV Vinodol - Matulji	4/54	19
Sodan, Milan	Energetska uloga termoelektrane Jertovec	9/58	281
	O redukcijama ove jeseni	11-12/59	356
Šprung, Fedor	Ispitivanje lake šamotne opeke domaće proizvodnje	12/55	43
Štengl, Vladimir	Zamjena aluminijskih i alučeličnih vodiča bakrenim u niskonaponskim mrežama	9-10/60	334
Tilić, Boris	Razvoj električne mreže grada Zagreba u godini 1957.	10/58	371
	Problematika i stanje distributivne mreže u NRH	1-2/60	17
Tisaj , Tomo	Djelatnost sindikata u poduzećima nakon oslobođenja	10/58	410
Vešligaj, F.	Organizacija servisa relejne službe u Njemačkoj	1/54	7
	Ispitivanje električnih zaštitnih uređaja u TE Konjšćina	3/54	10

Autori	Naziv članka	Broj/god.	Stranica
Vide, Jože	Usporedba nekih karakteristika zidanih i montažnih transformatorskih stanica	9-10/59	315
	Montažna transformatorska stanica 35/10 kV za potrebe elektroprivrede	7-8/60	248
Vodopija, Željko	Utjecaj investicija u razvodne mreže i potroška električne energije na privredni razvoj nekih područja Hrvatske	9-10/59	306
Vrdoljak, Dražen – Bilčar, Nikola	Izvedba obnove HE Miljacka (Manojlovac)	3/56	13
Vrdoljak, Dražen	Rekonstrukcija HE Miljacka – Manojlovac	6/55	14
Wipplinger, Ljiljana	Neki problemi amortizacije u elektroprivredi	9-10/59	302
	Štete za industriju NRH zbog redukcija i prekida električne energije	2-3/55	9
Zanič, I.	Osnovni energetski uslovi za Toplanu Zagreb	10/56	3
Zentner E.	Uređaji za upravljanje i javljanje na daljinu u elektroprivredi	9-10/59	289
Zlatar, Željko	Uputa o postupku uklopnog osoblja prilikom proračivanja zaštita učinskih transformatora	1-2/59	24
	Statistika smetnji u 110 kV mreži zapadne Hrvatske za godinu 1958.	5-6/59	165
Žanić, Ivan	Rekonstrukcija u elektroprivredi	1-2/56	19
	Osnovne karakteristike talijanske elektroprivrede	5-6/57	150
	Energetika u društvenim planovima razvitka Jugoslavije	3-4/58	104
Žanić, Vladimir	Platni sistem, analitička procjena radnih mjesta i pozitivne posljedice sistema u poduzeću Elektroslavonija	7-8/57	231
Žepić, Vladimir	Snabdjevanje zagrebačkog područja električnom energijom i razvoj mreže od 1930. do 1945.	10/58	361
	Histrorijski razvoj prvog projekta termoelektrane Jertovec	9/58	265
Živko, Aleksandar	Utjecaj faktora proizvodnog procesa za realizaciju osobnog dohotka u elektroprivredi	7-8/60	238

Pripremili:
Mr. sc. Slavica Barta, dipl. ing.
Slaven Koštrun

Energija

Godište 50 (2001) Br. 6

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1376

UDK 624/628:620.91
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/6, 455-465

PREGLED INOZEMNIH I DOMAĆIH PILOT PROGRAMA ENERGETSKE EFIKASNOSTI U ZGRADAMA

Mr. sc. Vesna Kolega

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku je dan pregled nekih od zanimljivijih inozemnih i domaćih programa energetske efikasnosti u zgradama koji konkretno dokazuju moguće opsege uštede energije i očuvanja čovjekove okoline, primjenom energetski efikasnih uređaja i sustava u zgradama, bioklimatskih projektantskih tehnika te aktivne i pasivne solarne arhitekture.

(Lit. 20, sl. 9 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/455-465/2001.

ENERGIJA 1377

UDK 644.1.1:621.317
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/6, 439-453

ANALIZA MAKSIMALNIH I MINIMALNIH KRATKOSPOJNIH PRILIKA U PRIJENOSNOJ MREŽI HRVATSKE 2000. GODINE

Mr. sc. Davor Nevečerel, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Prikazani su usporedni rezultati proračuna maksimalnog i minimalnog kratkog spoja za mrežu 2000. godine. Pri tom su rezultati maksimalnog kratkog spoja ažurirani u odnosu na podatke za nazivnu 2000. godinu prema referentnoj studiji /1/.

(Lit. 6, sl. 10 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/439-453/2001.

ENERGIJA 1378

UDK 644.1.1:621.317
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/6, 467-475

TEHNIČKE I EKONOMSKE ZNAČAJKE RAZLIČITIH SUSTAVA INDIVIDUALIZIRANJA TROŠKOVA GRIJANJA

Mr. sc. Florijan Rajić, dipl. ing.

Omiška 18, 10000 Zagreb, Hrvatska

Opisuju se temeljne tehničke i gospodarske značajke opreme i sustava individulaiziranja troškova grijanja i uporabe tople i hladne vode. Daje se pregled osnovnih vrsta tehničkih izvedbi dijelova opreme, podsustava i sustava i opisi načina njihovog djelovanja, dimenzioniranja, održavanja, očitavanja i obrade podataka. Opisuju se osnovni načini informatičnog povezivanja sustava, počevši od ogrjevnih tijela i potrošnih mjesta, do stanova, zgrada i stambenih kompleksa. Daju se osnovne informacije o cijeni i gospodarskim efektima investicija u različite sustave te o načinima optimiranja vremena njihove isplate.

(Lit. 9, sl. 4 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/467-475/2001.

ENERGIJA 1378

UDK 644.1.1:621.317

1. Tehničke i ekonomske značajke različitih sustava individualiziranja troškova grijanja
I. *Rajić, F.*
II. Omiška 18, 10000 Zagreb, Hrvatska

Individulaizacija troškova
Toplina
Grijanje
Cijene
Efikasnost

ENERGIJA 1377

UDK 644.1.1:621.317

1. Analiza maksimalnih i minimalnih kratkospojnih prilika u prijenosnoj mreži hrvatske 2000. godine
I. *Nevečerel, D.*
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Proračun kratkog spoja
Maksimalni kratki spoj
Minimalni kratki spoj

ENERGIJA 1376

UDK 624/628:620.91

1. Pregled inozemnih i domaćih pilot programa energetske efikasnosti u zgradama
I. *Kolega, V.*
II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Pilot zgrada
Energetska efikasnost
Aktivna i pasivna solarna arhitektura

Energija

Godište 50 (2001) Br. 6

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1379

UDK 621.31:51
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/6, 477-483

NEIZRAZITA (FUZZY) LOGIKA I NJENA PRIMJENA U ELEKTROENERGETICI

Mr. sc. Sonja Tomašić-Škevin, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Elektroenergetski sustavi spadaju među najkompleksnije sustave naše civilizacije. Uz mnoštvo faktora pomoću kojih se može opisati rad tog sustava postoje i razni vanjski utjecaji koji više ili manje utječu na ponašanje promatranog sustava. Zakonitosti po kojima se vladaju takvi sustavi često nisu linearni niti do kraja određeni. Zbog složenosti, a ponekad i neodređenosti i zbog potrebe korištenja znanja eksperta na određenom području neizrazita (eng. Fuzzy) logika našla je primjenu kod rješavanja problema u elektroenergetici. Neizrazita logika sa svojim svojstvom korištenja neizrazitih varijabli može uhvatiti razne neodređenosti i biti kao pomoćni alat inženjerima u mnogim dijelovima elektroprivrede.

(Lit. 3, sl. 2 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/477-483/2001.

ENERGIJA 1380

UDK 338.49:621.31.22
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/6, 415-426

OKVIRI RAZUMNIH RJEŠENJA ZA PRILAGODBU POSTOJEĆIH POGONA SEKTORA ZA TERMOELEKTRANE HEP-a PROMJENAMA GRANIČNIH VRIJEDNOSTI EMISIJA U ZRAK

Dr. sc. Nikola Barbalić – mr. sc. Damir Kopjar

HEP – Sektor za termoelektrane, Mišetečka 15a, 10000 Zagreb, Hrvatska

Razmatrane su mogućnosti prilagodbe proizvodnih jednica Sektora za termoelektrane HEP-a promjenama graničnih vrijednosti emisije, koje su propisane prema prijelaznim i završnim odredbama Uredbe o graničnim vrijednostima emisije u zrak iz stacionarnih izvora. Ukazano je na opći trend promjena emisijskih normi u svijetu i na njihov utjecaj na postupak propisivanja emisijskih normi u Hrvatskoj. Značajnost promjena graničnih vrijednosti emisije ocijenjena je prema tzv. prvim i kontinuiranim mjerenjima emisije u proizvodnim pogonima Sektora za termoelektrane. Izdvojeni su slučajevi emisija onečišćujućih tvari za koje treba poduzeti prikladne mjere, radi prilagodbe promijenjenim graničnim vrijednostima emisije, i određen je njihov poredak prema važnosti. Nabrojene su i analizirane objektivne mogućnosti rješavanja problema prilagodbe promjenama graničnih vrijednosti emisije u okviru razumnih rješenja.

(Lit. 21, sl. 4 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/415-426/2001.

ENERGIJA 1381

UDK 621.165:621.311.22
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/6, 427-437

GLAVNI SUSTAVI PLINSKE TURBINE MS6001FA U TE-TO ZAGREB

Mr. sc. Miroslav Šander, dipl. ing.

Elektroprojekt, Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Hrvatska

Plinska turbina MS&==!FA od 70 MW je ugrađena u kombino generacijsko postrojenje u TE-TO Zagreb. Turbina je kompleksno postrojenje koje uključuje čitav niz sustava i podsustava. Iako se pogonska stanja turbine kontroliraju i povratni signali šalju u upravljački sustav SPEEDTRONIC pa se čini da su svi drugi sustavi od drugorazredne važnosti, ovdje se želi pokazati kako upravljački sustav ne može funkcionirati i djelovati bez ovih drugih sustava te da su oni za ispravan pogon turbine isto tako važni kao i upravljački sustav. Naravno da se ovdje ne mogu obuhvatiti svi sustavi i podsustavi, a i samoj podjeli ne može se pristupiti na drugi način. Ovdje se govori o sustavu ulja za podmazivanje, sustavu hidrauličkog ulja i ulja za izvrštavanje te uz njih vezane: ulazne privodne lopatice (IGV), sustavu plinskog goriva, sustavu tekućeg goriva. Ulazne privodne lopatice (IGV), sustav plinskog goriva, sustavu tekućeg goriva, mogu se sami za sebe uzeti kao glavni sustavi plinske turbine, što ovdje nije učinjeno, jer bi tada te sustave morali puno detaljnije obraditi. Uređaji za praćenje i vođenje turbine su oni koji direktno služe računalnom sustavu SPEEDTRONIC, a koji obuhvaćaju sve komponente koje se koriste za praćenje i pri vođenju plinske turbine, tj. mjerenje temperature, indikaciju vibracija, mjerenje brzine vrtnje, detekciju plamena, paljenje. Također je obrađen sustav za upuštanje.

(Lit. 11, sl. 8 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/427-437/2001.

ENERGIJA 1381 UDK 621.165:621.311.22

1. Glavni sustavi plinske turbine MS6001FA u TE-TO Zagreb
I. *Šander, M.*
II. Elektroprojekt, Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Hrvatska

TE-TO Zagreb
Glavni sustavi
Plinske turbine

ENERGIJA 1380 UDK 338.49:621.31.22

1. Okviri razumnih rješenja za prilagodbu postojećih pogona Sektora za termoelektrane HEP-a promjenama graničnih vrijednosti emisija u zrak
I. *Barbalić N. – Kopjar D.*
II. HEP - Sektor za termoelektrane, Mišetićka 15a, 10000 Zagreb, Hrvatska

Emisijske norme
Propisi
Prijelazne odredbe
Termoelektrane
Hrvatska elektroprivreda
Mjere prilagodbe
Razumna rješenja

ENERGIJA 1379 UDK 621.31:51

1. Neizrazita (fuzzy) logika i njena primjena u elektroenergetici
I. *Tomašić-Škevin, S.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Neizrazita logika
Neodređenost
Elektroenergetski sustav

Energija

Godište 50 (2001) Br. 6

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1382

UDK 620.9:621.31
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 50/2001/6, 485-490

ENERGETSKE (NE)PRILIKE NA KOSOVU

Mr. sc. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Za vrijeme bivše Jugoslavije Kosovo je bila najnerazvijenija regija u državi. Unatoč toj činjenici, infrastruktura elektroenergetskog sektora, prije svega proizvodnog dijela, je bila dovoljna za potrebe Kosova kao regije. Ne samo da je bilo moguće podmiriti lokalne potrebe, nego je veći dio proizvedene električne energije izvožen u ostale dijelove države. Glavnina tog "regionalnog viška" proizvodnje pokrivala je elektroenergetsku bilancu Srbije.

Današnja energetska, a time i elektroenergetska slika je bitno izmijenjena, zbog političkih, godpodarskih, a i tehničkih razloga. Kao što će se vidjeti, Kosovo danas, ne samo što nema električne energije za izvoz, nego ne može podmiriti ni svoje potrebe. Ograničenja potrošnje (redukcije) električne energije su njihova svakodnevna stvarnost. Ovaj članak daje vrlo kratki prikaz elektroenergetskih okolnosti u prošlosti te ono što se može očekivati u razdoblju do 2015. Godine. Naime, Svjetska banka je pokrenula jedan projekt tehničke pomoći u rješavanju energetskih problema na Kosovu. Cilj projekta je izraditi optimalni plan izgradnje energetske infrastrukture koja bi osigurala pouzdanu opskrbu potrošača na Kosovu različitim oblicima energije, uz što nižu moguću cijenu.

(Lit. -, sl. - – original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/485-490/2001.

ENERGIJA 1382

UDK 620.9:621.31

1. Energetske (ne)prilike na Kosovu
I. Zeljko, M.
II. Energetski institut "Hrvoje Požar",
Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Elektroenergetski sustav
Energetski sektor
Kosovo
PUD
UNMIK

Energija

Volume 50 (2001) Nº 6

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1376

UDK 624/628:620.91
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/6, 455-465

REVIEW OF FOREIGN AND DOMESTIC ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS' PILOT PROGRAMMES

Vesna Kolega, M. Sc.

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

The paper reviews some interesting foreign and domestic programmes of energy efficiency in buildings that prove real possibilities of energy saving measures and environmental protection, using energy effective equipment and systems in buildings, bio-climate design techniques as well as active and passive solar architecture.

(No. of References: 20, Fig.: 9 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/455-465/2001.

ENERGIJA 1377

UDK 644.1.1:621.317
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 50/2001/6, 439-453

MAXIMAL AND MINIMAL SHORT CIRCUIT CIRCUMSTANCE ANALYSIS OF THE CROATIAN TRANSMISSION NETWORK IN THE YEAR 2000

Davor Nevečerel, M. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37,10000 Zagreb, Croatia

The paper presents the network's comparable maximal and minimal short circuit calculation results for the year 2000. The maximal short circuit results are updated in relation to the base year 2000 and according to the study referred /1/.

(No. of References: 6, Fig.: 10 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/439-453/2001.

ENERGIJA 1378

UDK 644.1.1:621.317
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/6, 467-475

TECHNICAL AND COST CHARACTERISTICS OF DIFFERENT SYSTEMS FOR MAKING HEATING COSTS INDIVIDUAL

Florijan Rajić, M. Sc.

Omiška 18, 10000 Zagreb, Croatia

Basic technical and cost characteristics of equipment and systems for making heating, hot and cold water costs individual are described. A review on basic technical concepts of equipment parts, subsystems and systems is given together with the description of their operation, design, maintenance, reading and data processing. Ways of information linkage among systems are described, starting from heating devices and consumption spots to flats, buildings and housing complexes. Information on prices and economic effects of investments into different systems as well as possibilities of optimising the pay back period are given.

(No. of References: 9, Fig.: 4 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/467-475/2001.

ENERGIJA 1378

UDK 644.1.1:621.317

1. Technical and Cost Characteristics of Different Systems for Making Heating Costs Individual

I. *Rajić, F.*

II. Omiška 18, 10000 Zagreb, Croatia

Individual Costs
Heat
Heating
Prices
Efficiency

ENERGIJA 1377

UDK 644.1.1:621.317

1. Analysis of Maximal and Minimal Short Circuit Circumstance Analysis of the Croatian Transmission Network for the Year 2000

I. *Nevečeral, D.*

II. Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Short Circuit Calculation
Maximal Short Circuit
Minimal Short Circuit

ENERGIJA 1376

UDK 624/628:620.91

1. Review of Foreign and Domestic Energy Efficiency in Buildings' Pilot Programmes

I. *Kolega, V.*

II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

Pilot Building
Energy Efficiency
Active and Passive Solar Architecture

Energija

Volume 50 (2001) № 6

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1379 UDK 621.31:51
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/6, 477-483

FUZZY LOGIC AND ITS APPLICATION IN ELECTRIC POWER SECTOR OR SYSTEM

Sonja Tomašić-Škevin, M. Sc.

Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Electric power systems are one of the most complex in our civilisation. Aside from many factors describing the operation of the system there are different external influences that more or less influence the behaviour of the observed system. Laws describing these systems are often neither linear nor finally defined. Because of its complexity, sometimes even non-defined as well as for the need of expert knowledge in a certain field fuzzy logic has found application in solving problems of an electric power sector. Fuzzy logic with its application of fuzzy variables can catch different non-determination and be an auxiliary tool to engineers in many parts of an electric power company.

(No. of References: 3, Fig.: 2 – original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/477-483/2001.

ENERGIJA 1380 UDK 338.49:621.31.22
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/6, 415-426

FRAMEWORK FOR REASONABLE SOLUTIONS OF ADAPTATION TO EMISSION IN THE AIR LIMIT CHANGES WITHIN EXISTING PLANTS OF THE THERMAL POWER SECTOR OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER COMPANY

Nikola Barbalić, D. Sc. – Damir Kopjar, M. Sc.

HEP – Sektor za termoelektrane, Miševečka 15a, 10000 Zagreb, Croatia

The paper evaluates possibilities o' production units' adaptation of the Thermal Power Plant Sector within the Croatian Electric Power Company considering emission limits prescribed in the transient and final regulation in the Decree on emission limits in the air from stationary sources. General trend in emission regulation in the world is given and its influence on emission regulation procedure in Croatia. The significance of emission limits has been evaluated according to first and continuous emission measurements in the production units of the Sector. Separated are cases where the corresponding measures are to be taken in order to adapt to changed limited values and their importance according to priority has also been determined. Enumerated and analysed are real possibilities of solving the problem of adaptation to emission limit changes within reasonable solutions.

(No. of References: 21, Fig.: 4 – original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/415-426/2001.

ENERGIJA 1381 UDK 621.165:621.311.22
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/6, 427-437

MAIN GAS TURBINE SYSTEMS IN THPP ZAGREB

Miroslav Šander, M. Sc.

Elektroprojekt, Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Croatia

Gas turbine MS6001FA of 70 MW was built in a combined generation plant THPP Zagreb. The turbine is a complex plant including a whole range of systems and subsystems. Although the turbine's operation state is controlled and back signals are sent to the SPEEDTRONIC management system so that all other systems seem to be of secondary importance, the intention here is to show that a management system cannot operate without those other systems as regards the turbine's proper operation. Of course, all systems and subsystems cannot be mentioned here and the division itself can't be done in any other way. This time it is about the lubrication oil system, hydraulic and trip oil systems and the related input generation valves, gas fuel and liquid fuel systems. They can be taken as the main gas turbine systems, which has not been done here because in that case the evaluation should be more detailed. The equipment for control and turbine management directly serves the SPEEDTRONIC computer system and contains all components for the control and management of gas turbines, i.e. temperature measurement, vibration indication, rotating speed measurement, fire detection, switching. The launching system is also elaborated.

(No. of References: 11, Fig.: 8 – original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 50/6/427-437/2001.

ENERGIJA 1381 UDK 621.165:621.311.22

1. Main Gas Turbine Systems in THPP Zagreb

I. *Šander, M.*

II. Elektroprojekt, Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Croatia

ENERGIJA 1380 UDK 338.49:621.31.22

1. Framework for reasonable solutions of adaptation to emission in the air limit changes within existing plants of the Thermal Power Sector of the Croatian Electric Power Company

I. *Barbalić N. – Kopjar D.*

II. HEP - Sektor za termoelektrane, Mišetićka 15a, 10000 Zagreb, Croatia

Emission limits
Regulation
Transient Regulation
Thermal Power Plants
Croatian Electric Power Company
Adaptation Measures
Reasonable Solutions

ENERGIJA 1379 UDK 621.31:51

1. Fuzzy Logic and its Application in Electric Power Sector or System

I. *Tomašić-Škevin, S.*

II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Fuzzy Logic
Non-determination
Electric Power System

Energija

Volume 50 (2001) Nº 6

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1382

UDK 620.9:621.31
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 50/2001/6, 485-490

ENERGY SITUATION IN KOSOVO

Mladen Zeljko, M. Sc.

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

In former Yugoslavia Kosovo was the most underdeveloped region in the country. Despite this, the electric power sector's infrastructure, within the production part, was able to meet the needs. Not only was the local consumption covered, but also a major part of electric energy production was exported to other parts of the country. Most of that regional surplus was used to cover Serbian electric power needs.

Today energy and electric power picture has drastically changed, because of political, economic and technical reasons. As it could be seen Kosovo today can not meet own needs nor can it export energy. Reductions are everyday reality. The paper gives a short review on electric power circumstances in the past and the expectations until 2015. Namely, the World Bank has initiated a project of technical help for Kosovo in resolving energy problems. The scope of the project is to make optimal energy infrastructure construction plan that could ensure reliable supply of Kosovo consumers with different energy forms and low energy price.

(No. of References: -, Fig.: - – original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448

ENJAAC 50/6/485-490/2001.

ENERGIJA 1382

UDK 620.9:621.31

1. Energy Situation in Kosovo
I. Zeljko, M.
II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

Electric Power System
Energy Sector
Kosovo
PUD
UNMIK