ENERGIJA

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

GODIŠTE 24. GODINA 1975.

SADRŽAJ »ENERGIJE« U 1975. GODINI

Studije i istraživanja

	Str.	Broj
Čorak D.: Plinske turbine u elektroenergetskom sistemu SRH	29	1—2
Čorak D.: Analiza centraliziranog zapadnog ogrjevnog sistema predaje topline grada Zagreba	412	11—12
Čupin N.: O informacijskom sistemu distributivnih poduzeća	22	1—2
Hrs I.: Utjecaj otpornog uzemljenja zvjezdišta razdjelnih mreža na nivou unutrašnjih prenapona	405	11—12
Jelušić F.: Utjecaj pumpnih hidroelektrana na troškove goriva termoelektrana	81	3—4
Jirků J.: Unutrašnji prenaponi u mrežama najviših napona	309	9—10
Knapp V.: Neke karakteristike japanskog postupka u odobravanju gradnje i pogona nuklearnih elektrana	123	3—4
Knapp V.: Termalni reaktor »Fugen«	180	5—6
Knapp V.: Termalne granice u proizvodnji energije	266	7—8
Lakota J.: Automatizacija u termoelektranama II dio	157	5—6
Lakota J.: Automatizacija u termoelektranama III dio	232	7—8
Lastrić N.: Kondenzatori za visokonaponska postrojenja	262	7—8
Markovčić B.: Utjecaj promjene napona na opterećenja u čvorovima 110 kV	301	9—10
Matanić D.: Tehnika izgaranja tekućih goriva u velikim ložištima	36	1—2
Miliša A.—Markulin M.: O fizici nastajanja i načinu ograničavanja i mjerenja radio-smetnji na visokonaponskoj opremi	225	7—8
Nevešćanin J.: Stanje, problemi i budući elektroenergetski razvoj »Distribucije« Split	13	1—2
Požar H., Udovičić B., Mandić M.: Struktura termoelektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije u daljoj budućnosti	371	11—12
Schenner R.: Optimalno opterećenje transformatora	246	7—8
Širola E.: Usporedna razmatranja o preporukama za vanjsko osvjetljenje	108	3—4
Šodan M.: Utvrđivanje stanja elektroenergetskog sistema u pogonu na telju mjerenja pojedinih veličina	168	5—6

Pogonska problematika

Cvitan I.: Opasnosti od električne struje	134	3—4
Černohous F.: Problematika ekonomske raspodjele opterećenja transformatora u Termoelektrani-Toplani Zagreb i mogućnost primjene u transformatorskim stanicama	253	7—8
Hartl V.: Elektroenergetsko napajanje i ostale električne instalacije Sveučilišnog računskog centra »SRCE« Zagreb	316	9—10
Kalmeta P.: Nadzor plamena u ložištu kotlova termoelektrana s plinskim i uljnim gorivom pomoću UV detektora	324	9—10
Potočnik V.: Reenergetizacija starih parnih termoelektrana	330	9—10
Tropin K.: Norme osvjetljenosti elektroenergetskih postrojenja	270	7—8
Tropin K.: Obeležavanje elektroenergetskih postrojenja koja mogu predstavljati zapreke za vazdušnu plovidbu	184	5—6
Tropin K.: Pogon i održavanje instalacija osvjetljenja	336	9—10
Tropin K.: Sprečavanje buke u termoelektranama	119	3—4

	Str.	Broj
Ekonomsko financijska problematika		
Feöcze D.: Dugoročno planiranje odnosa s potrošačima električne energije . . .	1	1—2
Gehrecke S.: Neki problemi analize energetske strukture Jugoslavije	100	3—4
Grubanović Đ.: Gubici narodnog dohotka izazvani poremećajima u opskrbi potrošača električnom energijom	7	1—2
Šimović J.: Temeljne karakteristike sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi u razdoblju od 1965. —1974.	149	5—6
Savjetovanja i konferencije		
Tocigl B.: Savjetovanje UNIPEDE o tarifama električne energije, Madrid . .	346	9—10
Zlokovič V.: Savjetovanje o racionalnom korištenju električne energije u industriji i domaćinstvima u Jugoslaviji . .	50	1—2
——: Svjetska konferencija za energiju u Detroitu	51	1—2
Vijesti iz poduzeća i elektroprivrede		
Crnčić M.: Prikaz elektrificiranosti naselja i kućanstava SR Hrvatske u 1974. godini	276	7—8
——: Rad Instituta za elektroprivredu u 1974.	197	5—6
——: Statistički pregled elektroprivrede SRH u 1973.	53	1—2
Šimurina I.: Statistički pregled elektroprivrede SRH u 1974.	427	11—12

GOD. 24 (1975) energija BROJ 1 — 2

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

DUGOROČNO REGULIRANJE ODNOSA S POTROŠAČIMA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Daniel Feöcze, Zagreb

Predlaže se razvrstavanje i tarifiranje potrošača prema njihovoj osjetljivosti na kvalitetu opskrbe. To su dvije osnovne skupine: »ugovorni potrošači«, čija tehnologija proizvodnje zahtijeva posebni način opskrbe u pogledu kontinuiteta isporuke i kvalitete električne energije i »tarifni potrošači« koje zadovoljava postojeći standardni način opskrbe. Potrošači odlučuju u koju će se skupinu uvrstiti. Za posebni način opskrbe ugovaraju se i odgovarajuće posebne cijene. Za standardni način opskrbe vrijede cijene iz opće tarife.

DK 621.3

1. UVOD

Sve ono što je poznato o svestranim područjima primjene električne energije i o njezinim izvanrednim energetskim svojstvima upućuje na zaključak da je ona sada, a u budućnosti da će biti još i više takav utjecajni faktor u proizvodnji i ostalim aktivnostima društva koji za realizaciju planirane akcije mora biti osiguran u skladnoj sprezi s ostalim relevantnim proizvodnim odnosno radnim faktorima, i to osobito onda kada ne postoji mogućnost supstitucije s nekim drugim oblikom energije, odnosno kad takva mogućnost zahtijeva korjenite promjene i dopunska ulaganja sredstava, što povlači za sobom neželjene poremećaje.

Osiguranje potrebnih količina električne energije određene kvalitete u određeno vrijeme u skladnoj sprezi s ostalim relevantnim proizvodnim faktorima planirane proizvodnje nekog subjekta može se ostvariti samo takvim čvrstim ugovorom koji sadrži definirane zahtjeve korisnika električne energije i obveze isporučioca da će ugovorene zahtjeve izvršiti po ugovorenim cijenama.

Korisnik električne energije sasvim izvjesno zna koliko, kada i kakve mu energije treba za ostvarenje njegova proizvodnog ili akcionog plana. On zna također i vrijednost svoje planirane proizvodnje, a u okviru te vrijednosti poznati su mu troškovi svakog faktora proizvodnje i željeni dohodak. Isto tako i isporučilac električne energije (elektroprivredna organizacija) zna po kojim kondicijama može u danim uvjetima udovoljiti zahtjevima korisnika električne energije.

Na osnovi tih spoznaja zainteresirane strane raspravljaju o svim utjecajnim činiocima i o svojim mogućnostima u danim uvjetima. Sporazumno će i definirati ono što je moguće izvesti, a za to se mogu obvezati i ugovorom.

Malo je vjerojatno da te konkretne elemente i njihove utjecajne faktore poznaje isto tako dobro u svim potrebnim detaljima i stručni organ planiranja društvenog plana razvoja za neko promatrano razdoblje, pa mu ne može biti poznat ni mogući konkretni optimum, koji su nakon rasprava u osobnom kontaktu pronašle i definirale ugovorne strane. S tim u vezi ukupnost svih pojedinačnih rješenja, odnosno konkretnih optimuma iz ugovora o opskrbljivanju električnom energijom mora biti divergentna makrorješenju stručnog organa društvenog plana razvoja. Ako se na tim paušalnim makrorješenjima osnivaju i ekonomske mjere, onda te mjere ne mogu biti adekvatne stvarnim potrebama.

Plan potreba tzv. »široke potrošnje« električne energije (kućanstva i dr.) utvrđuje se na osnovi poznatih i već verificiranih metoda. Subjekti ove kategorije potrošača (a to je i kategorija društvenog plana razvoja promatranog razdoblja) također ugovorom reguliraju svoje odnose s elektroprivrednim organizacijama isporučiocima električne energije, ali »ugovorom o pristupanju« kondicijama koje su utvrđene i objavljene u »Općoj tarifi za prodaju električne energije«.

Kad se razvoj ukupne potrošnje planira na osnovi ocjena prema trendu rasta te potrošnje, bilo globalno, bilo za uobičajene kategorije potrošača, ili na osnovi predvidivog razvoja pojedinih sektora privrede mimo konkretnih subjekata — korisnika električne energije, onda nema njihove verifikacije za realnost takvog plana ni jamstva za njegovu realizaciju, jer nema ni ugovorom utvrđenih financijskih obveza potrošača koje će osigurati ostvarenje plana razvoja elektroprivrede. Isto tako, nema ni jamstva subjektima društvenog plana razvoja da će potrebnu električnu energiju realizirati u skladnoj sprezi s ostalim svojim proizvodnim ili akcionim faktorima.

Potrebe za električnom energijom određene kvalitete u određeno vrijeme svakog privrednog i drugog subjekta osnivaju se na planu proizvodnje, odnosno planu akcije svakog od njih. Ukupnost tih planova čini društveni plan razvoja korisnika električne energije za promatrano razdoblje, a suma individualno deklariranih potreba za električnom energijom (povećana za utvrđene količine »široke potrošnje«) i definiranih zahtjeva o načinu isporuke čini objektivni, s društvenim planom razvoja detaljno usklađeni plan proizvodnje i potrošnje električne energije za isto promatrano razdoblje.

Kod takvog pristupa planiranju obujma i načina isporuke, a s tim u vezi i proizvodnje električne energije u širem smislu (proizfvodnje, nabave, prijenosa, razvoda, distribucije i predaje), ugovor između korisnika i isporučioca električne energije (elektroprivrednih organizacija) postaje ne samo instrument realne prognoze potrebnih količina proizvodnje i potrošnje električne energije, nego i temelj za plan izgradnje potrebnih elektroenergetskih objekata i postrojenja i za realnu konstrukciju financiranja elektroprivrede u ekonomskom rastu.

Na osnovi izloženog proizlazi da je potrebno dugoročno reguliranje odnosa s potrošačima električne energije i da te odnose treba utvrđivati ugovorima. Pri tome bi se razdoblje definitivnog ugovaranja trebalo poklapati s razdobljem društvenog plana razvoja (5 godina), a razdoblje preliminarnog ugovaranja s razdobljem programa razvoja elektroprivrede (10 ili 15 godina).

Takav koncept susretnog planiranja i ugovaranja međusobnih obveza za osiguranje realizacije plana zahtijeva i definiranje konzistentne politike formiranja materijalne osnove elektroprivrede i primarne raspodjele na području elektroenergije. Definicija te politike konačno bi riješila dileme oko moguće razine sume cijena električne energije u našim uvjetima. Treba već jednom na osnovi elemenata egzaktnih analiza, a ne na osnovi paušalnih ocjena, utvrditi bilancu:

a) težine utjecaja veličine cijene električne energije na cijene drugih proizvoda i
b) težine negativnog utjecaja nedovoljne isporuke električne energije, k tome još i loše kvalitete, na tempo normalnog razvoja privrede.

Paralelno s time treba donijeti i odgovarajuće propise ekonomskih mjera (putem zakona i samoupravnih sporazuma), bez kojih nema ostvarenja proklamirane politike.

Sada je to moguće i na osnovi danih smjernica za eliminiranje državnog kapitala radi povećanja materijalne osnove udruženog rada. Ostvarenje tih smjernica izmijenit će postojeće odnose primarne i sekundarne raspodjele, a i sadašnje odnose cijena. Povećani obujam sredstava organizacija udruženog rada svih područja privrede omogućit će im veći manevarski prostor za pronalaženje ekonomskog optimuma stabilizacije i daljnjeg privrednog razvoja.

2. KATEGORIZACIJA POTROŠAČA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Za realizaciju uvodno izloženog koncepta treba izmijeniti postojeći tarifni sistem za prodaju električne energije, a i način proračunavanja tarifnih stavova na osnovi prosjeka energetskih pojava i prosjeka energetskih karakteristika svih potrošača.

Ni najrazvijenija »tarifa električne energije« (skup tarifnih stavova, uvjeta isporuka i načina obračuna potrošnje) ne može predvidjeti sve individualnosti energetskog ponašanja i zahtjeva potrošača pa ni sve moguće uvjete isporuke za njih.

Potrošači električne energije ne razlikuju se međusobno samo po svojim energetskim karakteristikama potrošnje, već i po tome kakve funkcije obavlja električna energija u njihovim proizvodnim ili radnim procesima i koliko su oni osjetljivi na odstupanja od perfektne isporuke (kontinuitet, kvaliteta energije). Praksa poznaje više stupnjeva kvalitete isporuke. S tim u vezi potrošači se međusobno razlikuju i po tome koliko vrednuju takav stupanj kvalitete isporuke električne energije, kakav im treba za normalno i ekonomično odvijanje proizvodnog procesa.

Te nejednakosti zahtijevaju različiti tretman potrošača električne energije i njihovo razvrstavanje u dvije osnovne skupine:

a) ugovore potrošače,
b) tarifne potrošače.

Ugovorni potrošači uređuju svoje odnose s isporučiocem električne energije na osnovi ugovora kojim si svaki od njih pojedinačno osigurava — uz odgovarajuću protuvrijednost isporučiocu — takve uvjete opskrbe električnom energijom na dugi rok, kakvi su mu potrebni za normalnu i ekonomičnu proizvodnju. Kratkoročno regulirani ekonomski odnosi dugoročnih utjecajnih faktora stvaraju nesigurnost i poremećaje u privređivanju.

Odnosi između skupine tarifnih potrošača i isporučioca električne energije reguliraju se »Općom tarifom za prodaju električne energije« i »ugovorom o pristupanju« potrošača kondicijama te tarife.

Elektroprivredna organizacija donosi i objavljuje — uz suglasnost nadležnog društvenog organa — svoju »Opću tarifu za prodaju električne energije«. Ta opća tarifa sadrži opće uvjete isporuke i tarifne stavove za angažiranu snagu, radnu i reaktivnu energiju u doba veće i manje tarife, po sezonama i zonama, tarifnim stupnjevima i dr., i to bilo za kategorije potrošača po namjeni potrošnje (industrija, trgovina, ugostiteljstvo, obrt, poljoprivreda, kućanstvo i dr.), bilo za isporuke prem veličini napona (220, 110, 35, 10 i 0,4 kV) ili kom

binirano. Takva opća tarifa za prodaju električne energije vrijedi samo za tarifne potrošače.

Potrošači električne energije imaju pravo izbora i odlučuju da li će se uvrstiti u skupinu ugovornih ili tarifnih potrošača.

Posebni uvjeti isporuke električne energije za posebne individualne zahtjeve potrošača reguliraju se pojedinačnim ugovorima isporučioca i takvih potrošača. Kod slobodnog ugovaranja količine, načina i kvalitete isporuke, te tome odgovarajućih cijena električne energije i drugih plaćanja, postoji veći smisao za realnost pri ocjenjivanju zahtjeva i mogućnosti zainteresiranih partnera.

Cijene električne energije ugovornih potrošača ne odobravaju nadležni organi jer su to sporazumno utvrđene cijene ugovornih partnera za posebne, a ne za opće uvjete isporuke.

Takav način uređenja odnosa s potrošačima električne energije funkcionira već desetljećima u drugim elektroprivredama. U toku razvoja potrošnje, a paralelno s time i strukture potrošača, sve se više razvijala i njihova individualnost s obzirom na zahtijevani način i kvalitetu isporuke električne energije. U toku tog razvoja uočeno je, u nekom kritičnom času, da se ne mogu paušalizirati odnosi sa svim potrošačima, već da treba odvojeno i na poseban način tretirati one s individualnim zahtjevima i tome odgovarajućim vrednovanjem električne energije od onih koji se zadovoljavaju sa standardnim načinom isporuke električne energije.

Kad znatniji dio ukupne predaje električne energije neke elektroprivrede preuzimaju potrošači, koji su zbog karaktera tehnologije svoje proizvodnje osjetljivi na kvalitetu isporuke i koji zbog toga više i vrednuju viši stupanj kvalitete isporuke, nužno dolazi do formiranja kategorije takvih ugovornih potrošača u tarifnom sistemu elektroprivrede.

Kao ugovorni potrošači u tim elektroprivredama se ne pojavljuju samo potrošači industrije, već i potrošači drugih područja privrede pa čak i, istina, u manjoj mjeri, potrošači tzv. »široke potrošnje«.

Tako je od ukupne potrošnje električne energije javne elektroprivrede SR Njemačke (podaci iz 1964) isporučeno na osnovi individualnih ugovora u:

— industriji	za 99,4% potrošnje
— prometu	za 97,7% potdošnje
— javnim službama	za 81,6% potrošnje
— poljoprivredi	za 2,9% potrošnje
— kućanstvu	za 0,2% potrošnje
— trgovini i obrtu	za 9,7% potrošnje.

Dakle, potrošača osjetljivih na kvalitetu isporuke električne energije, a to znači onih koji više vrednuju perfektnu isporuku, ima čak i u kategoriji potrošnje »kućanstvo«.

Na ugovorne potrošače ove elektroprivrede otpada 67% ili 2/3 ukupno isporučene električne energije.

Prema strukturi ukupne potrošnje električne energije elektroprivrede SR Njemačke otpada na:

— industriju	58%
— promet	3%
— javne službe	6%
— poljoprivredu	3%
— kućanstvo	19%
— trgovinu i obrt	11%.

Ovdje treba još reći da u toku razvoja potrošnje električne energije u elektroprivredi SR Njemačke sve više raste — iako umjereno — udio ugovornih potrošača u ukupnoj potrošnji. To je i razumljivo ako se ima na umu da se nova dostignuća i tekovine znanosti sve brže primjenjuju u tehnologiji proizvodnje i rada pa i u dnevnom životu ljudi. Električna energija preuzima u tim uvjetima sve veću ulogu jer se i područje njezine primjene sve više proširuje.

Takvu kategorizaciju potrošača električne energije imaju i druge elektroprivrede.

Prijelazom na kategoriju ugovornih potrošača (ali konkretno i bitno, a ne samo formalno, ugovornih), osigurava se veći izravni utjecaj potrošača na razvoj elektroprivrede i na unapređenje njezine poslovnosti. Time se eliminira velik dio administriranja oko elektroprivrede, njezinih investicija i troškova reprodukcije te cijena električne energije. Kad se 2/3 isporuke ukupne potrošnje električne energije (a u tome gotovo sva potrošnja industrije, prometa i javnih službi) regulira pojedinačnim ugovorima konkretnih potrošača na način kako je to rečeno, onda su tim ugovorima konkretno i optimalno riješena pitanja željenog napajanja. Nasuprot tome, opća globalna rješenja na relaciji elektroprivreda — potrošnja električne energije, donesena od predstavnika mase potrošača, heterogenih po svojim zahtjevima o načinu opskrbljivanja, uvijek će i znatno odstupati od sume rješenja iz pojedinačnih ugovora. Ta odstupanja djeluju usporavajuće na proizvodnju i na ekonomsku efikasnost potrošača električne energije i elektroprivrede.

3. EKONOMSKI ODNOSI S POTROŠAČIMA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Materijalna osnova elektroprivrede Jugoslavije u ekonomskom rastu definirana je »Društvenim dogovorom o razvoju energetike«. U tom je dokumentu proklamirano koji će se dio sredstava za financiranje potrebnih novih investicija proširene reprodukcije realizirati putem cijene električne energije, koji dio kreditnim sredstvima banaka, isporučioca opreme, udružene privrede i eventualno drugih, a koji dio bespovratnim naknadama potrošača električne energije kao njihovim sudjelovanjem u izgradnji.

Te postavke citiranog dokumenta mogu se realizirati tek na osnovi odgovarajućih zakonskih propisa ili samoupravnih sporazuma o cijenama,

kreditima (kondicije kredita imaju povratno djelovanje na strukturu i obujam cijene) i o bespovratnim naknadama potrošača. Pri tome zakonske ili samoupravne regulative moraju biti sinhronizirane s razvojem potrošnje električne energije i adekvatnim proširenjem elektroenergetskih kapaciteta. U protivnom dolazi do faznog pomaka i do zaostajanja razvoja elektroprivrede za razvojem potreba potrošača električne energije. Obujam potrošnje električne energije i kvantum sredstava za rad elektroprivrede u rastu kauzalne su veličine. Ako je kvantum osiguranih sredstava manji od potrebnog, zahtijevane količine potrošnje električne energije moraju se smanjiti pa i nekvalitetno isporučivati.

Osnova za reguliranje odnosa s potrošačima električne energije jesu načela tarifnog sistema i kalkulativni prihod od prodaje električne energije utvrđen društvenim dogovorom i samoupravnim sporazumom ili zakonskim propisima. Taj se prihod raspoređuje na glavna mjesta predaje energije po tzv. troškovnom principu, a za energetske se veličine proračunavaju tarifni stavovi prema načelima tarifnog sistema.

Tako vrednovane energetske veličine potrošnje električne energije vrijede za standardnu kvalitetu opskrbe i sastavni su dio »Opće tarife za prodaju električne energije«. U sastav te opće tarife ulaze još opći uvjeti opskrbe i odredbe o obaveznim naknadama potrošača za povećanje angažirane snage, kao i druge kondicije.

Kao što je već spomenuto, potrošači električne energije imaju pravo izbora i odlučuju da li će se uvrstiti u skupinu tarifnih ili ugovornih potrošača.

Potrošači koje zadovoljava standardni način opskrbe električnom energijom opredijelit će se, ugovorom o pristupanju, za skupinu tarifnih potrošača i za kondicije opće tarife.

Standardni način opskrbe nije utvrđena kategorija u elektroprivredama iako je optimum tog standarda poznat pa i definiran. Međutim, stupanj kvalitete standardne opskrbe potrošača električnom energijom varira među elektroprivredama ovisno o tome koliko im je bilo omogućeno da u svom razvoju slijede razvoj i stalan porast potrošnje električne energije. Tamo, gdje je proširenje kapaciteta elektroprivrede zaostajalo za razvojem i rastom potrošnje električne energije, opskrbna sposobnost elektroprivrede bit će slaba pa će joj i stupanj kvalitete standardne opskrbe energijom biti niži od tog stupnja onih elektroprivreda koje su se razvijale i koje se razvijaju i proširuju u skladu s razvojem i povećanim zahtjevima svojih potrošača. Prema tome, standardni način opskrbe neke promatrane elektroprivrede jest takav kakav zapravo i jest u danim uvjetima. Tamo gdje je on slab i nezadovoljavajući, gdje ima zaostalih investicija, ubrzanijim ulaganjima u elektroprivredu popravit će se kvaliteta standardne opskrbe i dovesti u normalne razmjere.

Na tempo potrebne sanacije za normalizaciju standardne opskrbe znatno će utjecati ugovorni potrošači električne energije. Kad se za 2/3 ukupne potrošnje električne energije zahtijeva bolja kvaliteta isporuke i kad se za tu bolju kvalitetu želi platiti veća cijena, jer to omogućuju povećani ekonomski efekti, onda je to odlučujuća pokretačka snaga za konsolidaciju elektroprivrede i za poboljšanje njezine opskrbne sposobnosti.

Polazna osnova za posebna individualna ugovaranja o obujmu, načinu i kvaliteti isporuke jesu kondicije »Opće tarife za prodaju električne energije«. Svaki posebni zahtjev preko standardnog načina opskrbe iz te opće tarife, kao i cijena po kojoj se takvom zahtjevu može udovoljiti, utvrđuje se ugovorom. Posebni zahtjevi potrošača u odnosu prema danom stupnju standardne opskrbe osnivaju se na zahtjevima tehnologije njihove proizvodnje i na ekonomskoj logici. Kad povećani troškovi za bolju kvalitetu opskrbe električnom energijom utječu na smanjenje drugih elemenata troškova neke promatrane proizvodnje (sirovine, radno vrijeme, oštećenje sredstava rada i dr.) i kad uz to još povećavaju realizaciju, odnosno prihod od prodaje (veća zaposlenost kapaciteta — nema prekida — bolja kvaliteta i bolja prođa gotovih proizvoda, manje škarta i dr.), potrošač električne energije — organizator te proizvodnje — nedvojbeno će se odlučiti za skupinu ugovornih potrošača.

Dnevna praksa naše elektroprivrede susreće se sve više s individualnim zahtjevima potrošača svih kategorija potrošnje i njihovom spremnošću da plate protuvrijednost željenog načina isporuke i željene kvalitete električne energije. Kad se radi o potrošačima privrede, njihovi su zahtjevi motivirani težnjom da normaliziraju svoju proizvodnju i da povećaju efikasnost kapaciteta i ekonomske efekte. Što je kvaliteta opskrbe električnom energijom slabija, to su poremećaji u proizvodnji privrede i u drugim aktivnostima društva veći, pa su i zahtjevi potrošača za normalizaciju opskrbe i njihova spremnost da plate protuvrijednost poboljšanja kvalitete opskrbe sve brojniji. Motivi potrošača tzv. široke potrošnje su drugačiji. Oni žele, a i spremni su platiti protuvrijednost barem takve kvalitete električne energije koja odgovara zahtjevima njihovih električnih trošila, odnosno za koju kvalitetu su ta trošila i konstruirana. Takvi zahtjevi se čuju na sastancima koje održavaju isporučioci električne energije sa svojim potrošačima. Ponegdje su ti zahtjevi organizirani i u svom pismenom obliku sasvim konkretni. Primjerice, takve su zahtjeve uputili potrošači onih opskrbnih područja — i to zajednički i istovremeno iz više općina — na kojima djeluju elektroenergetske opskrbne mreže podignute sredstvima doprinosa potrošača. Kapaciteti tih mreža zaostajali su u toku vremena za razvojem i porastom potrošnje, pa je i kvaliteta električne energije opadala iz godine u godinu. U želji za poboljšanjem kvali-

tete opskrbe energijom traži se od odnosne elektrodistributivne organizacije da te mreže preuzme u svoja osnovna sredstva, da ih popravi i proširi. Istovremeno se nudi i plaćanje odgovarajućeg povećanja cijene električne energije.

Jednom već elektrificirana kućanstva i radionice male privrede ne mogu se više odreći najraznovrsnijih usluga svojih električnih trošila jer su te usluge postale sastavnim i neodvojivim dijelom njihova novog naprednijeg načina života i rada. Električna trošila će raditi slabo ili nikako kad fizikalne veličine isporučene električne energije izlaze iz okvira tolerancije odstupanja od normativa tih veličina. Na nekim opskrbnim područjima s razvijenom i složenom strukturom potrošnje kvaliteta električne energije je sasvim nezadovoljavajuća.

Uključivanjem konkretnih potrošača u akciju sanacije opskrbne sposobnosti elektroprivrede na opisani način brže će se utvrditi, konsolidirati i za rad osposobiti sva kritična i slaba mjesta opskrbnog sistema.

Za opisani sistem odnosa s potrošačima električne energije elektroprivredna organizacija — isporučilac električne energije mora imati posebnu službu za ugovorne potrošače opremljenu stručnjacima, koji osim nauke o tarifiranju trebaju poznavati i tehnologiju proizvodnje potrošača, njihovu osjetljivost na kvalitetu isporuke električne energije pa i njihov ekonomski bonitet.

4. MEHANIZAM ODRŽAVANJA UGOVORNOG ODNOSA INPUT I OUTPUT CIJENA ELEKTROPRIVREDE

Individualni ugovori s potrošačima, a i opća tarifa za prodaju električne energije, dugoročni su dokumenti. U toku važnosti tih dokumenata dolazi do promjena ili, bolje reći, do povećanja zavisnih cijena (cijena elemenata reprodukcije elektroprivrede). Ugovorne cijene za isporuku električne energije, a isto tako i cijene (tarifni stavovi) opće tarife, odmjerene su i utvrđene u tim dokumentima za dane uvjete tržnih cijena u času ugovaranja s potrošačima, odnosno u času kad se objavljuje opća tarifa.

Kad se za efekte povećanja zavisnih cijena (input cijena elektroprivrede) ne bi povećale i cijene električne energije iz ugovora i iz opće tarife (output cijene elektroprivrede), isporučilac električne energije ne bi imao pokrića svojih troškova i ne bi mogao udovoljiti svojim obvezama, pa ugovori i opća tarifa ne bi imali ni svoj smisao. Jer, čemu ugovarati kondicije isporuke električne energije i objavljivati kondicije opće tarife kad se unaprijed zna da se obveze neće izvršiti.

Potrošači električne energije ujedno su — direktno ili indirektno — i isporučioci elemenata reprodukcije elektroprivrede. Kad oni, na primjer kao dobavljači energetskog goriva, povećaju svoje prodajne cijene, onda elektroprivreda, korisnik tog energetskog goriva, ima povećane troškove proizvodnje električne energije. U toj, novonastaloj situaciji, ona više i ne može isporučivati tu energiju proizvođačima energetskog goriva ni drugima po cijenama koje su bile odmjerene i utvrđene prije poskupljenja energetskog goriva. Isto je s bilo kojim elementom troškova reprodukcije elektroprivrede i s bilo kojim dobavljačem materijala, opreme i usluga.

Nema statičkog odnosa cijena ni u uvjetima istog nivoa sume cijena svih proizvoda i usluga. Odnosi cijena se stalno mijenjaju iz mnoštva različitih razloga. Prema tome, kad rastu input cijene elektroprivrede, ne mogu više ostati na snazi ni njezine stare output cijene, odnosno cijene električne energije. To se od elektroprivrede ne može ni zahtijevati. U protivnom bi ona počela stagnirati, postupno bi gubila svoju supstancu, a s tim u vezi opadala bi joj i opskrbna sposobnost. Takvo se stanje odmah negativno reflektira na radne procese potrošača. Neuredna isporuka električne energije, k tome još i loše kvalitete, stvara poremećaje u proizvodnji i drugim akcijama potrošača, a posljedica toga su razni oblici gubitaka i šteta za koje se sada već sasvim izvjesno zna da su nerazmjerno veći od dodatnih sredstava potrebnih za normalizaciju rada elektroprivrede.

Radi sprečavanja tih poremećaja isntrumentarij dugoročnog reguliranja odnosa između potrošača i isporučilaca električne energije treba obuhvatiti i riješiti i pitanje paritetnog odnosa input i output cijena elektroprivrede, a to znači da treba u individualne ugovore s potrošačima i u opću tarifu za prodaju električne energije ugraditi prikladan mehanizam prilagođavanja cijena električne energije tržnim kretanjima cijena elemenata reprodukcije elektroprivrede.

Za efekte svakodnevnog povećanja input cijena elektroprivrede treba istovremeno povećati i cijene električne energije ugovornih i tarifnih potrošača.

Mehanizam održavanja paritetnog odnosa između input cijena elektroprivrede — utvrđenih zakonskim ili samoupravnim regulativima u kalkulativnoj vrijednosti njenog bruto produkta — i prodajnih cijena električne energije (tarifnih stavova) u individualnim ugovorima o isporuci električne energije i u općoj tarifi mogao bi se osigurati permanentnom primjenom ove formule:

$$c_n = c_0 \cdot q_n$$

pri čemu je:

c_n = prilagođena cijena električne energije n-tog dana,

c_0 = ugovorena cijena ili cijene iz objavljene opće tarife za prodaju električne energije,

q_n = složeni faktor prilagođavanja ugovorene cijene ili cijena iz objavljene opće tarife, tržnim kretanjima input cijena n-tog dana.

Faktor »q« je sastavljen od osnovnih elemenata cijene električne energije koji se indeksiraju. U baznoj godini vrijedi:

$$q_0 = 1.$$

Primjer:

$$q_0 = a + b + c + d = 1$$
$$q_0 = 0{,}4 + 0{,}3 + 0{,}2 + 0{,}1 = 1$$
$$c_0 = 40.$$

Tržne cijene elemenata reprodukcije elektroprivrede izmijenile su se n-tog dana npr. ovako:

za elemenat »a« povećane su za 10%
za elemenat »b« povećane su za 8%
za elemenat »c« snižene su za 2%
za elemenat »d« ostale su nepromjenjene.

Na osnovi ove pretpostavke proizlazi:

$$q_n = 0{,}4\,\frac{110}{100} + 0{,}3\,\frac{108}{100} + 0{,}2\,\frac{98}{100} + 0{,}1\,\frac{100}{100}$$
$$q_n = 0{,}44 + 0{,}324 + 0{,}196 + 0{,}1$$
$$q_n = 1{,}06$$
$$c_n = 40 \cdot 1{,}06$$
$$c_n = 42{,}40.$$

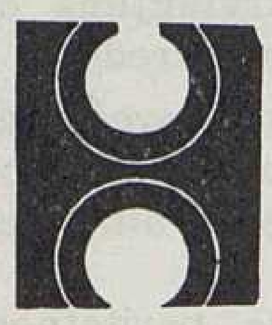
Takav ili neki još složeniji sistem »adjustment price« treba ugraditi u svaki individualni ugovor o isporuci i u opću tarifu za prodaju električne energije. On osigurava startni, a to je i ugovoreni paritet odnosa između input i output cijena elektroprivrede. Druge elektroprivrede su već davno uvele sistem prilagođavanja cijena električne energije tržnim kretanjima cijena elemenata reprodukcije elektroprivrede, i to svaka svoj. Sistem tzv. klizne skale cijena djeluje i kod nas u nekim granama privrede, i to čak povezan s kretanjem međunarodnih cijena (npr., cijena bakra prema cijenama robne burze u Londonu). To je sistem reda i sigurnosti u privređivanju složene društvene podjele rada.

Treba još naglasiti da se primjenom ovog sistema, predloženog za elektroprivredu, ne remeti ona funkcija dvojne cijene u tarifi električne energije preko koje elektroprivreda dijeli efekte svoje povećane produktivnosti s potrošačima električne energije u omjeru fiksnog i varijabilnog dijela svoje prodajne cijene, iako takav sistem dvojne cijene (cijena graničnih troškova) ne primjenjuju dobavljači elemenata reprodukcije na elektroprivredu, premda su oni ujedno i potrošači električne energije.

Literatura

1. Daniel Feöcze, »Bilanca cijena električne energije«, *Energija*, 1—2/1966, Zagreb.
2. Daniel Feöcze, »Odnos ugovornih i tarifnih potrošača u SR Njemačkoj«, *Energija*, 1—2/1968, Zagreb

Naslov pisca: Daniel Feöcze, dipl. oec.
Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb



Hidroelektra

GRAĐEVNO PODUZEĆE

ZAGREB, LESKOVAČKA 10, TEL. 512-122

IZVODI SVE VRSTE NISKOGRADNJE I INDUSTRIJSKE GRADNJE

Od osnutka 1. IV 1946. do danas izvodilo je u SR Hrvatskoj slijedeća energetska postrojenja:

- HIDROELEKTRANA »NIKOLA TESLA« (VINODOL)
- HIDROELEKTRANA »OZALJ II«
- HIDROELEKTRANA »ZAVRELJE« (MLINI)
- HIDROELEKTRANA »GOJAK«
- HIDROELEKTRANA »SPLIT I« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »SENJ« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »RIJEKA«
- HIDROELEKTRANA »ORLOVAC« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »VARAŽDIN« (U TOKU)
- TERMOELEKTRANA-TOPLANA ZAGREB (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA SISAK (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA PLOMIN (SUDJELOVANJE)

GUBICI NARODNOG DOHOTKA IZAZVANI POREMEĆAJIMA U OPSKRBI POTROŠAČA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Đurđa Grubanović, Zagreb

Rad raspravlja o gubicima narodnog dohotka u industriji i rudarstvu Jugoslavije i SR Hrvatske u slučajevima pomanjkanja i obustave električne energije. Dan je osvrt na gubitke po pojedinim privrednim granama i za SR Hrvatsku u cjelini.

DK 33:621.3

1. UVOD

Na današnjem stupnju dostignuća razvoja znanosti, tehnike i tehnologije proizvodnje električna energija je postala neizostavni energetski faktor privrednog i društvenog života.

Područje primjene električne energije unatrag nekoliko desetljeća sve se više proširuje. Zbog izvanrednih svojstava brze i jednostavne pretvorbe u razne druge oblike sekundarne energije, električna se energija iz dana u dan sve šire primjenjuje, pa je i potrošnja sve veća, što zahtijeva neprestan ekonomski rast elektroprivrede, odnosno stalno proširenje njezinih kapaciteta za proizvodnju, prijenos, razvod, distribuciju i predaju električne energije. Nestanak ili pomanjkanje električne energije lančano blokira aktivnosti društva na području privrednog, prosvjetnog, kulturnog života i ostalih sfera socijalnog života. Blokirane aktivnosti, međusobno uzročno vezane, povlače za sobom velike društvene štete.

Zbog takvih svojstava i uloge električne energije kao neizostavnog energetskog faktora u svim se zemljama pridaje osobita pozornost skladnom razvoju elektroprivrede. Međutim, unatoč tome dolazi do povremenih kriznih situacija u opskrbi potrošača električnom energijom, bilo zbog hidroloških neprilika, bilo zbog neriješenih međunarodnih ekonomskih odnosa u pogledu razmjene svjetskog bogatstva primarne energije na prihvatljivim ekonomskim osnovama (kriza nafte), a ponekad i zbog zaostajanja opskrbne sposobnosti elektroprivrede za razvojem i rastom privrede i društva.

U takvim situacijama nastaju razni oblici štete i gubitaka.

Ovaj rad raspravlja o gubicima narodnog dohotka u industriji i rudarstvu Jugoslavije i SR Hrvatske u slučajevima pomanjkanja i obustave isporuke električne energije.

2. NARODNI DOHODAK I ELEKTRIČNA ENERGIJA

Veličina narodnog dohotka različita je u pojedinim područjima privrede i različita je u privrednim granama tih područja. Ta je različitost posljedica nejednakog organskog sastava proizvodnih snaga, nejednake tehnologije u organizacijama iste grane privrede, a i nejednakih instrumenata ekonomske politike primarne i sekundarne raspodjele. Isto tako nejednako sudjeluje i električna energija kao energetski faktor u proizvodnom procesu pojedine privredne grane, pa je različita i veličina narodnog dohotka po kWh potrošnje električne energije.

U ovim razmatranjima prisutan je i faktor ekonomskog rasta.

Privredne grane industrije i rudarstva razlikuju se i intenzitetom rasta narodnog dohotka.

a) Stopa rasta narodnog dohotka

Prosječna godišnja stopa rasta narodnog dohotka industrije i rudarstva Jugoslavije u razdoblju od 1966. do 1971. iznosila je

14,41%.

Veću stopu od te prosječne stope rasta narodnog dohotka ostvarile su:

— industrija građevinskog materijala	20,02%
— drvna industrija	19,43%
— grafička industrija	17,82%
— industrija kože	16,87%
— industrija papira	16,76%
— metalna industrija	16,0 %
— industrija gume	15,77%
— elektroindustrija	14,64%
— ostala raznovrsna industrija	14,44%

Približno prosječnoj stopi rasta narodnog dohotka industrije i rudarstva Jugoslavije odnosno nižu od te prosječne stope ostvarile su:

— proizvodnja nafte	14,29%
— kemijska industrija	13,70%
— crna metalurgija	13,46%
— prehrambena industrija	13,46%
— brodogradnja	12,85%
— elektroenergija	12,85%
— proizvodnja nemetala	12,60%
— tekstilna industrija	12,35%

Vrlo nisku stopu rasta narodnog dohotka ostvarile su:

— obojena metalurgija	6,96%
— proizvodnja ugljena i koksa	6,81%
— filmska industrija	3,01%

b) Stope rasta potrošnje električne energije

Prikazane stope rasta narodnog dohotka industrije i rudarstva Jugoslavije u promatranom razdoblju od 1966. do 1971. uzročno su vezane s porastom potrošnje električne energije. Prosječna godišnja stopa rasta potrošnje električne energije industrije i rudarstva Jugoslavije u promatranom razdoblju iznosila je

8,73%,

što znači da se potrošnja električne energije industrije i rudarstva u razmjerima Jugoslavije udvostručuje već u roku od 8,2 godine.

Naravno, nakon te 8,2 godine treba imati i udvostručena postrojenja za proizvodnju, transport (interkoneksija proizvodnje), razvod, distribuciju i predaju električne energije (odnosno približno udvostručena, ako se ima na umu stalan rast efikasnosti osnovnih sredstava). Za to su, naravno, potrebna odgovarajuća investiciona ulaganja u elektroprivredu, koja nisu malena, i sigurna i kulantna financijska sredstva (vlastita, kreditna i druga).

Ako ti preduvjeti uredne isporuke kvalitetne električne energije nisu osigurani, nužno dolazi do zaostajanja razvoja elektroprivrede za razvojem privrede i društva i do neželjenih poremećaja i nenadoknadivih šteta.

Veću stopu od prosječne stope rasta potrošnje električne energije industrije i rudarstva Jugoslavije ostvarile su u promatranom razdoblju:

		Godina udvostručenja potrošnje elekt. energije
— proizvodnja nafte	17,50%	4,1
— elektroenergija	16,33%	4,4
— crna metalurgija	16,22%	4,4
— industrija gume	11,20%	6,4

		Godina udvostručenja potrošnje elekt. energije
— elektroindustrija	9,99%	7,2
— proizvodnja nemetala	9,72%	7,4
— brodogradnja	9,16%	7,8
— proizvodnja građevnog materijala	9,16%	7,8

Na rast potrošnje električne energije u grani elektroenergija (imajući naravno na umu apsolutne količine te potrošnje) utječe rast proizvodnje električne energije i izgradnja postrojenja koja nužno troše energiju za osiguranje proizvodnje.

Približno prosječnoj stopi rasta potrošnje električne energije u industriji i rudarstvu Jugoslavije i nižu od te prosječne stope ostvarile su:

		Godina udvostručenja potrošnje elekt. energije
— industrija duhana	8,45%	8,5
— metalna industrija	8,16%	8,8
— kemijska industrija	8,01%	9,0
— drvna industrija	7,71	9,3
— prehrambena industrija	7,11%	10,0
— grafička industrija	5,55%	12,9

Vrlo nisku stopu rasta potrošnje električne energije ostvarile su:

		Godina udvostručenja potrošnje elekt. energije
— raznovrsna industrija	2,48%	28,9
— proizvodnja ugljena i koksa	0,98%	73,3

Stagnaciju potrošnje električne energije u promatranom razdoblju imaju filmska industrija i industrija kože.

c) Korelacija stope rasta narodnog dohotka i stope rasta potrošnje električne energije

Efikasnost potrošene električne energije u odnosu na proizvedeni narodni dohodak industrije i rudarstva Jugoslavije može se ocijeniti odnosom stope rasta narodnog dohotka i stope rasta potrošnje električne energije u razdoblju od 1966. do 1971.

Prilikom ocjene tih rezultata treba naravno imati na umu da su oni samo jednim dijelom rezultati efikasnosti električne energije u tehnologiji proizvodnje. Drugim dijelom to su rezultati instrumenata ekonomske politike primarne i sekundarne raspodjele. Međutim, bez obzira na analizu veličine i strukture narodnog dohotka po kWh potrošene električne energije za ova razmatranja je osnovno da obustava isporuke električne energije, kao neizostavnog energetskog faktora, obustavlja proces proizvodnje privrede, a time i proizvodnju neto-produkta, odnosno u daljnjoj fazi narodnog dohotka.

Indeks odnosa stope rasta narodnog dohotka i stope rasta potrošnje električne energije u industriji i rudarstvu Jugoslavije za promatrano razdoblje od 1966. do 1971. iznosi

165,

što znači da je za toliko veća stopa rasta narodnog dohotka od stope rasta potrošnje električne energije.

Kod nekih privrednih grana područja industrije i rudarstva Jugoslavije tako mjerena efikasnost potrošnje električne energije je veća, a kod nekih je manja.

Iznatprosječnu efikasnost ostvarile su:

	Indeks
— proizvodnja ugljena i koksa	695
— metalna industrija	196
— kemijska industrija	171
— proizvodnja građevnog materijala	218
— drvna industrija	252
industrija papira	252
— tekstilna industrija	214
— prehrambena industrija	189
— grafička industrija	321
— raznovrsna industrija	590

Približno prosječnu efikasnost ostvarile su:

	Indeks
— obojena metalurgija	137
— proizvodnja nemetala	130
— brodogradnja	140
— elektroindustrija	146
— industrija gume	141
— industrija duhana	153

Ispotprosječnu efikasnost ostvarile su:

	Indeks
— elektroenergija	79
— proizvodnja nafte	82
— crna metalurgija	83

Prikazani indeksi pokazuju ujedno i utjecaj politike cijena na veličinu rasta narodnog dohotka po kWh potrošnje električne energije po privrednim granama industrije i rudarstva Jugoslavije. Privredne grane s administriranim i zamrzavanim cijenama ili pod utjecajem drugih ekonomskih regulativa nužno su ostvarile slabiju i ispotprosječnu efikasnost potrošene električne energije s obzirom na realizirani narodni dohodak.

d) Ostvareni narodni dohodak po kWh potrošnje električne energije

Efikasnost električne energije u procesu proizvodnje industrije i rudarstva Jugoslavije može se ocijeniti i kvocijentom narodnog dohotka i potrošnje električne energije:

$$\frac{\text{nadorni dohodak}}{\text{potrošnja el. energije}} = \frac{\text{dinara}}{\text{kWh}}$$

a trend te veličine indeksnim odnosom 1971. i 1966. godine.

Narodni dohodak po kWh potrošene električne energije industrije i rudarstva Jugoslavije i indeks trenda ovih veličina iznosili su za promatrano razdoblje:

$$\frac{1971. = \text{dinara/kWh } 4{,}08}{1966. = \text{dinara/kWh } 3{,}18} = 128$$

Dakle, sve više raste narodni dohodak po kWh potrošene električne energije, pa raste i gubitak privrede obustavi li se isporuka te energije.

Iznatprosječnu veličinu narodnog dohotka po kWh potrošene električne energije ostvarile su:

	1971. dinara/kWh	1966. dinara/kWh	Indeks trenda
— filmska industrija	100,90	43,40	232
— industrija duhana	44,70	36,43	123
— raznovrsna industrija	42,79	24,34	176
— grafička industrija	36,51	21,02	174
— industrija kože	32,13	13,14	244
— drvna industrija	11,22	6,64	169
— metalna industrija	11,08	7,81	142
— elektroindustrija	11,08	9,04	123
— brodogradnja	10,74	9,08	118
— tekstilna industrija	8,68	6,45	135
— prehrambena industrija	8,11	6,07	134
— industrija gume	6,09	4,99	122
— proizvodnja nemetala	5,00	4,38	114
— građevni materijal	4,61	2,66	173

Ispotprosječnu veličinu su ostvarili:

	1971. dinara/kWh	1966. dinara/kWh	Indeks trenda
— proizvodnja ugljena i koksa	3,61	2,75	131
— proizvodnja nafte	3,57	4,10	87
— elektroenergija	2,51	2,93	86
— kemijska industrija	1,68	1,30	129
— industrija papira	1,11	0,71	156
— crna metalurgija	0,86	0,97	89
— obojena metalurgija	0,80	0,73	110

Ti indikatori za grane privrede pokazuju vrlo nejednaku osjetljivost na obustavu isporuke električne energije. Na tu osjetljivost utječe i struktura narodnog dohotka s obzirom na veći ili manji udio osobnih dohodaka u sastavu narodnog dohotka, o čemu će još biti govora u točki e). Međutim, šteta, mjerena narodnim dohotkom po kWh potrošnje električne energije, koju privreda trpi zbog zaostajanja razvoja elektroprivrede za razvojem i rastom pojedinih grana privrede i za stalnim rastom potrošnje električne energije u tim privrednim granama nije i jedina šteta. Do sada su već utvrđeni pa i kvantificirani drugi oblici šteta izazvani najavljenom ili nenajavljenom obustavom električne energije te redukcijom količina potrebne potrošnje elktrične energije (to su npr. troškovi obustave i ponovnog uhodavanja proizvodnog procesa, štete zbog kvara predmeta rada u procesu proizvodnje, štete na postrojenjima koja su osjetljiva na nenadani prekid isporuke električne energije, štete zbog povećanog škarta i dr.).

e) Struktura narodnog dohotka

Jedan od osnovnih faktora proizvodnje jest faktor živog rada, odnosno osobni dohoci kao njegov novčani izražaj. S aspekta radne organizacije osobni dohoci su najosjetljiviji dio neostvarenog narodnog dohotka uzrkovanog prekidom isporuke električne energije i redukcijom potrošnje.

Kako iz godine u godinu raste standard radnika, tako raste i udio osobnih dohodaka (izražen u nominalnim vrijednostima) u strukturi narodnog dohotka, pa s tim u vezi raste i osjetljivost radne organizacije na prekid isporuke električne energije.

Prekid isporuke električne energije povlači za sobom prekid proizvodnje, nezaposlenost živog rada, gubitak realizacije i dohotka.

Indeks rasta udjela osobnog dohotka u strukturi raspodjele narodnog dohotka industrije i rudarstva Jugoslavije u promatranom razdoblju 1966. do 1971. iznosi:

$$\frac{\text{osobni dohoci 1971.}}{\text{narodni dohodak 1971.}} = \frac{\text{osobni dohodak 1966.}}{\text{narodni dohodak 1966.}} =$$

$$\frac{27.782{,}9 \times 10^6}{62.251{,}2 \times 10^6} = \frac{12.528{,}1 \times 10^6}{31.799{,}3 \times 10^6} =$$

$$= \frac{0{,}4463}{0{,}394} = = 113$$

Različiti su udjeli osobnog dohotka u raspodjeli narodnog dohotka, a različiti su i indeksi rasta tog udjela u privrednim granama industrije i rudarstva Jugoslavije u promatranom razdoblju, što pokazuju ovi podaci:

	%-tni udio osobnog dohotka u strukturi raspodjele narodnog dohotka 1971.	1966.	Indeks rasta % udjela
— filmska industrija	56,79%	57,49%	99
— proizvodnja ugljena i koksa	54,97%	50,60%	109
— brodogradnja	52,58%	38,06%	138
— grafička industrija	49,66%	44,34%	112
— drvna industrija	47,46%	48,53%	98
— elektroindustrija	47,17%	38,77%	122
— industrija kože	47,02%	45,43%	103
— proizvodnja nemetala	46,91%	40,61%	115
— tekstilna industrija	46,84%	41,04%	114
— industrija papira	46,51%	42,86%	108
— metalna industrija	46,47%	42,10%	110
— raznovrsna industrija	45,88%	44,15%	104
— crna metalurgija	45,01%	41,13%	109
— obojena metalurgija	44,28%	33,61%	132
— prehrambena industrija	43,54%	36,86%	118
— građevni materijal	42,00%	42,27%	99
— kemijska industrija	40,15%	32,17%	125
— industrija gume	37,83%	37,57%	101
— elektroenergija	34,39%	27,47%	125
— nafta	31,90%	20,04%	159
— industrija duhana	20,59%	22,16%	93

Na indekse rasta udjela osobnih dohodaka u raspodjeli narodnog dohotka velik utjecaj imaju ekonomski regulativi, naročito regulativi primarne raspodjele.

Kad privredne grane u ekonomskom rastu posluju u uvjetima zamrzavanih cijena svoje rastuće proizvodnje i slobodnijeg kretanja ulaznih ili zavisnih cijena, odnosno cijena elemenata vlastite reprodukcije, mora rasti udio za osobne dohotke u strukturi ostvarenog narodnog dohotka, jer nužno raste broj radnika za povećanu proizvodnju unatoč većoj produktivnosti živog rada, pa i većoj efikasnosti ostalih faktora proizvodnje. U takvim slučajevima razlika između ulaznih i izlaznih cijena nužno smanjuje efekte viška rada (kao u grani elektroenergija).

3. REDUKCIJA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE I GUBITAK NARODNOG DOHOTKA

Prilikom ovih razmatranja nije se raspolagalo podacima o ostvarenom narodnom dohotku industrije i rudarstva Jugoslavije u 1973. godini, jer autentični podaci o tim veličinama koje skuplja Savezni zavod za statistiku nisu još mogli biti objavljeni.

U Statističkom godišnjaku Jugoslavije iz 1973, koji je osnovni izvor podataka za ova razmatranja, objavljeni su ostvareni podaci promatranih veličina tek za 1971.

Međutim, kritična godina u pogledu redukcija potrošnje električne energije bila je 1973, a može se očekivati da će poteškoće u opskrbi električnom energijom biti još i veće u iduće dvije godine.

Zbog toga se za ocjenu gubitaka narodnog dohotka poradi neisporučenih količina električne energije može uzeti narodni dohodak iz 1971. a količine reducirane potrošnje električne energije iz 1973. Za uočavanje reda veličine ovih gubitaka i takve su kvantifikacije upotrebljive, iako bi narodni dohodak po kWh potrošene električne energije u 1973. morao biti veći od takve veličine u 1971.

Osim toga, u vrijeme ovih razmatranja raspolagalo se količinama reducirane potrošnje električne energije samo za područje SR Hrvatske, pa će se i gubici narodnog dohotka kvantificirati nužno samo za to područje.

a) Ostvareni narodni dohodak po kWh potrošnje električne energije u industriji i rudarstvu SR Hrvatske

U prethodnim razmatranjima već je rečeno da se indikatori narodnog dohotka po kWh potrošnje električne energije pojedinih privrednih grana industrije i rudarstva Jugoslavije znatno razlikuju.

Isto tako, takvi se podaci razlikuju i po područjima naših republika. Na te područne razlike naročito utječe struktura djelatnosti industrije i rudarstva, a osim toga i kvaliteta radnih organizacija unutar pojedine privredne grane, odnosno stupanj suvremenosti tehnologije proizvodnje unutar promatranih privrednih grana, njihova poslovna efikasnost, a i ekonomski regulativi.

Te razlike ilustriraju podaci o ostvarenom narodnom dohotku po kWh potrošnje električne energije u industriji i rudarstvu SR Hrvatske za isto promatrano razdoblje od 1966. do 1971.

$$\frac{\text{Narodni dohodak industrije i rudarstva SRH}}{\text{Potrošnja el. energije u industriji i rudarstvu SRH}}$$

$$= \frac{\text{dinara}}{\text{kWh}} = \frac{\text{1971. dinara/kWh 5,81}}{\text{1966. dinara/kWh 4,16}} = = 140$$

U industriji i rudarstvu SR Hrvatske ostvaruje se za približno 42% (5,81 : 4,08) više narodnog dohotka po kWh potrošnje električne energije nego u industriji i rudarstvu Jugoslavije, i to zbog već u uvodu spomenutih utjecajnih faktora.

Zbog ovih područnih a i privrednogranskih razlika u veličinama narodnog dohotka po potrošenom kWh nije sa stajališta nacionalne ekonomije svejedno kojim se privrednim granama, od-

nosno kojim radnim organizacijama i na kojem području reducira potrošnja električne energije.

Osnovni je interes privrede i izvanprivrednih društvenih funkcija da se elektroprivreda razvije u skladu s razvojem privrede i rastom potrošnje električne energije, kako bi bila sposobna bez poremećaja i kvalitetno opskrbljivati svoje potrošače. Međutim, za izuzetne okolnosti, kad to nije moguće i kad nužno dolazi do redukcija potrošnje električne energije, raspored povremenih obustava rada potrošača trebalo bi obavljati na proučenim osnovama, tako da te izvanredne mjere uzrokuju što je moguće manje gubitke.

Kao što su različite veličine narodnog dohotka po kWh potrošene električne energije kod privrednih grana industrije i rudarstva Jugoslavije, isto su tako različite te veličine u industriji i rudarstvu SR Hrvatske, a i u odnosu na promatrane privredne grane Jugoslavije.

Iznatprosječne veličine narodnog dohotka po kWh potrošnje električne energije na području industrije i rudarstva SR Hrvatske ostvarile su:

	1971. dinara/kWh	1966. dinara/kWh	Indeks trenda
— filmska industrija	68,20	35,75	191
— raznovrsna industrija	59,82	27,69	216
— industrija duhana	53,00	43,48	122
— grafička industrija	49,69	34,75	143
— industrija kože	25,43	11,72	217
— elektroindustrija	20,79	12,48	167
— metalna industrija	14,10	9,11	155
— brodogradnja	10,55	8,71	121
— drvna industrija	10,50	6,28	167
— prehrambena industrija	9,79	7,36	133
— tekstilna industrija	9,39	7,25	129
— industrija gume	8,04	5,47	147

Ispotprosječne veličine ostvarili su:

	1971. dinara/kWh	1966. dinara/kWh	Indeks trenda
— elektroenergija	4,52	6,39	72
— građevni materijal	4,44	2,20	202
— proizvodnja nemetala	3,74	3,33	112
— proizvodnja nafte	3,32	3,70	90
— industrija papira	2,76	1,67	165
— kemijska industrija	2,41	1,63	148
— proizvodnja ugljena i koksa	2,22	2,05	108
— crna metalurgija	1,70	1,21	140
— obojena metalurgija	0,59	0,40	147

Za te indikatore vrijedi ono isto što je rečeno u obrazloženju za privredne grane industrije i rudarstva Jugoslavije (točka 2.d).

b) Redukcija potrošnje električne energije u SR Hrvatskoj

U toku 1973. reducirano je oko 508 milijuna kWh potrošnje električne energije. Od toga otpada oko 79% na specijalne i direktne potrošače koji se opskrbljuju energijom iz mreže prijenosa i oko 21% na potrošače koji se opskrbljuju iz mreže djelatnosti razvoda i distribucije.

Najveće redukcije potrošnje električne energije bile su u prosincu — oko 179 milijuna kWh ili 35% od ukupne godišnje redukcije potrošnje električne energije u 1973. U prosincu je na specijalne i direktne potrošače koji se opskrbljuju iz mreže prijenosa otpalo 26%, a na potrošače elektrodistributivnih organizacija čak 70% od ukupno reduciranih količina potrošnje svake od tih kategorija potrošača. Takve vremenski neravnomjerne redukcije potrošnje električne energije stvaraju i veće poremećaje u proizvodnji privrede.

c) Kvantifikacija gubitka narodnog dohotka izazvanog redukcijom potrošnje električne energije u SR Hrvatskoj

Već je u uvodu rečeno da će se, zbog pomanjkanja podataka narodnog dohotka za 1973. po kWh potrošnje električne energije, za ilustraciju reda veličine gubitka narodnog dohotka izazvanog redukcijama potrošnje električne energije u 1973. upotrijebiti podaci iz 1971. Pri tome treba imati na umu da bi narodni dohodak po kWh potrošene električne energije u 1973. trebao biti veći od onog iz 1971. Na takav zaključak upućuju indeksi trenda ostvarenog narodnog dohotka po kWh potrošene električne energije iz točke 2.d i 3.a.

Ovako mjereni gubitak narodnog dohotka izazvan redukcijom potrošnje električne energije kod specijalnih i direktnih potrošača koji se napajaju iz mreže prijenosa iznosi:

— Obojena metalurgija

MWh $317.936 \times 0{,}59$ dinara/kWh = = dinara 187.582×10^3

— Kemijska industrija

MWh $77.051 \times 2{,}41$ dinara/kWh = = dinara 185.693×10^3

— Crna metalurgija

MWh $4.698 \times 1{,}70$ dinara/kWh = = dinara 7.987×10^3

— Ukupno

MWh $399.685 \times 0{,}95$ dinara/kWh = = dinara 381.262×10^3

Potrošači električne energije iz mreže prijenosa svrstani su u svoju privrednu granu, a reducirane količine potrošnje električne energije valorizirane su odnosnom granskom veličinom narodnog dohotka po kWh potrošene električne energije. Kvantifikacija bi bila preciznija da se raspolagalo narodnim dohotkom po kWh potrošene električne energije odnosne radne organizacije, jer, kao što je već spomenuto, postoje razlike između radnih organizacija unutar njihove granske grupe.

Za kvantifikaciju gubitka narodnog dohotka privrednih organizacija koje se napajaju energijom iz mreže elektrodistributivnih organizacija treba od ukupno reduciranih količina električne energije potrošačima iz mreže distribucije odbiti

one količine koje se odnose na neprivredne djelatnosti (kućanstvo i sl.).

Nema podataka o rasporedu redukcija po kategorijama potrošača koji se napajaju iz elektrodistributivne mreže. Poznato je, međutim, da na domaćinstva otpada oko 39% ukupne potrošnje električne energije iz mreže elektrodistribucije. Uz pretpostavku linearne raspodjele reduciranih količina potrošnje električne energije otpalo bi na neprivredne djelatnosti oko 40% tih količina, pa bi, prema tome, na privredne djelatnosti otpalo 65 milijuna kWh reducirane potrošnje električne energije.

Ta količina reducirane potrošnje električne energije kod privrednih djelatnosti može se (zbog pomanjkanja podataka o reduciranim količinama električne energije po privrednim granama industrije i rudarstva) valorizirati samo s prosječnom veličinom narodnog dohotka po kWh potrošene električne energije industrije i rudarstva SR Hrvatske. No to nije više 5,81 dinara/kWh u čijem ponderu sudjeluju već kvantificirane obojena metalurgija, kemijska industrija i crna metalurgija.

Proračun narodnog dohotka po kWh potrošene električne energije industrije i rudarstva SR Hrvatske iznosi bez te tri spomenute privredne grane:

dinara/kWh 8,38.

Međutim, kad se uvaže samo reducirane količine potrošnje električne energije u tim privrednim granama i odgovarajući gubitak narodnog dohotka, onda se dobije

dinara/kWh 6,58,

što za 65 milijuna kWh reducirane potrošnje električne energije u industriji i rudarstvu SR Hrvatske daje gubitak od

dinara 427.700×10^3,

a zajedno sa specijalnim i direktnim potrošačima ukupni gubitak narodnog dohotka zbog redukcija potrošnje električne energije u privredi SR Hrvatske iznosi

dinara 808.962×10^3.

To je velika šteta, a kao što je već rečeno, to nije jedina šteta koju privreda trpi zbog zaostajanja elektroprivrede za razvojem potrošnje električne energije.

Ova razmatranja upućuju da je neodgodivo potrebno konsolidirati elektroprivredu Jugoslavije, a to znači ubrzati izgradnju zaostalih investicija i vremenski skladno proširiti elektroenergetske kapacitete proizvodnje, prijenosa, razvoda, distribucije i predaje električne energije.

Literatura

1. Savezni zavod za statistiku:
   a) Statistički godišnjak SFRJ 1967, str. 173.
   b) Statistički godišnjak SFRJ 1968, str. 108, 369.
   c) Statistički godišnjak SFRJ 1972, str. 173.
   d) Statistički godišnjak SFRJ 1973, str. 124, 385.
2. Udružena elektroprivreda SR Hrvatske: Godišnjak 1968. Elektroprivrede Hrvatske, str. 168.
3. Republički zavod za statistiku: »Industrija« — 1971/4.
4. »ELEH« — Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske: Izvještaj o poslovanju za 1973. godinu.

Naslov pisca: Đurđa Grubanović, dipl. oec.
Zagreb, Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SRH

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA KARLOVAC

Obavlja kemijsku zaštitu (kotlovsku impregnaciju) svih vrsti željezničkih pragova, pragova za smještaj kranskih dizalica, stupova za TT i EV vodove, kocaka za hale, rudno drvo i ostali građevinski materijal od drveta.

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

STANJE, PROBLEMI I BUDUĆI ELEKTROENERGETSKI RAZVOJ »DISTRIBUCIJE« SPLIT

Josip Nevešćanin, Split

U članku se izlažu praktički podaci i problemi sadašnje opskrbe električnom energijom distributivnih potrošača i specifičnosti budućeg elektroenergetskog razvoja kompleksnog područja »Distribucije« — Split.

DK 621.31:658

UVOD

Planiranje razvoja budućih distributivnih električnih mreža predstavlja jedan od temeljnih uvjeta pravovremene opskrbe električnom energijom i racionalne izgradnje odgovarajućih elektroenergetskih postrojenja. Praktično značenje ovih pitanja proizlazi iz činjenice da na distributivne potrošače već sada otpada više od 70% ukupne potrošnje električne energije, oko 40% ukupnih troškova potrebnih za izgradnju elektroprivrednih postrojenja, te oko 90% od ukupne vrijednosti osnovnih sredstava distributivnih poduzeća. Uspješno planiranje razvoja distributivnih mreža predstavlja stručno i tehnički veoma kompleksan zadatak, za koji se općenito smatra da je složeniji od održavanja i upravljanja postojećim električnim mrežama.

Iz ovih razloga izvršena je analiza stanja problema i budućeg elektroenergetskog razvoja kompleksnog područja »Distribucije« — Split koje obuhvaća površinu veću od 5000 km², na kojoj danas živi oko 400.000 stanovnika s godišnjom potrošnjom, samo distributivnih potrošača, oko 700 milijuna kWh, čiji su najvažniji rezultati i specifičnosti izloženi u ovom prilogu. Radi bolje preglednosti ova problematika razvoja buduće distributivne električne mreže poduzeća podijeljena je ut ri osnovna dijela i to na:

— dosadašnji razvoj i stanje potrošnje i električne mreže,

— razvoj opterećenja i potrošnja u budućnosti do 2000. godine,

— opskrbu električnom energijom i buduću distributivnu električnu mrežu do g. 2000. s odgovarajućim etapnim razvojem i orijentacionim troškovnikom.

Dosadašnji 50-godišnji razvoj poduzeća bio je u znaku razvoja opće elektrifikacije područja s naglašenim značenjem konzuma kućanstva kao jedne od osnovnih stavki distributivne potrošnje.

U slijedećih 27 godina na području poduzeća planira se povećanje stanovništva od sadašnjih 425.000 na oko 800.000 s odgovarajućim porastom životnog standarda, te značajniji razvoj industrije i ostalih tercijarnih djelatnosti posebno u zagorskom, obalnom i otočnom dijelu, sada ekonomski manje razvijenom području zbog čega se planira do 2000. g. povećanje opterećenja za 6,8 puta i potrošnje za 9 puta, što je 1,22 puta manje od porasta ostvarenog u posljednjih 30 god.

Za buduću distributivnu električnu mrežu definirani su osnovni tokovi snage i energije, te elektroenergetska postrojenja potrebna za opskrbu široke potrošnje ukupnog opterećenja 445 MW i potrošnje oko 2000 GWh.

Za industrijski dio konzuma koji je u cjelini ocijenjen na oko 811 MW i 4000 GWh, za koji još nisu definirane ni približne lokacije, u ovoj fazi nije bilo moguće definirati potrebnu električnu mrežu.

Radi ilustracije ovako planiranog naglog razvoja konzuma i distributivne električne mreže ističe se još i ovo:

— Dosadašnja iskustva su pokazala da ostvarenje konzuma gotovo uvijek premašuje optimističke prognoze;

— Sve analize dugoročnog elektroenergetskog razvoja pokazuju da se do kraja ovog stoljeća ne očekuje zasićenje u potrošnji električne energije, već će ono i dalje rasti geometrijskom progresijom kojoj odgovara udvostručenje svakih 10 godina, uz prosječni godišnji porast oko 7% kod ekonomski razvijenih zemalja, te s udvostručenjem svakih 5—7 godina, čemu odgovara prosječni godišnji porast 10—15% nerazvijenih područja.

1. DOSADAŠNJI RAZVOJ I STANJE POTROŠNJE I ELEKTRIČNE MREŽE »ELEKTRODALMACIJE« OOUR DISTRIBUCIJA SPLIT

Dosadašnji elektroenergetski razvoj »Elektrodalmacije« — OOUR DISTRIBUCIJA SPLIT, karakterizira nagli porast opterećenja potrošnje električne energije, kao što je to za dva 30-godišnja razdoblja prikazano na slici 1.

Distributivne potrošače danas dijelimo u 3 osnovne grupe i to:

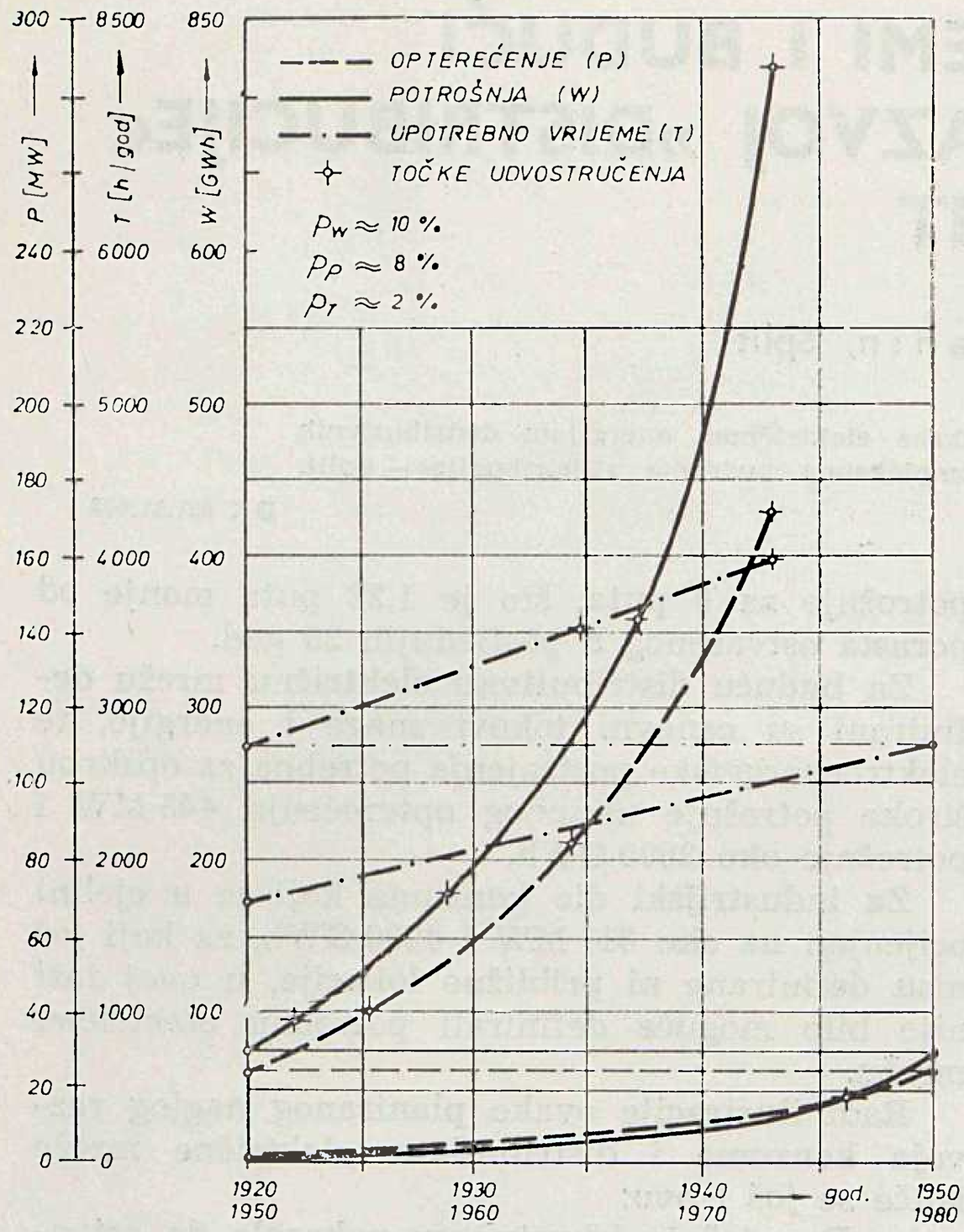
— industriju 10 i 35 kV,

— kućanstva i

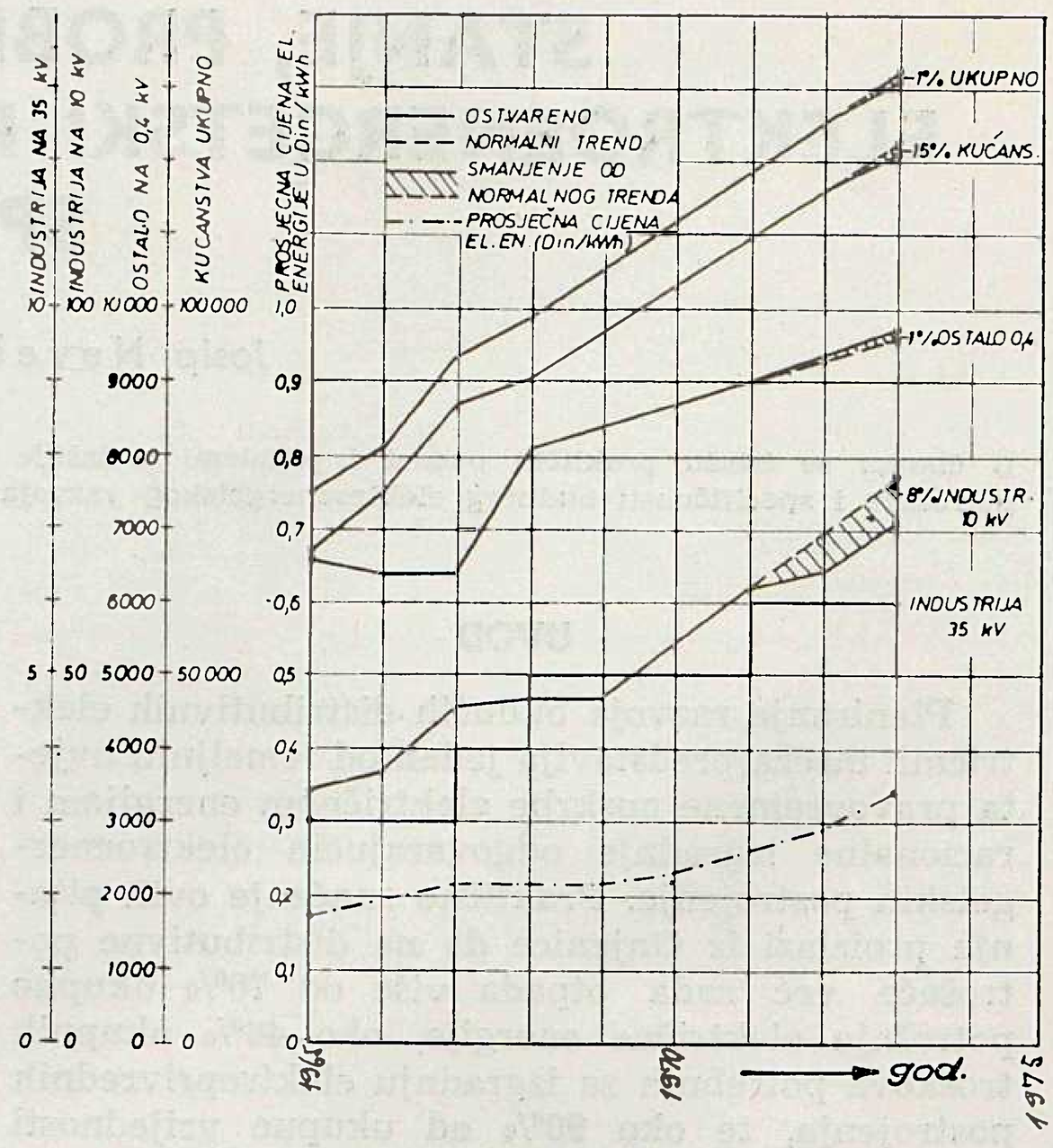
— ostalu potrošnju na 0,4 kV.

Razvoj strukture distributivne potrošnje u posljednjih 10 godina prema ovoj podjeli grafički je prikazan na slici 2.

Porast broja osnovnih grupa distributivnih potrošača na području »Elektrodalmacije« — OOUR Distribucija Split iznosi kao što je grafički prikazano na slici 3.

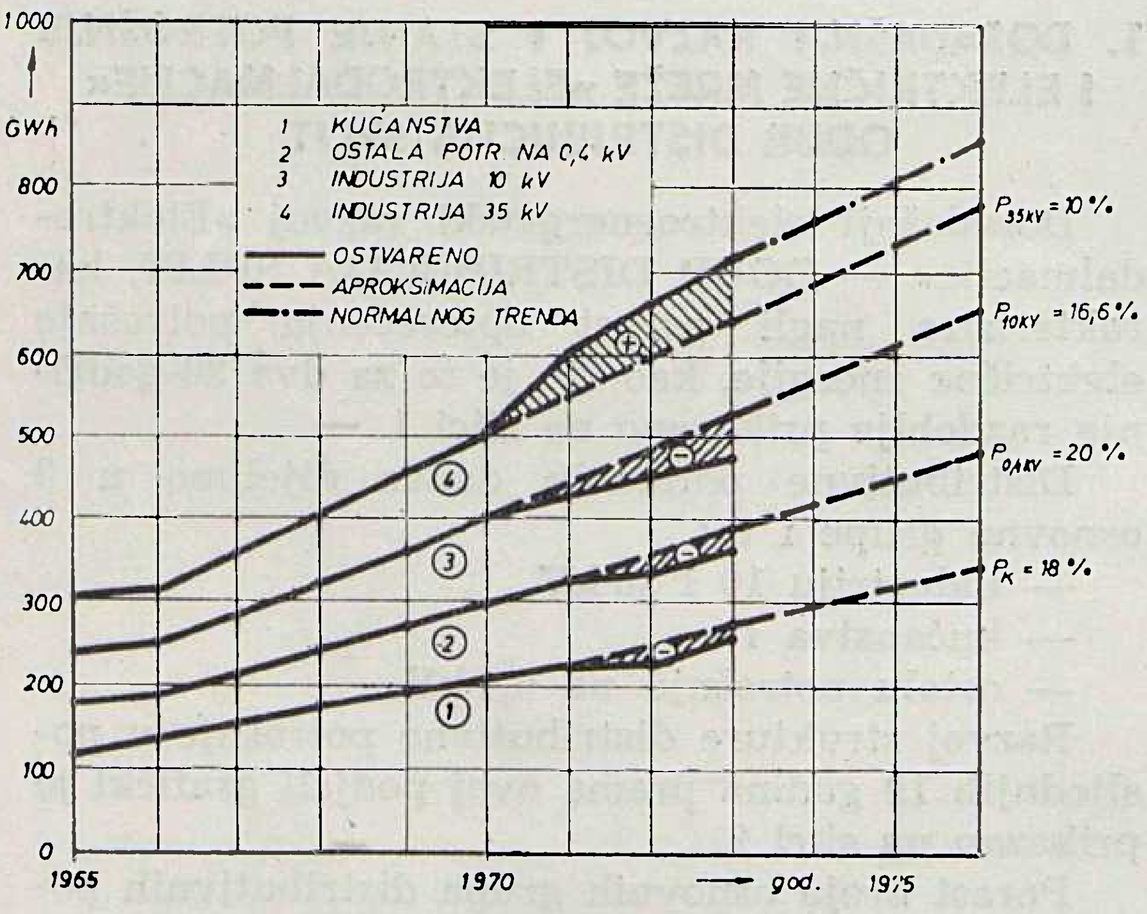


Sl. 1. Trend porasta opterećenja i potrošnje OOUR Distribucije Split



Sl. 3. Trend distributivnih potrošača OOUR Distribucije Split

Distributivni potrošak na ovom području karakteriziraju neke specifičnosti uvjetovane posebnim klimatskim prilikama, nedostatkom ostalih energetskih izvora, naglom izgradnjom, naročito stanovanja, turizma itd., kao što je to radi ilustracije u usporedbi s odgovarajućom strukturom distributivnog potroška SRH, navedeno u tablici 1.



Sl. 2. Tendencija razvoja strukture i potrošnje električne energije konzumnog područja OOUR Distribucije Split

Usporedba karakteristika strukture distributivnog konzuma OOUR Distribucije Split i SRH

Tablica 1

Grupa potrošača		SR Hrvatska GWh	učešće u %	godišnja stopa porasta %	područje Split — šire GWh	učešće u %	godišnja stopa porasta %
	35 kV	771	11	6,5	210	36,3	10
1. Industrija	10 kV	1556	22	10,2	85	14,7	16,6
Ukupno		2327	33	9,7	295	51	13
2. Kućanstvo		2528	36	11	175	30	18
3. Ostalo na 0,4 kV		1382	20	10,4	60	10,4	20
4. Gubici		770	11	—	50	8,6	—
Ukupno		7006	100	10,2	580	100	15,3

Na temelju ovih podataka slijedi zaključak:

— Grad Split sa svojim distributivnim područjem, iako se elektrificirao relativno kasno, tek 1920. godine kao posljednji od dalmatinskih gradova, posebno iza Zadra (1892), Šibenika (1895), Dubrovnika (1907) i 13 godina iza Zagreba (1907), ostvario je u protekle 53 godine nagli porast opterećenja i potrošnje naročito u vremenu iza 1950, kada se distributivni potrošak povećao od oko 75 milijuna kWh (ostvaren u ranijih 30 godina) na 720 milijuna kWh 1973, ili oko 10 puta;

— Prosječna stopa porasta distributivnog potroška »ED« — OOUR Distribucije Split u eksponencijalnom trendu iznosi oko 10% čemu odgo-

vara udvostručenje svakih 7 godina, što je za oko 1,5 puta više od porasta u ekonomski razvijenijim zemljama;

— Distributivni potrošak »ED« — OOUR Distribucije Split u posljednjih 10 godina karakterizira linearni trend porasta s prosječnom stopom od oko 15%, što odgovara navedenoj stopi od 10% u eksponencijalnom trendu.

— Prosječne godišnje stope porasta osnovnih grupa distributivnih potrošača ED-OOUR Split u odnosu na odgovarajuću strukturu na području SR Hrvatske znatno su veće, i to:

Kod industrije za oko 1,5 puta, kod kućanstva za oko 1,65 puta, a kod ostale potrošnje na 0,4 kV, čak za oko 2 ili ukupno za oko 1,5 puta, tako da je već ostvarena bruto specifična potrošnja od oko 6.300 kWh/kućanstvu i 1.600 kWh/stanovniku ili samo za potrebe kućanstva oko 2.180 kWh/kućanstvu i 550 kWh/stanovniku godišnje.

S obzirom na već ostvareni elektroenergetski standard kućanstva na području ED-OOUR Distribucije Split postoje znatne razlike između najniže godišnje potrošnje na područjima seoske elektrifikacije koja iznosi od nekoliko stotina kWh po kućanstvu i najviše godišnje potrošnje u gradovima koja iznosi kod nekih kućanstava i preko 10.000 kWh/stanu godišnje, tako da se u elektroenergetskom pogledu ovo područje danas može podijeliti u 3 karakteristične zone i to:

— Split grad s oko 3000 kWh/kućanstvu
— obalni dio i otoci s oko 1500 kWh/kućanstvu
— zagorski dio s oko 1000 kWh/kućanstvu

čije je elektroenergetsko značenje i veličina područja navedena u tablici 2.

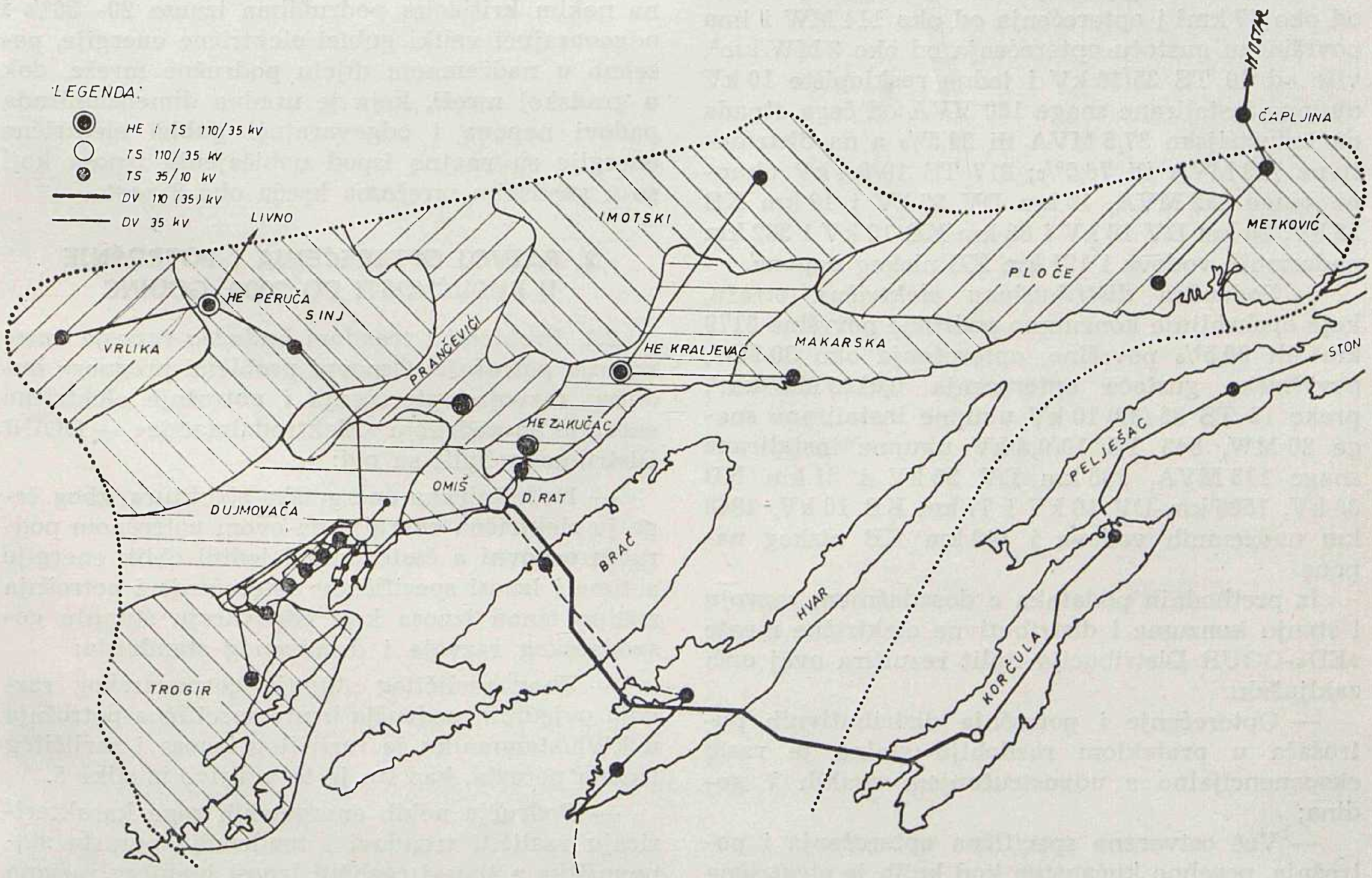
Danas grad Split, na kojeg otpada svega oko 0,7% ukupne površine, predstavlja najznačajniji dio potrošnog područja sa oko 62% ukupnog opterećenja i oko 72% potrošnje, na obalni dio s oko 58% površine tek 25% opterećenja i oko 10% potrošnje, te zagorski dio na koji otpada oko 41,3% površine, 15% opterećenja i samo 2% potrošnje.

Elektroenergetsko značenje stambenih zona OOUR Distribucije Split

Tablica 2

Zona	Površina km	%	Kućanstva Broj	%	Potrošnja GWh	%
1. Grad Split	37	0,71	55.000	45,5	170,6	65,2
2. Obala i otoci	3020	58	40.000	33	62	23,8
3. Zagora	2159	41,29	26.000	21,5	28,6	11
Ukupno	5216	100	121.000	100	261	100

Potrošno područje »Elektrodalmacije« — OOUR Distribucija Split ukupne površine od oko 5.216 km² na kome danas živi oko 500.000 stanovnika ima oko 130.819 potrošača električne energije, go-



Sl. 4. Opskrba područja postojećih TS 35/10 kV OOUR Distribucije Split

dišnju potrošnju 722 milijuna kWh i opterećenje 179 MW. Sada se opskrbljuje električnom energijom iz 7 osnovnih pojnih točaka 110/35 (30) kV čiji su raspoloživi kapaciteti 283 MVA.

U distributivnoj mreži ima više od 24 TS 30 (35) 10 kV ukupno instalirane snage od 209 MVA, više od 1.062 TS 10/0,4 kV ukupne i instalirane snage 227 MVA čemu uz faktor istodobnosti distributivnih TS 10/0,4 kV od oko 0,8 odgovara prosječni faktor opterećenja od oko 100%. Zatim distributivna električna mreža napona 35 kV, 10 kV i 0,4 kV ukupne dužine 5.749 km i specificirano po naponima i vrsti vodova, kao što je navedeno u tablici 5.

Stanje vodova distributivne električne mreže OOUR Distribucije Split na dan 31. prosinca 1973.

Tablica 3

Nazivni napon	DV km	DV %	KB km	KB %	Ukupno km	Ukupno %
1. 35 kV	250	84	49,4	16	299,4	100
2. 10 kV	1613	91	165,3	9	1778,3	100
3. 0,4 kV	3331	90	341	10	3672	100
Ukupno	5194	90	555,7	10	5749,7	100

Postojeća distributivna električna mreža s obzirom na svoje osnovne elektroenergetske i tehničke karakteristike dijeli se na:

— *Gradsku električnu mrežu,* koja opskrbljuje električnom energijom gradsko područje površine od oko 37 km² i opterećenja od oko 114 MW i ima površinsku gustoću opterećenja od oko 3 MW/km², više od 10 TS 35/10 kV i jedno rasklopište 10 kV ukupne instalirane snage 160 MVA od čega otpada na industrijsko 37,5 MVA ili 23,5% a na distributivne 123 MVA ili 76,5%; 217 TS 10/0,4 kV ukupne snage 112 MVA, 15 km DV 35 kV i 18 km KB 35 kV, 28 km DV 10 kV i 88 km KB 10 kV i 382 km nadzemnih vodova i 191 km KB niskog napona.

— *Područnu distributivnu električnu mrežu,* koja opskrbljuje konzumno područje površine 5179 km² ili 99,5% površine, opterećenja oko 30 MW, površinske gustoće opterećenja 0,0125 MW/km², preko 15 TS 35 (30) 10 kV ukupne instalirane snage 80 MW, 845 TS 10/0,4 kV ukupne instalirane snage 115 MVA, 235 km DV 35 kV i 31 km KB 35 kV, 1585 km DV 10 kV i 77 km KB 10 kV, 2948 km nadzemnih vodova i 149 km KB niskog napona.

Iz prethodnih podataka o dosadašnjem razvoju i stanju konzuma i distributivne električne mreže »ED«-OOUR Distribucija Split rezultira ovaj opći zaključak:

— Opterećenje i potrošnja distributivnih potrošača u proteklom razdoblju stalno je raslo eksponencijalno s udvostručenjem svakih 7 godina;

— Već ostvarena specifična opterećenja i potrošnja, posebno kućanstva kod kojih je električna energija osnovni a često puta i jedini oblik energije, među najvećima je u Jugoslaviji i sličan opterećenju i potrošnji ostalih većih gradova u Evropi;

— U posljednje vrijeme, kao posljedica povećanja cijene električne energije i redukcija uvjetovanih manjkovima energije u energetskom sistemu Jugoslavije, slijedio je pad potrošnje od normalnog trenda koji se u posljednje 3 godine stalno povećava;

— Osnovne pojne točke 110/35 (30) kV, iako su u normalnim granicama opterećenja, nejednoliko su raspoređene, naročito na područnom dijelu poduzeća zbog čega je većina DV 35 kV radijalna i po nekoliko puta duža od uobičajenih dužina;

— Veličina potroška i opskrbnog područja je već takva da je praktički vrlo teško i skupo osigurati normalnu opskrbu energijom osnovnim distributivnim naponom 35 kV i 10 kV, nego bi kao osnovni distributivni napon već sada trebao biti 110 kV napon, tako da je upravo sada u fazi istraživanja opravdanost primjene modernijih sistema distributivnih napona 110/20 kV u područnoj mreži, a sistem 110/10 kV usvojen i primijenjen u gradskoj mreži;

— Električna mreža 10 kV i nikog napona uglavnom je radijalna i nadzemna, oko 93%, bez potrebne rezerve u slučaju kvara, osim na područjima novih stambenih naselja grada Splita;

— Postojeću distributivnu električnu mrežu 10 kV karakteriziraju veliki padovi napona koji na nekim kritičnim područjima iznose 20—30% i odgovarajući veliki gubici električne energije, posebno u nadzemnom dijelu područne mreže, dok u gradskoj mreži, koja je uredno dimenzionirana padovi napona i odgovarajući gubici električne energije su znatno ispod uobičajenih iznosa koji se u gradskim mrežama kreću oko 8 posto.

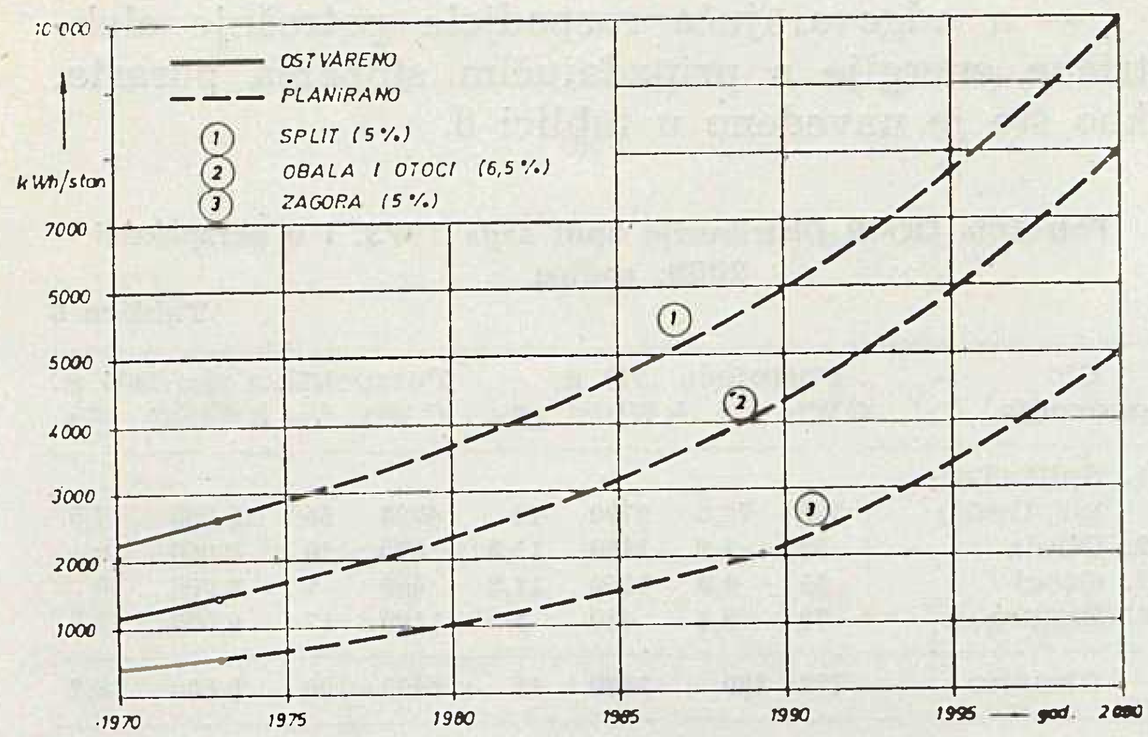
2. RAZVOJ OPTEREĆENJA I POTROŠNJE U BUDUĆNOSTI DO 2000. GODINE

2.1 *Problemi i trendovi budućeg razvoja opterećenja potrošnje:* Osnovni problemi prognoze budućeg razvoja opterećenja i potrošnje električne energije na području »Elektrodalmacije« — OOUR Distribucija Split su ovi:

— Nedefinirana energetska struktura, zbog čega je električna energija na ovom potrošnom području osnovni a često puta i jedini oblik energije a time i iznosi specifičnog opterećenja i potrošnja znatno iznad iznosa koji odgovaraju stupnju gospodarskog razvoja i društvenog standarda;

— Zbog različitog stupnja gospodarskog razvoja pojedinih područja bruto specifična potrošnja u kWh/stanovniku je različitog iznosa i različitog trenda porasta, kao što je to vidljivo iz slike 5.

— Područja nekih energetskih zona karakteriziraju različiti trendovi i tendencije porasta stanovništva a time i različiti iznosi budućeg razvoja stanovništva dobivenih na temelju aproksimacije



Sl. 5. Bruto specifična potrošnja u kWh/stanovniku po elektroenergetskim zonama OOUR Distribucije Split

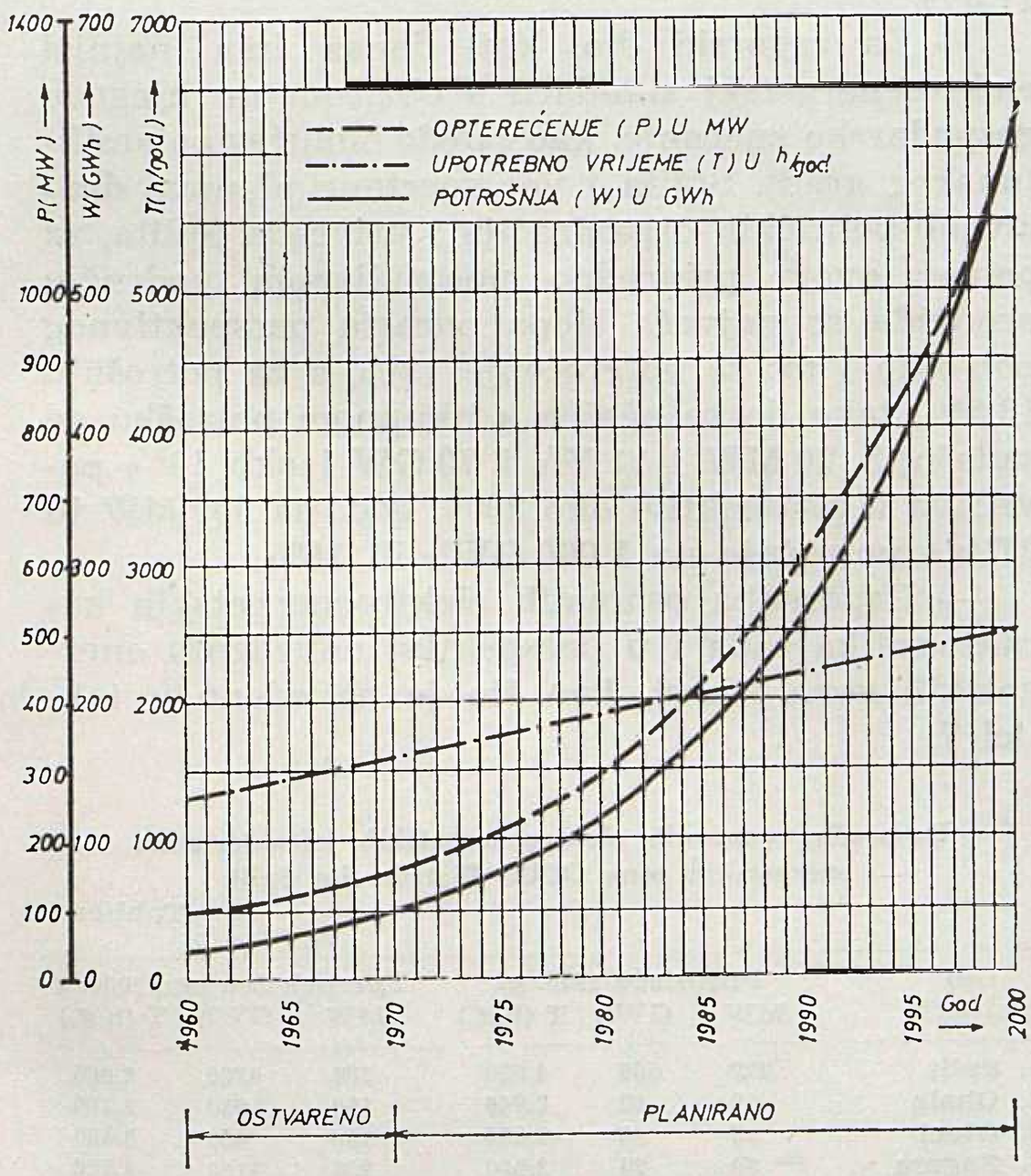
normalnih trendova i planova razvoja pojedinih područja.

Na temelju ovih podataka i podataka o dosadašnjem razvoju opterećenja i potrošnje prognoziran je budući elektroenergetski razvoj poduzeća, kao što je to grafički prikazano na slici 6.

Za prognozirani razvoj opterećenja i potrošnje promatranog područja karakteristično je ovo:

— Prosječna godišnja stopa prognoziranog opterećenja iznosi 6,5% i potrošnja 8% eksponencijalno, a upotrebnog vremena 2% linearno.

— U idućih 27 godina predviđa se povećanje sadašnjeg opterećenja za oko 5,8 puta, potrošnje za oko 8,5 puta, a upotrebnog vremena samo 1,5 puta.



Sl. 6. Planirani razvoj opterećenja i potrošnje OOUR Distribucije Split

2.2 *Površinska raspodjela opterećenja i osnovne konzumografske karakteristike područja:*

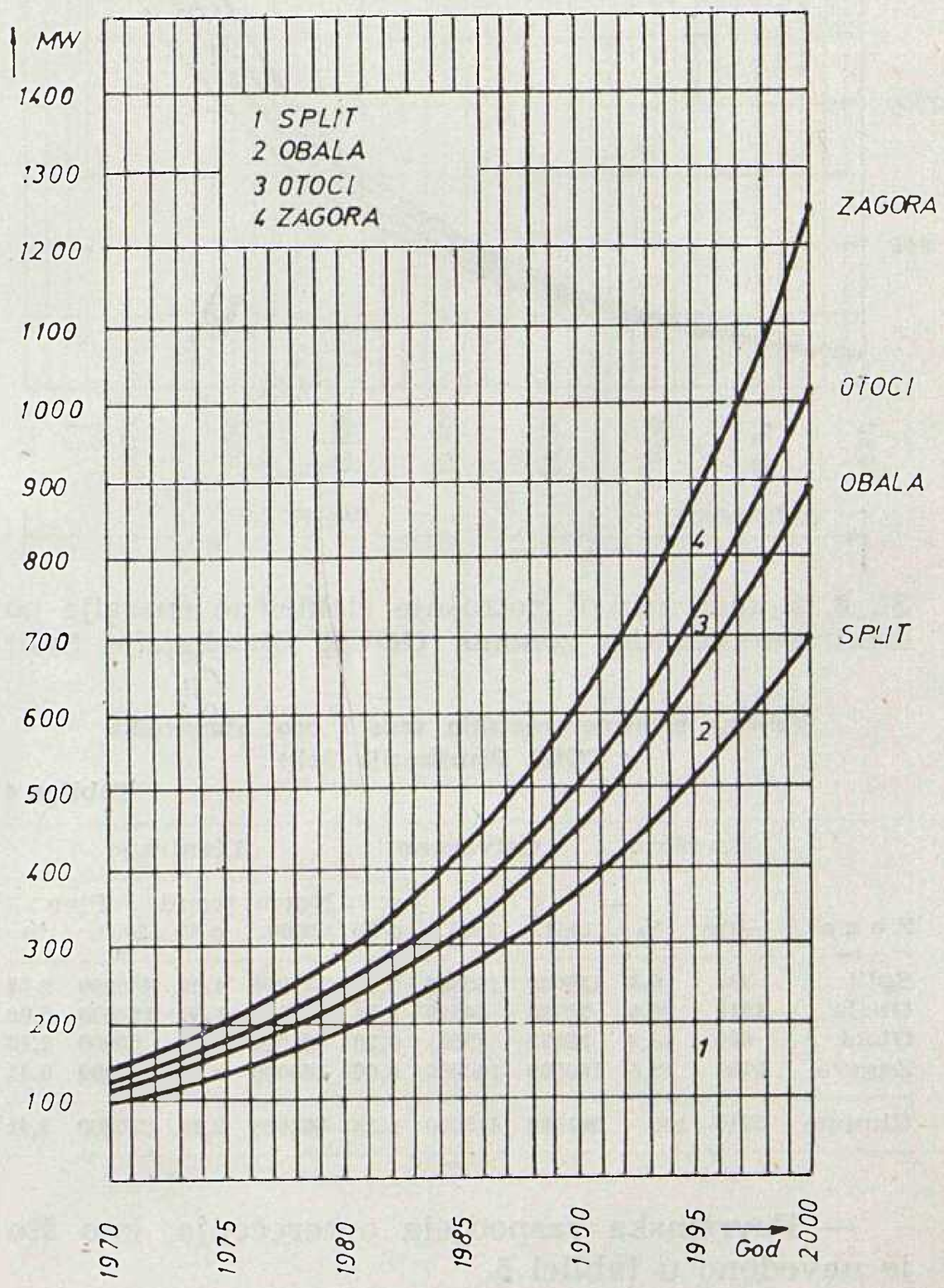
Potrošno područje »Elektrodalmacije« — OOUR Distribucija Split, s obzirom na specifičnost elektroenergetskog razvoja, podijeljeno je u 4 zone, i to:

— Split uključivši obalni dio Trogira i Omiša.

— Obalni pojas koji obuhvaća: Makarsko primorje, Ploče, Opuzen i Metković.

— Otoci, koji obuhvaćaju otoke: Brač, Hvar, Vis, Štoltu i Drvenik.

— Zagora, koja obuhvaća zagorski dio općina Trogir, Split, Omiš, Makarsku i Metković, te općinu Sinj, Imotski i Vrgorac.

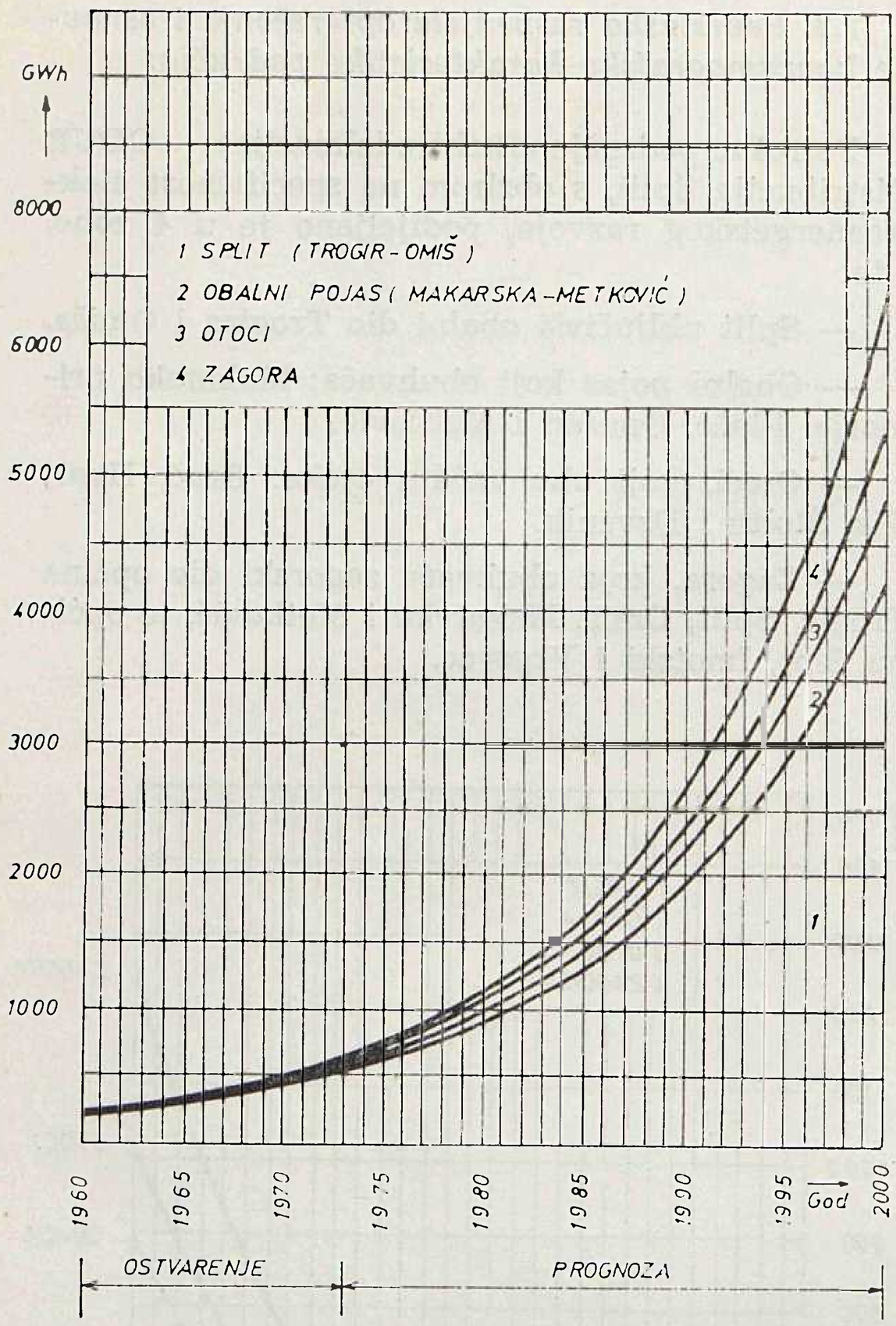


Sl. 7. Planirani razvoj opterećenja elektroenergetskih zona OOUR Distribucije Split

Tendencija dugoročnog razvoja opterećenja po navedenim zonama posebno je prikazana na slici 7, a odgovarajući razvoj potrošnje električne energije na slici 8.

Iz ovih podataka rezultira:

— Veličina područja i odgovarajući broj stanovnika, kao što je navedeno u tablici 4.



Sl. 8. Budući razvoj potrošnje električne energije po elektroenergetskim zonama OOUR Distribucije Split

Veličina elektroenergetskih zona i broj stanovnika u OOUR Distribucija Split

Tablica 4

Zona	Površina km	Površina %	Ostvareno 1961.	Ostvareno 1971.	Ostvareno p %	Planirano Norm. trend 2000.	Planirano Norm. trend p %	Planirano Plan 2000.	Planirano Plan %
Split	338	6,5	130000	180000	3,24	575000	4,00	400000	2,65
Obala	1919	36,5	38723	44629	1,42	66000	1,33	190000	5,00
Otoci	800	15,3	33378	29661	0,20	21000	0,06	60000	2,43
Zagora	2159	41,5	160000	160000	0,00	160000	0,00	180000	0,41
Ukupno	5216	100	361000	413000	1,35	822000	2,38	830000	2,41

— Površinska raspodjela opterećenja, kao što je navedeno u tablici 5.

Postojeće i planirano opterećenje OOUR Distribucije Split

Tablica 5

Dio područja	Površina km	Površina %	Opterećenje Postojeće 1973. MW	%	p%	MW/km²	Perspektiva 2000. MW	%	p%	MW/km²
1. Split	333	6,5	120	65	8,5	0,35	700	56	6	2,1
2. Obala	1919	36,5	30	16	9	0,02	190	15	8,5	0,1
3. Otoci	800	15,3	15	8	9	0,02	120	9,6	8,5	0,15
4. Zagora	2159	41,5	20	11	6,5	0,005	240	19,4	9	0,11
Ukupno	5216	100	185	100	9,5	0,037	1250	100	5,7	0,24

— a odgovarajuća raspodjela potrošnje električne energije s pripadajućim stopama porasta, kao što je navedeno u tablici 6.

Potrošnja OOUR Distribucije Split sada 1973. i u perspektivi 2000. godine

Tablica 6

Dio područja	Postojeće 1973. g. GWh	%	kWh/st	p%	Perspektiva oko 2000. g. GWh	%	kWh/st	p%
1. Split (Trogir, Omiš)	565	78,5	2700	10	4200	66	10.000	7,5
2. Obala	52	7,2	1160	11,5	650	10	8.000	10
3. Otoci	35	4,9	1160	11,5	450	7	8.000	10
4. Zagora	70	9,4	440	8	1100	17	6.000	10,5
Ukupno	722	100	1600	11	6400	100	8.600	8,2

Ovi podaci pokazuju ovo:

— Potrošno područje budućeg Splita koje obuhvaća površinu od oko 338,7 km² ili oko 6,5% ukupne površine poduzeća i na koje sada otpada 122 MW ili 70% i 565 GWh ili 78,5% ukupne potrošnje u budućnosti će imati nešto manju stopu porasta od ostalog područja, i to oko 7,5%, zbog čega se učešće ovog dijela potroška u ukupnom potrošku poduzeća u budućnosti smanjuje, i to opterećenje s oko 700 MW na 60% i potrošnja s oko 4.200 GWh na 67%.

— Za obalni dio i otoke predviđa se također nešto niža stopa porasta od sadašnje i to: 8,5% za opterećenje i 10% za potrošnju tako da se učešće ovog dijela potroška u ukupnom potrošku poduzeća povećava i to: opterećenje sa sadašnjih 32 MW ili 18,4% na 320 MW ili 32%, a potrošnja sa sadašnjih 87 GWh ili 12% na 1.100 GWh ili 17,5%.

— Za zagorski dio, koji danas ima najniži elektroenergetski standard s obzirom na njegovo gospodarsko značenje, kao zaleđe budućeg polamilijunskog grada Splita i već zacrtane planove društveno-političkih organizacija i privrede Splita, za pomoć ovom privredno nerazvijenom području predviđa se najveća stopa porasta perspektivnog potroška i to: za opterećenje 12%, a za potrošnju 13,5%, tako da se učešće u ukupnom potrošku od sadašnjih 20 MW i 11,5% i 70 GW i oko 10% povećava u perspektivi oko 2000. god. na 500 MW ili 27% i potrošnja na 1.000 GWh ili 16%.

— Usporedba osnovnih elektroenergetskih karakteristika sada i u perspektivi navedenih energetskih zona iznosi, kao što je navedeno u tablici 7.

Usporedba osnovnih elektroenergetskih karakteristika energetskih zona OOUR Distribucije Split

Tablica 7

Dio područja	Postojeće 1973. g. MW	GWh	T (h/g.)	Perspektiva oko 2000. g. MW	GWh	T (h/g.)
1. Split	222	565	4.630	700	4200	6.000
2. Obala	19	52	2.740	190	650	3.400
3. Otoci	13	35	2.690	130	450	3.450
4. Zagora	20	70	3.500	236	1100	4.700
Ukupno	247	722	4.140	1256	6400	5.100

a odgovarajuća usporedba strukture distributivne potrošnje sada i u perspektivi kao što je navedeno u tablici 8.

Usporedba strukture potrošnje elektroenergetskih zona OOUR Distribucije Split

Tablica 8

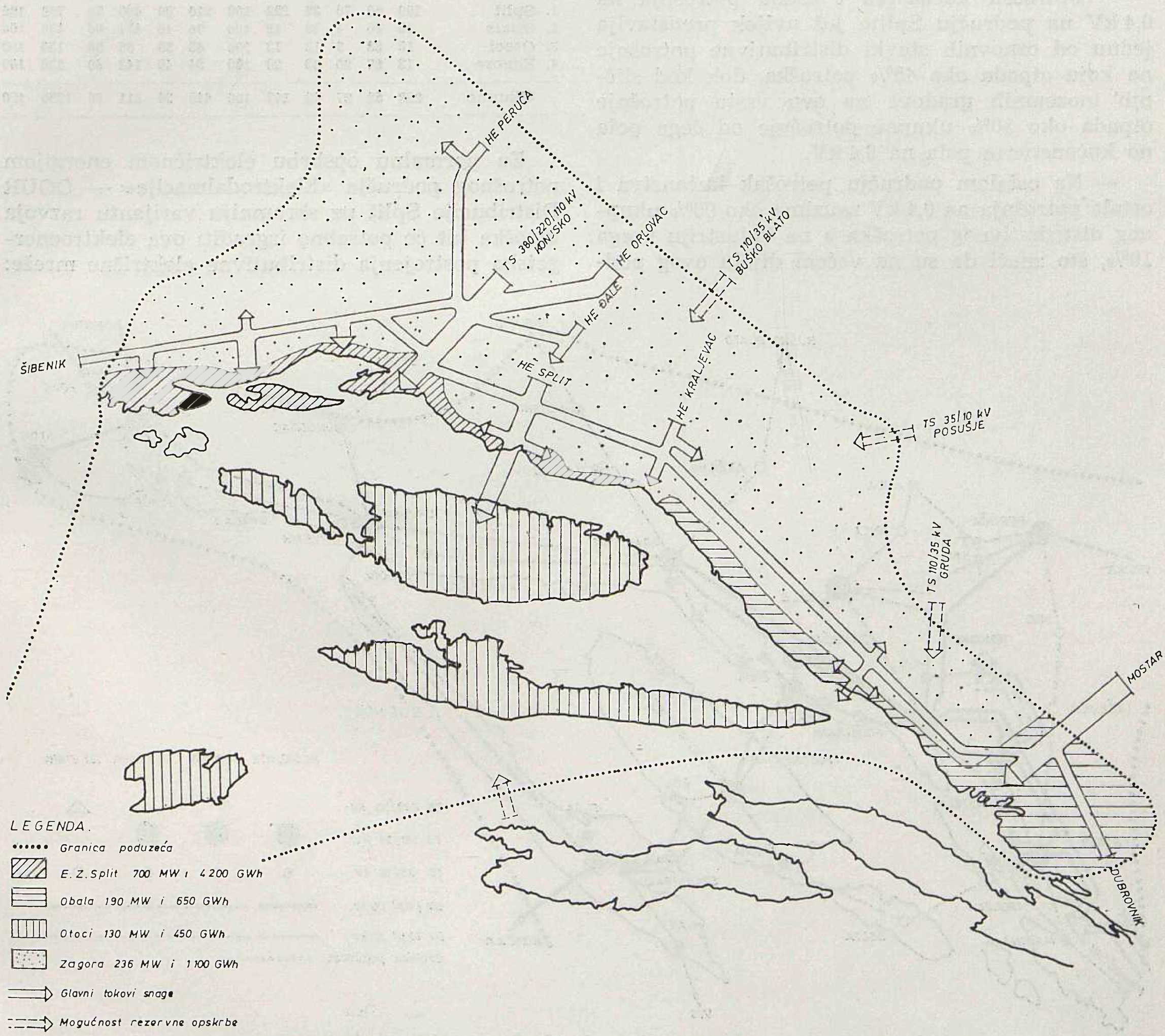
Dio područja	Postojeća 1973. g.						Perspektiva oko 2000. g.					
	kuća i ost. 0,4 kV		ind. 10 i 35 kV		ukupno		kuća i ost. 0,4 kV		ind. 10 i 35 kV		ukupno	
1. Split	251	45	314	55	565	100	1260	30	2940	70	4200	100
2. Obala	42	80	10	20	52	100	260	40	390	60	650	100
3. Otoci	31	88,5	4	11,5	35	100	225	50	225	50	450	100
4. Zagora	47	67	23	33	70	100	440	40	660	60	1100	100
Ukupno	371	51,5	351	47,5	722	100	2185	34	4215	66	6400	100

3. OPSKRBA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM I BUDUĆA DISTRIBUTIVNA ELEKTRIČNA MREŽA OKO 2000. GODINE

3.1 *Opskrba električnom energijom:* — Opskrba električnom energijom, energijom potrošnog područja »Elektrodalmacije« — OOUR Distribucije Split s prognoziranim utroškom oko 2000. godine oko 1.200 MW i 6.300 GWh na temelju dosadašnjih analiza poduzeća Elektroprivrede Dalmacije Split obavljat će se vjerojatno na ova 3 načina:

— Iz postojećih i planiranih HE čiji se kapaciteti na području Dalmacije procijenjuju na oko 1000 MW i oko 5.500 GWh.

— Iz jedne ili više dalmatinskih TE ili AE čija lokacija i kapacitet još nije definiran.



Sl. 9. Budući glavni tokovi snage i energije po elektroenergetskim zonama OOUR Distribucije Split

— Iz prijenosne električne mreže preko TS 380/220 kV »Konjsko« snage 2×400 MVA i 3 TS 220/110 kV snage 3×150 MVA od kojih je jedna predviđena u sastavu TS 380/220 kV Konjsko za opskrbu električnom energijom industrijske zone Kaštela, druga u centru splitskog poluotoka za opskrbu energijom gradske jezgre i treća na području nove industrijske zone koja se planira u morskom zaljevu, te ukupno oko 18 pojnih točaka 115/35 kV i 110/10 kV ukupne instalirane snage oko 1000 MVA.

Tokovi snage i energije u budućnosti na distributivnom području »ED« — OOUR Distribucija Split iznosit će kao što je prikazano na slici 9.

3.2 *Buduća distributivna električna mreža*

Rezultati dosadašnjeg razvoja distributivnog potroška na području »Elektrodalmacije« OOUR Distribucija Split zokazuju ovo:

— Potrošak kućanstva i ostala potrošnja na 0,4 kV na području Splita još uvijek predstavlja jednu od osnovnih stavki distributivne potrošnje na koju otpada oko 45% potroška, dok kod sličnih inozemnih gradova na ovu vrstu potrošnje otpada oko 30% ukupne potrošnje od čega pola na kućanstvo a pola na 0,4 kV.

— Na ostalom području potrošak kućanstva i ostala potrošnja na 0,4 kV zauzima oko 90% ukupnog distributivnog potroška a na industriju svega 10%, što znači da su na većem dijelu ovog područja industrija i ostale uslužne djelatnosti razvijene u najskromnijem opsegu.

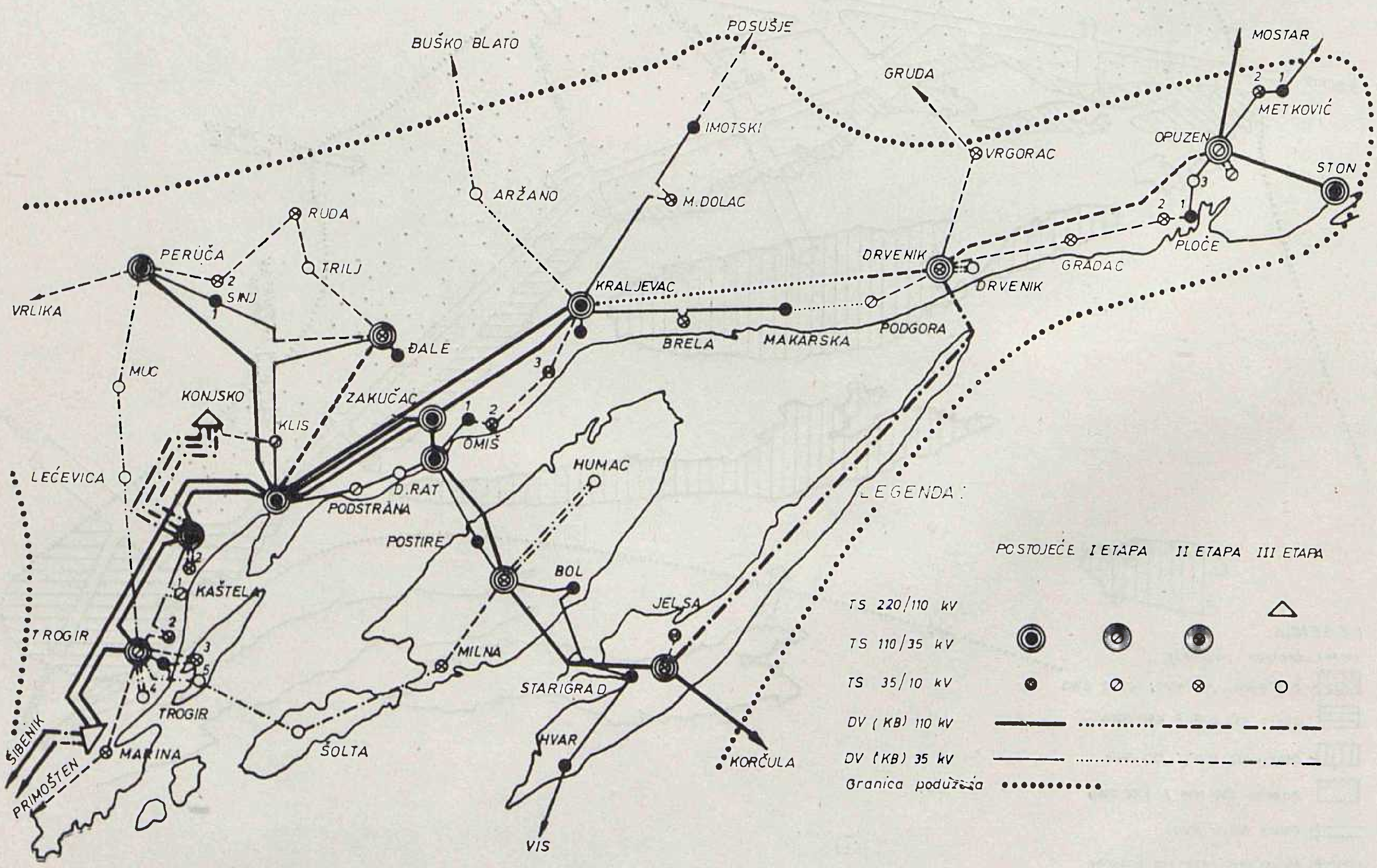
Dosadašnja stručna saznanja i normalna logika perspektivnog planiranja prirodno upućuje na pretpostavku intenzivnijeg razvoja industrije i ostalih uslužnih djelatnosti na području grada i ostalih područja, što se uvjetovati promjenu u strukturi distributivnog potroška i na području »Elektrodalmacije« — OOUR Distribucija Split, kao što je navedeno u tablici 9, za opterećenje u tablici 11.

Usporedba strukture distributivnog konzuma elektroenergetskih zona sada i u perspektivi do 2000. godine

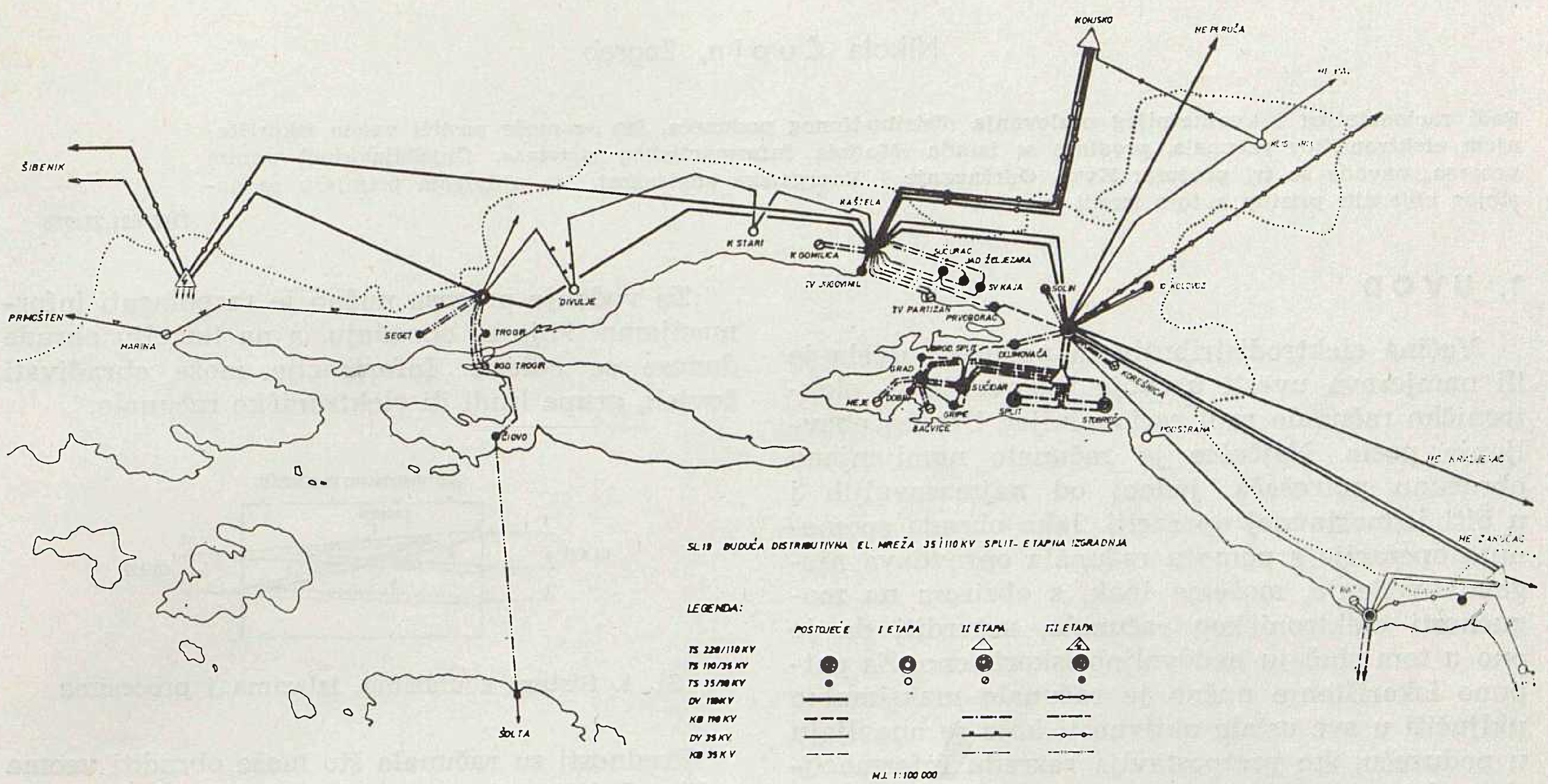
Tablica 9

Dio	Postojeće 1973. g. kuć. i ost. 0,4 MW	%	ind. MW	%	ukupno MW	%	Perspektiva oko 2000. g. kuć. i ost. 0,4 MW	%	ind. MW	%	ukupno MW	%
1. Split	190	60	70	32	222	100	210	30	490	70	700	100
2. Obala	15	80	4	20	19	100	76	40	414	60	190	100
3. Otoci	10	88	3	12	13	100	65	50	65	50	130	100
4. Zagora	13	67	20	33	20	100	94	40	142	60	236	100
Ukupno	228	52	97	48	147	100	445	34	811	65	1256	100

Za normalnu opskrbu električnom energijom potrošnog područja »Elektrodalmacije« — OOUR Distribucije Split uz skromniju varijantu razvoja utroška bit će potrebno izgraditi ova elektroenergetska postrojenja distributivne električne mreže:



Sl. 10. Buduća distributivna električna mreža 35 i 110 kV — etapni razvoj



Sl. 11. Buduća distributivna električna mreža 35 i 110 kV Splita i okolnog područja — etapna izgradnja

— 9 TS 110/35 kV i 2 TS 110/10 kV ukupne snage 1130 MVA

— 17 TS 35/10 kV ukupne snage 356 MVA i to 3 osnovna tipa: 3×16 MVA 4 komada i 2×8 MVA 10 komada uglavnom na gradskim područjima, te 2×4 MVA 3 komada.

— DV 35 kV 130 km

— KB 35 kV 120 km

— TS 10/0,4 kV oko 2000 komada ukupne instalirane snage oko 1000 MVA s pripadajućom električnom mrežom 10 kV i 0,4 kV.

Radi efikasnijeg i bržeg upravljanja u perspektivnoj distributivnoj električnoj mreži, te potrebe racionalnijeg gospodarenja i smanjenja tromosti ovako velikog distributivnog potroška bit će potrebno ugraditi odgovarajuću automatizaciju, s obzirom na sadašnje stanje ove tehničke grane u prvom redu:

— Dispečerski centar s uređajima za automatsko daljinsko upravljanje, signalizaciju i mjerenje u distributivnim postrojenjima.

— Odgovarajuće uređaje mrežne tonske komande za daljinsko upravljanje s potrošačima, itd.

Za industrijski dio distributivnog potroška čije lokacije nisu definirane nije bilo moguće predvidjeti odgovarajuću distributivnu mrežu, nego će se to, ukoliko dođe do njihove izgradnje, posebno promatrati i uklopiti u navedenu koncepciju distributivne mreže.

Literatura

Publikacija, u povodu 50. obljetnice »Elektrodalmacije« - Split tiskano u Splitu 1974. god.

Naslov pisca: Josip Nevešćanin, dipl. ing.
»Elektrodistribucija« — Split

O INFORMACIJSKOM SISTEMU DISTRIBUTIVNOG PODUZEĆA

Nikola Čupin, Zagreb

Radi racionalnijeg i kvalitetnijeg poslovanja distributivnog poduzeća, što se može postići većim iskorištenjem elektroničkog računala, predlaže se izrada »Modela informacijskog sistema«. Objašnjavajući pojam procesa, navode se tri procesa: Kvar, Održavanje i Energetska suglasnost. Na njihovom primjeru se nastojao objasniti pristup autora izradi modela.

DK 621.31:658

1. UVOD

Većina elektrodistributivnih poduzeća uvela je ili namjerava uvesti u svoje poslovanje — elektroničko računalo radi racionalnijeg i bržeg obavljanja posla. Najčešće je računalo namijenjeno obračunu potrošača, jednoj od najmasovnijih i u biti jednostavnoj operaciji. Iako obrada spomenute operacije s pomoću računala opravdava njegovo uvođenje, možemo ipak, s obzirom na mogućnosti elektroničkog računala, ustvrditi da je ono u tom slučaju nedovoljno iskorišteno. Za potpuno iskorištenje nužno je računalo maksimalno uključiti u sve ostale aktivnosti koje se obavljaju u poduzeću, što pretpostavlja razradu informacijskog sistema u kojemu će se u obradu informacija na različitim razinama uključiti elektroničko računalo. Zbog toga želimo ovim radom potaknuti naša distributivna poduzeća da organizirano i zajednički priđu stvaranju *modela informacijskog sistema jugoslavenskog distributivnog poduzeća.*

Prvi korak koji se u tom smislu mora načiniti jest *identifikacija postojećeg stanja,* što se može obaviti ako se aktivnosti u distributivnom poduzeću definiraju kao *procesi.*

2. DISTRIBUTIVNO PODUZEĆE KAO SISTEM

U skladu sa spoznajama koje nam daje teorija sistema možemo distributivno poduzeće zamisliti kao sistem[1] s određenim brojem i vrstom ulaza i izlaza. Pri tome ćemo pretpostaviti da je karakter distributivnog poduzeća takav da poduzeće:

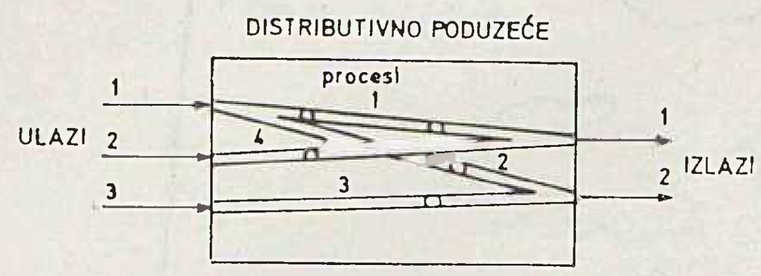
— vodi brigu o projektiranju, održavanju i gradnji elektroenergetskog sistema za napajanje ljudskih naseobina
— ne proizvodi električnu energiju, već ju preuzima iz mreže visokog napona i distribuira potrošačima
— obavlja sve potrebne usluge za potrošače.

Ulazi iniciraju u distributivnom poduzeću određene procese[2] koji rezultiraju izlazima (sl. 1).

[1] Sistem je skup elemenata i skup relacija (veza, odnosa) koje vladaju među elementima.

[2] Proces je promjena ulaza ili izlaza, promjena upravljanja ili stanja nekog sistema u toku vremena, koja nastaje kao posljedica materijalnih energetskih ili informacijskih razmjena unutar sistema ili sistema s okolinom [L 1].

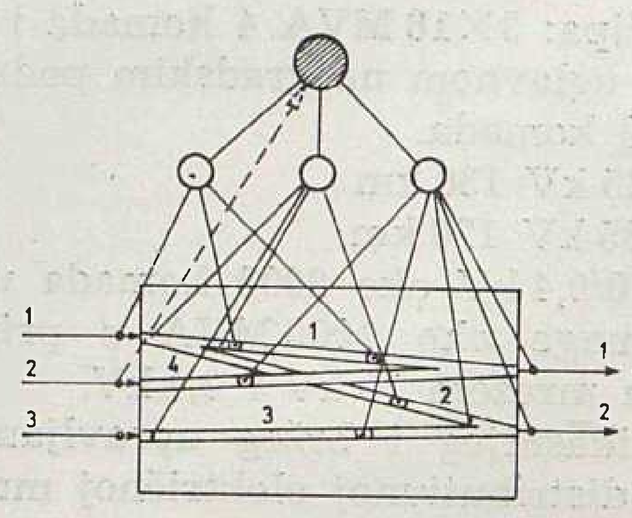
Za vođenje procesa nužno je raspolagati informacijama[3] koje se obrađuju, a na temelju obrade donose se odluke. Informacije može obrađivati čovjek, grupa ljudi ili elektroničko računalo.



Sl. 1. Sistem s ulazima, izlazima i procesima

Prednosti su računala što može obraditi veoma veliku količinu informacija i što je obrada potpuno objektivna.

Informacije, zajedno s medijima koji ih prenose i obrađuju, čine informacijski sistem koji je, slikovito kazano, živčani sustav distributivnog poduzeća (sl. 2).



Sl. 2. Informacijski sistem i procesi

Informacije se obrađuju na više razina (hijerarhija). Prva razina su obrade koje vrše mediji unutar samog procesa (točke na sl. 2). Na slici 2. prikazane su kružnicama i krugovima još dvije razine (višehijerarhijski sistem).

Potrebno je naglasiti da su informacije na višoj razini vrednije, kao i to da je distributivno poduzeće dio društveno-ekonomskog i političkog sistema zbog čega neke informacije ne ulaze u procese, već, kao visokovrijedne, dolaze odmah na najvišu razinu upravljanja i neposredno utječu na odvijanje procesa (isprekidana crta na sl. 2).

[3] Informacija je u širem smislu bilo kakav podatak o prije nepoznatim činjenicama [L 1].

Spomenimo na ovom mjestu da je hijerarhijska struktura informacijskog sistema vezana samo za obradu informacija dok se odluke, na osnovi obrada, donose u ovisnosti o društveno-političkom sistemu (pitanje ovlaštenja odgovornosti i povjerenja). Tako samoupravno društvo kao jedan od viših stupnjeva organizacije društva pretpostavlja veliku samostalnost svakog pojedinca unutar sistema i prema tomu i povjerenje za donošenje određenih odluka. Međutim, u odlukama na najvišoj razini sudjeluju, na pogodan način, svi sudionici procesa.

3. PROCESI U DISTRIBUTIVNOM PODUZEĆU

Prvi korak koji je potrebno načiniti da bi se došlo do postavljenog cilja — modela informacijskog sistema, sastoji se u identifikaciji postojećeg stanja, tj. u snimanju i analizi postojećih procesa i njihovoj obradi. Time se dolazi do temelja na kojemu se može graditi matematički model svakog procesa i čitavog sistema.

Postojeći procesi su rezultat uhodanog sistema u kojemu se za obradu informacija nije upotrijebilo računalo. Taj sistem stvoren je postupno prema objektivnim potrebama poduzeća i subjektivnim ljudskim utjecajima i najčešće nije posebno analiziran. Njegovom analizom uočavaju se slabosti sistema, npr. nepotrebni višak informacija, udvostručivanje obrade, ili se pak saznaje za neke »nove« informacije za koje se nije znalo da se uopće skupljaju.

Identifikacija i analiza stanja, ali s gledišta mogućnosti obrade računalom, nameće već u početku koncepciju objektivnijeg informacijskog sistema kao temelja za donošenje svih vrsta odluka.

Organizacija poduzeća jest funkcija djelatnosti koje poduzeće obavlja, a budući da se pojedine djelatnosti sastoje iz više procesa, proizlazi da je organizacija funkcija procesa. Prema tomu, polazeći od procesa dolazimo do objektivne organizacije poduzeća. Koncepcija distributivnog poduzeća jugoslavenskog tipa sadrži djelatnosti koje su prikazane u tablici 1.

Procesi nisu zatvoreni u djelatnosti (koje možemo smatrati podsistemima), već mogu u sebi uključiti više djelatnosti (vidi npr. proces Energetska suglasnost, točka 3.3).

Opišimo sada na primjeru »Elektre« Zagreb neke procese da bismo pokazali na konkretnim slučajevima način rada, ulogu procesa, informacije potrebne za njihovo odvijanje i opsežnost priprema što ih je potrebno načiniti za racionalizaciju i ubrzanje procesa s pomoću računala.

3.1. Proces KVAR

Na slici 3. prikazana je blok-shema ovog procesa koji se odvija isključivo u tehničkoj djelatnosti poduzeća. Proces je diskontinuiran i normalno se nalazi u stanju mirovanja ili pasivnom stanju, a u aktivno stanje dovodi ga informacija o kvaru.

Tablica 1

Djelatnost	Sadržaj
Tehnička	— održavanje i vođenje pogona — projektiranje — izgradnja i proširenje postrojenja
Komercijalna	— nabava investicionog materijala i materijala tekuće potrošnje — kupnja, prodaja i naplata električne energije
Financijska	— osiguranje sredstava za tekuće poslovanje i investicije — vođenje tekuće financijske problematike (naplata usluga i potraživanja, plaćanje obveza poduzeća i vođenje financijske evidencije)
Potrošačka	— izdavanje energetskih suglasnosti — priključak novih potrošača — ostale informacije
Opća	— personalna i kadrovska problematika — upravna problematika

Ako se kvar dogodi na mreži niskog napona izdaje se radni nalog i dozvola za rad (obrasci K 1 i K 2). Ako kvar ne može popraviti tzv. stalna pogonska služba, koja se upućuje na popravak kvarova na mreži niskog napona, popravljaju ga specijalističke jedinice za nadzemnu mrežu, kabele ili transformatorske stanice.

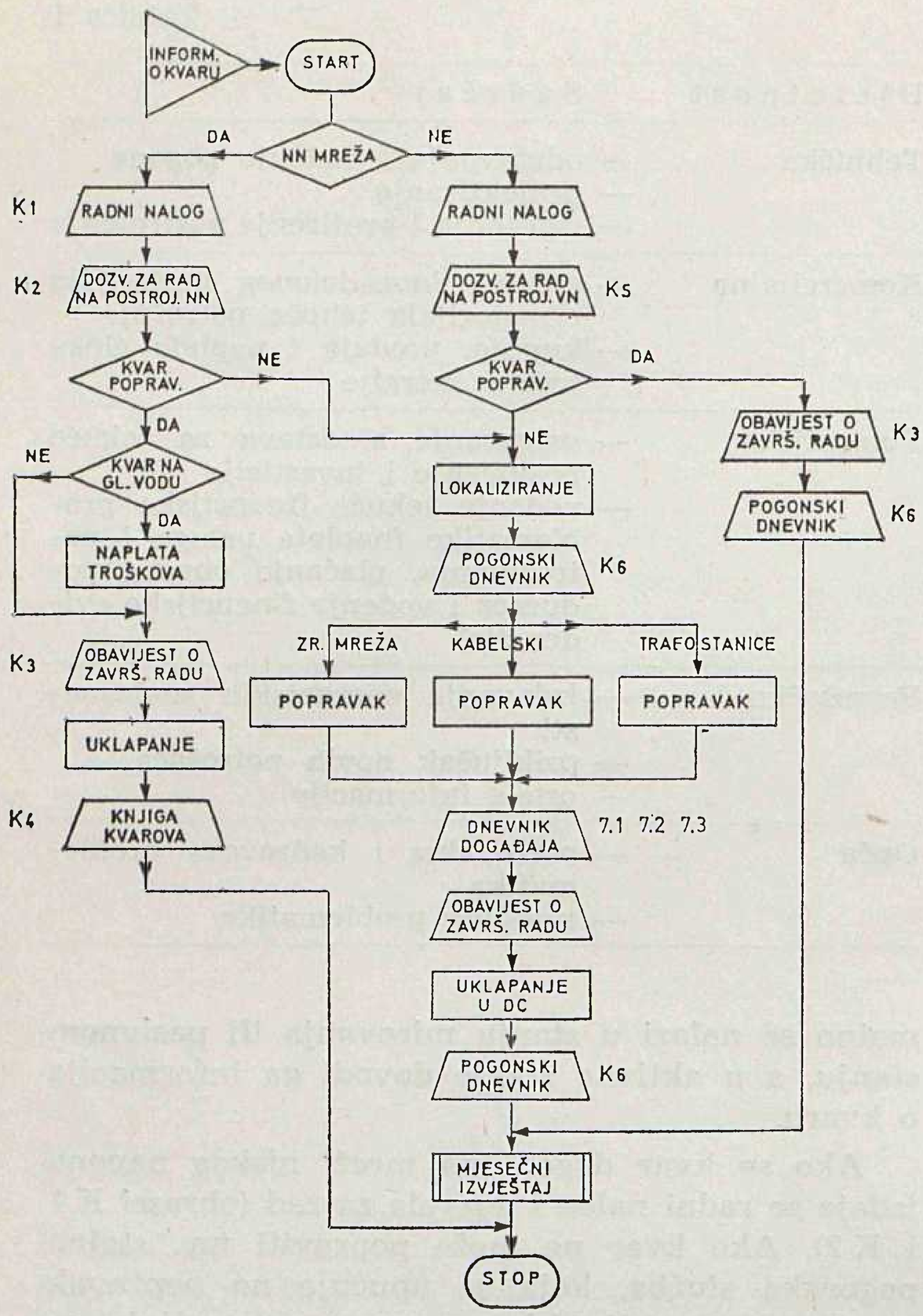
Ako je kvar popravljen i ako je nastao na glavnom vodu, naplaćuju se troškovi, ispunjava obrazac K 3 (obavijest o izvršenom radu), vrši uklapanje, tj. dio mreže koji je bio u kvaru stavlja se pod napon. Izvještaj se unosi u knjigu kvarova (obrazac K 4), čime se proces opet dovodi u pasivno stanje.

Za kvar koji se dogodi na mreži visokog napona (desna grana blok-sheme na sl. 3) i kojega popravlja dispečerska služba postupa se slično. Ako je kvar popravljen ispunjava se obrazac K 3 i izvještaj unosi u pogonski dnevnik (obrazac K 6).

Svi kvarovi na mreži visokog napona posebno se obrađuju u mjesečnom izvještaju. Obrada se obavlja tako da se informacije o kvarovima pripremaju za statističku obradu.

Ako kvar ne može popraviti dispečerska služba, ona tada locira kvar (pri tome se koristi tehnička dokumentacija) koji popravljaju specijalističke jedinice. Svaka specijalistička jedinica vodi svoj dnevenik događaja (obrasci 7.1 do 7.3), a popravljeni kvar dispečerska služba unosi ponovno u pogonski dnevnik.

Učestalost ovog procesa utoliko je veća radi li se o većoj mreži.



Sl. 3. Proces KVAR

Obrasci u ovom procesu veliki su izvor informacija (tablica II) čijom obradom se mogu dobiti objektivniji pokazatelji za usmjeravanje investicija i za ekonomičnije poslovanje poduzeća (smanjenje troškova).

Način prikupljanja i obrade informacija o kvaru mora biti takav da omogući primjenu matematičke statistike i teorije pouzdanosti. Tako npr. u mjesečnom izvještaju, kao prvoj obradi informacija, valja za kvarove na svakom elementu postrojenja čija pouzdanost je od posebnog interesa za vođenje pogona (sklopke, rastavljači, transformatori itd.) voditi vrijeme trajanja nepogona zbog kvara kako bi se mogli računati faktori λ i μ (intenzitet ispada i intenzitet popravaka).

Tablica 2

Obrazac	Informacija
K 1 (Radni nalog)	— konto jedinice koja izdaje radni nalog — broj radnog naloga — kome se upućuje — naziv postrojenja (objekta) — mjesto kvara — dan i sat nastanka kvara — opis kvara (radova)

Tablica 2 (nastavak)

	— kvar utvrdio — podaci o pogonskom stanju — potrebni materijal — stupanj hitnosti — odgovorni rukovodilac radova — nalog izdao — nalog preuzeo — napomena (skica)
Obrazac	**Informacija**
K 2 i iK 5 (Dozvola za rad)	— broj dozvole za rad — tko traži dozvolu za rad — datum traženja — naziv postrojenja i mjesto rada — mjesto gdje su izvršena isklapanja (radi oslobođenja od napona) — tko je izvršio isklapanje — mjesto gdje su postavljena uzemljenja — najbliže mjesto pod naponom — rukovoditelj radova — predviđeno vrijeme radova — dozvolu izdao — datum izavanja
K 3.1 (Obavijest o završenom radu na Dozvoli za rad)	— naziv postrojenja — mjesto radova — vrijeme isklapanja — vrijeme uklapanja — rukovoditelj radova — datum i sat predane obavijesti o završenom radu
K 3.2 (Isto ali na Radnom nalogu)	— vrijeme započetih radova — vrijeme završenih radova — broj atesta o ispravnosti — tko je radove izvodio — broj izdatnica — broj povratnica — radno vrijeme — transport — šef odsjeka — prilozi (broj skice i sl.) — broj katastra — tko je unio u katastar — datum unošenja u katastar — tko je pregledao — broj kartoteke
K 4 (Knjiga kvarova)	— datum i vrijeme primljene informacije o kvaru — tko je obavijest primio — kome je izdan radni nalog — kada je izdan radni nalog — mjesto kvara — razlog nastanka kvara — utrošeni materijal — kada je kvar otklonjen
K 6 (Pogonski dnevnik)	— broj — datum i dan događaja — vrijeme nastanka događaja — mjesto događaja — opis događaja — razlog događaja — veličina struje neposredno prije prekida — vremenske prilike — temperatura

Obradom sirovih informacija iz tablice II mogu se dobiti vrijedne informacije o:

— učestalosti kvarova po elementu,

— učestalosti kvarova po postrojenju odnosno području,

— vremenu trajanja nepogona zbog pojedine vrsti kvara,

— najčešćim uzrocima ispada,

— vremenskim prilikama i temperaturi za vrijeme ispada,

— materijalnim troškovima zbog kvarova, itd.

3.2. Proces ODRŽAVANJE

Održavanje[4] postrojenja je zatvoreni proces s godišnjim ciklusima koji se odvija prema godišnjem planu, odnosno dinamičkom planu održavanja. Slični procesi su procesi revizije[5] i remonta,[6] koji se također odvijaju prema godišnjim planovima.

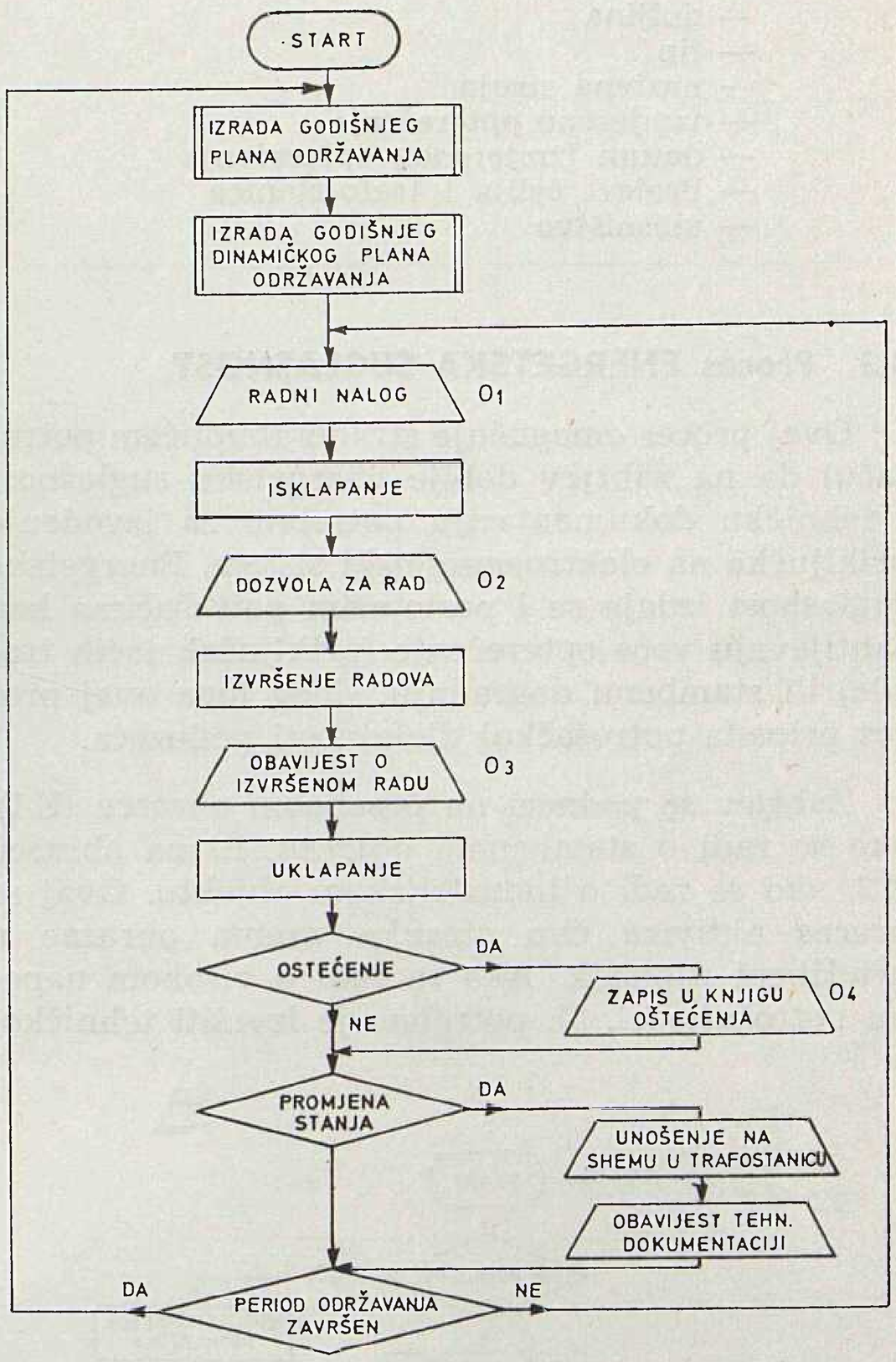
Za svaki rad u okviru procesa održavanja (sl. 4) potrebno je izdati Radni nalog (obrazac 0 1), isklopiti dio na kojem se izvode radovi, zatim dati Dozvolu za rad (obrazac 0 2) i nakon izvršenih radova popuniti obrazac 0 3 (Obavijest o izvršenom radu).

Poslije uklapanja, ukoliko je bilo oštećenja, stavlja se zapis u Knjigu oštećenja (0 4) odnosno, ako je došlo do promjene stanja u postrojenju, unosi se ta promjena u shemu trafo-stanice i obavještava također Odjel tehničke dokumentacije.

Obrasci iz ovog procesa također obiluju informacijama, od kojih su neke jednake onima iz procesa kvar.

Karakteristika ovog procesa, što želimo istaknuti, velik je broj potrebnih informacija o elementima mreže potrebnih za njegovo odvijanje. Te informacije služe pri izradi plana održavanja, ali osim toga neophodne su i pri ostalim procesima u poduzeću (npr. pri procesima iz područja projektiranja). Obično se takve informacije vode u kartotekama posebno u svakoj specijalističkoj jedinici održavanja, što ima nedostataka zbog heterogenosti njihova vođenja. Korisno bi bilo, radi jedinstvene obrade, te informacije voditi na jednom mjestu, za što realnu mogućnost pruža elektroničko računalo u čijoj se vanjskoj memoriji može organizirati datoteka tehničkih podataka elemenata mreže.

Za primjer o kakvim se informacijama radi navodimo u tablici 4 informacije o prekidaču i kabelu.



Sl. 4. Proces održavanja

Informacije o prekidaču i kabelu

Tablica 4

Prekidač
— broj strujnog kruga
— naziv strujnog kruga
— proizvođač
— tvornički broj
— tip (oznaka poizvođača)
— nominalni napon [kV]
— nazivna struja [A]
— rasklopna snaga [MVA]
— rasklopna struja [kA]
— vrsta
— način montaže
— broj ćelije
— težina [kg]
— pogon
— godina proizvodnje
— datum ugradnje
— datum posljednje revizije
— datum održavanja
Kabel
— broj kabela
— pogonski napon
— nazivni napon
— godina polaganja
— presjek

[4] *Održavanje* je skup radova koji su definirani propisima o održavanju pojedinih elemenata postrojenja (npr. izmjena ulja u transformatoru, sklopki, čišćenje i izmjena potrošnih dijelova na elementima i sl.).

[5] *Revizija* je vizualni pregled, bez radova, kojim se konstatira uočeno stanje radi kasnijih popravaka (preventivno održavanje). Vrši se pod naponom.

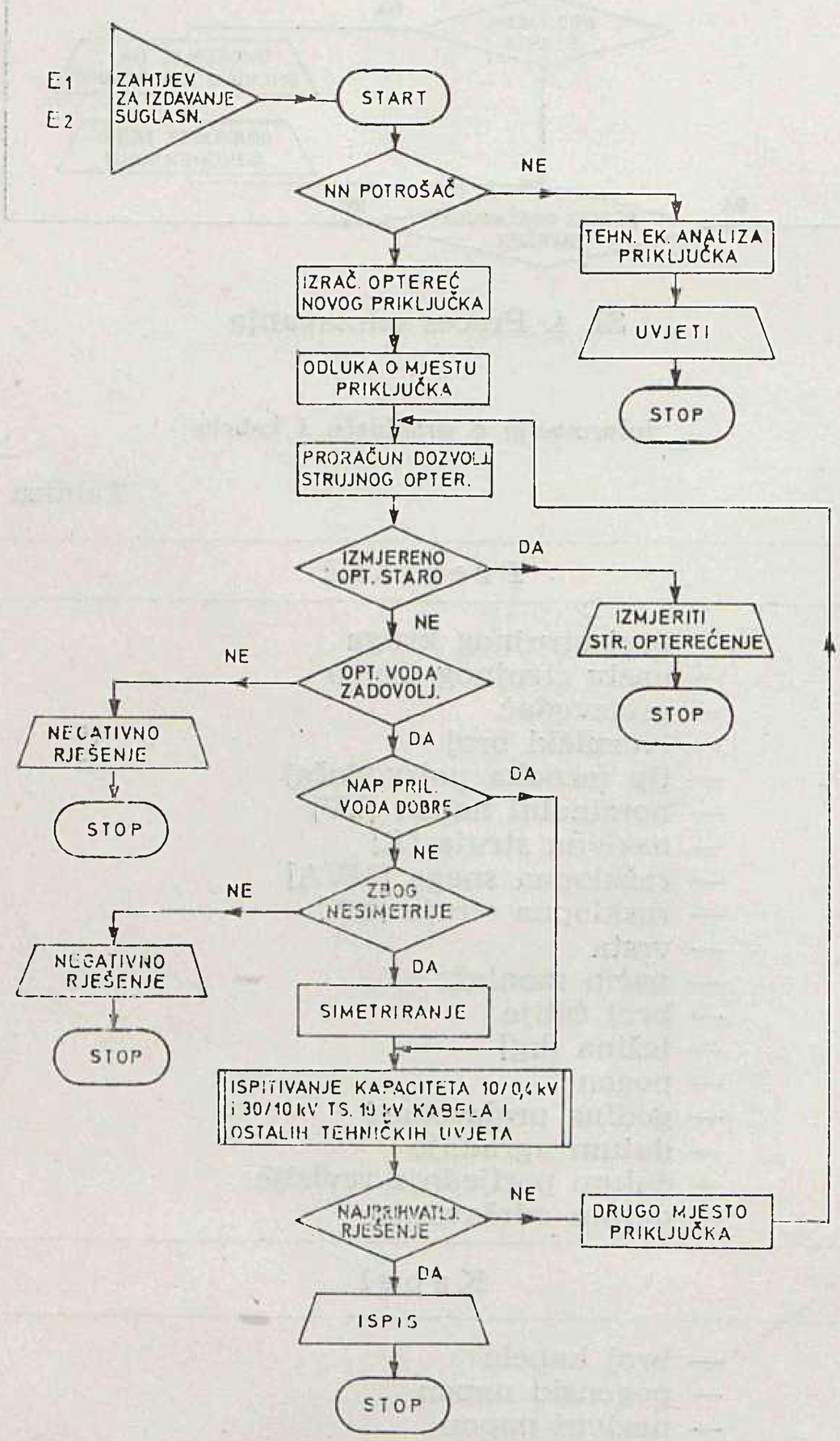
[6] *Remont* je veći popravak i zamjena dotrajalih dijelova radi održavanja pogonske ispravnosti bez povećanja ili smanjenja kapaciteta postrojenja (investiciono održavanje).

— duljina
— tip
— nazivna struja
— izmjereno opterećenje
— datum izmjerenog opterećenja
— brojevi ćelija i trafo-stanica
— vlasništvo

3.3. Proces ENERGETSKA SUGLASNOST

Ovaj proces omogućuje stranci (budućem potrošaču) da na zahtjev dobije energetsku suglasnost i tehničku dokumentaciju potrebnu za izvođenje priključka na elektroenergetski sistem. Energetska suglasnost izdaje se i postojećim potrošačima kad zahtijevaju veće opterećenje (priključak jačih trošila) ili stambenu dogradnju. Zbog toga ovaj proces pripada potrošačkoj djelatnosti poduzeća.

Zahtjev se podnosi na posebnom obrascu (E 1), ako se radi o stambenom objektu, ili na obrascu E 2, ako se radi o industrijskom objektu. Ovaj se proces aktivira čim stranka prema obrazac u urudžbeni zapisnik. Ako se radi o visokom naponu potrošaču (sl. 5), potrebno je izvršiti tehničko-ekonomsku analizu priključka i na temelju toga izraditi projekt priključka i dati uvjete u kojima se on može izvršiti, čime se proces završava.



Sl. 5. Proces energetska suglasnost

Ako se radi o potrošaču na niskom naponu, izračunava se opterećenje potrošača, odabire se mjesto priključka i proračunava dozvoljeno opterećenje voda. Iz spremljenih podataka očitava se stvarno opterećenje voda (izmjereno u doba najvećeg opterećenja) i određuje slobodni kapacitet, što je mjerodavno za donošenje odluke o priključku novog potrošača. U slučaju negativne odluke izdaje se stranci rješenje s potrebnim zahvatima za dobivanje energetske suglasnosti. Proces time završava.

Ako je odluka pozitivna, kontroliraju se dalje naponske prilike voda. Ako naponske prilike nisu dobre i ako je tome uzrok nesimetrija u mreži, daje se nalog za simetriranje i zatim ispituju kapaciteti ostalih elemenata elektroenergetskog sistema (pri tome se upotrebljava datoteka aktualnog uklopnog stanja). Postoji li više mogućnosti za priključak, bira se najprihvatljivije i izdaje energetska suglasnost.

ENERGETSKA SUGLASNOST SADRŽI

— traženu vršnu snagu u kW
— faktor snage (cos φ)
— podatke o elementima mreže na koje se priključuje potrošač
— mjerene podatke napona i snage
— datum mjerenja
— izdani kapacitet
— slobodni kapacitet
— način zaštite od dodirnog napona.

Posebno se za potrošače koji traže suglasnost za veću snagu navode:

TEHNIČKI UVJETI

— izmjene nekog elementa
— mjesto mjerenja
— izvedba glavnog voda
— vrst brojila i sl.

EKONOMSKI UVJETI

— tko snosi pojedine troškove
— mjesto predaje električne energije
— ostale naknade i sl.

OPĆI UVJETI

— obveze naručitelja — potrošača i distributivnog poduzeća
— vrijeme koje je na snazi, izdana suglasnost i sl.

Proces »Energetska suglasnost«, za razliku od ostala dva spomenuta procesa, uključuje u sebi potrošačku, tehničku i komercijalnu djelatnost. Za

njegov valjan rad nužno je raspolagati memorijama — datotekama informacija (tu bi se npr. koristila već spomenuta »Datoteka podataka tehničkih elemenata mreže« i »Datoteka aktualnog uklopnog stanja«). Izlazne informacije iz ovog procesa objektivno upućuju na kritična područja u kojima treba graditi nova ili proširivati postojeća postrojenja (područja u kojima ima velik broj negativnih rješenja).

Osim opisanih procesa, možemo u ovom času spomenuti još neke, svjesni da s njima nismo obuhvatili sve aktivnosti u distributivnom poduzeću. To su:

PRODAJA, kontinuirani proces koji počinje očitavanjem brojila potrošača na temelju čega se proračunava potrošnja električne energije, izdaje račun radi naplate i kontrolira urednost plaćanja. Prodana električna energija podvrgava se analizi radi dobivanja visokovrijednih informacija o prodanoj električnoj energiji glavnom izvoru prihoda poduzeća. Proces je veoma masovan jer se očitavanje, obračun i kontrola urednosti i plaćanja vrši za svakog potrošača. U veći dio ovog procesa u većini je poduzeća već uključeno elektroničko računalo.

PRIKLJUČAK POTROŠAČA, koji obuhvaća aktivnosti oko fizičkog priključka potrošača.

INVESTICIONA IZGRADNJA, s aktivnostima oko planske izgradnje, nadzora i preuzimanja investicionih objekata.

PROJEKT, sa svim aktivnostima projektiranja u vlastitoj kući ili koordinacije i nadzora projekata izvan poduzeća.

ENERGETIKA, stalni proces kojim se prati porast konzuma radi odgovarajuće i pravovremene izgradnje mreže.

PLAN, koji obuhvaća sve vrste planiranja u poduzeću i kontrolira izvršenje planova.

4. PRIPREMA PROCESA ZA OBRADU NA RAČUNALU

Nakon identifikacije, kao početnog koraka, može se prići pripremi procesa za obradu na računalu. U tu svrhu potrebno je postojeće obrasce, koji su namijenjeni za komunikaciju čovjek — čovjek, tako prilagoditi da budu pogodni za komunikaciju čovjek — računalo, tj. da se iz njih mogu direktno bušiti kartice za elektroničko računalo.

Na primjeru spomenuta tri procesa pokazuje se da je za njihov rad nužno raspolagati odgovarajućim memorijama — datotekama u kojima se nalaze organizirano spremljene informacije. Zbog toga je organiziranje potrebnih memorija podataka također nužna priprema za uključenje računala u obradu procesa.

Tek nakon završene pripreme može se prići izradi, testiranju i primjeni programa, što je u ovom slučaju manji dio posla.

Opsežnost i važnost priprema često se ne vidi ili se zanemaruje. Zbog toga neka poduzeća »uzmu« samo jednog čovjeka da radi na tako opsežnim poslovima, mjesto da se čitav posao pripreme i uvođenja računala u procese vodi s najviše hijerarhijske razine upravljanja u poduzeću i s organiziranim timskim radom. Jedino tako se, naime, može uspješno uključiti elektroničko računalo u racionalizaciju i ubrzanje procesa u poduzeću.

5. PRISTUP STVARANJU JEDINSTVENOG »MODELA«

Polazeći od definicije, identifikacije i pripreme procesa i obuhvaćajući na taj način sve aktivnosti u distributivnom poduzeću, postupno će se doći do »modela informacijskog sistema«. Pri tome se pojedini procesi nakon pripreme mogu programirati na računalu radi skupljanja nužnih iskustava ne čekajući završetak pripreme svih identificiranih procesa. Tako će se dobiti nužna iskustva za kasnije poboljšanje procesa i poboljšanje informacija u »modelu«.

Već od početka identifikacije potrebno je klasificirati i sređivati sve informacije, od najelementarnijih do visokovrijednih koje znatno utječu na vođenje tehničko-ekonomske politike poduzeća. Pri tome smatramo da je pogodno informacije klasificirati prema procesima na ulazne u proces i izlazne iz procesa.

Jedan od veoma važnih zadataka u početnoj fazi jest definicija procesa s kojima treba obuhvatiti sve sadašnje aktivnosti, kao i one koje se još nisu uvele, ali se osjeća potreba za njima. Osim toga, sasvim novi procesi trebat će se otvoriti zbog novog položaja elektroprivrede u društvu (odnos distributivnog poduzeća prema interesnoj i mjesnoj zajednici). Zbog svega toga svrsishodno je izbor procesa i identifikaciju izvršiti na nekom postojećem distributivnom poduzeću ne uzimajući u obzir njegovu organizaciju, već isključivo korisne aktivnosti koje se u poduzeću obavljaju.

Poseban informacijski podsistem u suvremenom je poduzeću dispečerski centar (DC) s daljinski upravljanim elementima u trafo-stanici. Nazovimo ga »pogonski informacijski podsistem«. Centar tog podsistema jest DC, u kojemu kao sredstvo obrade i prikupljanja informacija egzistira procesno računalo [L 2] neposredno povezano s elementima elektroenergetskog sistema.

Budući da je DC mjesto gdje se skupljaju svježe informacije iz pogona i mjesto na kojem se obrađuju informacije, dakle koriste tehničke informacije iz memorija podataka (danas su te informacije uglavnom u tzv. tehničkoj dokumentaciji), razumljivo je da DC mora biti povezan s centrom informacijskog sistema poduzeća, što se ostvaruje međusobnom vezom procesnog računala u DC i računala koje je uključeno u obradu ostalih proseca (sjetimo se npr. »memorije aktualnog uklopnog stanja«).

Sve to logički nameće zaključak da zapravo u DC ili pri njemu treba biti i centar informacijskog sistema distributivnog poduzeća.

6. ZAKLJUČAK

Svrha je ovog rada poticanje na zajednički napor svih distributivnih poduzeća radi zajedničke koristi koja će se ostvariti izradom »modela informacijskog sistema«. Izradom »modela« postiglo bi se veće iskorištenje računala, poboljšala bi se organizacija poduzeća, stvorili objektivniji pokazatelji za usmjeravanje investicija, tj. društvenih sredstava koja se troše na izgradnju i proširenje elektroenergetskog sistema, ukratko — poboljšala bi se funkcija elektrodistributivnih poduzeća u društvu.

Stoga predlažemo da se pristupi izradi »modela« definiranjem i identifikacijom procesa, a za primjer se navode tri procesa — KVAR, ODRŽAVANJE i ENERGETSKA SUGLASNOST — identificirana u zagrebačkoj »Elektri«.

Pri projektiranju dispečerskih centara potrebno je riješiti dio informacijskog sistema koji se odnosi na neposredno vođenje pogona, jer je DC centar tzv. »pogonskog informacijskog podsistema«.

Izrada »modela« i identifikacija procesa, potaknuta većim iskorištenjem elektroničkog računala, koje se najčešće uvodi zbog obračuna potrošača, zahtijeva organizirani timski rad koji će voditi i koordinirati neposredno uprava poduzeća.

Literatura

[L 1] Guberinić, Matejić, Mikić, Petrović, Sistemi, upravljanje sistemima sistemske discipline, tehnike i metode (leksikon pojmova s tumačenjem), Institut »Mihajlo Pupin«, Beograd 1970.

[L 2] Čupin, Zadaci procesnog računala u vođenju pogona distributivnog elektroenergetskog sistema, Energija 24 (1974), 9—10, Zagreb

Naslov pisca: Mr Nikola Čupin, dipl. ing.
»Elektra« — Zagreb

TEP

TVORNICA ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA, ZAGREB - VRAPČE

Proizvodi:

— KABELSKE GLAVE I SPOJNICE DO 35 kV,
— NISKONAPONSKE RAZVODNE UREĐAJE,
— S SVJETILJKE,
— S INSTALACIONI MATERIJAL I SIGNALNE UREĐAJE,
— INSTALACIONI MATERIJAL INDUSTRIJSKE NAMJENE.

TEP — Zagreb, Vrapče
Oranički odvojak 18

TELEFONI:
CENTRALA: 573-099
PRODAJA: 573-414
NABAVA: 573-336
TELEX: 21-361

PLINSKE TURBINE U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU SRH

Duško Čorak, Zagreb

Manjak električne energije koji se pojavio u elektroenergetskom sistemu u SRH, kao i manjak električne energije koji se očekuje u narednim godinama posljedica su nedovoljne i zakašnjele izgradnje energetskih izvora. Izgradnjom klasičnih izvora (termoelektrane na fosilna goriva, nuklearne elektrane) nije moguće u narednim godinama (1975, 1976, 1977) riješiti problem manjkova električne energije s obzirom na vrijeme koje je potrebno za izgradnju ovih vrsta energetskih izvora. Plinske turbine jedno su od rješenja, koja se mogu staviti u pogon u relativno kratkom roku.

Ovaj članak analizira tehnička rješenja plinskih turbina i njihovu mogućnost uključivanja u elektroenergetski sistem SRH, s obzirom na krizno razdoblje koje se očekuje.

DK 621.125:62131

Zakašnjenje izgradnje elektroenergetskih izvora u proteklom razdoblju ima za posljedicu predviđeni manjak električne energije u narednim godinama (1975, 1976 i 1977). S obzirom na potrebno vrijeme izgradnje elektro-energetskih izvora (npr. za termoelektrane na fosilna goriva potrebno vrijeme izgradnje je između 3 i 4 god.), nije moguće u navedenom razdoblju izgradnjom klasičnih izvora pokriti predviđeni manjak električne energije. Jedno od rješenja za ublažavanje manjkova u navedenim godinama je mogućnost izgradnje plinskih turbina u relativno kratkom roku (potrebno vrijeme izgradnje plinskih turbina iznosi 10—12 mjeseci). Ta činjenica je navela na razmatranje opravdanosti izgradnje plinskih turbina u elektroenergetskom sistemu SRH.

Početkom 1974. god. u okviru Instituta za elektroprivredu izrađena je »Analiza prilika u elektroenergetskom sistemu SRH u god. 1975, 76 i 77«, studija koja je na određeni način pokazala opravdanost izgradnje plinskih turbina, kako bi se ublažile krizne situacije u navedenim godinama.

Raznovrsnost izvedbe tehničko-tehnoloških rješenja plinskih turbina u proizvodnji električne energije upućuje na potrebu da se izrade tehničko-ekonomske analize radi optimalnog rješenja za određene prilike.

Potrebe elektro-energetskog sistema

Utjecaj izgradnje plinskih turbina na prilike u elektroenergetskom sistemu SRH, razmatran je pomoću metode konstantne i varijabilne energije za svaki mjesec u 40-godišnjem hidrološkom razdoblju.

Prosječne godišnje elektroenergetske bilance za promatrane godine, od 1975. do 1977, pokazuju predviđene redukcije potrošača električne energije kako slijedi:

Godina	1975.	1976.	1977. Al. 75.000 t	1977. Al. 110.000 t
Redukcija bez Jertovca 2 × 34 MW	828	1240	650	1150 GWh
Redukcija sa Jertovcem 2 × 34 MW	581	490	164	402 ,,
Redukcija sa Jertovcem + 4 × 25 novih plinskih turbina	426	157	35	107 ,,

Izgradnjom agregata s plinskim turbinama smanjuje se redukcija električne energije potrošača. Smanjenje redukcije je s jedne strane posljedica povećane proizvodnje u termoelektranama, a s druge strane povećanja korištenja vode u hidroelektranama.

U ovom prikazu iznijete su prosječne vrijednosti redukcija. Stoga je potrebno naglasiti da se prava slika utjecaja izgradnje plinskih turbina dobiva tek nakon promatranja prilika u sistemu kroz svih 40 godina hidroloških situacija.

Za bolji prikaz prilika u elektroenergetskom sistemu dat će se nadalje utjecaj plinskih turbina na sigurnost opskrbe potrošača.

Ako se prihvati definicija sigurnosti potrošača kao omjer između broja godina u kojima je moguće u potpunosti opskrbiti potrošače i ukupnog broja promatranih godina (ovdje se misli na godine prema hidrološkim prilikama), tada sigurnost opskrbe potrošača u pojedinim godinama iznosi:

	1975.	1976	1977. Al. 75.000 t	1977. Al. 110.000 t
Bez plinskih turbina	0	0	0	0 %
S plinskim turbinama Te Jertovec 2 × 24 MW + 4 × 25 MW	0	10	67,5	20 %

Ove vrijednosti sigurnosti opskrbe potrošača u promatranim godinama ne znače da će se izračunati postoci i stvarno ostvariti u toj godini jer se izračunate vrijednosti odnose na 40-godišnje razdoblje.

Tehnološko rješenje plinsko-turbinskih elektrana

Iz analize prilika u elektroenergetskom sistemu može se zaključiti da će prosječno, predviđeno vrijeme upotrebe plinskih turbina u sistemu, ovisno o hidrološkim prilikama u promatranom razdoblju, 1975. do 1977. god., iznositi između 2000 i 5000 h rada. Upotreba u ostalim godinama ovisit će o prilikama u sistemu, a može varirati od nule do maksimalno moguće proizvodnje, što opet ovisi o ostvarenju plana ulaska u pogon planiranih proizvodnih elektroenergetskih objekata, raspolo-

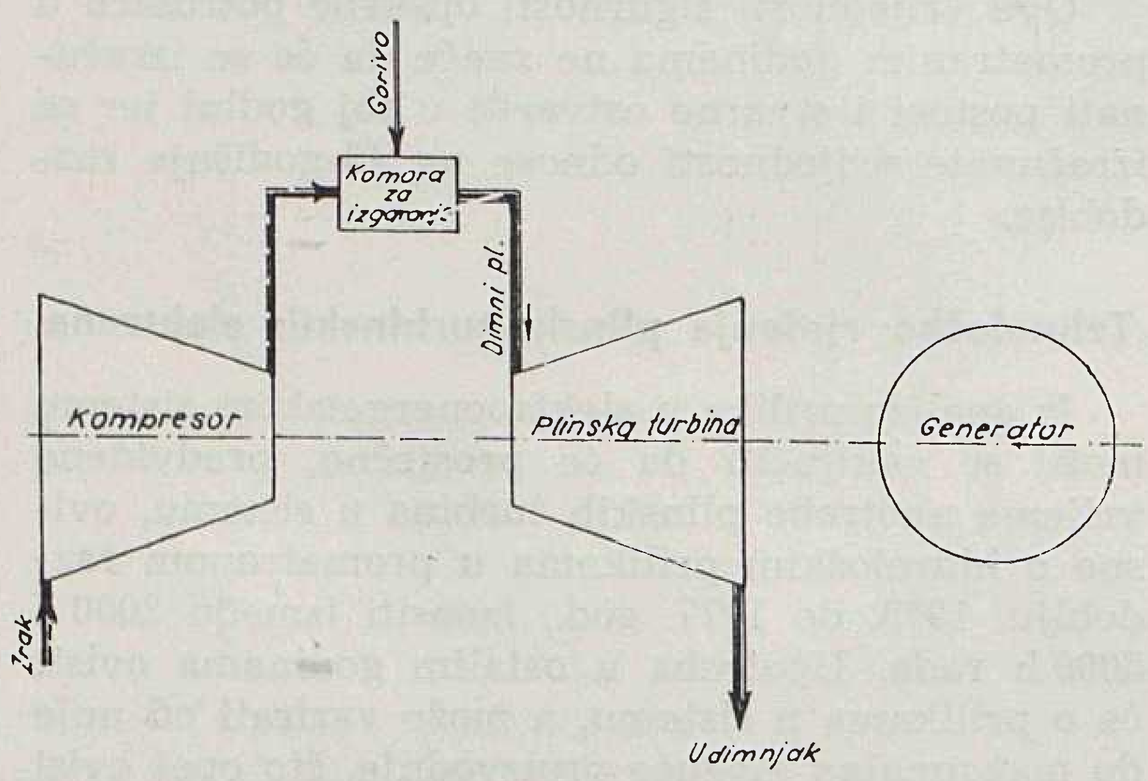
živosti elektrana u sistemu i o hidrološkim prilikama.

Izbor tehnološkog rješenja u prvom redu ovisi o mjestu i ulozi plinsko-turbinske elektrane u elektroenergetskom sistemu, a određeno je prilikama što se očekuju u njemu. Valja naglasiti, da uvjeti što su doveli do izgradnje plinsko-turbinske elektrane (PTE) mogu biti prolazni (manjak električne energije zbog zakašnjenja izgradnje elektroenergetskih izvora), i da pravo mjesto i uloga PTE s obzirom na strukturu izvora u elektroenergetskom sistemu danas, i onih što se planiraju, mogu biti različiti.

Polazeći od navedenih činjenica i uzimajući u obzir strukturu elektroenergetskog sistema u skoroj budućnosti, kada se očekuje znatno veći udjel termoenergetskih izvora u snazi i energiji, PTE dobivaju svoje posve određeno mjesto. Gledano u tom svjetlu PTE izgrađene radi ublažavanja manjkova električne energije od 1975. do 1977. dobivaju poslije toga razdoblja mjesto u elektroenergetskom sistemu koje nije karakterizirano visokim brojem sati godišnjeg pogona. Stvarno vrijeme angažiranja ovisit će o raspoloživosti termo- i nuklearnih elektrana u sistemu, te o hidrološkim prilikama. Prilike u elektroenergetskom sistemu u razdoblju od 1975. do 1977. god., ukazuju na kriterije što ih tehnološka rješenja plinskih turbina moraju zadovoljiti, a to su:

1. dugi vijek trajanja
2. niski troškovi održavanja
3. niski specifični potrošci topline
4. relativno niski investicioni troškovi
5. visoka raspoloživost
6. kratki rok izgradnje i stavljanja u pogon.

Tehnička rješenja plinskih turbina, koja u najvećoj mjeri zadovoljavaju prethodno navedene kriterije su stacionarne plinske turbine izvedene u paketnoj izvedbi i otvorenom ciklusu (sl. 1) s relativno visokim izlaznim temperaturama dimnih plinova (270 do 510 °C), te relativno povoljnim energetskim karakteristikama, (specifični potrošak topline 3000 do 3300 kcal/kwh).



Sl. 1. Postrojenje plinske turbine u otvorenoj izvedbi (čisti PTA)

Relativno visoka izlazna temperatura dimnih plinova iz plinske turbine pruža mogućnost poboljšavanja stupnja korisnog djelovanja, odnosno specifičnog potroška topline iskorištavanjem izlazne (otpadne) topline.

Primjena kombiniranog ciklusa radi smanjenja potroška goriva

U posljednjih nekoliko godina izražena su nastojanja kod primjene plinskih turbina u proizvodnji električne energije, da se smanji potrošak goriva, odnosno poveća stupanj korisnog djelovanja ciklusa.

Plinske turbine s otvorenim ciklusom imaju specifični potrošak topline između 3000 i 4000 kcal/kwh. Radi poboljšanja stupnja korisnog djelovanja ciklusa proizvođači plinskih turbina su nastojali da poboljšaju konstruktivna rješenja primjenom sve kvalitetnijih materijala, koji omogućuju veće temperature plinova izgaranja na ulazu u plinsku tubrinu, i da iskoriste toplinu izlaznih dimnih plinova za proizvodnju dodatne energije.

Mogućnosti poboljšanja stupnja korisnog djelovanja ciklusa plinskih turbina korištenjem topline izlaznih dimnih plinova iz plinske turbine, bit će iznesene u daljnjem izlaganju.

Radi poboljšanja stupnja korisnog djelovanja ciklusa najčešće se uz Braytonov ciklus superponira Rankinov ciklus, pa su u takvoj vezi dobili zajednički naziv kombinirani ciklus, odnosno »kombi« postrojenje. Kombinirani ciklus se može svrstati uglavnom u četiri različite izvedbe, a svaka od njih ovisi o načinu na koji se kotlovski dio postrojenja koristi za iskorištenje topline dimnih plinova u sklopu s plinskim turbinama.

Navodimo četiri slučaja »kombi« postrojenja, i to:

I — Plinska turbina vezana s kotlom na otpadnu toplinu bez dodatnog loženja s parno-turbinskim postrojenjem.

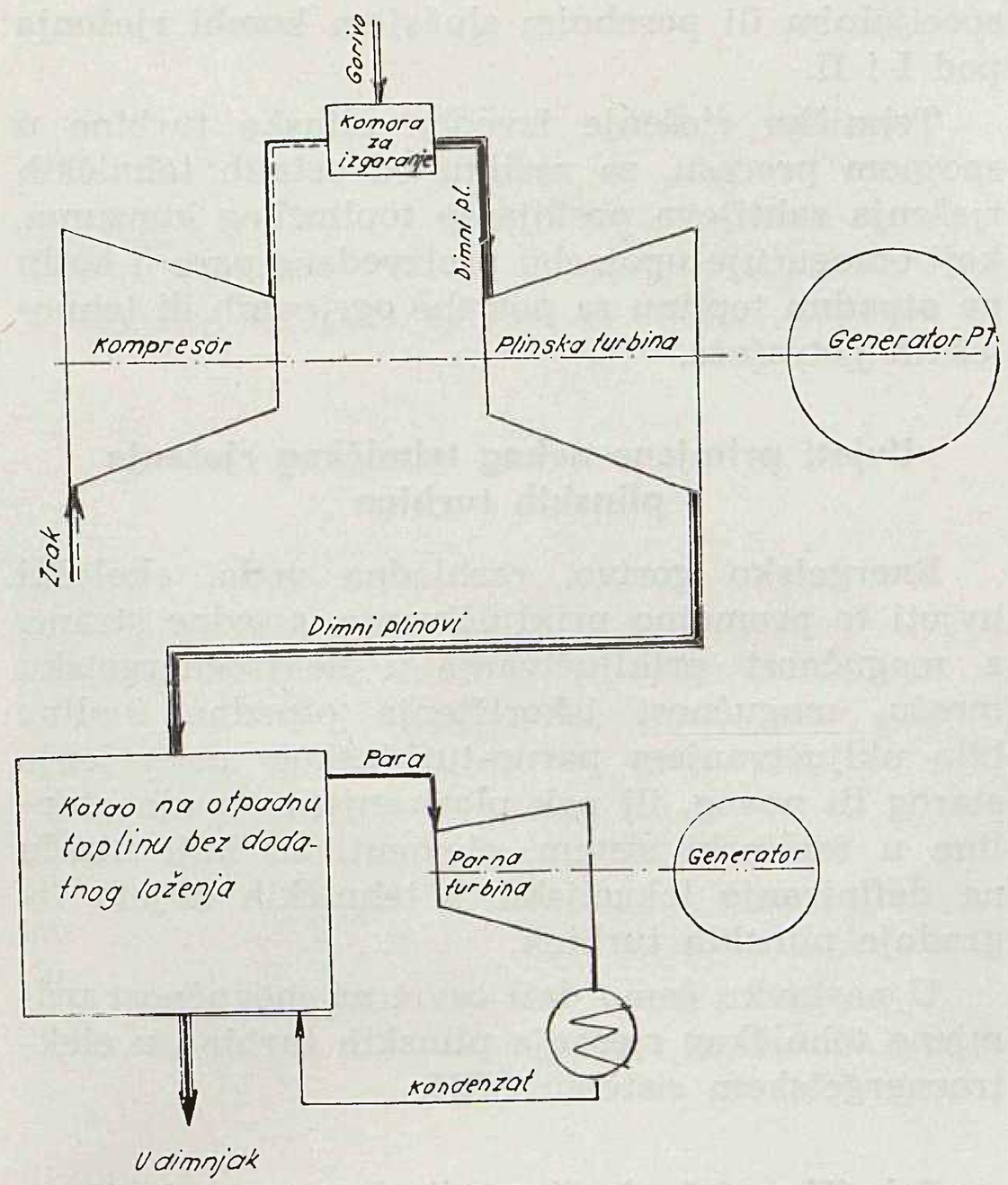
II — Plinska turbina vezana s kotlom na otpadnu toplinu s dodatnim loženjem i parno-turbinskim postrojenjem.

III — Plinska turbina vezana s kotlom parno-turbinskog postrojenja, gdje se izlazni dimni plinovi koriste kao zrak za izgaranje.

IV — Plinska turbina vezana s kotlom parno-turbinskog postrojenja koji ujedno služi kao komora izgaranja.

Za svaki ovaj slučaj dajemo neke od osnovnih karakteristika.

Slučaj I — Plinska turbina vezana s kotlom na otpadnu toplinu i parno turbinskim postrojenjem (sl. 2), pojavljuje se kao primarni proizvođač električne energije, dok je u izlaznom traktu plinske turbine ugrađen kotao na otpadnu toplinu za pre-



Sl. 2. Postrojenje plinske turbine »kombi« izvedbe s parno-turbinskim postrojenjem

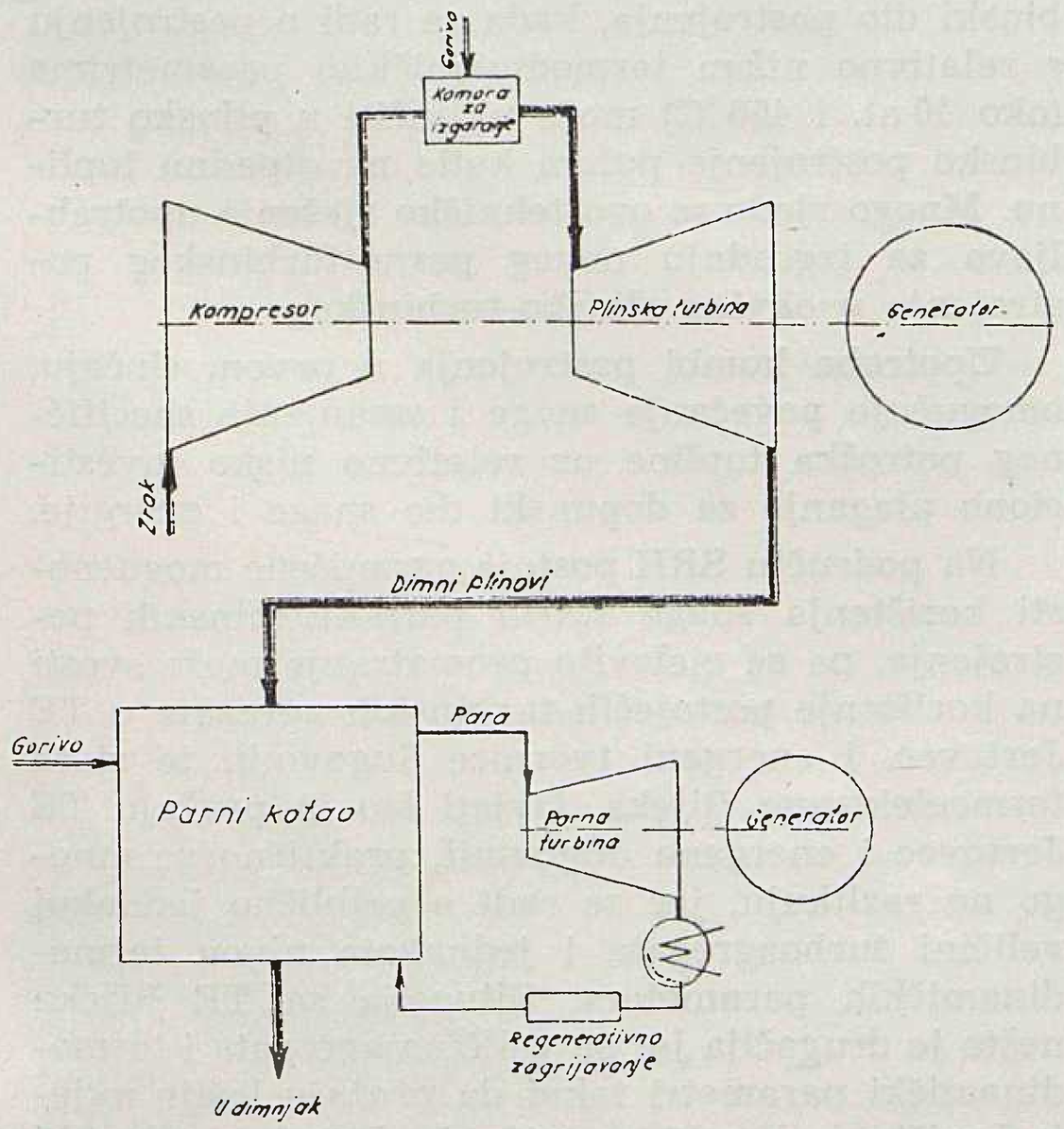
uzimanje topline izlaznih dimnih plinova i proizvodnju pare relativno niskih parametara za pogon parno-turbinskog postrojenja. Plinska turbina u ovom slučaju proizvodi oko 2/3 ukupne snage kombi postrojenja, a 1/3 se dobiva iz parno turbinskog postrojenja. Ovisno o gorivu i parno-plinskom ciklusu, specifična potrošnja topline iznosi od 2250 do 3000 kcal/kwh. (η = 38,2% do 28,8%).

U slučaju II — Plinska turbina s kotlom na otpadnu toplinu s dodatnim loženjem i parno-turbinskim postrojenjem, plinska turbina se pojavljuje kao primarni proizvođač električne energije, ali u nešto manjem obujmu nego u slučaju I, a iznosi između 50 i 60% ukupne snage. Povećani udio u snazi parno-turbinskog postrojenja postiže se dodatnim izgaranjem goriva i povećanjem temperature dimnih plinova na vrijednost do max 650 °C. Specifični potrošak topline kreće se u području 2200 do 2500 kcal/kwh (η = 39,1% do 34,4%).

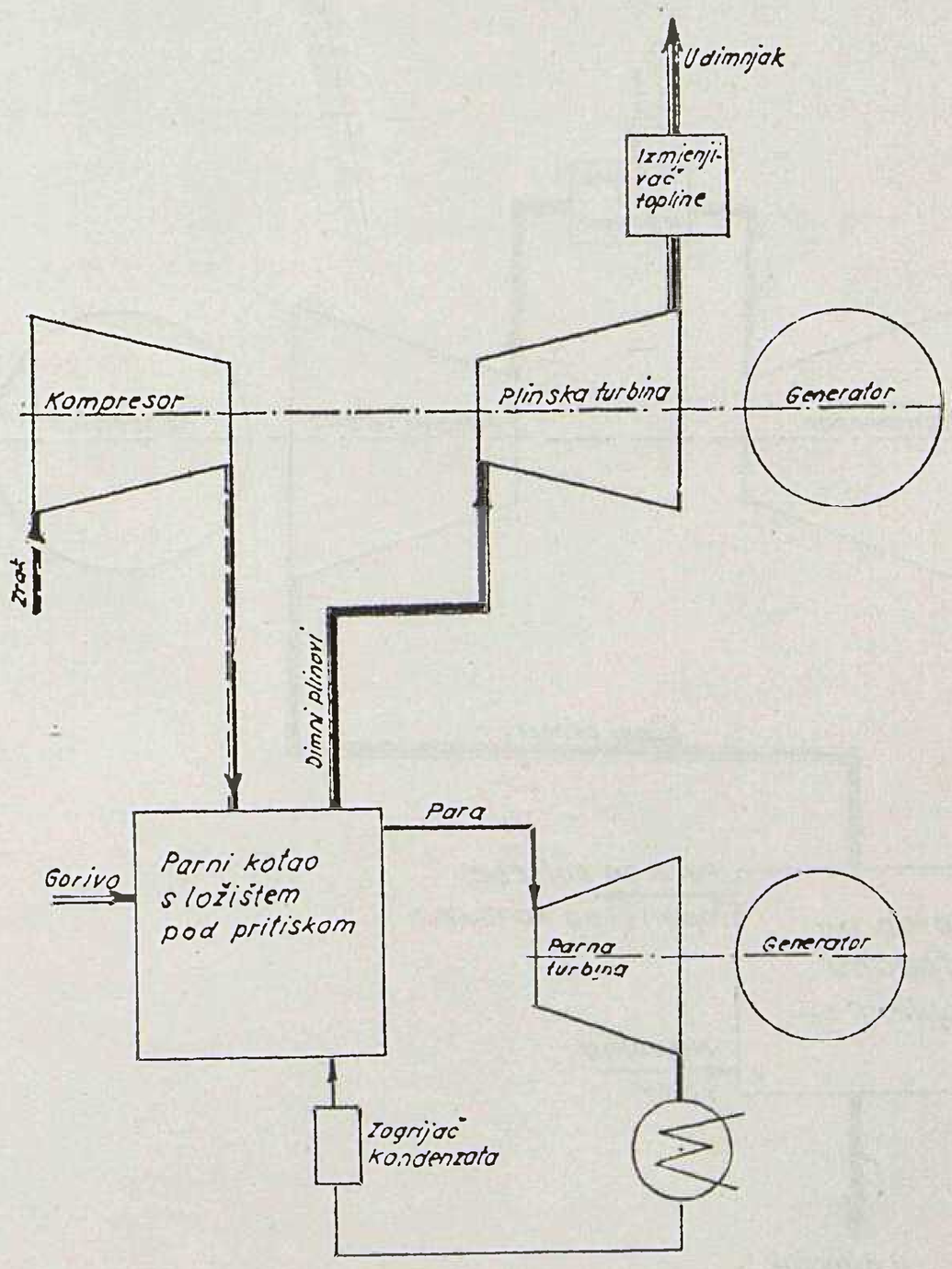
Slučaj III — U ovom rješenju kombi postrojenja (sl. 3), plinska se turbina ne pojavljuje kao primarni proizvođač električne energije. Izlazni dimni plinovi iz plinske turbine sadrže kisik između 15 i 18%, pa se on uz visoku temperaturu dimnih plinova koristi za izgaranje goriva, bilo ugljena i tekućeg goriva, ili plina u konvencionalnim kotlovima. Kotao je konstruiran slično kao i u konvencionalnoj izvedbi, samo što kod ovakvih slučajeva nije potrebna ugradnja zagrijača zraka.

Pretičak zraka u kotlu se kod ovakvog rješenja može postići do 5%, dok snaga plinske turbine iznosi 15 do 20% ukupne snage postrojenja.

- 6 -



Sl. 3. Postrojenje plinske turbine integrirano u parno-turbinsko postrojenje



Sl. 4. Postrojenje plinske turbine s kotlom parno-turbinskog postrojenja kao komorom izgaranja

Slučaj IV — U ovom je slučaju kotao parno-turbinskog postrojenja postavljen iza kompresora za zrak, a ispred plinske turbine (sl. 4). Gorivo se loži u kotlu pod tlakom 5—6 at., pa se na taj način povećava koeficijent prijelaza topline, što smanjuje dimenzije kotla. Gorivo je u ovom slučaju ograničeno na plin i loživo ulje. Ovo kombi postrojenje se može primijeniti na brodovima, gdje je pitanje prostora posebno važno.

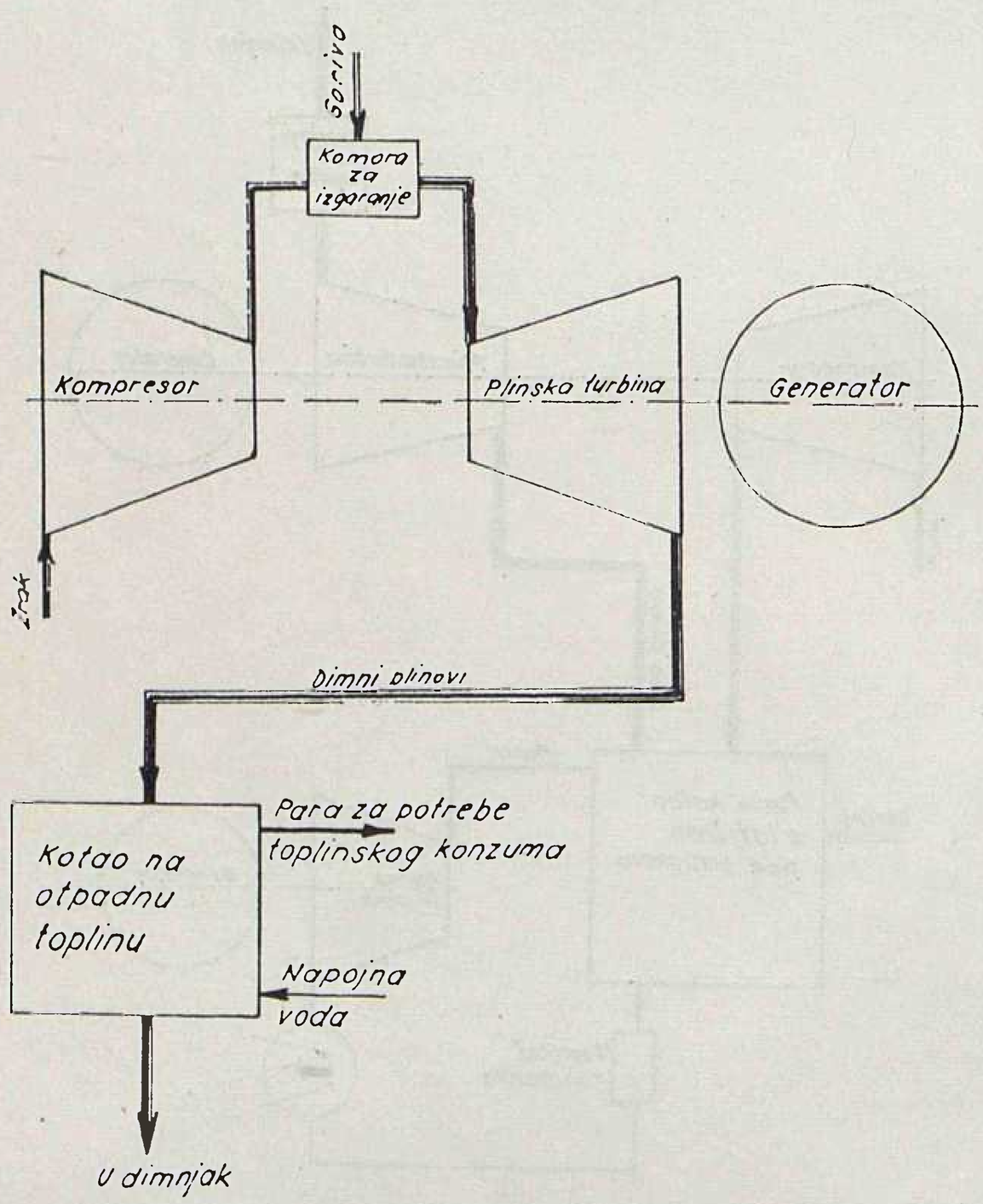
Iz prethodno navedenog se vidi da su stremljenja poboljšanja stupnja korisnog djelovanja u odnosu na čistu plinsku turbinu usmjerena u različitim pravcima, a primjena nekog slučaja ovisi prvenstveno o uvjetima u kojima se želi koristiti plinsko-turbinsko postrojenje.

Među navedenim kombi postrojenjima i čisto plinskim bilo je moguće tražiti najpovoljnije rješenje izgradnjom plinskih turbina za potrebe elektroenergetskog sistema SRH.

Neki od ovih slučajeva, a to se prvenstveno odnosi na slučajeve kombi postrojenja III i IV, nisu se mogli razmatrati, jer takvi objekti trebaju ući u pogon u najkraćem roku.

Plinske turbine izvedene u čisto otvorenoj izvedbi, kao i rješenja kombi izvedbe pod I i II pronašla su osnovu za iznalaženje optimalnog rješenja.

Navedenim tehničkim rješenjima valja svakako dodati i rješenje takozvanog spojnog procesa izvedbe plinskih turbina (sl. 5) što se može smatrati



Sl. 5. Postrojenje plinske turbine u spojnom procesu

specijalnim ili posebnim slučajem kombi rješenja pod I i II.

Tehničko rješenje izvedbe plinske turbine u spojnom procesu, za razliku od ostalih tehničkih rješenja zahtijeva postojanje toplinskog konzuma, koji omogućuje upotrebu proizvedene pare u kotlu na otpadnu toplinu za potrebe ogrjevnih ili tehnoloških potrošača.

Uvjeti primjene nekog tehničkog rješenja plinskih turbina

Energetsko gorivo, rashladna voda, ekološki uvjeti te prometno priključivanje, s jedne strane, a mogućnost priključivanja u elektroenergetsku mrežu, mogućnost iskorištenja otpadne topline bilo uključivanjem parno-turbinskog postrojenja starog ili novog, ili pak plasiranjem otpadne topline u toplinski sistem, elementi su koji utječu na definiranje lokacijskih i tehničkih uvjeta izgradnje plinskih turbina.

U nastavku ćemo dati osvrt na mogućnost primjene tehničkog rješenja plinskih turbina u elektroenergetskom sistemu SRH.

Tehničko rješenje čisto plinskog postrojenja

Za ovo tehničko rješenje osim navedenih lokacijskih uvjeta, te uvjeta opskrbe gorivom i uključivanja u elektroenergetsku mrežu, nema drugih elemenata koji ograničavaju njegovu primjenu.

Tehničko rješenje »kombi« postrojenja

Ovo tehničko rješenje se u praksi najčešće primjenjuje u starim termoelektranama, gdje se turbinski dio postrojenja, kada se radi o postrojenju s relativno nižim termodinamičkim parametrima (oko 40 at. i 450 °C) može uključiti u plinsko turbinsko postrojenje putem kotla na otpadnu toplinu. Mnogo rjeđe se ovo tehničko rješenje upotrebljava za izgradnju novog parno-turbinskog postrojenja u okviru plinsko-turbinskog.

Upotreba kombi postrojenja u prvom slučaju, omogućuje povećanje snage i smanjenje specifičnog potroška topline uz relativno nisko investiciono ulaganje za dopunski dio snage i energije.

Na području SRH postoje ograničene mogućnosti korištenja snage starih parno-turbinskih postrojenja, pa se cjelovito promatranje može svesti na korištenje postojećih turbinskih agregata u TE Jertovec, i energani tvornice Jugovinil, te stare termoelektrane Rijeka. Uvjeti što ih pružaju TE Jertovec i energana Jugovinil, praktično se mnogo ne razlikuju, jer se radi o približno jednakoj veličini turboagregata i jednakom nivou termodinamičkih parametara. Situacija sa TE Rijeka nešto je drugačija jer su veličina agregata i termodinamički parametri takvi da pružaju lošije uvjete korištenja kombi postrojenja. Povoljnost kombi postrojenja u uvjetima korištenja starog parno-

-turbinskog postrojenja bit će razmatrana na primjeru energane Jugovinil.

Analiza Kombi rješenja s novim parno-turbinskim postrojenjem, provedena je u okviru razmatranja tehničkog rješenja PTE Osijek, a dobiveni rezultati se praktično mogu koristiti i primijeniti i za svaku drugu lokaciju, ukoliko se radi o izgradnji takvog postrojenja na novoj lokaciji.

Tehničko rješenje plinskog postrojenja u spojnom procesu

U ovom slučaju primjene plinskog postrojenja pojavljuje se kao osnovni uvjet postojanje toplinskog konzuma, koji omogućuje plasman količine topline u izlaznim dimnim plinovima, bilo da se radi o proizvodnji topline za ogrjevne ili tehnološke potrošače.

U SR Hrvatskoj postoje uvjeti za primjenu ovog rješenja u gradovima sa centraliziranim sistemom snabdijevanja potrošača toplinskom energijom. Zasad su to gradovi Zagreb i Osijek.

Planirana izgradnja energetskih izvora u spojnom procesu u Zagrebu pokriva potrebe toplinskog sistema do 1980. godine, pa je na taj način isključeno razmatranje primjene spojnog procesa s plinskim turbinama na ovom konzumnom području.

Toplinski konzum grada Osijeka pruža sve uvjete u pogledu mogućnosti primjene spojnog procesa iz plinsko-turbinskog postrojenja, budući da zasad ne postoje energetski izvori izgrađeni za spojnu proizvodnju.

Na primjeru toplinskog konzuma Osijeka koji je detaljno obrađen u okviru studije »Razvoj toplifikacije grada Osijeka do 1985. god.« provedene su analize povoljnosti ovog tehničkog rješenja.

Da bi se sagledali ostali uvjeti u pogledu načina primjene ovog tehničkog rješenja analizirat će se način i mogućnost uklapanja ovakve vrste postrojenja u toplinski sistem.

Uklapanje u toplinski sistem

Angažiranje PTE definirano je uvjetima elektroenergetskog sistema, kao što su veličina konzuma, hidrološko stanje, te raspoloživost elektrana u sistemu.

Potrebe toplinskog sistema definirane su klimatskim uvjetima kod ogrjevnih potrošača, dok vrsta i struktura tehnoloških potrošača definira potrebe tehnološkog konzuma. Potrebe ogrjevnih i tehnoloških potrošača određene su dijagramima trajanja toplinskog opterećenja.

Potrebe elektroenergetskog i toplinskog sistema nisu u nikakvoj korelacijskoj vezi, pa se potrebe elektroenergetskog sistema ne moraju poklapati s potrebama toplinskog sistema. Toplinski sistem u cjelini ima izražene potrebe u razdoblju od X do kraja IV mjeseca, a znatno manje potrebe između ovog razdoblja (samo tehnološki konzum). Unutar ogrjevnog razdoblja, potrebe toplinskog sistema, također su različite, pa variraju od mjeseca do mjeseca, ovisno o klimatskim uvjetima. Iz tih razloga potrebno je obaviti uklapanje PTE u elektroenergetski i toplinski sistem na osnovi mjesečnih potreba elektroenergetskog sistema ovisno o hidrološkim prilikama, te mogućoj proizvodnji toplinske energije u kotlovima na otpadnu toplinu i potreba toplinskog sistema kroz ista mjesečna razdoblja.

Na mjesečnim dijagramima trajanja toplinskog opterećenja za mjesece siječanj i travanj pokazat će se mogući slučajevi u proizvodnji i plasmanu toplinske energije. U stvari, moguća su dva karakteristična slučaja:

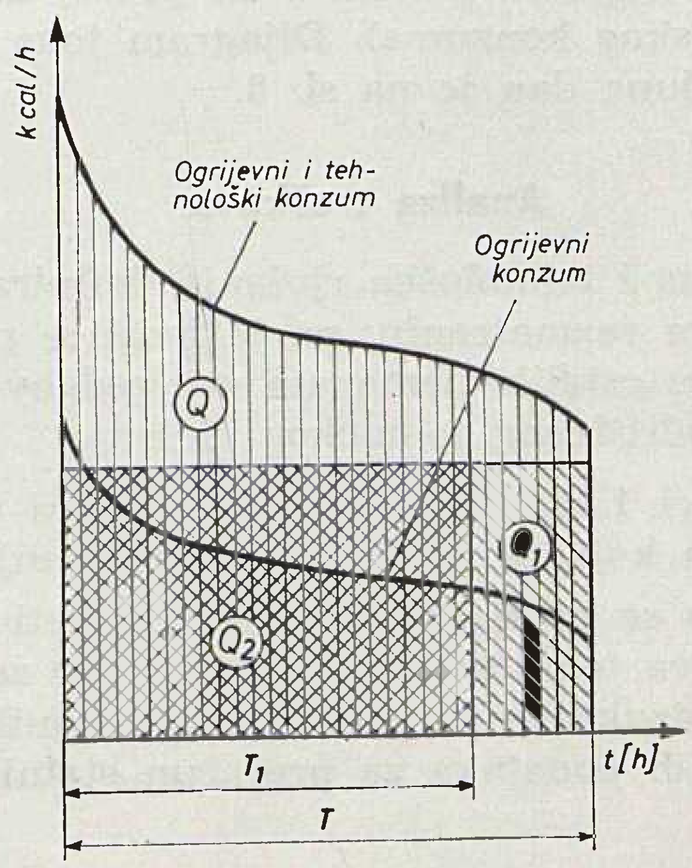
1. Potrebe toplinskog sistema su veće od moguće proizvodnje spojnog procesa

$$Q > Q_1.$$

2. Potrebe toplinskog sistema su manje od moguće proizvodnje spojnog procesa

$$Q < Q_1.$$

Prvi karakteristični slučajevi pojavljuju se u mjesecima s većim toplinskim opterećenjem, a drugi s manjim.



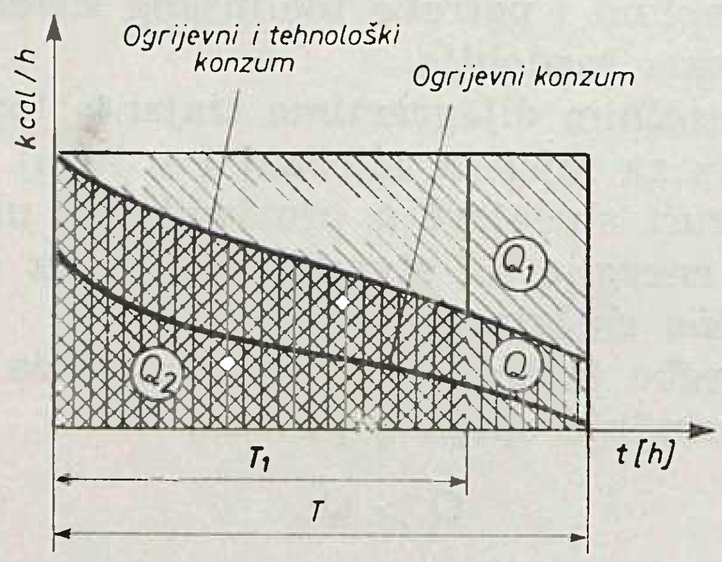
Sl. 6. Mjesečni dijagram trajanja ($Q > Q_1$)

T [h] — vrijeme trajanja toplinskog opterećenja u promatranom mjesecu
T_1 [h] — vrijeme angažiranja plinske turbine u elektroenergetskom sistemu
Q [kcal] — potrebna količina topline toplinskog sistema ogrjevnog i tehnološkog
Q_1 [kcal] — moguća proizvodnja spojnog procesa
Q_2 [kcal] — plasirana količina topline u spojni proces

Osim navedenih ograničenja valja navesti ograničenje u pogledu vremena angažiranja plinske turbine u elektroenergetskom sistemu, pa je na taj način određena plasirana količina topline u toplinski sistem Q_2.

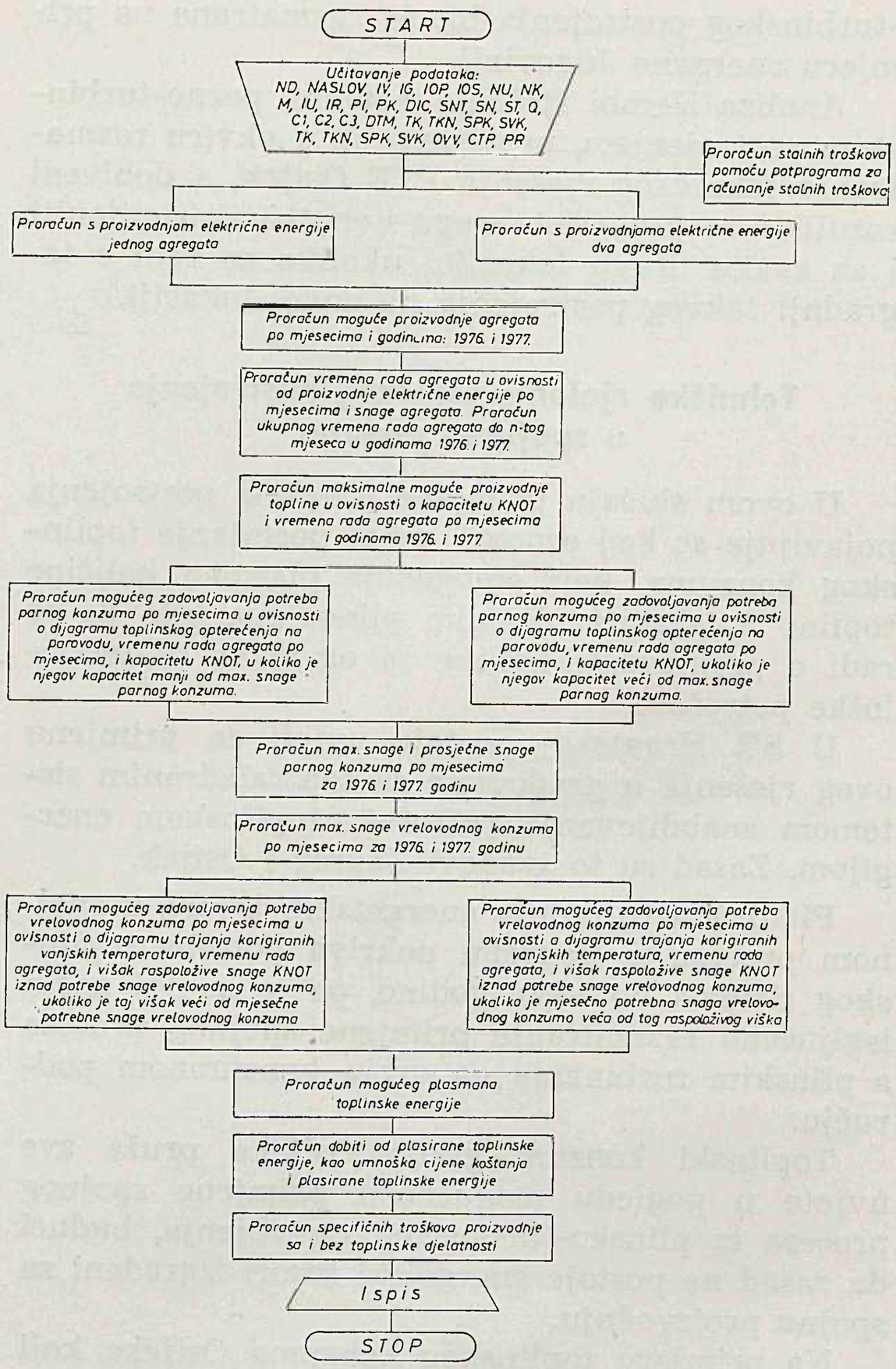
Promatrajući potrebe toplinskog sistema ogrjevnog i tehnološkog (u uvjetima kada proizvedena para u spojnom procesu može zadovoljiti termo-

dinamičke parametre ogrjevne i tehnološke pare) s jedne strane, te moguću proizvodnju iz spojnog procesa, može se uz predviđeno vrijeme angažiranja plinske turbine (ovisno o prilikama u elektroenergetskom sistemu) izračunati količina topline po mjesecima, koja se plasira u toplinski sistem ovisno o hidrološkim prilikama.



Sl. 7. Mjesečni dijagram trajanja ($Q < Q_1$)

Navedeni proračun moguće je provesti jedino na računskom stroju, jer je navedeno promatranje potrebno provesti za nekoliko godina, u kojima se pojavljuju različite prilike u elektroenergetskom sistemu, a isto tako nastupaju promjene u toplinskom sistemu (prvenstveno promjena u veličini toplinskog konzuma). Dijagram toka navedenog proračuna dan je na sl. 8.



Sl. 8. Dijagram toka

Analiza troškova

Tehnička i tehnološka rješenja definirana su u prethodnom razmatranju, pa je moguće pristupiti utvrđivanju ostalih elemenata za vrednovanje povoljnosti određenog tehničkog rješenja.

U tablici 1. dani su osnovni tehnički elementi postrojenja koja se uzimaju u razmatranje.

Ukoliko se pretpostave jednaki uvjeti financiranja za sva tehnička rješenja, tada će se uz poznavanje strukture i veličine investicionih ulaganja i ostalih podataka za proračun stalnih godišnjih troškova (broj radne snage, veličinu investicionog održavanja, razne doprinose, itd.) moći izračunati stalni godišnji troškovi što će uz promjenljive troškove pobliže definirati povoljnost nekog tehničkog rješenja. Za pobliže definiranje pojedinih tehničkih rješenja u tablici 2 je dana

Tablica 1

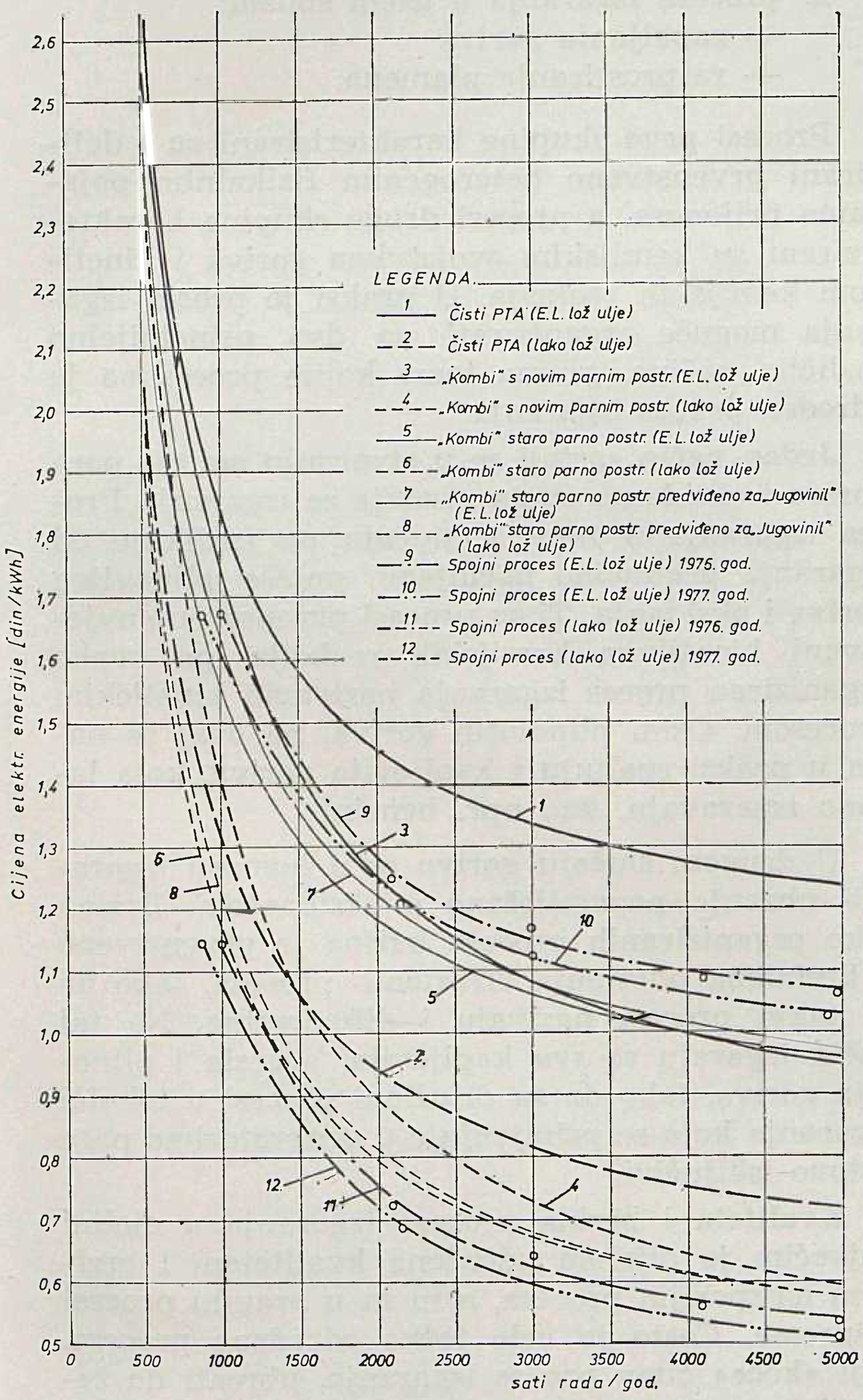
Naziv		Postrojenje				
		Čisti PTA 2×25 MW	»Kombi« 2×25 + 2×12,5 MW (novo PTP)	»Kombi« 2×25 + 16,4 MW (PTP staro)	»Kombi« predviđeno za PTE — Split »Jugovinil«	Spojni pr. 2×25 + 1×29 Gcal/h
Snaga na pragu	[MW]	45,8	66,77	61,49	61,49	45,31
Toplinska snaga	[t/h]	—	2×40	2×40	2×40	56
Specifični potrošak topline						
nominalno prag	[kcal/kWh]	3184	2240	2430	2430	3237
eksploataciono	[kcal/kWh]	3350	2300	2500	2500	3400
Cijena goriva X. 1974. god.						
E. L. loživo ulje	[d/1000 kcal]	0,3256	0,3256	0,3256	0,3256	0,3256
lako loživo ulje	[d/1000 kcal]	0,1708	0,1708	0,1708	0,1640	0,1708
Promjenjivi troškovi za:						
E. L. loživo ulje	[d/kWh]	1,0907	0,7489	0,8140	0,8140	1,1070*
lako loživo ulje	[d/kWh]	0,5722	0,3928	0,4270	0,4100	0,5807*

* Promjenjivi troškovi bez koristi spojnog procesa

Tablica 2

Naziv		Postrojenje				
		Čisti PTA 2×25 MW	»Kombi« 2×25 + 2×12,5 MW (novo PTP)	»Kombi« 2×25 + 16,4 MW (staro PTP)	»Kombi« predviđeno za PTE — Split »Jugovinil« 2×25 + 16,4 MW	Spojni proces 2×25 MW + 1×29 Gcal/h
Čisti PTA + rasklopno postrojenje + dimnjaci	[%]	51,90	26,00	40,4	37,1	37,9
Pomoćno postrojenje	[%]	13,35	11,46	10,7	11,2	13,0
Montaža, carina, transport, osiguranje	[%]	15,40	17,50	17,6	17,3	14,4
Građevinski radovi	[%]	14,90	14,64	10,0	11,4	13,3
Ostalo	[%]	4,45	4,75	4,4	4,0	3,7
Kotlovi na otpadnu toplinu	[%]	—	12,90	16,9	19,0	9,4
Parni TA	[%]	—	12,75	—	—	—
Parna mreža	[%]	—	—	—	—	8,3
Ukupno:				100 %		
Specifična investicija 10^6 d/MW		3,43	4,70	3,34	3,63	4,74
Broj zaposlenih		64	90	68*	68*	58*

* Broj povećanja zaposlenih, jer se radi o proširenju postojećih OOUR



Sl. 9. Dijagram ovisnosti cijene električne energije o vremenu rada PTA, pri upotrebi električne energije i lakog loživog ulja

struktura investicionih ulaganja, te specifične investicije i broj zaposlenih radnika.

Usporedba promatranih tehničkih rješenja provest će se na osnovi ukupnih specifičnih troškova proizvodnje u funkciji vremena angažiranja i vrste upotrebljenog goriva.

Za rješenje spojnog procesa potrebno je promatrati ukupne troškove rada postrojenja u elektroenergetskom i toplinskom sistemu. Da bi se došlo do jednakih uvjeta za usporedbu, može se usporedba provesti na slijedeći način:

a) proizvodnji električne energije u svakom od ostalih rješenja pridodati troškove proizvodnje topline iz izravnog procesa u centraliziranom sistemu snabdijevanja;

b) proizvodnju toplinske energije u spojnom procesu u troškovima izjednačiti s troškovima u izravnom procesu, pa ih odbiti od ukupnih troškova spojnog procesa.

Funkcija koja pokazuje ovisnost specifičnih troškova o vremenu angažiranja za slučaj spojnog procesa razlikuje se od funkcija troškova ostalih tehničkih rješenja, budući da kod spojnog procesa specifični troškovi električne energije ovise i o količini plasirane toplinske energije iz spojnog procesa u toplinski sistem. Plasman toplinske energije za isto godišnje vrijeme angažiranja razlikuju se u različitim godinama ovisno o razdoblju u kojem se angažiraju plinske turbine. Na dijagramu sl. 9. prikazana je ovisnost specifičnih troškova električne energije o vremenu angažiranja i vrsti upotrebljenog goriva za nekoliko tehničkih rješenja.

Naslov pisca: mr. Muško Čorak, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

TEHNIKA IZGARANJA TEKUĆIH GORIVA U VELIKIM LOŽIŠTIMA

Mr D. Matanić, Zagreb

Ukratko su prikazani osnovni procesi izgaranja i današnji nivo tehnike izgaranja. U zaključnim razmatranjima iznesene su neke pretpostavke o daljnjem razvoju tehnike izgaranja.

DK 662.61.9

Izgaranje, općenito uzevši, složen je fizičko-kemijski proces koji se ne može potpuno razjasniti ni samo kemijskim ni samo fizikalnim pojavama. Teorija izgaranja započela je intenzivan napredak tek nakon drugoga svjetskog rata usporedo sa sve većim potrebama za energijom. Značenje tehnike izgaranja najbolje se ogleda u činjenici da se današnje potrebe čovječanstva za energijom, koje su uistinu ogromne, gotovo isključivo pokrivaju na bazi fosilnih goriva. Nagli porast energetskih potreba čovječanstva u posljednjih tridesetak godina imao je za posljedicu i veoma nagli razvoj tehnike izgaranja. Karakteristično je da se tehnika izgaranja termoenergetskih postrojenja dobrim dijelom razvijala na bazi praktičkih iskustava, a manjim dijelom na bazi teorijskih spoznaja. Međutim, danas kad je tehnika izgaranja dosegla veoma visoku razinu, daljnji značajniji razvoj moguć je tek uz usku spregu s teorijom izgaranja.

Valja, međutim, naglasiti da se ovakav razvoj teorije izgaranja mogao ostvariti tek nakon značajnog napretka određenih disciplina kemije i fizike, s obzirom na to da se proces izgaranja odvija uz niz fizikalnih i kemijskih procesa, stanja i pojava, kao što su toplinski efekt, kemijska ravnoteža i kinetika kemijskih reakcija, disocijacija, prijenos mase, topline i impulsa, adsorpcija, kao i pojave miješanja, isparavanja i ishlapljivanja.

U posljednjih dvadesetak godina tehnika izgaranja tekućih goriva doživljava naročito intenzivan razvoj, i to ponajprije kapljevitih, a kasnije i plinovitih goriva. Ovdje, međutim, treba odmah istaći da su procesi izgaranja kapljevitih goriva mnogo složeniji od izgaranja plinovitih goriva i da im se u proteklom razdoblju poklanjala mnogo veća pozornost zbog kudikamo većih raspoloživih količina tog goriva. U budućnosti se, međutim, može očekivati sve veći udio plinovitih goriva jer ona znatno manje zagađuju čovjekovu okolinu od ostalih vrsta goriva. To se prvenstveno misli ostvariti proizvodnjom plina rasplinjavanjem krutih i kapljevitih goriva.

Egzaktno govoreći, potrebno je strogo lučiti procese pripreme i procese izgaranja. Prvima pripadaju svi procesi neophodni za stvaranje zapaljive smjese goriva i oksidanta ili zraka. U praksi se, međutim, uobičajilo i procese pripreme i procese izgaranja nazivati jednostavno izgaranjem, čime je ovom pojmu dan širi smisao. Moguće je, prema tome, u procesu izgaranja kapljevitog goriva u širem smislu razlikovati:

1. procese pripreme, i to:
   — zagrijavanje goriva
   — toplinsko raspadanje goriva
   — isparavanje goriva
   — stvaranje zapaljive smjese para goriva i oksidanta.
2. procese izgaranja u užem smislu:
   — zapaljenje goriva
   — rasprostiranje plamena.

Procesi prve skupine karakterizirani su i definirani prvenstveno heterogenim fizikalnim pojavama prijenosa, a procesi druge skupine karakterizirani su kemijskim svojstvima goriva i kinetikom kemijskih reakcija. U praksi je proces izgaranja moguće organizirati na dva principijelno različita načina, prema tome kojim procesima je određen proces izgaranja.

Jedan način sastoji se u stvaranju smjese para goriva i oksidanta izvan uređaja za izgaranje. Proces izgaranja u tom se slučaju ne razlikuje od izgaranja prethodno načinjene smjese plinovitog goriva i oksidanta. Ti su procesi prvenstveno uvjetovani kinetikom kemijskih reakcija, pa ovako organiziran proces izgaranja nazivamo kinetičkim procesom. Osim plinovitih goriva, na ovaj se način u praksi spaljuju i kapljevita goriva, koja lagano isparavaju, kao npr. benzin.

U drugom slučaju gorivo se u komoru izgaranja ubacuje nepomiješano s oksidantom. Brzina tako organiziranih procesa ovisna je prvenstveno o brzinama odvijanja difuzionih procesa, tako da se takvi procesi nazivaju i difuzionima. Na taj način izgaraju se sva kapljevita, a često i plinovita goriva, tako da su difuzioni procesi u tehnici izgaranja koja se primjenjuje u generatorima pare gotovo isključivi.

Kvaliteta i brzina procesa izgaranja u cjelini najvećim je dijelom određena kvalitetom i brzinom najsporijih procesa, a to su u pravilu procesi pripreme. Često je vrlo teško određene procese, koji »koče« čitav proces izgaranja, ubrzati do željenih vrijednosti, no ponekad će nas do zadovoljavajućih rezultata dovesti i organiziranje procesa forsiranjem u određenom prostoru. Jedan od

najboljih primjera koji se u praksi primjenjuju jest raspršivanje goriva. Raspršivanjem goriva nismo ubrzali pojave prijenosa uz jednake polazne uvjete, ali smo raspršivanjem goriva stvorili veliku površinu izmjene, čime smo omogućili da se određena količina goriva u kratkom vremenskom razdoblju zagrije, ispari i miješajući se s oksidantom stvori zapaljivu smjesu. Takvim je forsiranjem procesa moguće u određenom volumenu izgorjeti znatno veću količinu goriva negoli, recimo, izgaranjem na slobodnoj površini.

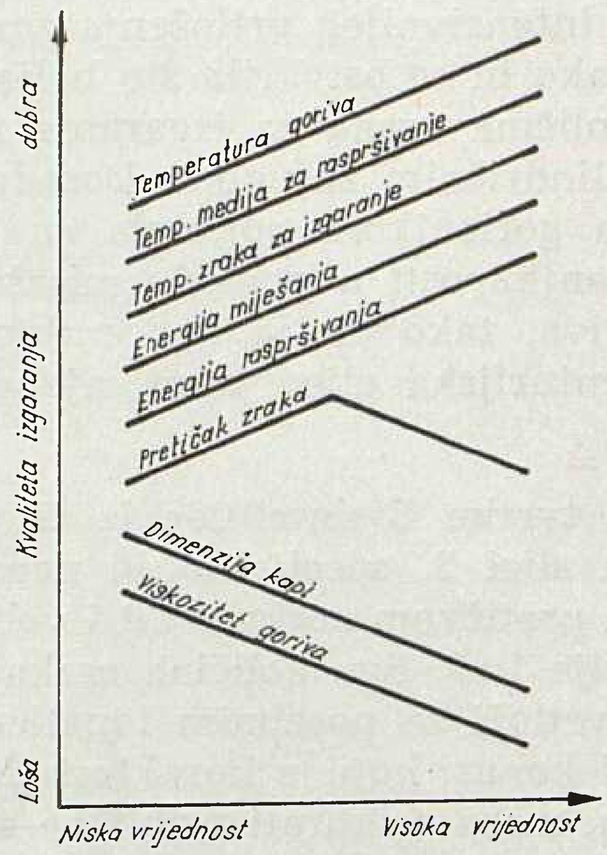
Kako je raspršivanje goriva proces koji neposredno prethodi procesima pripreme goriva, vrlo često se u praksi i taj proces ubraja u procese pripreme. Treba, međutim, naglasiti da između procesa pripreme goriva i raspršivanja goriva postoji kvalitativna razlika. Procesi pripreme, naime, moraju prethoditi procesima izgaranja, dok raspršivanje goriva nije neophodan preduvjet za odvijanje procesa izgaranja. Prihvatimo li pod pojmom procesa izgaranja širi smisao tog izraza, tada pod pojmom procesa pripreme treba razumijevati sve ostale procese kojima je cilj forsiranje procesa izgaranja, npr. zagrijavanje goriva i zraka, raspršivanje goriva i dr. Ovdje treba naglasiti da se osim mjerama forsiranja procesa, što je posljedica ekonomskih razloga, posebna pažnja mora obratiti i kvaliteti procesa izgaranja, koja je uvjetovana ne samo razlozima zaštite čovjekove sredine od zagađenja, već isto tako i ekonomskim razlozima.

Kvaliteta procesa izgaranja određena je stupnjem djelovanja gorionika ili ložišta, kao omjerom ukupno izgorjelog i ukupno dovedenog goriva ložištu ili gorioniku. Današnji nivo tehnike izgaranja omogućuje izgaranje praktički bez gubitaka. Kada se, međutim, u organizaciju procesa izgaranja počnu uvoditi određena ograničenja, koja su rezultat posve ekonomskih razloga, postaje organizacija procesa mnogo složenija. Ta se ograničenja odnose na što manji utrošak energije za procese pripreme i što manje izlazne gubitke iz generatora pare. Priznavajući sve te razloge, ali ne smetnuvši s uma ni određenu kvalitetu izgaranja, moguće je provesti određeno optimiranje procesa. Faktori koji će pri tome igrati ulogu jesu:

— utrošak energije za pripremu zraka za izgaranje. U to je uključena energija za zagrijavanje zraka i energija potrebna za dobavu zraka do gorionika s određenim pritiskom,
— utrošak energije za pripremu goriva. U to su uključeni energija za zagrijavanje, raspršivanje i dopremu goriva do gorionika,
— pretičak zraka za izgaranje,
— kvaliteta organiziranog procesa izgaranja.

Osim tih faktora, potrebno je uzeti u obzir i pogonske karakteristike kao što su omjer regulacije gorionika, način starta gorionika i dr.

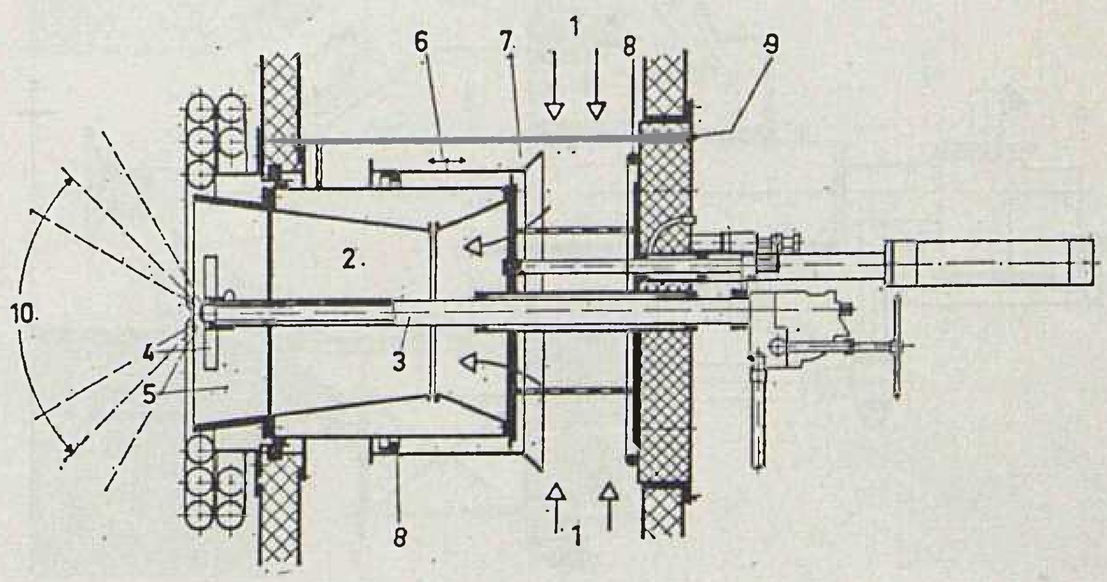
Vrlo kratka analiza tih faktora može odmah pokazati da su svi oni međusobno jako povezani. Tako smanjenje pritiska zraka za izgaranje dovodi do lošijeg miješanja zraka i goriva, što zahtijeva povećanje količine zraka za izgaranje ili dovodi do porasta neizgorjelog dijela goriva, čime se u cjelini smanjuje stupanj djelovanja postrojenja. Osim toga, time nastaje veće prljanje ogrjevnih površina sa svim štetnim posljedicama. Orijentacijski kvalitativni utjecaj pojedinih faktora na kvalitetu izgaranja dan je shematski na sl. 1.



Sl. 1. Orijentacioni utjecaj pojedinih faktora na kvalitetu izgaranja

Valja, međutim, naglasiti da samo ostvarivanje svih povoljnih parametara za ostvarivanje kvalitete izgaranja ne znači ujedno i garanciju te kvalitete, već je to dobrim dijelom ovisno i o konstruktivnim karakteristikama gorionika. Moderne konstrukcije gorionika, bez sumnje — s obzirom na kvalitetu izgaranja koja se postizala pred desetak godina — osiguravaju veoma visoku razinu kvalitete izgaranja. Treba, međutim, naglasiti da i ovdje postoje razlike od konstrukcije do konstrukcije i da je upravo na tom području moguć razvoj i poboljšanje kvalitete izraganja.

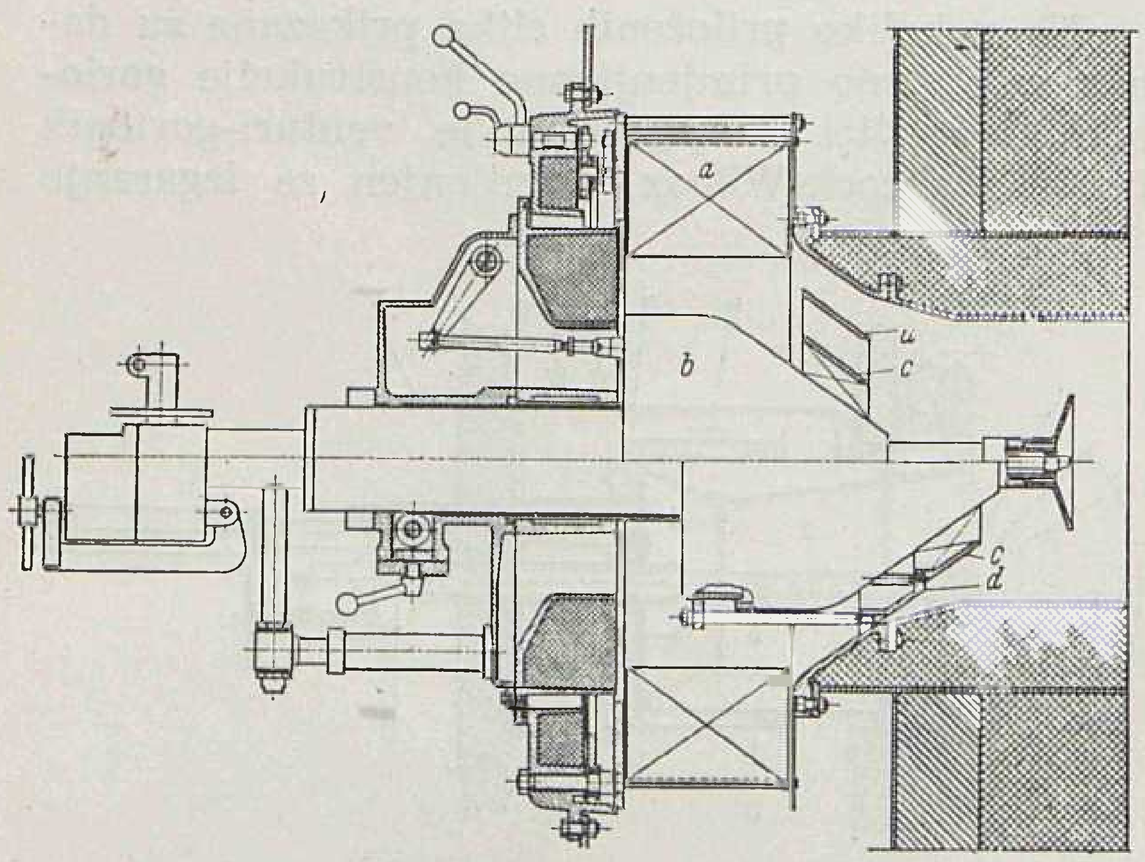
Na nekoliko priloženih slika prikazane su danas vrlo često primjenjivane konstrukcije gorionika. Na slici 2. prikazan je venturi-gorionik tvrtke Babcock-Wilcox, namijenjen za izgaranje



Sl. 2. Venturi-gorionik Babcock-Wilcax

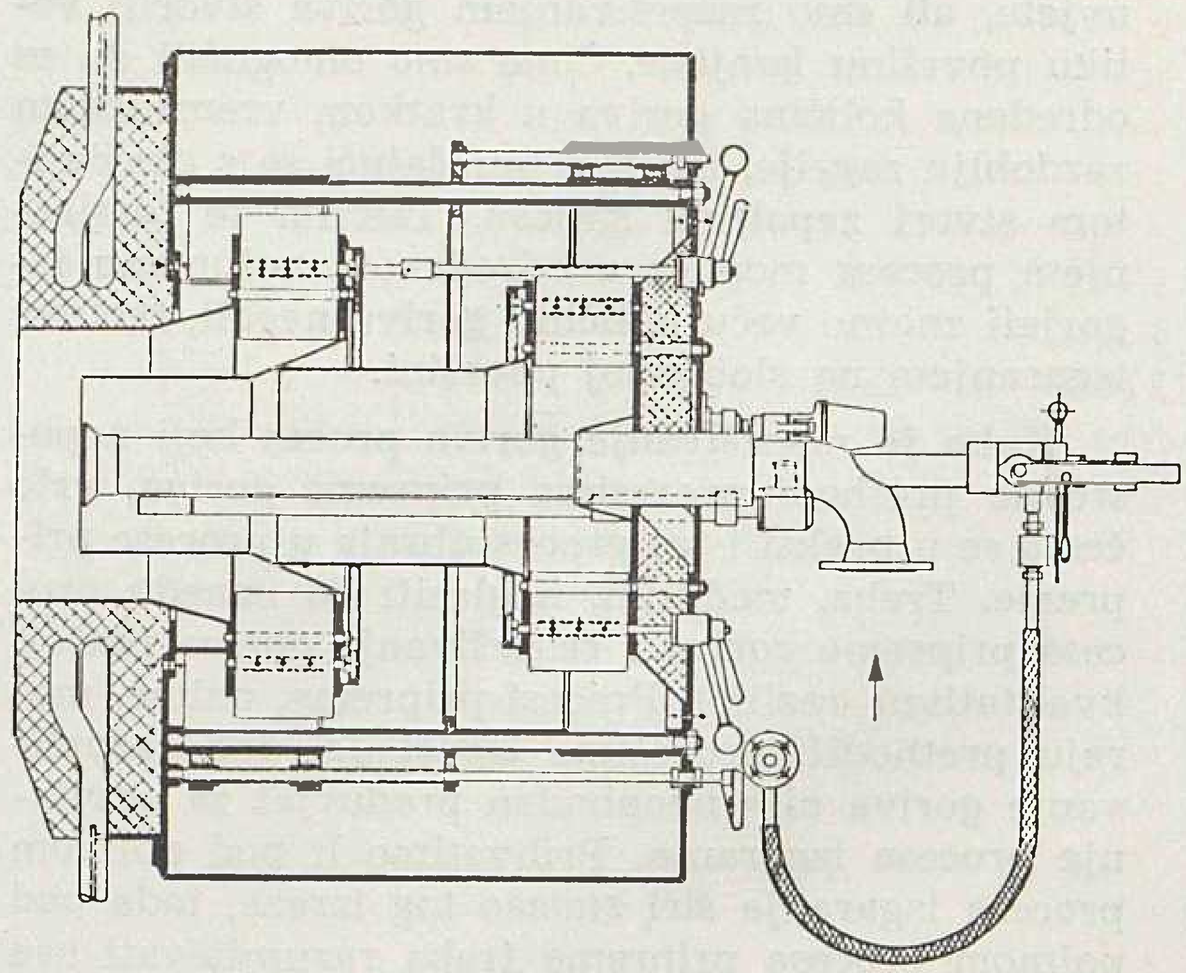
teškog loživog ulja, no bez poteškoća se u nj ugrađuje i 4—12 kopalja za izgaranje plina. Sva količina zraka za izgaranje nastrujava iz zračne kutije kroz jednu venturi-cijev na struju raspršenog goriva. Manji dio struje zraka, koji struji u centru, prolazi kroz poseban vrtložnik (swirler) smješten u samom ušću grla gorionika u ložište. Ostala količina zraka struji paralelno osi gorionika. Vrtložnik u načelu mora zadovoljiti zahtjevima za što manjim otporima i za stvaranjem u središtu što intenzivnijeg vrtloženja zraka i goruće smjese kako bi se ostvarila što bolja stabilnost plamena. Količina zraka za izgaranje regulira se posebnim cilindričnim zasunom. Dosadašnja iskustva s ovim gorionikom pokazala su da postoje određene manjkavosti u pogledu miješanja struje zraka i goriva, tako da je kod najnovijih konstrukcija venturijska cijev zamijenjena cilindričnom.

Gorionik tvrtke Steinmüller iz Gumersbacha, prikazan na slici 3. specijalno je namijenjen za rad s malim pretičkom zraka (3%) i velikim omjerom regulacije 1 : 5. Sva količina zraka koja ulazi u gorionik vrtloži se posebnim lopaticama. Poseban pomični konus, koji je karakterističan za ovu konstrukciju, mora osigurati približno stalnu brzinu nastrujavanja zraka na struju raspršenog goriva. Specijalno pridodani konični prsteni imaju zadaću da kod malih opterećenja dovode zrak što bliže struji goriva. Podešavanjem kuta lopatica i položaja konusa može se forma plamena u potpunosti prilagoditi ložištu. Prikazani gorionik proizvodi se i kao kombinirani za spaljivanje teškog loživog ulja i plina, samo za razliku od prethodnog na slici 2. ima centralno riješen dovod plina. Zbog intenzivnog vrtloženja ukupne količine zraka za održavanje stabilnosti plamena dovoljan je relativno malen držač plamena jednostavne konstrukcije. Novija konstrukcija ovog gorionika razlikuje se od prikazane samo u dovodu jezgrenog zraka u količini 5—10% ukupne količine. Tako



Sl. 3. Gorionik za ulje — Steinmüller

usavršeni gorionici do sada su pokazali vrlo dobre rezultate u pogonu.



Sl. 4. Gorionik za ulje i plin — Lentjes

Gorionik tvrtke Lentjes, prikazan na slici 4., karakterizira dvostruki registar gorionika, tako da se pri niskim opterećenjima može vanjsko grlo djelomično ili sasvim zatvoriti, čime se ostvaruju povoljniji odnosi u miješanju goriva i zraka. Zatvaranje pojedinih registara vrši se specijalnim prstenastim zasunima. Ukupna količina zraka za izgaranje vrtloži se prolazom kroz sistem zakretnih lopatica tako da se u oba grla gorionika postiže jako vrtloženje zraka i plamena. Gorionik je namijenjen za izgaranje teškog loživog ulja i plina. Dovod plina izveden je jednom centralnom cijevi koja je na svojem kraju u grlu gorionika perforirana. Kao i kod prethodne konstrukcije, i ovdje je dovoljan relativno malen držač plamena ili stabilizator. Gorionik je namijenjen za izgaranje s malim pretičkom zraka (2—3%) uz malo stvaranje čađe (Bacharach 2—3).

Moderne konstrukcije gorionika mogu se, u načelu, podijeliti na gorionike s intenzivnim vrtloženjem cijele količine zraka za izgaranje i gorionike s paralelnim strujanjem u odnosu na os gorionika većeg dijela zraka. Kod ovih drugih vrtloženje manje količine zraka ostvaruje se vrtložnikom, koji je smješten u samom ušću gorionika. Sve novije konstrukcije na zadovoljavajući su način riješile raspršivanje goriva i miješanje sa zrakom, tako da se izgaranje može provoditi u relativno malom volumenu uz toplinska opterećenja volumena ložišta generatora pare do 600.000 kcal/m³h.

Razvoj tehnike izgaranja nije bio uvjetovan samo ekonomskim razlozima, već i stanovitim ograničenjima u pogledu zaštite čovjekove okoline produktima izgaranja i ostalim otpadnim materijama. To su, u prvom redu, bili ugljični monoksid (CO) i sumporni oksidi SO_2 i SO_3, a od

krutih čestica čađa i pepeo. Današnjim konstrukcijama stvaranje čađi i ugljičnog monoksida svedeno je na minimum. U posljednjih se desetak godina, međutim, ulažu sve veći napori da se smanji količina oksida dušika koja se izbacuje u okolinu. Visoka toksičnost oksida dušika, neprozračnost NO_2 za sunčeve zrake i njihovo aktivno sudjelovanje u fotokemijskim reakcijama u atmosferi stavlja okside dušika po štetnosti za čovjekovu okolinu u isti red s oksidima sumpora i krutim česticama, tako da su u nekim zemljama Evrope i Amerike na snazi zakonska ograničenja u pogledu količina NO_x koje se smiju izbacivati u atmosferu iz pojedinih ložišta. Ta ograničenja imaju i imat će znatan utjecaj na razvoj tehnike izgaranja i konstrukcije gorionika i ložišta. Činjenica je da gotovo svi dosadašnji napori načinjeni radi forsiranja procesa izgaranja imaju za posljedicu povećanu emisiju dušičnih oksida. Čak i pri izgaranju plinovitih goriva, koja su se smatrala potpuno »čistim«, s obzirom na to da su i CO i količina čađe minimalni, a oksida sumpora nema, količina NO_x koja se stvara u procesu izgaranja može biti vrlo velika.

Današnje spoznaje o mehanizmu stvaranja dušičnih oksida omogućuju poduzimanje određenih mjera u organizaciji procesa izgaranja radi smanjenja stvorene količine NO_x. Zajedničko je svim tim mjerama smanjenje vršnih temperaturnih nivoa u ložištima, kao i vremena zadržavanja produkata izgaranja upravo u području tih visokih temperatura. Kao perspektivne mjere mogu se označiti recirkulacija produkata izgaranja, dvostepeno izgaranje, raspored gorionika u ložištu, geometrija ložišta, kapacitete i broj gorionika, konstrukcija gorionika.

Činjenica je, međutim, da sve te mjere nisu dovoljno istražene, i ni jedna od njih ne daje u ovom trenutku rezultate koji bi mogli u potpunosti zadovoljiti. Stoga je razumljivo da ova problematika zahtijeva još mnoga istraživanja kako bi se došlo do tehnički usavršenih postupaka izgaranja koji će garantirati minimalnu emisiju NO_x, to prije što sve mjere koje su do sada poznate utječu na ekonomiku termoenergetskih postrojenja povećavajući troškove proizvodnje i investicije. Tako recirkulacija produkata izgaranja povećava pogonske troškove zbog utroška energije za pogon ventilatora za recirkulaciju. Osim toga, recirkulirani produkti izgaranja hlade ložište, smanjuju odavanje topline u ložištu, što zahtijeva ugradnju većih ogrjevnih površina u generatoru pare ili povećava otpore prostrujavanja zbog veće količine produkata izgaranja koji struje kroz generator pare.

Nema sumnje da je u ovom trenutku veoma zanimljivo pitanje u kom pravcu se može očekivati daljnji razvoj tehnike izgaranja. S jedne strane su oraničenja u pogledu zagađivanja okoline, što znatno utječe na oblikovanje ležišta i organizaciju procesa izgaranja, a s druge strane još uvijek neriješen problem vrlo velikih generatora pare sa — u usporedbi s ostalim toplinskim strojevima — malim toplinskim opterećenjima ložišta a posljedica toga su, jasno, ogromna ložišta, koja zahtijevaju ugradnju velikih količina kvalitetnih materijala i ogroman uloženi ljudski rad. To su dva osnovna problema kojima će se tehnika izgaranja i u budućnosti morati vrlo mnogo baviti. Određene ideje, koje su težile smanjenju dimenzija generatora pare, kao npr. potpuno odvajanje procesa izgaranja od procesa prijelaza topline, morat će biti u neku ruku korigirane upravo zbog znatnog stvaranja NO_x. Nije, međutim, vjerojatno da će se tehnika izgaranja, iz posve ekonomskih razloga, odreći daljnjih nastojanja za forsiranjem procesa izgaranja, koristeći se do sada stečenim spoznajama o izgaranju emulzija kapljevitih goriva i vode, izgaranju u specijalnim visokoforsiranim komorama, izgaranju s povišenim pritiskom pri procesu, izgaranju uz zagrijavanje goriva uz povišene temperature. Sigurno je, međutim, da će ekološki faktori odigrati značajnu ulogu, tako da se može očekivati da će se daljnji razvoj tehnike izgaranja odvijati u težnji da se pronađu takvi procesi koji će osim forsiranog procesa izgaranja omogućavati i forsiran proces hlađenja produkata izgaranja, kako bi se profil temperatura u »malim« ložištima održao na razini koja će garantirati minimalno zagađivanje atmosfere dušičnim oksidima.

Naslov pisca: Mr Dubravko Matanić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu

Širom svijeta

Smanjena proizvodnja nafte u svijetu

Prema vijestima agencije AEF (Agence Economique Finansiere) svjetska proizvodnja nafte je za 9 mjeseci 1974. godine smanjena za 0,3 posto u usporedbi s istim razdobljem prošle godine i iznosila 2,1 milijardu tona, od čega je proizvodnja u SAD u tom razdoblju iznosila (u milijunima tona) 335, u arapskim zemljama — 316, Iranu — 228, Venezueli — 114, Zapadnoj Evropi — 14,4 (od čega 32 posto otpada na Zapadnu Njemačku).

Sovjetsko-poljski ugovor o gradnji naftovoda

SSSR će povećati isporuke nafte Poljskoj, u zamjenu za konstrukciju naftovoda na području Sovjetskog Saveza.

Prema dugoročnom ugovoru sklopljenom između ove dvije zemlje, SSSR isporučuje Poljskoj naftu »naftovodom prijateljstvo« od sovjetskog područja do najveće poljske rafinerije u Plocku, i dalje do Istočne Njemačke.

Prema novom, nedavno sklopljenom ugovoru, grupa poljskih poduzeća gradit će naftovod na sovjetskom području zajedno s pumpnom stanicom i drugim potrebnim objektima, dok će SSSR povećati Poljskoj isporuku nafte, benzina i maziva.

Bugarska uvozi sovjetski prirodni plin

Nedavno završenim plinovodom od SSSR-a do Bugarske do kraja ove godine bit će prevezeno u Bugarsku 500 milijuna kvadratnih metara sovjetskog prirodnog plina.

Prema sporazumu sklopljenom između ove dvije zemlje Bugarska će iduće godine početi s uvozom 3.000 milijuna kubnih metara plina godišnje.

U planu je izgradnja još jednog plinovoda kojim bi se povećale isporuke plina u Bugarsku u razdoblju od 1976. do 1980. godine na oko 6.000 milijuna kubnih metara godišnje.

Ugovor SSSR-a i SAD o zajedničkoj proizvodnji nafte

Sovjetski ministar za petrolejsku industriju nedavno je vodio pregovore s američkim senatorom W. Mondale o suradnji u proizvodnji sirove nafte.

Suradnja bi obuhvaćala zajedničko istraživanje uz pomoć potpuno novih metoda i tehnike. Petrolejske kompanije iz obje zemlje uzele bi učešće u istraživanju.

Proizvodnja nafte u svijetu

	— u milijunima tona —		
	1960.	1970.	1973.
Zemlje-članice SEV-a	162	371	448
SSSR	148	353	429
Rumunjska	12	13	14
Zemlje-članice EEZ	12	13	11
SAD	348	475	453
Kanada	26	62	88
Zemlje u razvoju	497	1317	1705
Saudijska Arabija	62	177	365
Iran	52	192	293
Venezuela	149	194	176
Kuvait	89	164	167
Libija	—	162	105
Nigerija	1	54	103
Irak	47	76	102
Indonezija	21	42	67
Abu-Dabi	—	33	62
Alžir	9	48	51
Katar	8	17	27
Ekvador	0,4	0,2	11

Tablica je sastavljena na osnovi podataka Centralne statističke uprave SSSR, SEV, OUN i NIKI BMT. Podaci za 1973. godinu u više zemalja su preliminarni.

Svjetska proizvodnja nafte od 1960—1973. godine povećala se od 1.050 na 2.800 milijuna tona. Na brži razvoj ove grane utjecala je veća uloga nafte u suvremenoj energetskoj bilanci goriva. Njen udio u svjetskoj potrošnji energetskih resursa u 1973. godini u usporedbi sa 1960. godinom povećao se od 29,8 na 43,4 posto uz istovremeno smanjenje udjela ugljena od 45,4% na 26,7%.

U zemljama-članicama SEV-a proizvodnja nafte u razdoblju od 1960—1973. godine povećana je od 162 na 448 milijuna tona, od čega samo u SSSR-u od 148 na 429 milijuna tona. Sovjetski Savez osigurava se vlastitim izvorima, a jedan dio svojih proizvoda izvozi na strano tržište. Sovjetski Savez je isporučio u 1973. godini na strano tržište 118,3 milijuna tona nafte i naftinih proizvoda, a istovremeno je iz više arapskih zemalja uvezao 13,2 milijuna tona. U socijalističke zemlje izvezeno je 67,8 milijuna tona nafte i naftinih proizvoda, od čega u zemlje-članice SEV-a — 63,1 milijun tona.

Velike količine nafte proizvele su zemlje u razvoju. Dvanaest država nabrojenih u tablici su članovi Organizacije zemalja-izvoznika nafte (OPEC) osnovane 1960. godine s ciljem da zaštite ekonomske interese od ekspanzionističke djelatnosti međunarodnog kartela za naftu, što su ga 20-tih godina osnovale SAD, Engleska, Holandija i Francuska. Proizvodnja nafte u zemaljama OPEC u razdoblju 1960—1973. godine povećana je od 439 na 1.529 milijuna tona. Najveću korist od izvoza nafte do početka 1974. godine imali su članovi kartela. Borba zemalja OPEC za ekonomsku nezavisnost je provođenje potpune ili djelomične nacionalizacije stranih naftnih koncesija na svojem području, što je omogućilo da zemlje OPEC dobiju više nafte. Istovremeno raste i njihova uloga kao zemalja-izvoznica čiji monopol su ranije imali karteli. Od siječnja 1974. prosječna cijena nafte u lukama Perzijskog zaljeva iznosila je 80—85 dolara za tonu, prema 15—17 dolara u 1970. godini. Posljednjih mjeseci više zemalja u razvoju orijentiralo se na smanjenje tempa porasta proizvodnje nafte. Razlog je produženje vijeka eksploatacije nacionalnih rezervi crnog zlata i sprečavanje rasipničkog trošenja ovog goriva u zemljama koje naftu uvoze.

Rezerve nafte pogodne za eksploataciju današnjim tehničkim sredstvima relativno su ograničene. Početkom 1973. godine iznosile su (u milijunima tona): u SAD — 4.976, u zapadnoevropskim zemljama, uglavnom u Sjevernom moru — 2.145, Japanu — 3, zemljama OPEC — 54,148 (od čega u Saudijskoj Arabiji — 18.869, Kuvaitu — 8.977, Iranu — 8.784, Iraku — 3.873, Libiji — 4.012, Venezueli — 1.960, Alžiru — 6.127).

(Ekos TANJUGA br. 44, 45, 46 i 47/74)

Elektroprivreda Japana

Za prijenos i distribuciju električne energije u Japanu brine se 9 poduzeća. Proizvodnjom se, osim spomenutih 9, bavi još oko 60 poduzeća (među njima i poduzeće s oko 80% državnog kapitala, koje proizvodi oko 4% zemlji potrebne električne energije). Inače, na 9 velikih poduzeća otpada više od 75% proizvodnje. Područje Japana podijeljeno je na teritorije za koje je država izdala licence za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije. Velika poduzeća osnovala su koordinaciono tijelo koje se bavi interkonekcijom, razmjenom električne energije, razmjenom tehničkih podataka, tipizacijom, osnovnim istraživanjima, studijama, te planovima izgradnje i razvoja.

Djelatnost elektroprivrednih poduzeća je pod nadzorom posebnog organa ministarstva industrije, koje i razrađuje energetske planove razvoja zemlje na temelju planova elektroprivrednih poduzeća i industrije.

Karakteristično je za Japan gotovo potpuno iskorišteni hidropotencijal i pomanjkanje goriva za termoelektrane, tako da su ovisni o uvozu uglavnom zemnog ulja i plina, uskladištenju goriva u pojedinim dijelovima zemlje, te potrebi za prijenosom velikih količina električne energije u industrijske zone.

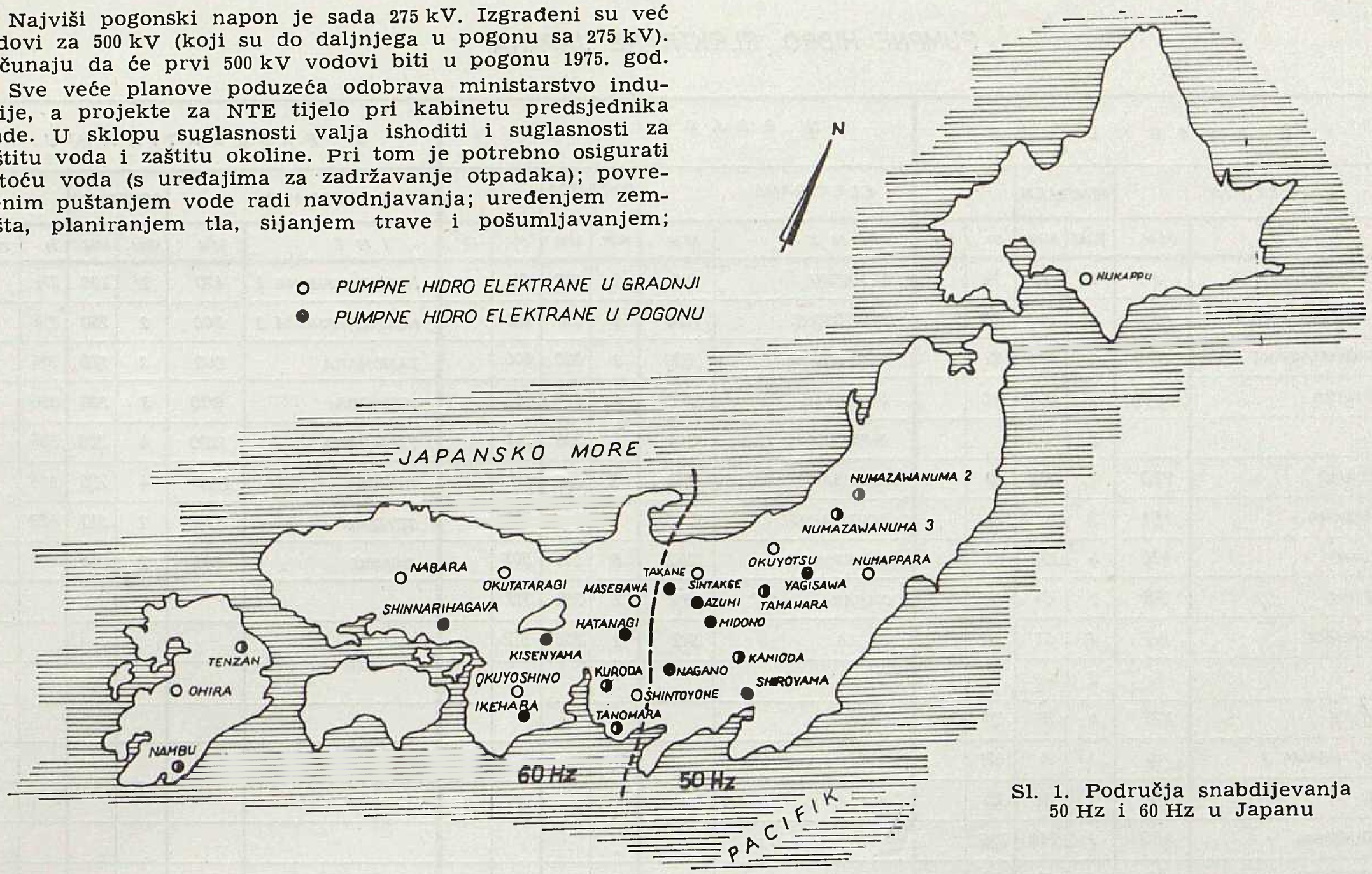
Veliki i nagli razvoj industrije, sadašnja malena potražnja kućanstava (20% u ukupnoj prodaji), poteškoće u međusobnoj razmjeni radi različitih frekvencija (približno u polovini zemlje je frekvencija 50 Hz, a u drugoj polovini frekvencija 60 Hz), dalja je karakteristika elektroprivrede Japana.

Potrebno je reći da je Japan u 1972. godini imao 108 milijuna stanovnika na 377 000 km² i 3 560 kWh/stan. Godišnje je proizvedeno više od 385 TWh električne energije. Te godine bilo je u pogonu 1 574 He, od kojih mnoge pumpne, 449 klasičnih TE, 113 TE s plinom kao gorivom i 5 NTE. Od ukupne godišnje proizvodnje otpada: 22% na HE, 76,5% na TE i 1,5% na NTE

Na sl. 1 vidi se granica područja 50, odnosno 60 Hz. Od 1965. godine u pogonu je pretvarač frekvencije 300 MW koji će za 1—2 god. udvostručiti snagu.

Najviši pogonski napon je sada 275 kV. Izgrađeni su već vodovi za 500 kV (koji su do daljnjega u pogonu sa 275 kV). Računaju da će prvi 500 kV vodovi biti u pogonu 1975. god.

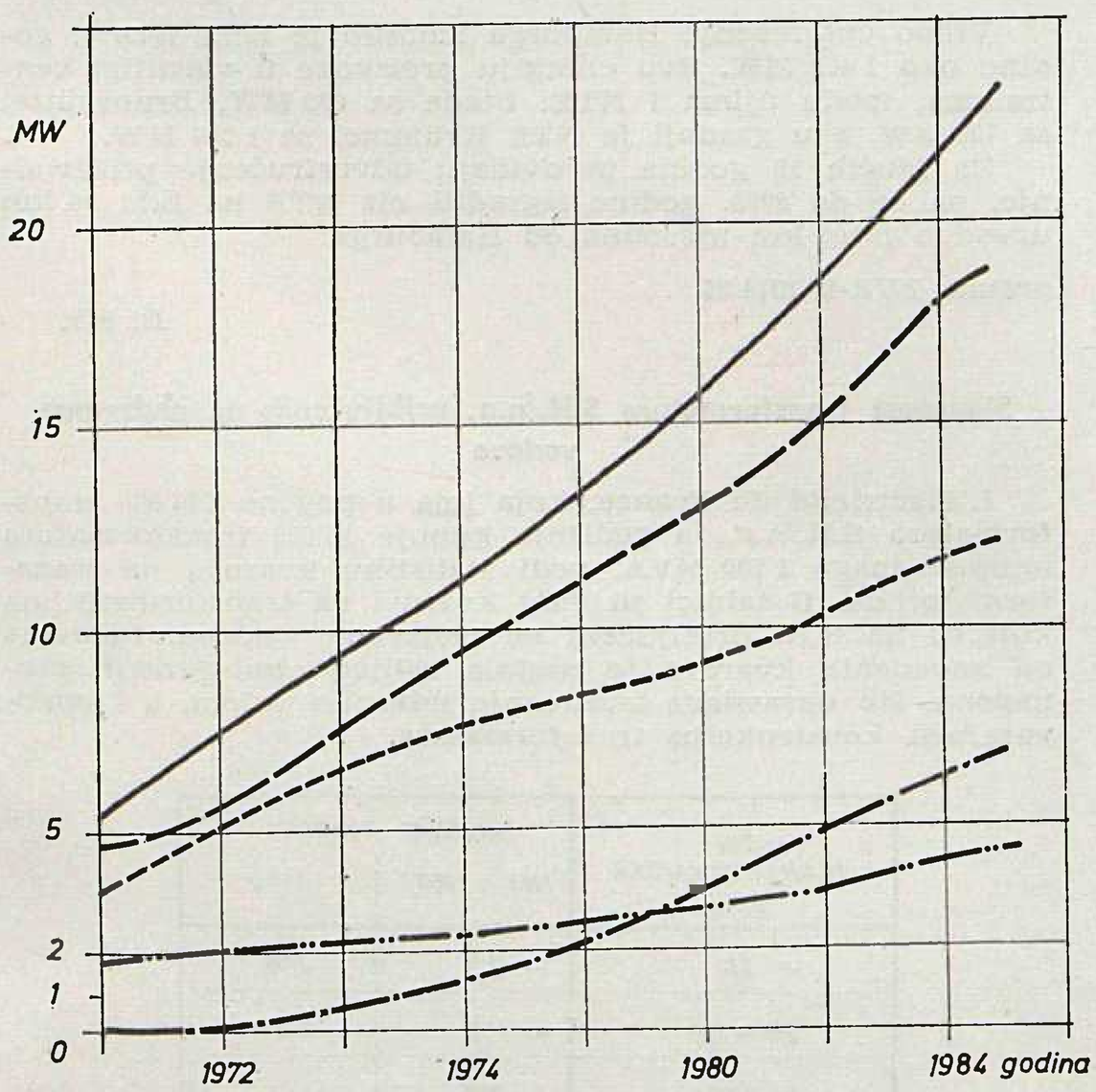
Sve veće planove poduzeća odobrava ministarstvo industrije, a projekte za NTE tijelo pri kabinetu predsjednika vlade. U sklopu suglasnosti valja ishoditi i suglasnosti za zaštitu voda i zaštitu okoline. Pri tom je potrebno osigurati čistoću voda (s uređajima za zadržavanje otpadaka); povremenim puštanjem vode radi navodnjavanja; uređenjem zemljišta, planiranjem tla, sijanjem trave i pošumljavanjem;



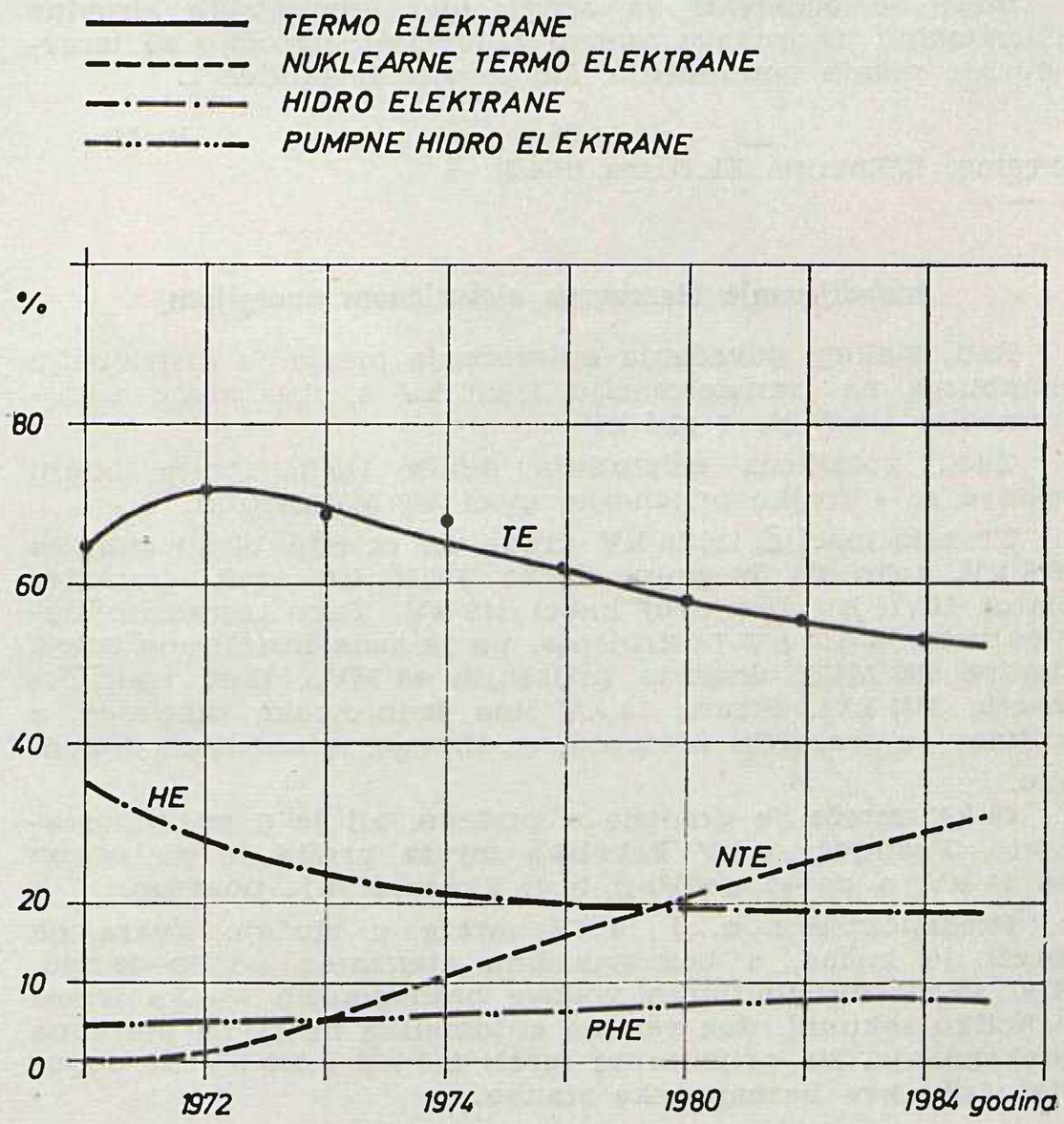
Sl. 1. Područja snabdijevanja 50 Hz i 60 Hz u Japanu

uređenjem prilaznih cesta (i za potrebe turizma). Dobivanje građevinske dozvole za objekte bez većih problema (s obzirom na zaštitu čovjekove okoline) traje oko 2 godine. Izgradnja većeg objekta (PHE ili NTE) traje 10—12 godina, od toga na samu izgradnju 4—5 godina. Prema planovima koje je razradilo ministarstvo industrije, a na temelju planova elektroprivrednih poduzeća i industrije, predviđa se do 1985. godine prirast potrošnje za 9% godišnje, što će iznositi 1 200 TWh/god.

Na sl. 2 dana je procjena prirasta instaliranih snaga u centralama i planiranog vršnog opterećenja. Računajući na pomanjkanje goriva za TE, računali su u Japanu i prije energetske krize na učešće NTE u proizvodnji sa oko 25% za deset godina. Potrebno je spomenuti da je Japan zemlja s najvećim brojem NTE za slijedećih 10 godina, što je sigurno specifičnost zemlje, imajući u vidu siromaštvo energetskih sirovina.



Sl. 2. Područja snabdijevanja električne energije o vrstama elektrana u Japanu



Sl. 3. Planirana izgradnja elektrana u Japanu

PUMPNE HIDRO ELEKTRANE JAPANA

U POGONU						U GRADNJI						U PROJEKTIRANJU					
ELEKTRANA		GENERATOR				ELEKTRANA		GENERATOR				ELEKTRANA		GENERATOR			
IME	MW	KOM.	MW	m	m³	IME	MW	KOM.	MW	m	m³	IME	MW	KOM.	MW	h	m³
IKEITRIGAWA	3'9	3	1'3	74		MJKAPPU	210	2	105	94		NUMAZAWANUMA 2	470	2	235	214	
NUMAZAWANUMA I	46'0	2	23'0	215		SHINTOYONE	1150	5	230	236		NUMAZAWANUMA 3	500	2	250	214	
KUROMATAGAWA	19'0	1	19'0	72		NUMAPPARA	690	3	230	500		TANOHARA	240	2	120	326	
IKEHARA	380'0	2	80'0	120		OKUYOTSU	1040	4	260	490		KAMIODA	900	3	300	350	
		2	110'0			SHINTAKASE	1344	4	336	241		TAMAHARA	1200	4	300	535	
NAGANO	220	2	110'0	98		MASEGAWA	292	2	146	107		KURODA	1120	4	280	436	
YAGIZAWA	261	3	87'0	94		OKUTATARAGI	1240	4	310	387		TENZAN	620	2	310	529	
AZUMI	436	4	109	136		OKUYOSHIVO	1242	6	207	507		NAMBU	500	2	250	495	
MIDONO	128	2	64	80		NABARA	636	2	318	317							
HATANAGI	142	1	52	102		OHIRA	512	2	256	512							
		2	45														
TAKANE	376	4	87	137													
OGUCHIGAWA 3	14	1	14	621													
MID	34	1	34	137													
KISENYAMA	480	2	240	220													
OMORIGAWA	12	1	12	118													
ANANAIGAWA	13	1	13	70													
KAGEDAIRA	46	2	23	90													
SHIN NARIHAGAWA	234	3	78	95													
MOROZOKA	54	1	54	226													
SHIROYAMA	260	4	65	153													

tab. 1

Može se očekivati da zemlja bez energetskih sirovina maksimalno iskorištava vodeni potencijal, naročito za izravnavanje vršnih opterećenja, što se vidi iz tablice 1.

B. Mr.

(Prema: L'Energia Elettrica 1974/3)

Snabdijevanje Hamburga električnom energijom

Radi stalnog povećanja opterećenja prešla je distribucija Hamburga na transformaciju 110/10 kV s dosadašnje transformacije 110/25 kV i 25/6 kV.

Zbog poteškoća osiguranja nekih 110 kV trasa imaju vodove sa 4 trojke prijenosne moći 400 MVA/trojki.

Transformacije 110/10 kV grade na mjestu bivših stanica 25/6 kV, tako da iz pojne točke 380/110 kV svaki transformator 110/10 kV ima svoj kabel 110 kV. Tako izgrađene stanice nemaju 110 kV postrojenja, pa je sada instalirana snaga stanice 190 MVA umjesto prijašnjih 40 MVA (kod transformacije 25/6 kV). Strana 10 kV ima jednostruke sabirnice, a klijetke su tvornički proizvedene, limene, minimalnih dimenzija.

10 kV mreža je građena u prstenu, ali je u pogonu zrakasto. Postojeća 6 kV kabelska mreža prešla je na napon od 10 kV, a da se godišnji broj kvarova nije povećao.

Prekapčanje n. n. i 10 kV mreže u slučaju kvara na mreži je ručno, s beznaponskim stankama od 30—60 min. Kod 10 kV distributivnih vodova beznaponska stanka iznosi nekoliko sekundi, dok relejna automatika ne izvrši potrebna prekapčanja. Na prijenosnoj mreži 110 kV i 380 kV ne dopuštaju nikakve beznaponske stanke.

(Prema: ETZ-b 1974/26)

B. Mr.

Nuklearne termoelektrane u Hamburgu

Vršno opterećenje Hamburga iznosilo je zimi 1973/74. godine oko 1 400 MW. Svu energiju proizvode u vlastitim centralama, među njima i NTE: Stade sa 630 MW, Brunsbüttel sa 770 MW, a u gradnji je NTE Krümmel sa 1 260 MW.

Za idućih 10 godina predviđaju udvostručenje proizvodnje, pa će do 2000. godine izgraditi niz NTE na Elbi 60 km uzvodno i 100 km nizvodno od Hamburga.

prema: ETZ-b 1974/26

B. Mr.

Sigurnost transformatora S.N./n.n. priključenih na nadzemne vodove

L'Electricité de France, koja ima u pogonu 250 000 transformatora S.N./n.n., a godišnje kupuje 15 000 transformatora ukupne snage 1 700 MVA, vodi statistiku kvarova na transformatorima. U tablici su dani kvarovi na transformatorima koji su na S.N. priključeni na nadzemne vodove. Polovina od navedenih kvarova je nastala uslijed atmosferskih prenapona, što opravdava ispitivanje udarnim valom, a i odgovarajuću konstrukciju transformatora.

UČIN TRANSFORMATORA kVA	GODIŠNJE KVAROVA 1965 ÷ 1969	1970
< 25	~ 3'5	2'4
25 ÷ 100	~ 1'9	1'4
> 100	~ 0'7	1'2

TABLICA 1

	GODINA		
	1954 %	1963 %	1972 %
GUBICI U PRAZNOM HODU	100	54	50
GUBICI U Cu	100	90	82
TEŽINA TRANSFORMATORA	100	71	68
VOLUMEN TRANSFORMATORA	100	80	75
CIJENA TRANSFORMATORA	100	63	54

TABLICA 2

Od 1954. godine do danas znatno su poboljšane konstrukcije transformatora, naročito zahvaljujući novim vrstama transformatorskih limova i novim izolacijama. Od 1969. god. pojavila se je na tržištu »evropska serija« transformatora, kao rezultat dogovora zemalja članica zajedničkog tržišta.

(Prema: Rev. Gen. d'Electricité 1973/10)

B. Mr.

Budućnost elektroprivrede USA

U »Elektrizitätswirtschaft« br. 6 od 1974. god. izašao je članak o budućnosti američke elektroprivrede. Budući da članak donosi interesantne prognoze, kao i poteškoće u realizaciji, djelomično je ovdje prikazan.

U USA se sve veća važnost pridaje procjeni potreba električne energije, jer o pravilnom planiranju ovisi normalan rad privrede, a i potrebe stanovnika. Planiranje je potrebno i radi velikih novčanih iznosa za potrebe elektroprivrede i dugih rokova izgradnje elektroprivrednih objekata. Privreda zemlje traži, dakle, dugoročno planiranje potreba električne energije, prvenstveno radi izvora, ali se ne smije zaboraviti da su proizvodnja, prijenos i distribucija tehnički i ekonomski povezani.

Stalni veliki prirasti potreba električne energije nastavit će se, prema svim procjenama, do kraja ovog stoljeća. Uz predviđeni prirast potreba električne energije, doći će i do iscrpljenja pojedinih energetskih baza (zemno ulje i plin), što će se morati nadoknaditi drugim energetskim medijima, između ostalog i električnom energijom. Istina je da će se dio manjka nadoknaditi još neiskorištenim domaćim energetskim sirovinama, kao što su uplinjeni ugljen, ugljen s velikim postotkom sumpora, bitumenozni škriljevci, reaktori s vrelom vodom, itd. Sve to zahtijeva ogroman kapital i mnogo vremena, tako da ti novi energetski izvori za sada još ne mogu rasteretiti postojeću klasičnu energetsku bazu. Strogi zakoni za zaštitu čovjekove okoline produžuju i poskupljuju izgradnju elektroenergetskih objekata. Sve se teže dobivaju lokacije za izgradnju centrala. Zahtjevi stanovnika često uzrokuju izmjenu projekata ili čak izmjenu lokacija. Takvi problemi ne samo da poskupljuju izgradnju, nego ju toliko produžuju da dolazi i do poteškoća u redovitom snabdijevanju električnom energijom. Izgradnja NTE traje od 7—10 godina, što je također razlog više za procjenu potreba električne energije za 20 godina unaprijed.

Prirast potrošnje električne energije mijenja se po godinama (+5,2% 1971., +7,8% 1972. god.), ovisno o konjunkturi, pa se analiziraju i procjenjuju potrebe za 10-godišnje intervale, gdje nema takvih oscilacija. Razumije se da prirasti nisu za cijelu zemlju jednaki.

Procjena potreba za USA obavljena je s više strana (od toga »Electrical World« za 86% zemlje).

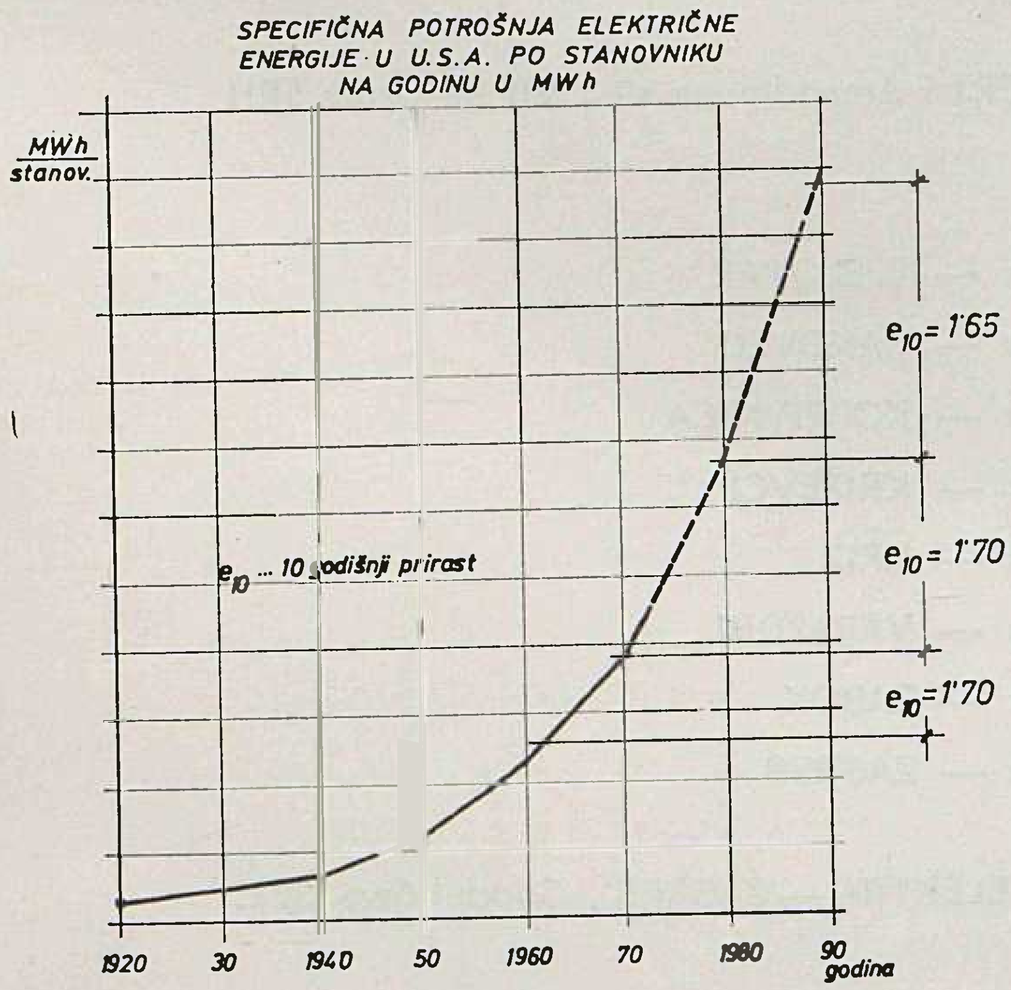
Uza sve poteškoće u snabdijevanju potrebe zemlje za slijedećih 10 godina (1970—1980) procijenjene su sa $R_{10} = 1{,}70$ (+5,5% god.), a za daljnjih 10 godina (1980—1990) sa $R_{10} = 1{,}65$ (+5,10% god.). Uza sav, za naše prilike, maleni porast, radi se o velikim vrijednostima.

U 1960. god. prirast je iznosio oko 70 TWh, u 1970. oko 140 TWh, a za 1980. je procijenjen na 250 TWh, što daje sliku poteškoća koje elektroprivreda USA mora svladati narednih godina. Za pokriće takvih prirasta predviđaju izgradnju jedinica od 500 MW, makar se sadašnja instalirana snaga TE kreće oko 1200—1300 MW.

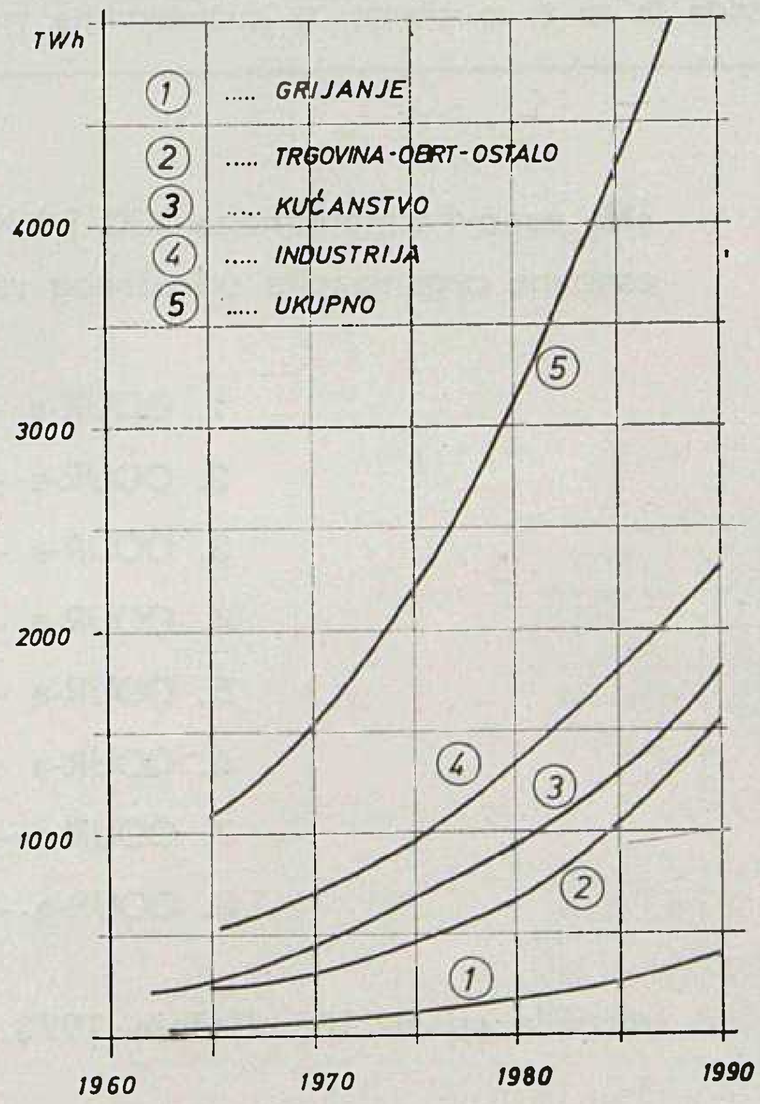
RASPODJELA PRODANE ELEKTRIČNE ENERGIJE U U S A NA POJEDINE GRUPE POTROŠAČA		
POTROŠAČI	godina 1951	1971
KUĆANSTVO	29 %	33 %
INDUSTRIJA	48 %	40 %
OSTALI	23 %	27 %
UKUPNO :	100 %	100 %

TABLICA 1
Raspodjela prodane električne energije u USA

Raspodjela prodaje električne energije u budućnosti, tj. do 1990. god., po pojedinim grupama potrošača, predviđa se uglavnom kao i do sada. Predviđa se daljnji porast potrošnje kućanstava i ostalih (obrt, trgovina), kao i u proteklom desetljeću, pa bi prirast potrošnje u budućnosti bio prema sl. 2.



Slika 3



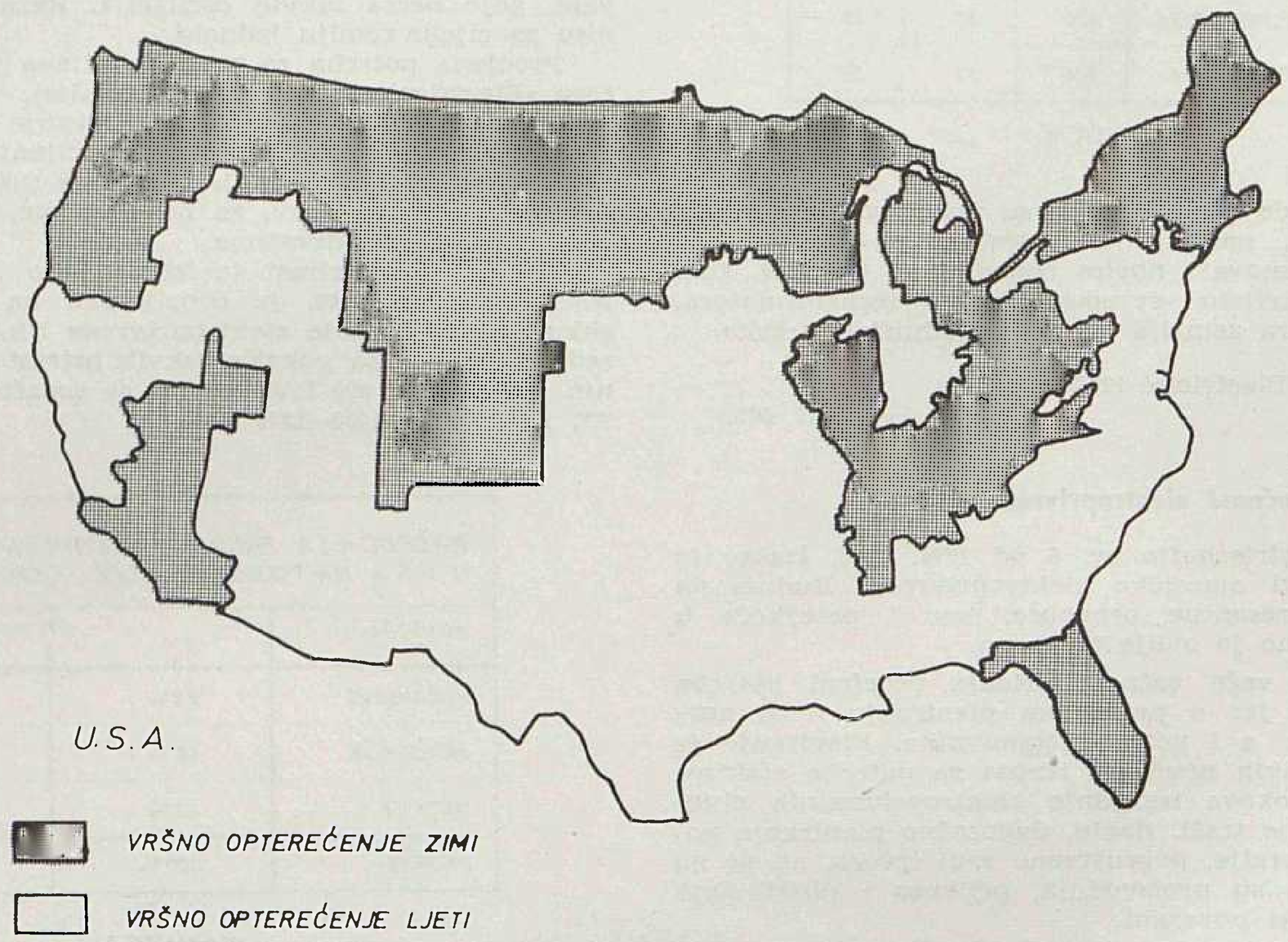
Slika 2

Veće promjene u potrošnji očekuju se iza 1990. god. Pomanjkanje zemnog ulja i plina sigurno će utjecati da neke grane privrede povećaju potrošnju, a neke se orijentiraju isključivo na električnu energiju. Tako bi grijanje prostorija, elektrifikacija željeznica i električni auto bitno povećali specifičnu potrošnju, a i utjecali na dijagrame opterećenja.

Očekuje se daljnji prirast specifične potrošnje po stanovniku, koji bi krajem stoljeća morao doseći 30 000 kWh/stanovniku. Mišljenja su da još nema zasićenja u potrebama za energijom; moderna civilizacija troši sve više i više energije, a upotreba električne energije, vrlo pristupačne i lagane za upotrebu, stalno raste. Šansa električne energije, osim smanjenja rezervi ostalih oblika energije, je i u zaštiti čovjekove okoline.

Potrošnja kućanstava će i dalje rasti, iako su već i sada zasićena kućanskim aparatima. U budućnosti se očekuje sve veća primjena električkog grijanja u novogradnjama (u 1970. god. se je oko 4,2 milijuna stanova grijalo električki; 1990. god. predviđa ih se 24 milijuna). U kućanstvima veliki utjecaj na potrošnju ima i klimatizacija. Radi se o izrazito ljetnom opterećenju, ovisnom o vanjskoj temperaturi, dakle nije moguće predvidjeti kada će se najviše upotrebljavati, tako da je u nekim područjima bilo i poteškoća u snabdijevanju baš u najtoplije dane (veliki padovi napona ili čak iskapčanja).

Na sl. 3 vide se područja USA, gdje je do opterećenja dolazilo zimi, tj. ljeti. Radi toga se montiraju plinske turbine, a u posljednje vrijeme ubrzavaju projektiranja i izgradnja pumpnih HE.



Slika 3

Prosječna potrošnja potpuno elektrificiranog kućanstva iznosila je oko 20 000 kWh u 1970. god., dok se u 1990. god. očekuje 30 000 kWh.

Vlastita proizvodnja električne energije u industriji iznosi sada 10—15% potreba, a za 1990. god. procijenjuje se sa 4—5% (industrijske TE su u pravilu malenih snaga — dakle skupi kWh-i. Industrija ne želi ulagati kapital u sporedne djelatnosti, to prije što joj se nudi električna energija uz povoljne uvjete). Očekuje se daljnje povećanje potrošnje kod novih proizvodnih procesa, naročito kod proizvodnje lakih metala, kemijske industrije, i za potrebe nuklearne tehnike.

»Na osnovi Amandmana XXI i XXII na Ustav SFRJ i Amandmana VI i VII na Ustav SRH osnovne organizacije udruženog rada:

1. OOUR-a — »ELEKTRA« — BJELOVAR
2. OOUR-a — »ELEKTRA« — ČAKOVEC
3. OOUR-a — »ELEKTRA« — KOPRIVNICA
4. OOUR-a — »ELEKTRA« — KRIŽEVCI
5. OOUR-a — »ELEKTRA« — KRIŽ
6. OOUR-a — »ELEKTRA« — VARAŽDIN
7. OOUR-a — »ELEKTRA« — ZABOK
8. OOUR-a — »ELEKTRA« — ZAGREB

udružile su se 10. siječnja 1973. u poduzeće 'ELEKTRA — ZAGREB', Gundulićeva 32«.

Prirast potrošnje obrta-trgovine u posljednjih 10 godina je iznosio $e_{10} = 2{,}40$ (+9,0% god.). Daljnji prirast, do 1990. god., procijenjuje se na $e_{10} = 1{,}80 - 1{,}90$ (+6,5% god.), a da se ne postigne zasićenje potrošnje. Takvi prirasti su posljedica povećanog komfora (klimatizacija, grijanje, bolja rasvjeta), a i bolje opremljenosti električkim aparatima (bolnice, uredi, škole, robne kuće, itd.). To ide tako daleko da je kod velikog dijela novogradnji električna energija predviđena kao jedini energetski medij.

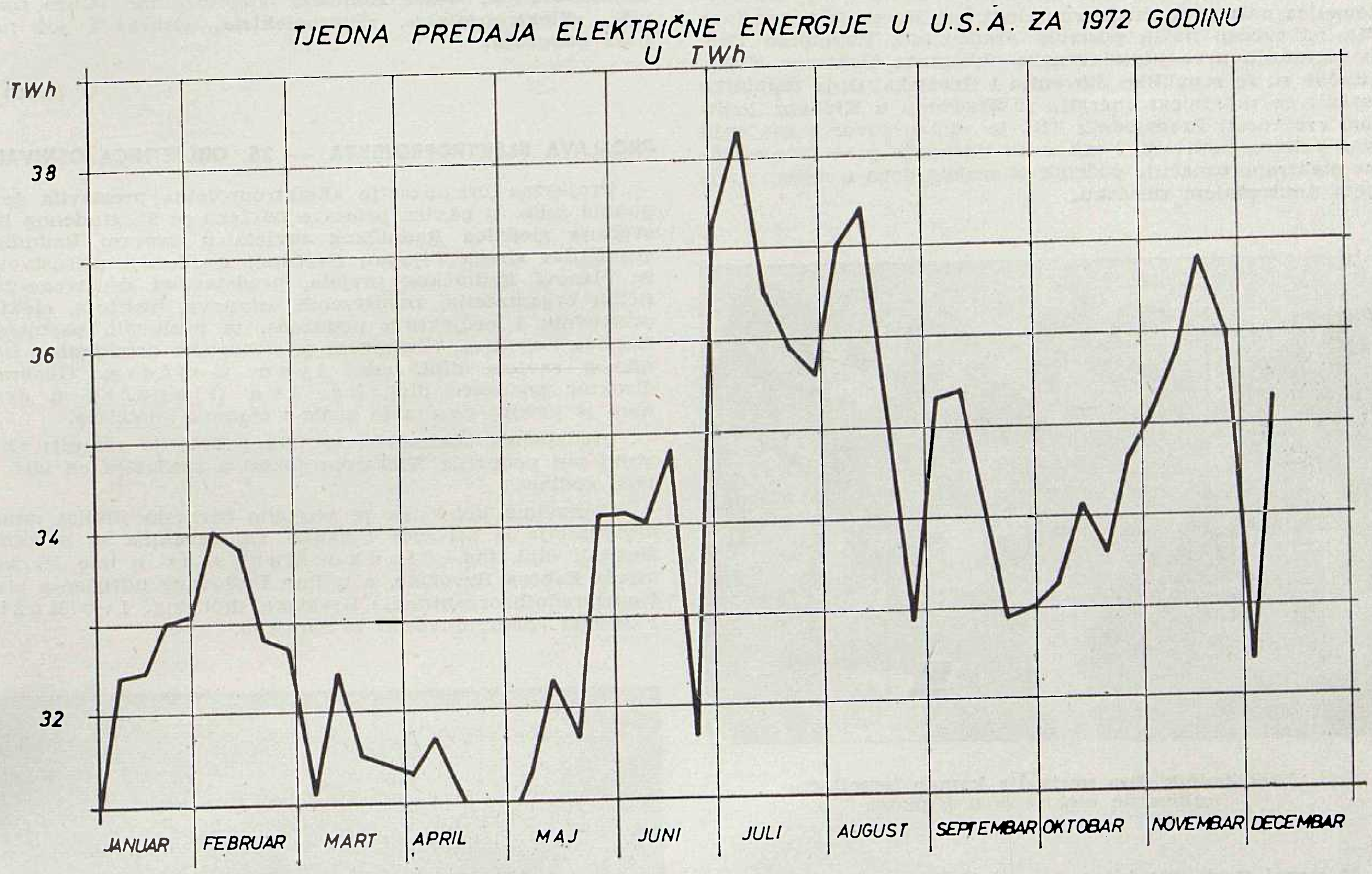
Godišnje krivulje opterećenja su se u posljednjih nekoliko godina izmijenile radi sve većeg utjecaja kućanstava i obrta-trgovine.

Vršno opterećenje je u 1963. god. u USA bilo zimi, a danas je u velikom dijelu zemlje ljeti, s tendencijom daljnjeg širenja. Razlog su klima-uređaji. Očekuje se daljnji rast ljetnog vršnog opterećenja, tako da bi 1980. god. bilo za oko 15% veće od zimskog.

Predviđa se i dalje brži rast vršnog opterećenja od rasta potrošnje, pa će se smanjiti upotrebno vrijeme, koje se predviđa u budućnosti sa 4 300 h/god.

Očekivana kriza energije bit će čak i povoljna za električnu energiju, uz uvjet da je elektroprivreda dočeka spremna. Smanjenje potrošnje električne energije ne da se postići apelima i objašnjenjima ili variranjem tarifa. Jedino drastičnim cijenama smanjila bi se potrošnja, ali to bi stvorilo velike poteškoće privredi, a i u normalnom dnevnom životu građana. Smatra se da je električna energija najpovoljniji oblik energije, neophodan modernoj civilizaciji, da je mora biti u dovoljnim količinama i uz povoljne cijene, što valja osigurati svim mogućim sredstvima.

B. Mr.



Slika 4

Prema izvještaju AEC-a smanjuje se razlika između troškova ulaganja za nuklearne elektrane i elektrane na fosilna goriva

U toku proteklih dviju godina, prema izvještaju AEC-a što će uskoro biti objavljen, znatno se smanjila razlika između troškova ulaganja za nuklearne elektrane i elektrane na fosilna goriva. Na izvještaju »Troškovi ulaganja za elektrane: sadašnji trendovi i osjetljivost na ekonomske parametre« surađivali su »AEC's division of reactor research & development, the Oak Ridge National Lab« i »United Engineers & Counstructors«. Ovaj izvještaj je sada u tisku ali je direktor L. Manning Muntzing u svom nedavnom govoru (NW, 26 Sept, 3) naveo nekoliko podataka iz tog izvještaja.

U skladu s izvještajem, troškovi izgradnje tipične nuklearne elektrane snage 1000 MW, planirane za puštanje u pogon u 1981, iznose 510.000.000 $, što je oko 11% niže od procijenjenih troškova za elektranu na fosilno gorivo s ugrađenim uređajima za kontrolu ispuštanja sumpornog oksida. Slična studija napravljena 1972. pokazuje razliku od 27% tj. 350.000.000 $ za tipičnu nuklearnu elektranu i 275.000.000 $ za elektranu na fosilno gorivo, obje za pongon u 1977.

Prema izvještaju, uz to što su naglo porasli troškovi izgradnje, kako nuklearnih tako i klasičnih elektrana zbog porasta troškova materijala i radne snage, zahtjev za ugradnju uređaja za odstranjivanje SO_2 pridodaje daljnjih 50.000.000 $ troškovima elektrana na fosilna goriva (ostale procjene troškova za dimnjačke filtracione uređaje kreću se od 45 do 100 milijuna $). Povećanje troškova, zbog novih zahtjeva vladinih agencija u vezi sa sigurnosti pogona i utjecaja na okolinu, je otprilike 60.000.000 $, za nuklearne i za klasične elektrane. Mora se naglasiti da troškovi za nuklearne i klasične elektrane neznatno variraju u različitim regijama zemlje.

Ova studija također daje detaljnu strukturu povećanja troškova koji proizlaze iz zahtjeva AEC-a u vezi sa sigurnosti i zaštitom okoline: 12.000.000 $ za troškove koji se odnose na zaštitu okoline, 22.000.000 $ za troškove koji se odnose na sigurnost, 8.000.000 $ za troškove iz stavke »razno« (rasvjeta i pomoćna ožičenja, start i kontrola elektrane, cjevovodi za by-poss sistem turbine, itd.), te 18.000.000 $ identificiranih kao indirektni troškovi (kontrola i osiguranje kvalitete, dobivanje dozvola, inženjering, obuka pogonskog osoblja, itd.). Iznos od 45.000.000 $ što ga je naveo Muntzing, kao trošak koji proizlazi iz svih dodatnih zahtjeva AEC-a s obzirom na sigurnost i zaštitu okoline, ne sadrži kategoriju »razno« i sadrži procijenjene »indirektne« troškove za pokriće raznih troškova.

Troškovi NSSS-a (nuklearni sistem za snabdijevanje parom) i turboagregata sada iznose samo 15% troškova nuklearne elektrane dok su ti troškovi u 1967. bili 40%. Povećanje troškova za elektrane na klasična goriva usporedivo je s povećanjem troškova za nuklearne elektrane, uglavnom zbog povećanja troškova radne snage, materijala i opreme te »dodatak opsegu isporuke«, što proizlazi iz dodatnih zahtjeva u vezi sa sigurnosti i zaštitom okoline.

Vijesti iz elektroprivrede

Početak izgradnje naše prve nuklearne elektrane

Poseban značaj i interesantan događaj u povijesti jugoslavenske elektroenergetike predstavlja postavljenje kamen-temeljca naše prve nuklearne elektrane što ga je 1. prosinca 1974. na svečan način postavio Predsjednik Republike Tito. Za izgradnju prve jugoslavenske nuklearne elektrane Krško odlučile su se republike Slovenija i Hrvatska. Obje republike koristit će zajednički energiju proizvedenu u Krškom. Prilikom svečanosti Predsjednik Tito je održao govor o značenju ovog velikog pothvata, i rekao da izgradnja prve faze atomske elektrane označuje početak atomskog doba u našem daljnjem unutrašnjem razvitku.

Predsjednik Tito postavlja kamen temeljac nuklearne elektrane u Krškom

U staroj Vasi, dva kilometra od Krškog, gdje će se graditi elektrana, prije polaganja kamena temeljca prigodne govore održali su predsjednik Općinske skupštine Krško Niko Kurent, dipl. ing., direktor nuklearne elektrane u izgradnji Janez Dular, dipl. ing., predsjednik Izvršnog vijeća Slovenije Andrej Marinc, predsjednik Izvršnog vijeća Hrvatske dr Jakov Sirotković. Svečanosti su prisustvovali i najugledniji savezni rukovodioci, kao i veći broj najviših republičkih rukovodilaca Slovenije i Hrvatske.

Među gostima bili su i predstavnici američkih banaka i tvrtke »Westinghous« koja će za NE Krško isporučiti opremu.

NE Krško će imati instaliranu snagu 632 MW i godišnje će proizvoditi 3 i po do 4 i po milijarde kWh električne energije. Elektrana će kako je predviđeno proraditi 1979. godine. Za nju i prateće dodatne objekte osigurani su strani krediti u iznosu od oko pola milijarde dolara. Odobrenim kreditima obuhvaćeno je i otvaranje rudnika urana na Žirovskom vrhu kod Škofje Loke, gdje će se izgraditi i tvornica za proizvodnju uranovog oksida. Osim toga podići će se i dvije plinske elektrane u Trbovlju i Jertovcu.

Uran iz domaćih rudnika

Za NE Krško predviđen je reaktor pod pritiskom sa 121 gorivim elementom u reaktorskoj posudi koji će biti smješten u sigurnosnom kućištu s dvostrukim zidom. Reaktorski rashladni sistem imat će dvije rashladne petlje za dovod pare potrebne za pogon turbine. U planu su i reaktori za sigurnosni sistem, parni turboagregat, dodatni tornjevi za hlađenje pri niskom vodostaju vode i vrlo visokoj temperaturi Save.

Predviđeno je da se u centru reaktora nalazi 49 tona urana koji će biti obogaćen sa 3,3%. Prvo gorivo isporučit će tvrtka »Westinghous«, dok će se kasnije puniti uranom sa Žirovskog vrha koji će biti oplemenjivan u SAD.

Godišnja potrošnja goriva iznosit će 16,3 tone, pod pretpostavkom da će NE Krško godišnje raditi 7000 sati.

Za osoblje u Krškom osigurano je dodatno školovanje u školskom centru »Westinghousea«.

Američki isporučilac opreme obvezao se da sve ugovorene objekte preda »na ključ«. Također je predviđeno da u izradi opreme učestvuju i »Litostroj«, »Metalna«, »Hidromontaža«, »Gradis«, »Rade Končar«, »Jugoturbina«, »Đuro Đaković«, »Elektroprojekt«, »Hidroelektra«, »Iskra« i još neka naša poduzeća.

(I. R.)

PROSLAVA ELEKTROPROJEKTA — 25. OBLJETNICA OSNIVANJA

Projektna organizacija »Elektroprojekt« proslavila je 25 godina rada. U okviru proslave održana je 22. studenog 1974. svečana sjednica Radničkog savjeta u dvorani Radničkog sveučilišta »Moša Pijade«. Svečanoj akademiji prisustvovali su članovi Radničkog savjeta, predstavnici društveno-političkih organizacija, znanstvenih ustanova, instituta, elektroprivrednih i projektnih poduzeća, te poslovnih partnera i članova kolektiva. Sjednicom je rukovodio predsjednik Radničkog savjeta dipl. ecc. Ivan Gojčeta. Generalni direktor poduzeća dipl. ing. Ivo Glavočić u uvodnom je govoru pozdravio goste i članove kolektiva.

Predsjednik Radničkog savjeta podnio je referat: »Razvojni put poduzeća 'Elektroprojekta' u razdoblju od 1949. do 1974. godine«.

Članovima kolektiva je pismeno čestitalo jubilej mnogo organizacija iz privrede i nauke. Od uzvanika su kolektivu čestitali dipl. ing. Stanko Manestar u ime Izvršnog vijeća Sabora Hrvatske, a u ime Poslovnog udruženja elektroprivrednih organizacija Hrvatske, dipl. ing. Ivo Božin, i delegat »Energoinvesta« iz Sarajeva.

Proslava 25. obljetnice osnivanja »Elektroprojekta«

Razvoj poduzeća

Vlada FNRJ osniva 1949. g. poduzeće za projektiranje hidroelektrana i istražne radove — »Hidroelektroprojekt«. Godinu dana kasnije poduzeću se pripaja zagrebačka grupa »Termoelektroprojekt« i grupa za projektiranje transformatorskih stanica.

Početkom 1952. godine izmijenjen je naziv poduzeća u »Elektroprojekt«. Već 1954. pojavljuje se Elektroprojekt na investiciono-tehničkim radovima u inozemstvu, a 1957. djelatnost poduzeća se proširuje na sve radove projektiranja vodogradnji. U skladu s novim potrebama tržišta i zahtjevima suvremenijeg poslovanja djelatnost se proširuje i na isporuku kompletnih postrojenja, uključujući tu projektiranje, isporuku opreme, izgradnju i montažu, te nadzor i puštanje objekta u pogon.

Poduzeće 1972. g. ponovno mijenja djelatnost i prelazi na oblik rada konzultantske organizacije.

U prvoj godini poslovanja u kolektivu je radilo 45 radnika, a od tada je broj zaposlenih u stalnom porastu. Danas, u jubilarnoj godini, ukupan broj zaposlenih je 204, od toga 150 inženjera i tehničara.

Izvjestan broj stručnjaka Elektroprojekta angažiran je na tehničkim fakultetima i drugim visokim i srednjim školama u svojstvu profesora i nastavnika, prenoseći na taj način svoje stručno iskustvo na mlađe generacije.

Osam radnika radi u poduzeću od osnutka, pa im je na proslavi uručena spomen plaketa i novčana nagrada.

Valja istaknuti, da čak 80 radnika u poduzeću radi već 15 ili više godina.

U proteklih 25 godina rada sistem raspodjele osobnih dohodaka mijenjao se više puta radi što pravednijeg nagrađivanja prema rezultatima rada. To je bila najbolja garancija za daljnje podizanje produktivnosti i zadržavanje kvalitetnog stručnog kadra.

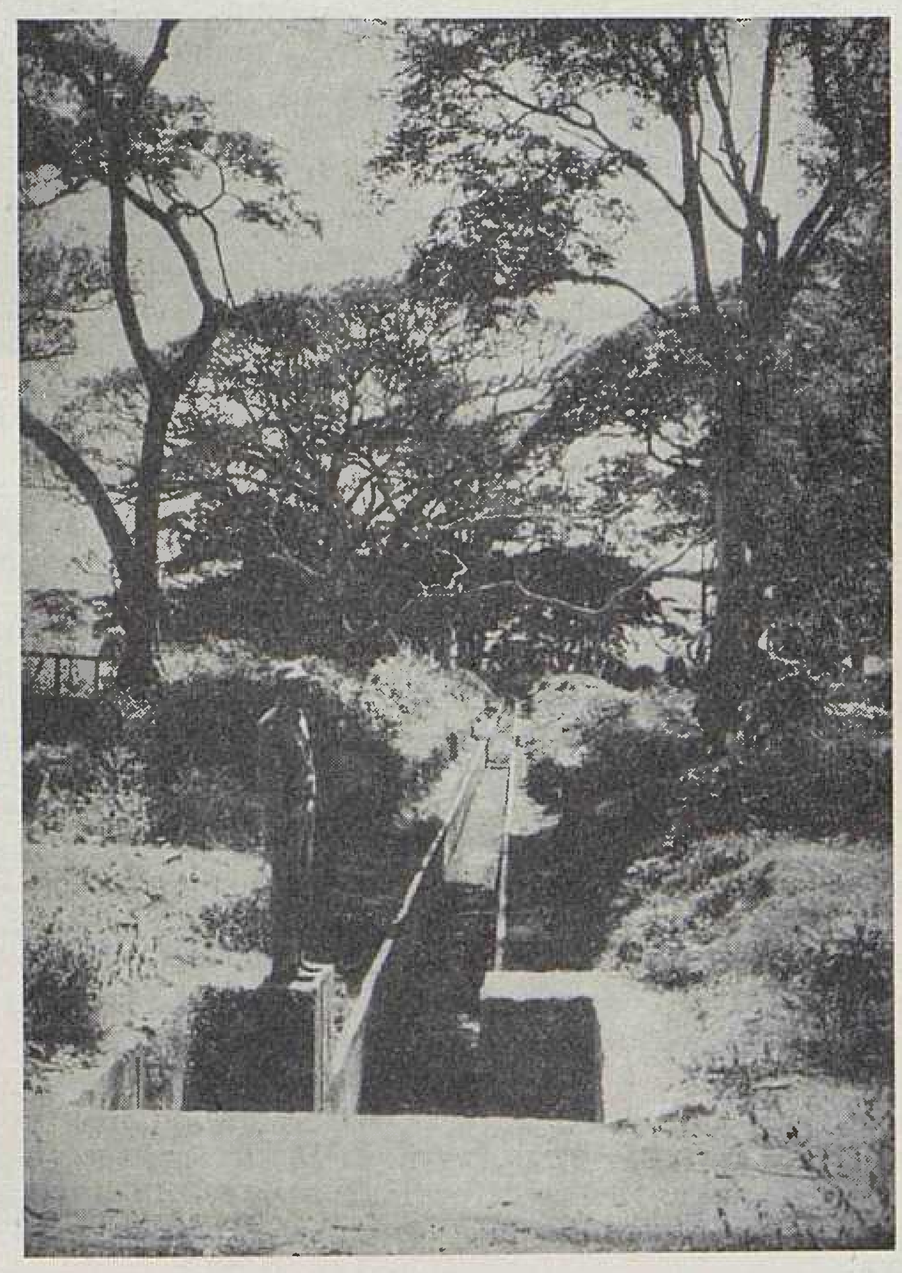
Velika pažnja poklanjana je rješavanju stambenog pitanja članova kolektiva, pa poduzeće danas raspolaže sa 70 svojih stanova. Pojedinci su dobili zajmove za rješavanje stambenog problema, tako da je poduzeće riješilo stambeno pitanje za više od 100 svojih radnika.

Izdvajana su i znatna financijska sredstva za stručnu izobrazbu, za stipendiranje novih kadrova, a pružana je i materijalna pomoć sindikalnim i ostalim društvenim organizacijama.

Djelatnost u zemlji i inozemstvu

Kao što je navedeno, do 1954. godine poduzeće je isključivo radilo na poslovima u zemlji, no nakon tog razdoblja organizirani su radovi i u inozemstvu. U zemlji se radilo na projektiranju osnovnih i najznačajnijih energetskih objekata u Hrvatskoj, kao i na nekim objektima u drugim republikama.

Od najznačajnijih radova valja istaknuti ove: Projekte za više od 30 hidroelektrana. Tako su kompletno projektirane HE Nikola Tesla, HE Gojak, HE Peruća, HE Split, HE Senj, HE Rijeka, HE Sklope, HE Orlovac, HE Varaždin, itd. Projektirano je više od 10 većih termoelektrana, kao što su: TE Jertovec, TE Jugovinil, TE Vlaška, TE Rijeka, TE Osijek, TE Zagreb na Žitnjaku, zatim TO Skopje, TE Plomin, TE Sisak i dr. Također su izrađeni projekti za više od 40 transformatorskih stanica raznih napona, i za industrijska energetska postrojenja i rekonstrukcije većih kapaciteta, kao DIP Ivangrad, Željezara Skopje i Sisak, te Šećerana Županja, Aluminijski kombinat Titograd, DIP Belišće, Celuloza Prijedor, Toplifikacija Skopje, i dr.



Farma AWASSA — Etiopija, kanal za natapanje
Elektroprojekt je projektirao natapanje ove farme od 3.034 ha s mogućnošću kombiniranog korištenja irigacione vode kišenjem i preplavljivanjem

Značajan je rad i na nizu energetskih objekata vodogrdnje, u zemlji i inozemstvu.

Prvi radovi u inozemstvu počeli su 1954. u Burmi, a već 1955. godine poduzeće je registrirano kao samostalan izvođač investicionih radova za inozemstvo.

Poduzeće je radilo, i danas radi, u ovim zemljama: Burma, Liban, UAR, Etiopija, Grčka, Indija, Cejlon, Iran, Libija i Austraslija. U tim zemljama već se nalaze u pogonu mnoge elektrane i drugi energetski objekti koje su projektirali stručnjaci Elektroprojekta. Do danas je u inozemstvu poduzeće ugovorilo više od 30 milijuna USA dolara.

Suradnja s drugim organizacijama

Elektroprojekt je u svom radu bio upućen na poslovnu suradnju ne samo s projektantskim organizacijama, već i s institutima, fakultetima, kao i proizvođačima opreme, te građevinskim i montažnim poduzećima, u zemlji i izvan nje.

Održavanje preuzetih obveza, rokova i kvaliteta rada bili su temelji suradnje koja je bila vrlo korisna ne samo za Elektroprojekt, već i za poslovne partnere. Poduzeće je bilo jedno od osnivača Poslovnog udruženja projektanata »Kooprojekt«, Poslovnog udruženja »Ingra« kao i Poslovnog udruženja za projektiranje, proizvodnju i montažu nuklearne opreme i postrojenja.

Vrlo je aktivna i plodonosna suradnja sa stručnim udruženjima i društvima. Npr. u DIT-u, Elektrotehničkom društvu, Društvu strojarskih inženjera i tehničara, u Geodetskom društvu, te u Internacionalnom udruženju za mehaniku stijena, CIGRE, Jugoslavenskoj sekciji za visoke brane, Društvu za hidraulička ispitivanja, kao i u drugim stručnim organizacijama.

Ivan Radman

ZAVRŠNA PROSLAVA »DALEKOVODA« U POVODU 25. OBLJETNICE

Završna proslava 25. obljetnice poduzeća Dalekovod obilježena je 19. prosinca u dvorani Radničkog sveučilišta »Moša Pijade« svečanom akademijom. Predsjednik Radničkog savjeta drug Antun Bajić pozdravio je najprije potpredsjednika skupštine grada Zagreba dr Ivu Mišu, drugaricu Ing. Olgu Miličić-Arslanagić, člana Izvršnog vijeća Sabora i sekretara za energetiku, druga Ing. Stanka Manesstra, republičkog sekretara za urbanizam i građevinarstvo SRH, te druga Ing. Hakiju Hasanbegovića, direktora poslovnog udruženja »Elektroprivrede«, investitore s kojima poduzeće surađuje, te goste i članove kolektiva »Dalekovoda«. Glavni direktor poduzeća Ivan Brus održao je referat u kojem je u kratkim crtama iznio razvoj i uspjehe Dalekovoda.

Prije 25 godina osnovana je radna organizacija Dalekovod sa zadatkom izgradnje dalekovodne mreže transformatorskih stanica i ostalih energetskih postrojenja u SR Hrvatskoj. Tako je Odlukom Savezne vlade došlo do osnivanja specijaliziranih poduzeća po republikama. Na taj način je 1949. godine nastao i Dalekovod, kao samostalno poduzeće izdvajanjem stanovitog broja radnika iz distributivnog poduzeća »Elektra« iz Zagreba.

U početku djelovanja poteškoće su bile velike: stručnjaci malobrojni, pomagala oskudna. Ali zanos i požrtvovnost članova kolektiva nadoknadili su nedostatak iskustva i mehanizacije.

Ubrzo od malog poduzeća sa svega stotinu radnika nastaje radna organizacija sa 1700 radnika, koja je mogla preuzeti i izvršiti najodgovornije i najsloženije poslove, što ih je zahtijevala ubrzana elektrifikacija zemlje.

Struktura radne organizacije

Danas je Dalekovod organiziran u pet radnih organizacija:

— Radnu zajednicu — zajedničke službe,
— OOUR projektni biro,
— OOUR građevno-montažna operativa,
— OOUR elektro-montažna operativa i
— OOUR industrijska proizvodnja.

Za obavljanje zajedničkih poslova sve osnovne organizacije udruženog rada suglasno su formirale Radnu zajednicu — zajedničke službe, koja obuhvaća opću i kadrovsku službu, računovodstvo, plansko-analitički biro, te nabavni i prodajni sektor i službu za realizaciju.

Projektni biro — prošao je 25 godišnji razvojni put razvivši se u zreli, samostalni, visokostručni i suvremeni projektni biro, sposoban da preuzme projektiranje za

elektroprivredu i ostale naručitelje: dalekovode, kabelske vodove, rasklopna postrojenja i transformatorske stanice svih napona, kao i slične objekte. Danas Projektni biro broji 20 inženjera, isto toliko tehničara, struke elektrotehničke, građevinske, geodetske, geološke i arhitektonske, te 10 crtača i 10 stručnih osoba u administraciji i tehničkoj dokumentaciji.

Od svojih prvih dana do danas Projektni biro je izradio veliki broj projekata, a slijedeći podaci mogu ilustrirati opseg izvršenog posla u toku proteklih 25 godina. Izrađeni su projekti (tj. geodetski, elektromontažni i građevinski) za vodove 220 kV u dužini oko 1200 km, za vodove 110 kV ukupne dužine oko 2800 km, 35 kV vodova za 2900 km, preko 3000 km 10 kV vodova i preko 10.000 km mreža niskog napona. Izrađeni su projekti za više od 25 transformatorskih stanica 110/35 kV i 220 transformatorskih stanica 30/10 kV. Grupa specijalizirana za elektrovuču radila je na projektu za elektrifikaciju željezničke pruge Zagreb — Beograd, na dužini od 375 km, te trolej mrežu grada Splita i na još nekim projektima iz područja elektrovuče.

Posljednjih je godina otvoreno novo poglavlje u projektiranju dalekovoda vrlo visokog napona. Projektira se i gradi 380 kV mreža koja prekriva cijelu Jugoslaviju. Projektni biro je isključivi projektant dijela ove mreže na području SR Hrvatske. Projektni biro je radio i u ostalim republikama Jugoslavije i u inozemstvu. Izvršena su projektiranja za mrežu dalekovoda u Pakistanu, Togu, Kambodži i Centralnoj Afričkoj republici.

Projektni biro je odigrao važnu ulogu i u projektiranju podmorskih kabela, koji energetski povezuju naše otoke sa matičnim kopnom i međusobno.

Građevni i elektro montažni radovi

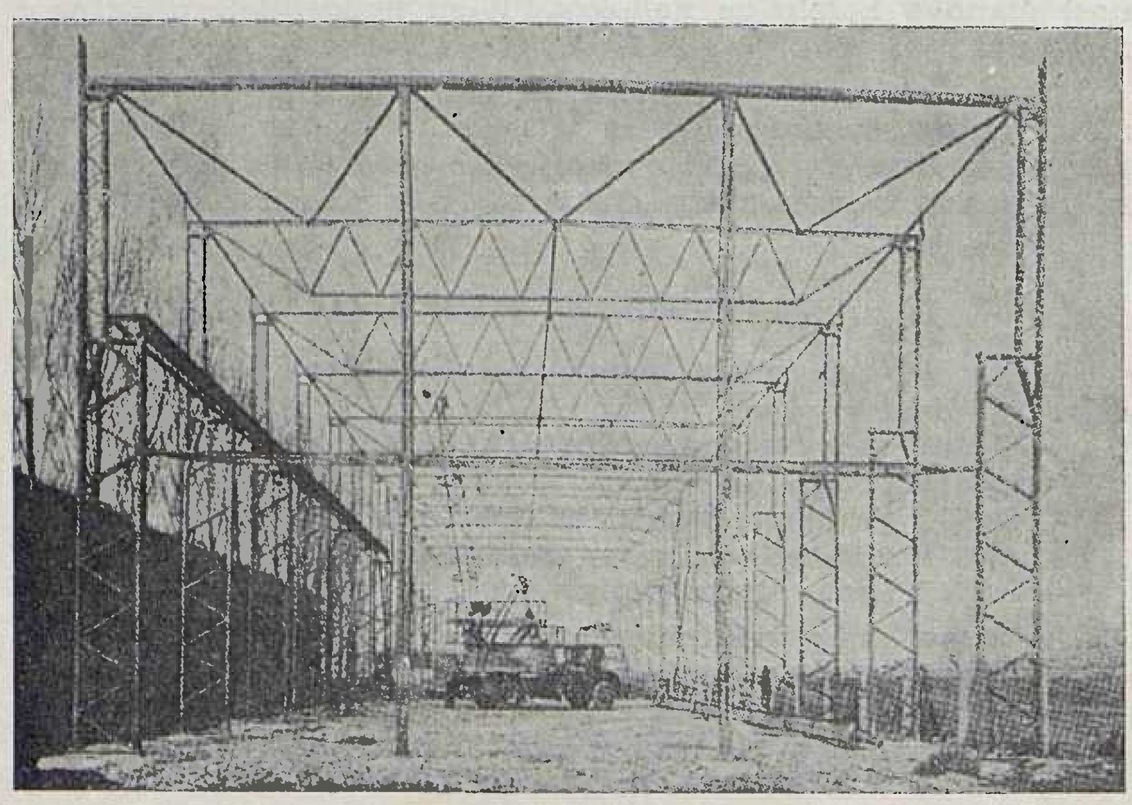
Industrijski razvitak naše zemlje zahtijevao je sve više prijenosnih postrojenja. Preteći tok razvoja Dalekovod je odmah po osnutku 1949. izdvojio grupu za izgradnju takvih objekata, koja je ubrzo prerasla u »odjel«, zatim u »pogon«, da bi se konačno formirao OOUR Građevno-montažne operative sa svojim tuzemnim i inozemnim gradilištima te vlastitim pogonom transporta i remonta.

Današnji sastav ovog OOUR-a broji oko 800 zaposlenih, od čega je manje od 10% pomoćna radna snaga.

Organizacija sa suvremeno opremljenom mehanizacijom do sada je u tuzemstvu izvela opsežne radove:

dalekovoda 220 kV	oko 1.200 km,
dalekovoda 110 kV	oko 2.500 km,
dalekovoda 35 kV	oko 2.000 km.

Izgradnja DV 380 kV u zemlji predstavlja posebno poglavlje u razvoju poduzeća, jer će OOUR građevno-montažne operative izgraditi veći dio toga jedinstvenog prijenosnog sistema. Od ukupne dužine (820 km) dalekovoda koji otpada na SR Hrvatsku poduzeće Dalekovod je već ugovorilo izgradnju 415 km jednostrukog voda sa Al-Fe vodičima u snopu presjeka 490 mm² i zaštitnim užetom 2 × 20 mm². Nadalje na području SR Slovenije ugovorena je do sada izgradnja DV 380 kV u dužini od 195 km.



Montaža industrijske hale — čelične konstrukcije proizvod »Dalekovoda«

Ova radna jedinica u zajednici s Projektnim biroom sudjeluje na mnogim međunarodnim licitacijama samostalno ili kao poslovni partner drugih jugoslavenskih poduzeća.

Već niz godina postoji uspješna suradnja s »INGROM« iz Zagreba, a preko nje s tvrtkom Brown-Boveri iz Mannheima u raznim formama na gradnji dalekovoda svih napona u SR Njemačkoj, Belgiji, Nizozemskoj, Togu, Maleziji i drugim zemljama. U toku je izgradnja DV 110 kV Boili — Bangui, dužine od 90 km, u Centralnoafričkoj republici.

Od samog osnutka radne organizacije započinje s radom odjel za montažu rasklopnih postrojenja, transformatorskih stanica, elektroenergetskih instalacija, te odjel za elektrifikaciju seoskih naselja. Razvojem tih odjela nastao je današnji OOUR Elektromontažne operative. Predmet poslovanja ovog OOUR-a je:

— Izvedba elektromontažnih radova na transformatorskim stanicama i rasklopnim postrojenjima, uključivši i napone od 30 kV na više,
— izgradnja i montaža dalekovoda do napona 20 kV,
— izgradnja i montaža niskonaponske mreže,
— montaža objekata za rasvjetu,
— polaganje podvodnih i podzemnih kabela svih vrsta i napona,
— izvedba elektromontažnih radova na objektima elektrifikacije gradskih saobraćajnica, na žičarama i dr.

Industrijska proizvodnja

Godine 1957. osniva se Pogon metalnih konstrukcija na Žitnjaku, u novosagrađenoj hali veličine 80 × 15 m, sa dvokatnim skladištem tehničkog materijala, veličine 60 × 15 m, zgradom s pogonskim uredima, konstrukcionim biroom, te radničkom menzom i sanitarno-higijenskim prostorijama. Kapacitet je pogona oko 1500 tona metalnih konstrukcija i bravarije. Time se Dalekovod specijalizirao za izradu stupova za dalekovode, za konstrukcije i proizvode bravarije potrebne za transformatorske stanice svih napona i ostalih energetskih objekata.

Do 1958. g. ovjesni i spojni materijal za dalekovode visokog napona nije se proizvodio u našoj zemlji. Nakon 1958. godine pristupilo se proizvodnji uglavnom za vlastite potrebe i to samo u uskom asortimanu i zastarjele tipizacije. Iste godine Dalekovod organizira vlastite pogone za izradu ovjesnog materijala po licenci tvrtke »Salvi« iz Milana.

Uz pomoć specijaliziranih ekipa razvija se i unapređuje proizvodnja ovjesne i spojne opreme za sve napone uključujući i opremu za najveći napon za prsten osnovne prijenosne mreže u Jugoslaviji nazivnog napona 380 kV.

God. 1963. provodi se pripajanje Kovačnice »Srp i čekić« iz Vinkovaca poduzeću Dalekovod i njihova preorijentacija na proizvodnju otkivala za ovjesni materijal.

Na vlastitom pogonu na Žitnjaku od godine 1957. otpočela je proizvodnja vlastitih tipova čelično-rešetkastih stupova iz profila i bešavnih cijevi.

Novim investicionim ulaganjima izgrađene su još dvije proizvodne hale, tako da sada godišnji kapacitet proizvodnje iznosi: do 3500 tona spojnog i ovjesnog materijala, do 6000 tona raznih metalnih konstrukcija i do 20.000 komada raznih stupova za javnu rasvjetu cesta, parkova, sportskih objekata i željezničkih pruga.

Nakon iznesenog referata glavnog direktora Ivana Brusa, potpredsjednik općine grada Zagreb, dr Ivo Miše je podijelio odlikovanja Predsjednika Republike zaslužnim radnicima poduzeća »Dalekovod«.

Ordenom zasluga za narod sa srebrnim zracima odlikovan je Ivan Brus, Ordenom zasluge za narod sa srebrnom zvijezdom Janko Smud, a Ordenom rada sa zlatnim vijencem Kaja Matošić. Orden rada sa srebrnim vijencem dobili su: Ante Alfirović, Josip Belančić, Antun Boker, Bećir Crnovršanin, Zvonko Gađe, Ivan Glavinić, Alojz Horvat, Antun Juričev, Božo Knežević, Anton Lacko, Ivan Majhen, Vidosav Pandža, Gostimir Popović, Danica Pravdić, Kemal Razić, Marko Rengel, Đovani Rover, Slavko Smud, Jure Šarac, Mirko Špoljak, ing. Koloman Wagman i Jan Varžak.

Medaljom rada odlikovani su: Karlo Andereata, Ilija Branković, Tereza Cukrov-Kegal, Boško Drobac, Gojko Ercegović, Drago Falat, Slavko Kličko i Vladimir Podgrac.

Nakon predaje odlikovanja sa svečane akademije je upućen pozdravni brzojav Predsjedniku Republike Josipu Brozu Titu. Prisutni članovi kolektiva i drugi gosti jednoglasno su prihvatili prijedlog i burnim aplauzom pozdravili čitanje brzojava.

7a akademiji su podijeljeni spomen darovi slavljenicima koji su na radu od osnutka poduzeća do danas. Ukupno su nagrađena 22 člana kolektiva.

Ivan Radman

Izgradnja TE »Sisak II«

Izgradnja TE »Sisak II«, započeta početkom 1974. godine, uspješno se odvija. Zbog loših vremenskih prilika u listopadu došlo je do zastoja u radovima, ali to zakašnjenje je nadoknađeno.

Glavni pogonski objekt, temelji turbogeneratora i montaža kabelskih postrojenja ulazi u završnu fazu. Najveći dio opreme, više od 60%, do sada je stigao iz SSSR čiji stručnjaci i projektanti rade na izgradnji elektrane.

Građevne radove na izgradnji TE »Sisak II« izvodi zagrebačko poduzeće »Industrogradnja« s kooperantima, dok montažne radove izvodi poduzeće »Braća Kavurić« iz Zagreba. Završeni su svi radovi na izgradnji pomoćnih objekata za smještaj opreme, a otvorit će se i radilišta za vanjska rashladna postrojenja i odvodni kanal razhladne vode.

U toku je i mijenjanje rezervoara za smještaj 110 tisuća tona mazuta, osnovnog pogonskog goriva nove termoelektrane.

Prema planovima stručnjaka elektroprivrede TE »Sisak II« bit će poštena u rad tokom 1976, a novo postrojenje zaposlit će još oko 100 novih radnika.

(I. R.)

Početak izgradnje plinskih elektrana

S obzirom na manjak električne energije koji će se javljati 1975, 1976. i 1977. godine analize su pokazale da je opravdana izgradnja plinsko-turbinskih agregata u Hrvatskoj. Elektroprivreda Hrvatske uvrstila je u plan izgradnje energetskih postrojenja u 1975. i gradnju plinsko-turbinskih elektrana. U prvi plan ušla je izgradnja plinskih elektrana u Jertovcu i Osijeku za čiju gradnju su osigurane investicije.

Tako je na svečan način 15. studenog 1974. položen kamen temeljac naše prve plinsko-turbinske elektrane u Jertovcu. Postrojenje će raspolagati s dva nova turboagregata po 32,5 MW. Korištenjem plinskih turbina u kombinaciji sa starim postrojenjem od 39 MW, u tzv. kombi-sistemu, današnja TE Jertovec će dobiti još novih 65 MW. To će u stvari biti nova termo elektrana od 104 MW. Novo postrojenje proizvodit će godišnje oko 700 GWh električne energije, a kao gorivo koristit će se benzin, ekstralako ulje, a nakon izgradnje plinovoda i zemni plin.

Plinsko-turbinska elektrana Jertovec uklapa se u program naše prve NE Krško. Naime, prema ugovoru o isporuci opreme za NE Krško američka tvrtka Westinghouse isporučit će i turbine za PE Jertovec. Generatori i jedan dio opreme nabavit će se od belgijske tvrtke »AGEC«. U osiguranju druge strojne i elektro opreme učestvovat će i naša poduzeća, Rade Končar i dr.

U programu je da PE Jertovec sredinom 1975. uđe u pogon.

Također su 27. prosinca prošle godine udareni i temelji za gradnju plinsko-turbinske elektrane u Osijeku, od 50 MW. To postrojenje imat će veliko značenje za dopunsku opskrbu električnom energijom konzumnog područja Osijeka i Baranje. PE Osijek će osim proizvodnje električne energije proizvoditi i tehnološku paru i toplu vodu za industriju i potrošače na gradskom području Osijeka. Opremu za ovu elektranu isporučit će najvećim dijelom tvrtka »AEG« iz SR Njemačke. Rok puštanja u pogon PE Osijek planiran je za sredinu srpnja 1975. godine.

(I. R.)

Elektrana Churchill Falls dostigla punu instaliranu snagu

Na padovima Churchill Fallsa na rijeci Hamilton u području Labradora, oko 1200 km od velikih konzumnih centara Montreal-Quebec u Kanadi, stavljen je u pogon i posljednji hidrogenerator snage 495 MW. Puna instalirana snaga elektrane iznosi 5225 MW. To je najveća podzemna hidroelektrana na svijetu. Radovi su započeli 1967. godine, a prva je energija dobivena u prosincu 1971, 5 mjeseci prije ugovorenog roka. Sve su jedinice ušle u pogon prije roka uklju čivši i posljednju koja je bila predviđena za 1. travnja 1976. Troškovi cijelog objekta kreću se oko 950 milijuna US dolara.

Water Power, decembar 1974.

B. M.

ODLAZAK U MIROVINU

Prošle je godine napustio elektroprivredu i otišao u mirovinu, nakon punog 40-godišnjeg rada, dipl. ing. IVO BULIĆ, markantna ličnost naše elektroprivrede. Rođen je 1906. g. u Supetru na Braču, diplomirao na Tehničkom fakultetu u Zagrebu, školske godine 1933/34.

Uposlio se u Električnom poduzeću — Split, gdje je deset godina radio na elektrifikaciji Splita i okolice.

God. 1943. otišao je u partizane, gdje se naročito istakao kao komandant artiljerije na Visu. Vojsku je napustio sa činom kapetana.

Nakon oslobođenja Beograda postavljen je u novoosnovanom Ministarstvu industrije za načelnika za energetiku.

Kad je pak 1946. g. osnovana u Zagrebu Glavna uprava elektroprivrede Jugoslavije i poslije Ministarstvo elektroprivrede u Beogradu, inž. Ivo Bulić bio je šef Biroa za inozemne nabavke. Velike potrebe novoosnovane jugoslavenske elektroprivrede u opustošenoj zemlji s jedne strane i poteškoća s nabavkom i trgovinom u poslijeratnoj Evropi s druge, stavili su ga pred vrlo težak i odgovoran zadatak, što ga je inž. Bulić godinama vrlo uspješno savladavao.

Nakon rasformiranja Saveznog ministarstva premješten je 1954. g. u Split, gdje je ponovno uložio sve svoje snage na izgradnji elektroprivrede u Dalmaciji. Njegova radinost, umješnost i upornost posebno su došle do izražaja pri izgradnji HE Zakučac. Za rad na ovom objektu primio je Orden rada sa zlatnim vijencem. Poslije ovog velikog djela postao je direktor za plan u Elektroprivredi Dalmacije, a zatim savjetnik. U tom razdoblju svog rada, iako nije bio direktno angažiran na izgradnji, dao je značajan doprinos organiziranju izrade pretprojektne i projektne dokumentacije velikih elektroprivrednih objekata.

Za cijelo vrijeme svog rada u elektroprivredi bio je motorna snaga mnogih akcija kako u organizaciji u kojoj je radio, tako i u elektroprivredi Hrvatske i elektroprivredi Jugoslavije. Njegova marljivost, njegova pronicavost i njegova želja za jednostavnim i logičkim rješenjima mogu biti uzor mlađim generacijama ljudi u elektroprivredi. Odlaskom u mirovinu nije prestala njegova aktivnost, jer čovjek naučen na akciju i borbu sa zaprekama ne može naći zadovoljstva u mirovini. Naša je želja, a vjerujemo da je to želja svih onih koji su surađivali s ing. Ivom Bulićem, da još dugo u zdravlju i dobroj kondiciji svojim iskustvom i energijom koristi elektroprivredi Dalmacije i Hrvatske.

Uredništvo

SAVJETOVANJE O RACIONALNOM KORIŠTENJU ELEKTRIČNE ENERGIJE U INDUSTRIJI I DOMAĆINSTVIMA U JUGOSLAVIJI

Od 10. do 12. prosinca 1974. godine održano je na Bledu u prostorijama Festivalske dvorane *Savjetovanje o racionalnom korištenju električne energije u industriji i domaćinstvima u Jugoslaviji*. Organizaciju ovog Savjetovanja je preuzela Zajednica jugoslovenske elektroprivrede u suradnji s elektroprivrednim organizacijama republika i pokrajina i učešće Privredne komore Jugoslavije, Jugoslovenskog komiteta za elektrotermiju i elektrokemiju, Saveza mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Jugoslavije, Koordinacionog odbora elektrodistribucije Jugoslavije, Udruženja jugoslovenskih željezara i Poslovnog udruženja ferolegura, rijetkih metala i karbida SFRJ. Domaćin Savjetovanja je bilo Združeno podjetje elektrogospodarstva SR Slovenije u suradnji s Elektrotehniškom zvezom Slovenije.

Cilj Savjetovanja je bio da se razmotre uvjeti i način korištenja električne energije u industriji i domaćinstvima u nas i utvrdi kako se može na osnovi tehničko-ekonomskih analiza i provođenjem odgovarajućih akcija postići najracionalnija potrošnja električne energije i što razumnije korištenje raspoložive snage iz elektroenergetskih sistema. Kako je poznato, u ukupnoj jugoslavenskoj neto potrošnji električne energije od oko 29.500 GWh u 1973. godini, industrijska poduzeća apsorbiraju oko 58,5%, a sva kućanstva na području SFR Jugoslavije sa 29% u ukupnoj jugoslavenskoj godišnjoj potrošnji.

U narednom razdoblju razvoja jugoslavenske elektroprivrede predviđa se, također, brzi ritam porasta potrošnje električne energije, uglavnom za potrebe industrije i kućanstva. Stoga je racionalno korištenje električne energije u ova dva glavna sektora potrošnje od velikog značaja za jugoslavensku elektroprivredu i ekonomiku naše privrede u cjelini.

Valja istaći, da voditi politiku racionalne potrošnje električne energije nikako ne znači ograničenje potrošnje nekih kategorija potrošača, već razumno korištenje raspoložive energije i snage, vodeći oštru borbu protiv nekorisne potrošnje, tj. za postizanje smanjenja gubitaka energije, a posebno voditi oštru borbu protiv rasipanja.

Mjere racionalizacije treba da pridonesu smanjenju vršnog opterećenja elektroenergetskog sistema, zatim racionalnijem iskorištenju elektroenergetskih kapaciteta, smanjenju gubitaka energije u mrežama prijenosa i distribucije, kao i povećanju faktora snage, što je istovremeno zajednički ekonomsko-tehnički interes svakog potrošača, i elektroprivrednih organizacija za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije.

Ovom savjetovanju je prisustvovalo oko 240 učesnika — predstavnika industrijskih radnih organizacija, elektroprivrednih organizacija za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije, privrednih komora, proizvođača električne opreme, znanstvenoistraživačkih institucija i društveno-političkih organizacija, iz cijele Jugoslavije.

Za Savjetovanje je otisnuta knjiga — Zbornik sa 36 stručnih referata u opsegu od 416 strana, kao i Program rada Savjetovanja sa sadržajem svih 36 referata na 32 strane, što je na vrijeme dostavljeno učesnicima Savjetovanja.

Referati su bili razvrstani u tri glavne grupe:

I PROBLEMATIKA RACIONALNE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE SA STANOVIŠTA INDUSTRIJE
II PROBLEMATIKA RACIONALNE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U DOMAĆINSTVIMA I POSEBNO SA STANOVIŠTA ELEKTRODISTRIBUCIJE
III PROBLEMATIKA RACIONALNE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE SA STANOVIŠTA ELEKTROPRIVREDE U CJELINI.

Dana 10. prosinca 1974. godine u 10,00 sati Savjetovanje je otvorio predsjednik Organizacionog odbora Savjetovanja Mihelčić Ivan, dipl. inž.

Nakon pozdravnih govora i izbora radnih predsjedništva po grupama referata počeo je radni dio Savjetovanja razmatranjem referata iz I. grupe. Zatim se 11. i 12. prosinca diskutiralo o referatima iz ostalih grupa.

Na osnovi podnijetih referata i opširne stručne diskusije usvojeni su slijedeći

Zaključci

I grupa Problematika racionalne potrošnje električne energije sa stajališta industrije

1. Uspostaviti čvršću suradnju između službi za energetiku u industrijskim radnim organizacijama (a gdje ih nema organizirati službe za energetiku) i isporučitelja električne energije radi rješavanja problematike racionalne potrošnje.
2. I dalje raditi na smanjenju vršnog opterećenja racionalnim vođenjem tehnološkog procesa i uvođenjem suvremenih sredstava za izravnavanje vršnih opterećenja. Pri tome uzimati u obzir dosadašnja iskustva nekih većih privrednih radnih organizacija.
3. Neophodno je da industrijske radne organizacije uvode u pogone i tehnološke procese normative potrošnje električne energije, na znanstvenoj osnovi, radi usporedbe racionalne potrošnje energije.
4. Ujednačiti prikupljanje i praćenje podataka o električnoj energiji u industriji zbog procjene racionalnog korištenja i vlastite proizvodnje električne energije u industrijskim poduzećima.
5. U industriji (gdje je to moguće), pomicanjem radnog vremena i pojedinih faza tehnološkog procesa, postići racionalnije korištenje raspoložive snage i količine električne energije, a to stimulirati tarifnim stavovima.
6. Potrošači električne energije kao i isporučitelji, s aspekta općih ulaganja, treba da poduzmu odgovarajuće mjere za kompenzaciju reaktivne energije u svojim postrojenjima radi racionalne potrošnje električne energije.
7. Osigurati racionalno korištenje raspoložive električne energije i snage općim dobavnim uvjetima za isporuku električne energije potrošačima.
8. U okviru elektroprivrede organizirati posebnu stručnu energetsku službu sa zadatkom da radi na problematici racionalne proizvodnje i potrošnje električne energije, koja bi tijesno surađivala s potrošačima. Pri tome koristiti i društva inženjera i tehničara i odgovarajuće institucije u radnim organizacijama.
9. Racionalno korištenje električne energije, kako u normalnim tako i u izuzetnim situacijama elektroprivrede, treba da pridonese ostvarenju isporuka propisane kvalitete električne energije.
10. Pitanje racionalnog korištenja električne energije valja povezati s kompleksnom problematikom energije u cjelini.

II grupa Problematika racionalne potrošnje električne energije u kućanstvima posebno sa stajališta elektrodistribucije

1. Savjetovanje je zaključilo da postoji potreba provođenja široke akcije usmjerene ka racionalnom korištenju električne energije u kućanstvima. Stoga je potrebno organizirati odgovarajuće službe, koje će organizirano i sistematski raditi na upućivanju potrošača.
   Pozitivno je ocijenjen rad i iskustva postojećih zavoda »Zavoda za elektrifikacijo podeželja« iz Videma ob Šćavnici i »Centralnog zavoda za napredek gospodinjstva« iz Ljubljane, pa se preporučuju ovakve akcije u zemlji.
2. Potrebna je tješnja suradnja elektroprivrednih i elektrodistributivnih poduzeća sa zavodima za unapređenje kućanstava, i sličnim organizacijama.
3. Valja uložiti posebne napore na polju upućivanja na racionalnu upotrebu električne energije u kućanstvima putem: radio-televizije, seminara, izložbi, publikacija i akcijama po školama.
4. Preporučuje se proizvođačima električnih aparata da proizvode ekonomičnije aparate za kućanstva, tj. s manjom potrošnjom električne energije, i da osim uputa za upotrebu daju potrošačima i savjete za racionalno korištenje električne energije.
5. Potrebno je povesti akciju racionalnog korištenja električne energije za potrebe rasvjete u kućanstvima, ne smanjenjem, već pravilnim izborom nivoa rasvjete, korištenjem svetlosnih izvora s većim stupnjem svjetlosnog iskorištenja odgovarajućih svjetiljki i mogućnosti regulacije nivoa rasvjete isključenjem određenog broja svjetlosnih izvora.
   Posebno se preporučuje uvođenje fluorescentne rasvjete u odgovarajućim prostorijama stanova.

6. Preporučuje se dalji rad na razvijanju i uvođenju tehničkih sredstava za bolje korištenje elektroenergetskih objekata za izravnavanje dnevnog dijagrama opterećenja. Potrebno je donošenje propisa o elektroenergetskim instalacijama u zgradama, koji bi predviđali mogućnost primjene mrežne tonfrekventne komande (MTK) kod potrošača.
7. U vezi s primjenom MTK, potrebno je uskladiti i tarifnu politiku za stimuliranje potrošača.
8. Preporučuje se razmatranje pitanja uvođenja vršne snage u kućanstva, kao tarifnog elementa, za koje valja predvidjeti tehnička rješenja.
9. Radi racionalnog korištenja električne energije u domaćinstvima potrebno je posvetiti posebnu pažnju ispravnosti i održavanju električnih aparata i instalacija.
10. Zbog uštede svih vrsta energije, a posebno električne, preporučuje se izmjena normi u građevinarstvu radi postizanja veće toplotne izolacije stanova.
11. Preporučuje se donošenje propisa po kojima bi elektrodistributivna poduzeća mogla uvjetovati priključenje novih trošila veće snage, uz prethodnu prijavu potrošača, radi dobijanja suglasnosti od elektrodistributivne organizacije.

III grupa Problematika racionalne potrošnje električne energije sa stajališta elektroprivrede u cjelini

Potrebno je poduzimati i podržavati akcije radi provođenja racionalnije potrošnje i proizvodnje električne energije u smislu smanjenja potrebne količine električne energije za jedinicu proizvoda, odnosno količine primarne energije za jedinicu proizvedene električne energije, uz uvažavanje odgovarajućih ekonomskih kriterija.

Potrebno je, stoga, proučavati i poduzimati ove mjere:

1. Ulagati napore za povišenje sigurnosti elektroenergetskog sistema poduzimanjem preventivnih mjera u održavanju elemenata sistema, uz odgovarajuće osiguranje neophodnih rezervi za efikasnu eksploataciju.
2. U planiranju razvoja elektroenergetskog sistema poduzimati mjere za dalju racionalizaciju, kao što su: eventualno smanjenje broja naponskih nivoa, izbor najpovoljnijih topoloških struktura električne mreže, uvođenje preciznijih uputa za racionalniju eksploataciju elektroenergetskih sistema, itd.
3. Radi boljeg uskladištenja mogućnosti proizvodnje i dinamike potreba, valja utjecati na izmjenu dinamike potreba i uvođenje kategorije potrošača u svojstvu tzv. »zavisnih (ovisnih) potrošača« u elektroenergetskom sistemu u slučajevima kad za to postoji opravdanje s aspekta nacionalne ekonomike, i ovaj oblik stimulirati instrumentima tarifne politike.
4. Radi poboljšanja kvalitete isporuke električne energije i smanjenja gubitaka u elektroenergetskom sistemu, potrebno je provoditi prilagodnu kompenzaciju reaktivnih snaga na odgovarajućim naponskim nivoima mreža.
5. Proučiti i izvršiti odgovarajuće dopune i izmjene u tarifnoj politici i uvesti odgovarajuće tarifne stavove vezane za potrošnju reaktivne snage i energije.
6. Preko interesnih zajednica podsticati i podržavati zainteresiranost korisnika električne energije za neposredno financijsko učešće u izgradnji elektroenergetskih objekata i stimulirati ove oblike davanjem odgovarajućih povlastica u uvjetima korištenja električne energije, kao i tarifnom politikom.
7. Podsticati međusobnu suradnju isporučitelja i korisnika električne energije radi sagledavanja uzajamnih mogućnosti u racionalnijoj potrošnji i proizvodnji električne energije.
8. Podržavati i pomagati odgojno-obrazovne institucije i druge organizacije koje podstiču racionalnu potrošnju električne energije.
9. Podsticati i pomagati istraživački, analitički i razvojni rad i inovacije usmjerene ka efikasnijoj i racionalnijoj potrošnji i proizvodnji električne energije.
10. Očekuje se da će preporuke i zaključci s ovog Savjetovanja naći svoje mjesto i u programima rada interesnih zajednica, kao i to, da će interesne zajednice u mnogome pridonijeti racionalizaciji potrošnje i proizvodnje električne energije.
11. Redovno voditi sastanke s temom racionalizacije proizvodnje, prijenosa, razvoda i korištenja električne energije — kao stalne akcije.

* * *

S ovim zaključcima Savjetovanja valja upoznati sve savezne i republičke sekretarijate za privredu, privredne komore, sve elektroprivredne organizacije, veće potrošače električne energije, kao i stručne saveze i društva, radi provođenja akcija za što racionalnije korištenje električne energije u industriji i kućanstvima, kao i u ostalim sektorima potrošnje.

Za učesnike Savjetovanja domaćin Savjetovanja — Združeno podjetje elektrogospodarstva SR Slovenije — organiziralo je stručne ekskurzije: 12. prosinca Zavodu za unapređenje domaćinstva u Ljubljani s razgledanjem izložbe, kao i u Železarnu Jesenice za obilazak pogona s elektrolučnim pećima za čelik.

Dana 13. prosinca 1974. godine jedan dio učesnika je posjetio Tovarnu »Iskra« Kranj, a drugi dio prijavljenih učesnika termoelektranu Šoštanj s razgledanjem elektrostrojarskih postrojenja i Tovarnu električnih aparata za kućanstvo »Gorenje« u Velenju.

Osim toga domaćin Savjetovanja je priredio 10. prosinca u 20,30 sati u Festivalskoj dvorani kulturno-umjetnički program za učesnike Savjetovanja.

Vladimir Zloković, dipl. inž.

SVJETSKA KONFERENCIJA ZA ENERGIJU U DETROITU (USA)

Dana 23. rujna 1974. otvoreno je deveto zasjedanje Svjetske konferencije za energiju u Detroitu.

Ovom je zasjedanju prethodilo, od 1924. g. kada je ta organizacija osnovana, 8 plenarnih i 15 pojedinačnih sastanaka. Prema tome, ovim se sastankom obilježio 50-godišnji jubilej.

Detroit je grad s jakom industrijom na srednjem zapadu USA. Sa svojih 4,5 milijuna stanovnika to je peti po veličini grad u USA.

Na zasjedanju je bilo oko 3000 učesnika, od toga 58 stručnjaka iz Jugoslavije sa 10 osoba pratnje. Osnovna tema konferencije bila je: »Privreda i čovjekova okolina u odnosu na potrebe budućeg energetskog gospodarstva«.

Referati i diskusije obuhvatili su slijedeće energetske teme:

1. Stanovništvo i izvori energije
2. Okolina i opskrba energijom
3. Očuvanje energetskih izvora
4. Pretvorba energije
5. Transport energije
6. Upotreba energije

Na svečanom otvorenju prvoga dana uz uobičajene svečane govore, vrhunac je bio posjeta i govor predsjednika USA, Geralda Forda.

Na zasjedanju je izneseno 229 referata. Iz Jugoslavije nije bio ni jedan referat.

Na kraju zasjedanja izabran je novi predsjednik idućeg savjetovanja Francuz Roger G a s p a r d. Domaćin budućeg zasjedanja Svjetske energetske konferencije 1977. bit će Turska.

Kao i kod ostalih sličnih zasjedanja službeni jezici bili su engleski i francuski, ali je bio i simultani prijevod na njemački.

Usporedno s diskusijama obavljeni su posjeti mnogim pogonima u gradu i izvan njega. Bilo je mnogo mogućnosti da se razgleda grad, a posebno je bio organiziran svakodnevni program za članove iz pratnje.

Bila su također organizirana različita primanja i koncert simfonijskog orkestra iz Detroita.

Zasjedanje se održalo u areni u Cobo-Hall-u velikoj dvorani s polukružnim amfiteatralnim sjedalima. Organizacija svih službi u kongresnom centru bila je vrlo dobra. Šef policije Detroita je objavio da je sigurnost učesnika savjetovanja osigurana brigom 5000 policajaca. Zgrada kongresa čuvana je od nepozvanih, a kretanje učesnika je diskretno osigurano.

Na kraju zasjedanja krenulo je 18 grupa na osmodnevna putovanja širom USA i Kanade.

Nove knjige

R. Isermann: **Processidentifikation**, 188 strana, 42 slike, format 16,5×23 cm, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1974., cijena DM 22 (US $ 9).

Knjiga se bavi identifikacijom i procjenom parametara dinamičkih procesa s diskretnim signalima, a namijenjena je studentima tehničkih i prirodnih znanosti te inženjerima i znanstvenicima, koji rade u industriji i istraživačkim ustanovama. Za njezino proučavanje pretpostavlja se poznavanje osnovnih pojmova iz teorije linearnog programiranja i statistike, a obrađeni postupci su relativno visoke klase; tj. vrijede za tehničke, biološke, ekonomske i ekološke procese; i posebno su prilagođeni za obradu pomoću digitalnih i procesnih računala.

Sadržaj je podijeljen na uvodni dio, četiri poglavlja i dodatak. U uvodu su nakon nekih osnovnih primjedbi o teoretskim i eksperimentalnim postupcima za određivanje modela i njihovom povratnom djelovanju opisani zadaci identifikacije procesa, te je podrobno dana klasifikacija postupaka za identifikaciju.

Poglavlje A obrađuje značajne korelacione postupke i pripadne test signale za identifikaciju neparametarskih modela (težinske i korelacione funkcije), dok su u poglavlju B prikazani identifikacioni postupci za parametarske modele (diferencijalne jednadžbe, Z-funkcije).

U potonjem poglavlju najprije su izložene metoda najmanjih kvadrata kao i stohastičke aproksimacije, a potom metoda poopćenih najmanjih kvadrata i metoda pomoćnih varijabli, da bi konačno bile prikazane i maksimum-Like, linood i, teoretski najopćenitija, Bayes metoda.

Kada struktura modela stanovitog procesa nije unaprijed poznata može biti svrsishodno najprije, u prvom koraku, identificirati na parametarski model, te potom, u drugom koraku, polazeći od navedenog modela izvršiti procjenu parametara parametarskog modela. Stoga se poglavlje C bavi dvostepenom identifikacijom s neparametarskim i parametarskim modelima, a podijeljeno je na odsječke: odzivna funkcija determiniranih test signala, stohastička aproksimacija i korelaciona analiza.

U poglavlju D prikazana je usporedba postupaka za procjenu parametara, određivanje reda modela te različiti posebni problemi, dok su u dodatku opširnije objašnjeni neki matematički pojmovi neophodni za bolje razumijevanje izloženog gradiva.

Knjiga je zaključena obilnim popisom stručne literature i kazalom.

M. Jung

Tihomil Jelaković, **Tranzistorska audiopojačala**; Izdavač: »Školska knjiga« Zagreb, 1973., str. 275, slika 250, cijena 100.— d.

Knjiga poznatog autora predstavlja uvod u tranzistorsku tehniku, preko tehnike pojačala niskih frekvencija.

Autor se u iznošenju sadržaja priklonio novijim tendencijama u stručnoj literaturi o tranzistorima, koje na njega ne gledaju više strogo fizikalno kao na idealni četveropol čija su sva svojstva obuhvaćena parom jednadžbi ili matricom, već kao na nesavršeni elektronički element unutar odgovarajućeg sklopa, koji se može proračunati vještim zanemarivanjem nebitnog, naravno uz poznavanje fizikalnog toka procesa, relativno jednostavnim formulama.

Kad se prisjetimo da se inženjeri i tehničari ne bave samo konstruiranjem uređaja već i njihovim dotjerivanjem, održavanjem i popravcima, izabrana koncepcija zbog svoje jednostavnosti i pristupačnosti dobiva puni smisao i opravdanje.

Knjiga je podijeljena u 12 poglavlja:

1—4 — Osnovne karakteristike tranzistora, pojačanje malih signala, dobivanje prednapona i stabilizacija kolektorske struje.
5—7 — Pretpojačala i negativna reakcija.
8—11 — Izlazna pojačala i monolitna integrirana pojačala.
12 — Mrežni ispravljači.

Uz sva navedena poglavlja nalaze se i mnogobrojni brojčani primjeri proračuna, a na kraju i opširni popis upotrebljene literature. Grafička oprema knjige je izvrsna sa mnogobrojnim crtežima. Knjiga se preporučuje praktičarima svih struka i nivoa znanja.

I. Simurina

W. G. Schneeweiss: **Zufallsprozesse in dynamischen Systemen** (Slučajni procesi u dinamičkim sistemima). 351 strana, 52 slike, cijena 72 DM. Izdavač: Springer Verlag Berlin - Heidelberg - New York, godina 1974. ISBN 3-540-06192-4.

Ova knjiga bi trebala, kako kaže njen autor, premostiti posebno veliki raskorak koji postoji između neobično apstraktne matematičke teorije i često i suviše naivne prakse na području slučajnih (stohastičkih) procesa.

Knjiga daje uvod u tretiranje velikog broja praktički interesantnih klasa slučajnih procesa i njihovih transformacija kroz dinamičke sisteme. Uključeni su i tzv. točkasti procesi (Punktprozesse), kod kojih nas interesiraju vremena pojave određenih događaja. Neophodne matematičke osnove obuhvaćaju samo elementarni infinitezimalni račun, kao i operatorski i matrični račun. Da se krug čitalaca ne bi ograničio npr. samo na specijaliste iz regulacije, primjeri se obrađuju u formi matematičkih modela. Knjiga je nastala pretežno na temelju postdiplomskih predavanja, na osnovi autorove disertacije iz mjerenja stohastičkih veličina, kao i iz brojnih dodatnih studija i predavanja održanih u okviru istraživačkih instituta i u industriji.

Materija se obrađuje u osam poglavlja, koja obuhvaćaju uvod u osnove determinističke teorije sistema, osnovne pojmove teorije vjerojatnosti, pojmove korelacijske funkcije i spektralne gustoće u linearnim sistemima, mjerenje slučajnih veličina, statičke i dinamičke nelinearne transformacije slučajnih procesa, optimalne prijenosne sisteme i točkaste procese. Knjiga sadrži primjere za vježbu, kao i njihova rješenja. Posebno je interesantno za primjenu poglavlje optimalnih prijenosnih sistema. Tu se traže onakvi dinamički sistemi, kakvi se daju u praksi realizirati, a dani slučajni proces (koji u većini slučajeva djeluje kao smetnja) tako prenose, da slučajne veličine na određenim mjestima u takvim sistemima imaju određena optimalna svojstva (što u većini slučajeva odgovara minimalnom rasipanju). Knjiga sadrži opsežan popis (oko stotinu izvora) referentne literature.

Knjiga može biti posebno interesantna specijalistima iz područja regulacijske i dojavne tehnike, ali i onima iz ekonomskih nauka, gdje se ekonomski sistemi sve više moraju promatrati kroz dinamičke modele.

J. Lakota

STATISTIČKI PREGLED

ELEKTROPRIVREDE SR HRVATSKE U SKLOPU ELEKTROPRIVREDE JUGOSLAVIJE

OSNOVNI PODACI

Osnovni podaci elektroprivrede Hrvatske

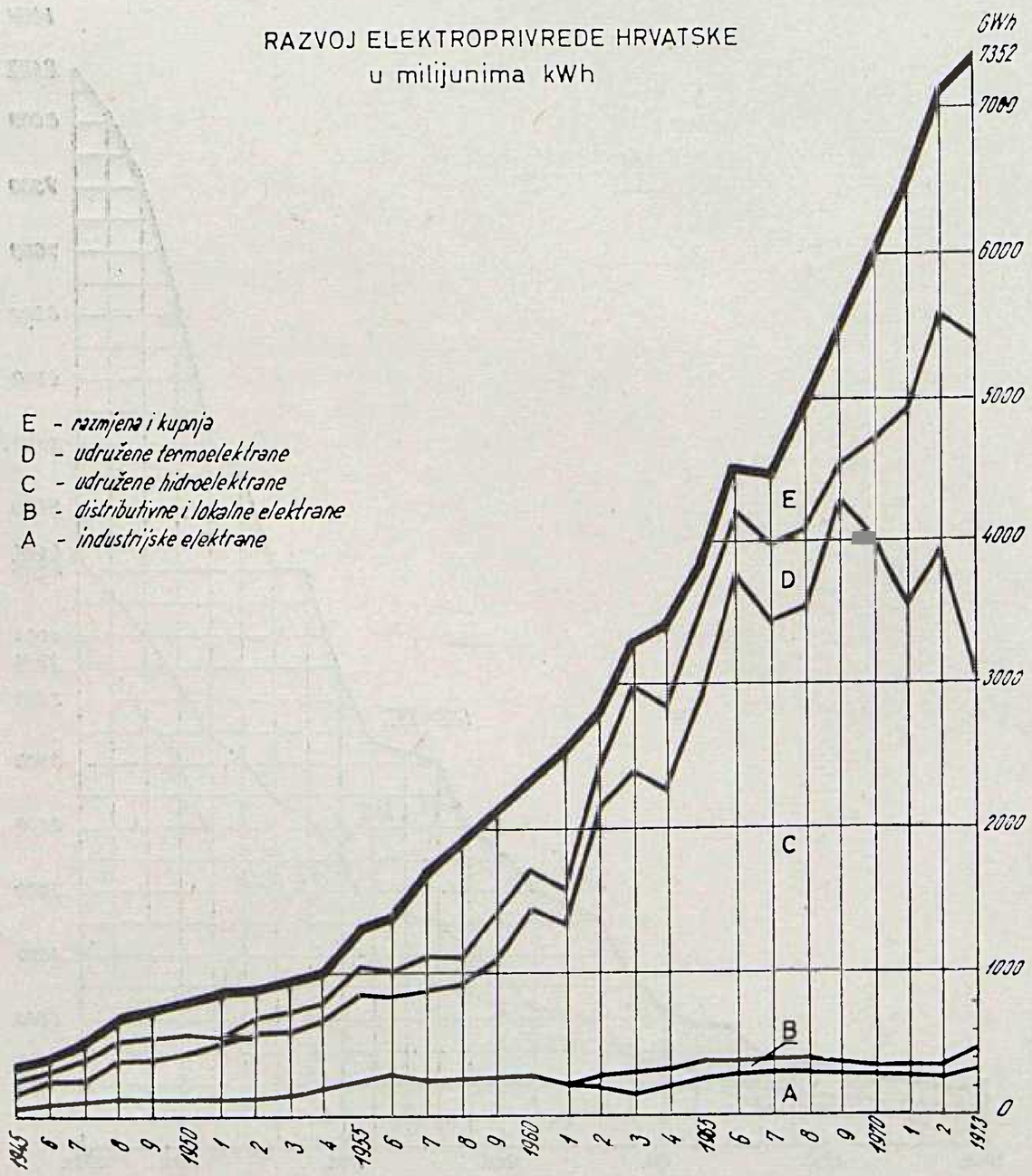
po stanju od 31. XII 1973. [2]

Tablica 1

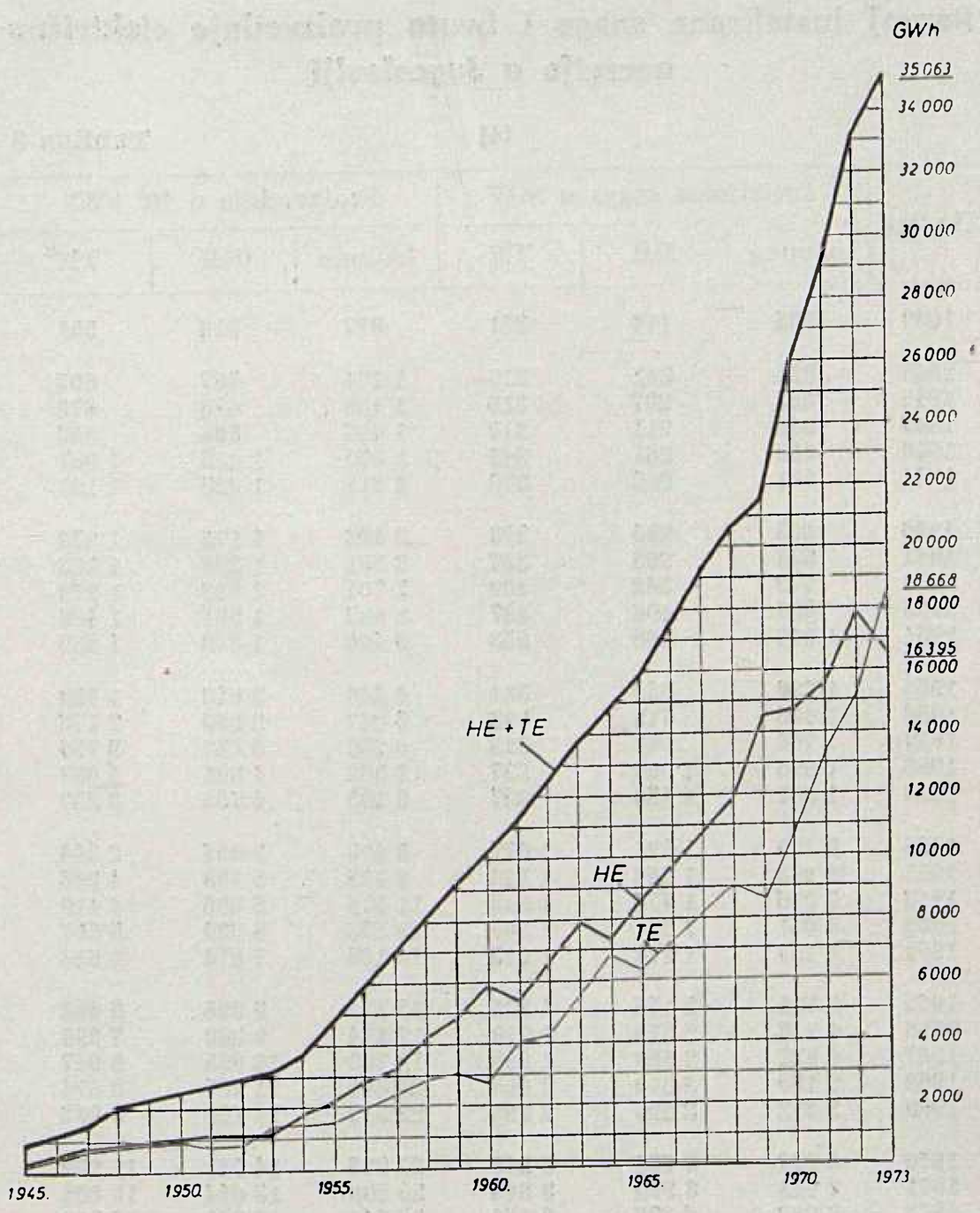
Naziv postrojenja		1945	1960	1965	1970	1971	1972	1973
Hidroelektrane	broj	7	11	15	17	17	17	19
	snaga MW	69	286,6	650,0	777,7	777,7	777,7	1023,6
	od toga Udružene MW	66	282,9	632,0	761,6	761,6	761,6	1007,5
Termoelektrane	broj	10	48	41	40	40	40	40
	snaga MW	48	184,7	244,8	556,4	568,4	568,4	568,4
	od toga Udružene MW	33	86,3	144,4	479,4	491,4	491,4	491,4
Ukupno elektrane	MW	177	471,3	894,8	1334,1	1346,1	1346,1	1592,0
Transformatorske stanice:								
220/110 kV	broj stanica	—	—	2	5	5	5	6
	broj transformatora	—	—	3	7	7	8	11
	snaga MVA	—	—	400	1000	1000	1150	1600
110/30—50 kV	broj stanica	1	20	29	34	36	42	44
	broj transformatora	2	32	45	57	68	79	80
	snaga MVA	20	678	982	1441	1586	1920	1980
30—50/3—10 kV	broj stanica	17	119	...	241	249	258	270
	broj transformatora	29	253	...	449	458	462	487
	snaga MVA	88	1673	...	1732	1851	1930	2010
3—10 kV / niski napon	broj stanica	990	3911	...	10480	10876	11320	11625
	broj transformatora	1217	4223	...	11763	12004	12460	12860
	snaga MVA	187	858	...	2220	2276	2410	2910
Dalekovodi:								
220 kV	km	—	50	594	874	949	976	1158
110 kV	km	83	1314	1697	2062	2110	2384	2483
50—30 kV	km	493	2199	2711	3305	3547	3651	3725
10—3 kV	km	1691	8149	...	16967	17860	18630	19320
niski napon	km	4376	18011	...	34749	35750	36685	37340
Vršno opterećenje SRH	MW	82	382	605	1004	1126	1208	1227

Mrežni transformatori u HE i TE uključeni u transformatorskim stanicama 220/110 i 110/35—50 kV.

PROIZVODNJA I INSTALIRANE SNAGE



Sl. 1. Ukupna proizvodnja električne energije u Hrvatskoj

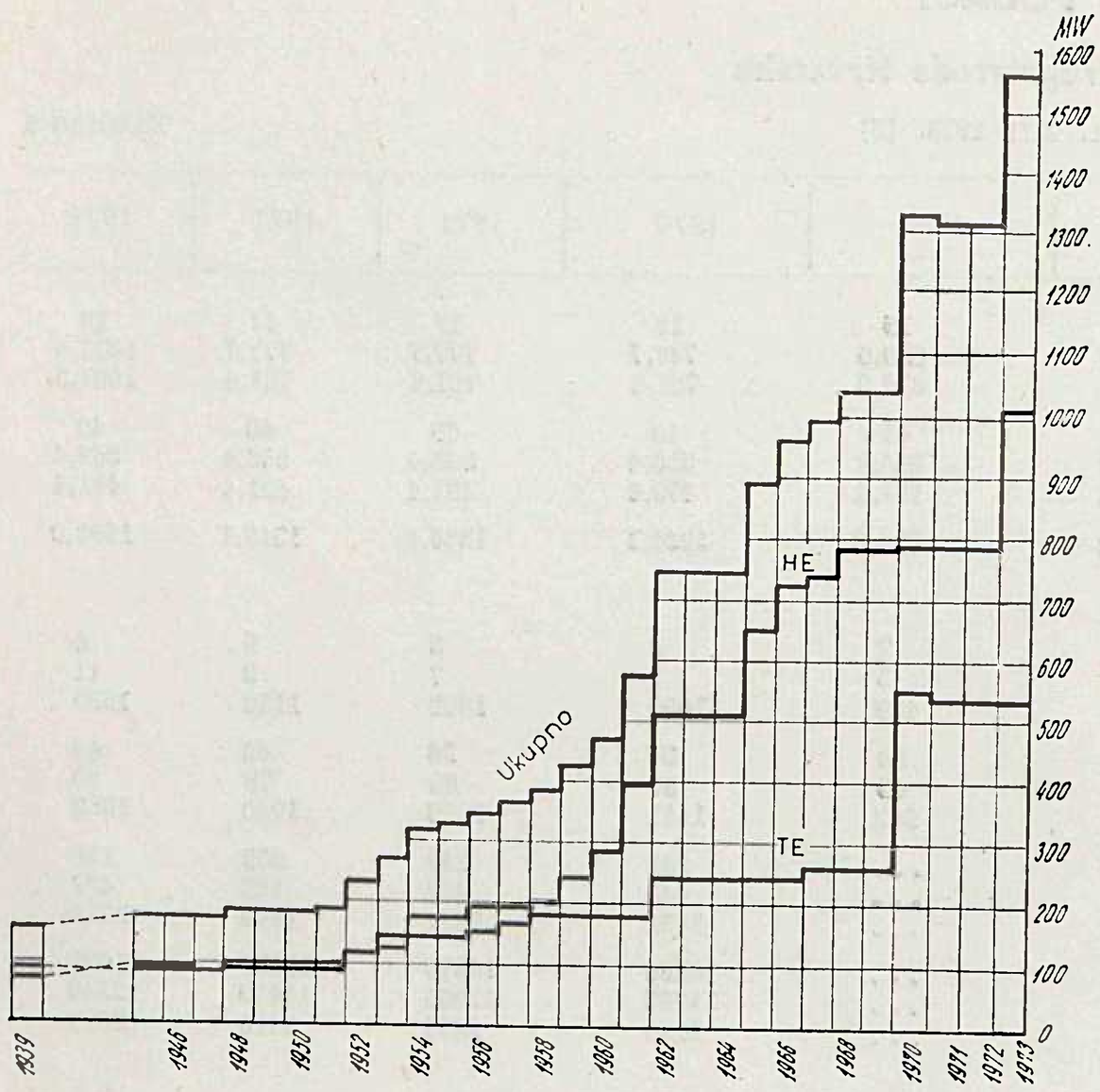


Sl. 2. Ukupna proizvodnja električne energije u Jugoslaviji

Razvoj instalirane snage i bruto proizvodnje električne energije u Hrvatskoj

[4] Tablica 2

Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1939	158	72	86	419	249	170
1945	178	97	81	171	79	92
1946	177	93	84	266	130	136
1947	173	89	84	378	179	199
1948	188	89	99	497	301	196
1949	188	89	99	524	297	227
1950	188	89	99	577	326	251
1951	188	89	99	596	379	217
1952	235	117	118	628	412	216
1953	270	149	121	716	458	258
1954	321	173	148	815	461	354
1955	327	179	148	1 021	587	434
1956	347	192	155	1 006	564	442
1957	365	196	169	1 074	638	436
1958	381	200	181	1 168	670	498
1959	429	248	181	1 396	851	545
1960	470	289	181	1 671	1 197	474
1961	576	397	179	1 555	1 103	452
1962	746	505	241	2 339	1 913	426
1963	746	505	241	3 000	2 224	776
1964	746	505	241	2 914	2 068	846
1965	890	649	241	3 391	2 609	782
1966	962	721	241	4 000	3 257	743
1967	999	739	260	3 963	3 184	779
1968	1 035	775	260	4 094	3 304	790
1969	1 035	775	260	4 528	3 980	548
1970	1 393	798	595	4 622	3 656	966
1971	1 393	798	595	4 957	3 232	1 725
1972	1 393	798	595	5 500	3 718	1 782
1973	1 600	1 035	565	5 334	2 640	2 694

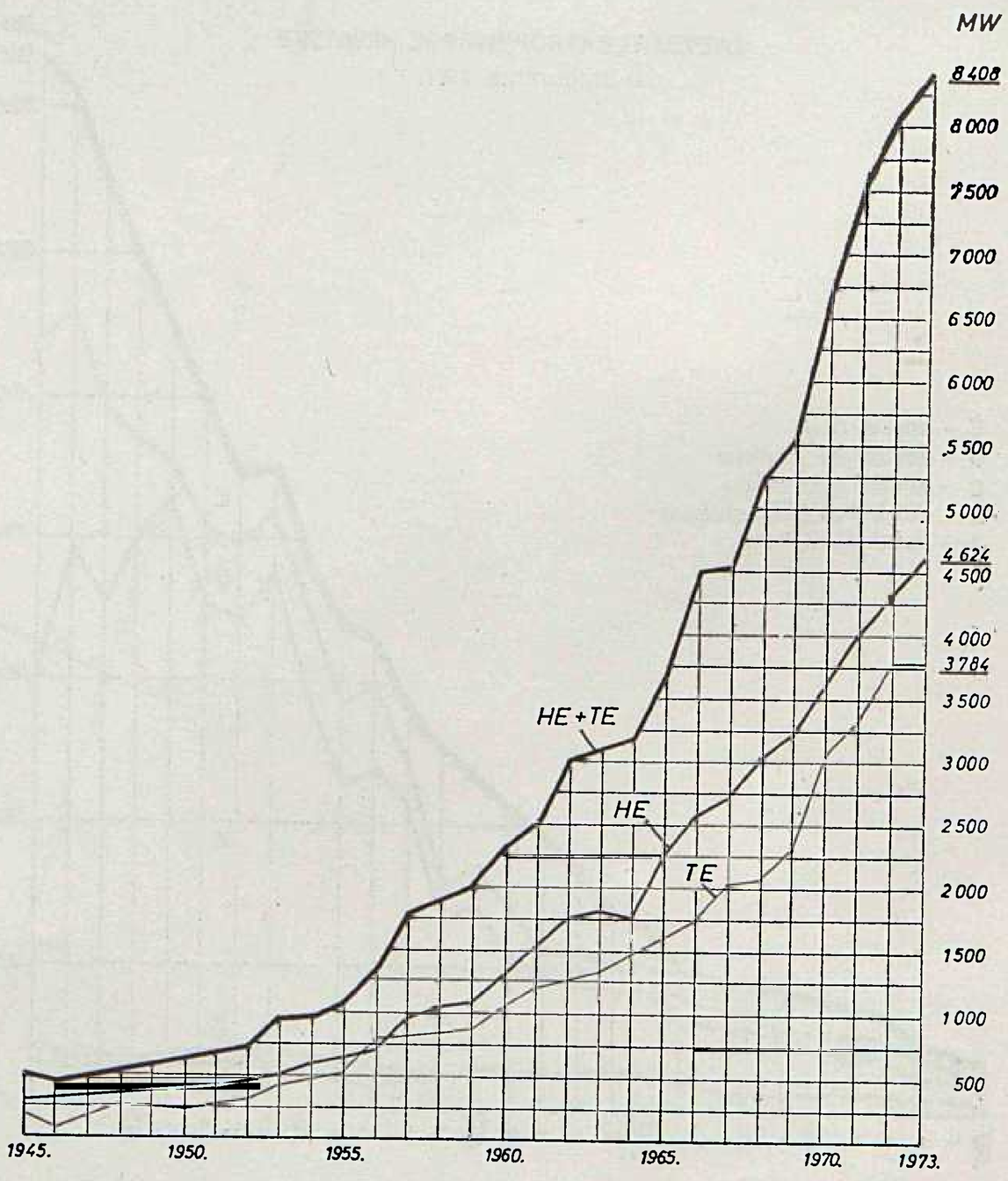


Sl. 3. Razvoj instaliranih snaga u elektranama Hrvatske

Razvoj instalirane snage i bruto proizvodnje električne energije u Jugoslaviji

[4] Tablica 3

Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1939	505	174	331	817	316	501
1945	524	211	313	1 174	567	607
1946	523	207	316	1 150	478	672
1947	528	211	317	1 453	595	858
1948	629	281	348	2 060	1 053	1 007
1949	661	285	376	2 211	1 020	1 191
1950	673	290	383	2 408	1 175	1 233
1951	693	296	397	2 551	1 358	1 193
1952	772	342	430	2 701	1 423	1 278
1953	893	406	487	2 983	1 501	1 482
1954	1 049	496	553	3 440	1 810	1 630
1955	1 220	639	581	4 340	2 610	1 730
1956	1 488	715	773	5 047	2 869	2 178
1957	1 760	947	813	6 252	3 522	2 730
1958	1 895	1 058	837	7 358	4 301	3 057
1959	1 967	1 130	837	8 105	4 708	3 397
1960	2 468	1 391	1 077	8 928	5 984	2 944
1961	2 662	1 536	1 126	9 925	5 659	4 266
1962	3 026	1 778	1 248	11 315	6 896	4 419
1963	3 081	1 777	1 304	13 536	8 029	5 507
1964	3 109	1 774	1 335	14 189	7 574	6 615
1965	3 711	2 176	1 535	15 523	8 985	6 538
1966	4 243	2 533	1 710	17 174	9 880	7 294
1967	4 527	2 589	1 933	18 702	10 655	8 047
1968	5 155	3 094	2 065	20 641	11 767	8 874
1969	5 522	3 226	2 296	23 375	14 733	8 642
1970	6 879	3 636	3 243	26 023	14 741	11 282
1971	7 623	3 980	3 643	29 509	15 644	13 865
1972	8 090	4 306	3 784	33 241	17 982	15 249
1973	8 408	4 624	3 784	35 063	16 395	18 668



Sl. 4. Razvoj instaliranih snaga u elektranama Jugoslavije

Instalirane snage elektrana 1973. po republikama

u MW [1]

Tablica 4

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
Hrvatska	1.561	1.467	93	1.014	998	16	546	469	77
Područje Split	—	363	—	—	363	—	—	—	—
Područje Rijeka	—	728	—	—	587	—	—	141	—
Područje Zagreb	—	376	—	—	48	—	—	328	—
Bosna i Hercegovina	1.454	1.329	125	722	706	16	732	623	109
Crna Gora	218	190	28	197	190	7	21	—	21
Makedonija	406	349	57	366	349	17	40	—	40
Slovenija	1.263	1.186	77	533	505	28	730	681	49
Srbija	3.467	3.249	218	1.771	1.743	28	1.696	1.506	190
S F R J	8.368	7.770	598	4.603	4.491	112	3.765	3.279	486

Bruto proizvodnja električne energije 1973. po republikama

u GWh [1]

Tablica 5

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
Hrvatska	5.333	4.971	362	2.640	2.570	70	2.693	2.401	292
Područje Split	1.204	1.142	62	1.183	1.142	41	21	—	21
Područje Rijeka	1.653	1.568	85	1.029	1.023	6	624	545	79
Područje Zagreb	2.296	2.130	166	297	274	23	1.999	1.856	143
Područje Osijek	180	131	49	131	131	—	49	—	49
Bosna i Hercegovina	6.909	6.256	653	2.455	2.364	91	4.454	3.892	562
Crna Gora	721	619	102	639	619	20	82	—	82
Makedonija	1.188	1.014	174	1.089	1.014	75	99	—	99
Slovenija	5.451	5.116	335	2.364	2.242	122	3.087	2.874	213
Srbija	15.460	14.583	877	7.208	7.114	94	8.252	7.469	783
S F R J	35.062	32.559	2.503	16.395	15.923	472	18.667	16.636	2.031

Specifična neto proizvodnja i potrošnja električne energije u Jugoslaviji 1965. do 1973.

kWh po stanovniku [1]

Tablica 6

Područje	1965.		1967.		1968.		1969.		1970.		1971.		1972.		1973.	
	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodna	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja
Hrvatska	771r	749r	890r	872r	916r	964r	1 011	1 055	1 036	1 271	1 096	1 317	1 195	1 461	1 140	1 417
Osijek	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	54	902	22	1 019
Rijeka	2 845	1 294	2 430	1 609	2 210	1 639	2 460	1 632	2 276	1 856	2 089	1 830	2 030	2 110	2 820	1 773
Split	618	1 322	2 261	1 384	2 560	1 461	2 970	1 524	3 190	2 001	2 457	1 626	3 103	1 841	1 416	2 062
Zagreb	287	555	326	679	398	749	341	832	401	1 012	566	1 118	808	1 277	941	1 229
B i H	850	517	1 015	526	1 201	639	1 255	659	1 466	783	1 640	923	1 626	1 007	1 527	938
Crna Gora	1 692	551	1 572	582	1 769	720	2 060	786	1 891	1 114	1 637	1 160	1 582	2 212	1 128	2360
Makedonija	389	518	513	659	436	965	550	1 105	748	1 207	734	1 505	540	1 484	593	1 555
Slovenija	2 177	1 927	2 197	2 194	2 354	2 451	2 600	2 520	2 075	2 803	2 472	2 962	2 927	3 096	2753	2 953
Srbija	506	484	694	598	778	718	807	775	972	973	1 297	1 079	1 547	1 199	1 603	1 190
SFRJ	796	679	937	794	1 024	883	1 100	978	1 216	1 168	1 379	1 305	1 521	1 427	1 492	1 421

Specifična bruto proizvodnja električne energije u Jugoslaviji po stanovniku

kWh po stanovniku [4]

Tablica 7

Godina	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
1939	75	...	...	...	...	...	...
1946	75	...	...	...	...	...	...
1950	147	91	15	130	37	636	89
1955	247	219	59	253	94	1 014	132
1960	484	561	304	404	295	1 692	290
1965	796	850	1 693	792	389	2 177	506
1966	870	916	1 676	928	418	2 137	585
1967	937	1 015	1 571	913	513	2 197	694
1968	1 024	1 201	1 769	938	436	2 354	778
1969	1 149	1 302	2 101	1 033	563	2 721	865
1970	1 268	1 435	1 818	1 051	754	2 844	1 043
1971	1 439	1 702	1 679	1 121	727	2 573	1 381
1972	1 602	1 716	1 605	1 237	548	3 112	1 641
1973	1 673	1 784	1 322	1 196	697	3 110	1 795

Razvoj proizvodnje na generatoru i razmjene električne energije SR Hrvatske 1939—1973.

u GWh [1]

Tablica 8

Godina	Proizvodnja												Ukupna razmjena (saldo)			Raspoloživo brutto
	Hrvatska			Udružene elektrane			Distr. i lokalne			Industr. elektrane						
	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	tuzemna	inozemna	
1939.	432	276	156	351	257	94	3	1	2	78	18	60	55	55	—	487
1945.	224	93	133	169	84	85	3	—	3	52	9	43	68	68	—	292
1946.	273	134	139	202	122	80	3	—	3	68	12	56	140	140	—	413
1947.	378	184	194	281	168	113	4	1	3	94	16	78	127	127	—	506
1948.	497	305	192	390	285	105	4	1	3	103	19	84	162	162	—	659
1949.	524	303	221	415	286	129	4	1	3	105	16	89	191	190	1	715
1950.	556	327	229	446	311	135	4	1	3	106	15	91	225	225	—	781
1951.	591	378	213	475	359	116	4	1	3	112	18	94	266	266	—	857
1952.	623	417	206	504	398	106	5	1	4	114	18	96	249	236	13	872
1953.	716	460	256	571	441	130	6	1	5	139	18	121	212	210	2	928
1954.	810	456	354	610	438	172	6	1	5	194	17	177	210	195	15	1020
1955.	1025	591	434	781	569	212	6	2	4	238	20	218	254	254	—	1279
1956.	1007	564	443	741	546	195	6	2	4	260	16	244	398	397	1	1405
1957.	1075	637	438	830	620	210	5	2	3	241	16	225	579	579	—	1655
1958.	1169	672	497	930	654	276	4	1	3	235	17	218	739	792	—53	1908
1959.	1139	854	539	1129	835	294	5	1	4	258	18	240	714	771	—57	2106
1960.	1671	1197	474	1412	1176	236	6	2	4	253	19	234	622	716	—94	2293
1961.	1555	1102	453	1333	1087	246	5	2	3	217	13	204	977	1051	—74	2532
1962.	2331	1903	428	2122	1888	234	5	—	5	204r	15	189r	480	519	—39	2811
1963.	3089	2311	778	2792	2212	580	90	83	7	207r	16r	191r	286	348	—62	3375
1964.	2910	2068	842	2555r	1976r	579r	106	74	32	249r	18r	231r	519	558r	—39	3429r
1965.	3430	2620	810	3040	2513	527	90r	86	4r	300r	21	279r	374	413r	—39	3804r
1966.	4000	3254	746	3616	3158	458	80r	77r	3	304r	19r	285r	171	187r	—16	4168r
1967.	3962	3183	779	3580	3098	482	70r	70r	—	312r	15	297r	516	502r	+14	4478r
1968.	4091	3301	789	3707	3211	496	77	77	—	306	13	293r	815	817r	— 2r	4905r
1969.	4520	3979	541	4155	3881	274	84	84	—	281	14	267	904	921	—17	5424
1970.	4692	3726	966	4362	3640	722	73	73	—	257	13	244	1303	1351	—48	5995
1971.	4953	3229	1724	4606	3152	1454	66	66	—	281	11	270	1509	1579	—70	6462
1972.	5509	3727	1782	5166	3632	1534	80	80	—	263	15	248	1518	1518	—	7027
1973.	5333	2640	2693	4971	2569	2401	61	61	—	302	10	292	2018	1975	43	7352

* Od 1965. uključeno 22% sistema HE Trebišnjice

RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Međurepublička razmjena električne energije 1973.

u MWh [4]

Tablica 9

Primila / Predala	Ukupno	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Ukupno	5,057.500	135.300	500.900	2,003.900	1,746.500	585.500	85.400
B i H	2,117.100	—	17.200	1,646.400	—	436.900	16.600
Crna Gora	91.400	31.800	—	29.200	—	4.300	26.100
Hrvatska	93.700	64.800	—	—	—	27.800	1.100
Makedonija	34.200	—	—	—	—	—	34.200
Slovenija	107.800	14.900	—	85.500	—	—	7.400
Srbija	2,613.300	23.800	483.700	242.800	1,746.500	116.500	—

Razmjena između područja unutar Hrvatske

u MWh [1]

Tablica 10

Godina	Split			Rijeka			Dubrovnik	Osijek	Zagreb
	daje	prima	saldo	daje	prima	saldo	daje	prima	prima
1965.	—	—	—	—	—	—	53 904	—	53 904
1966.	688 723	16 465	672 258	309 946	184 983	124 963	174 522	—	971 743
1967.	763 610	19 863	743 747	452 181	222 894	229 287	156 357	—	1 129 391
1968.	422 680	80 823	341 857	476 431	39 679	436 752	328 697	—	1 107 306
1969.	541 961	9 711	532 250	666 311	1 962	664 349	425 325	—	1 621 924
1970.	397 780	57 158	340 622	817 467	120 497	669 970	457 907	—	1 495 499
1971.	215 769	69 211	146 558	502 524	29 890	472 643	435 712	—	1 054 904
1972.	103 082	52 774	50 308	683 827	22 079	661 748	399 289	245 413	466 643
1973.	294 541	12 567	281 974	93 423	731 856	—638 433	266 975	299 630	56 829

Razmjena između područja unutar Hrvatske vodi se tek od osnivanja združenih poduzeća u Splitu, Rijeci i Zagrebu 1966. godine.

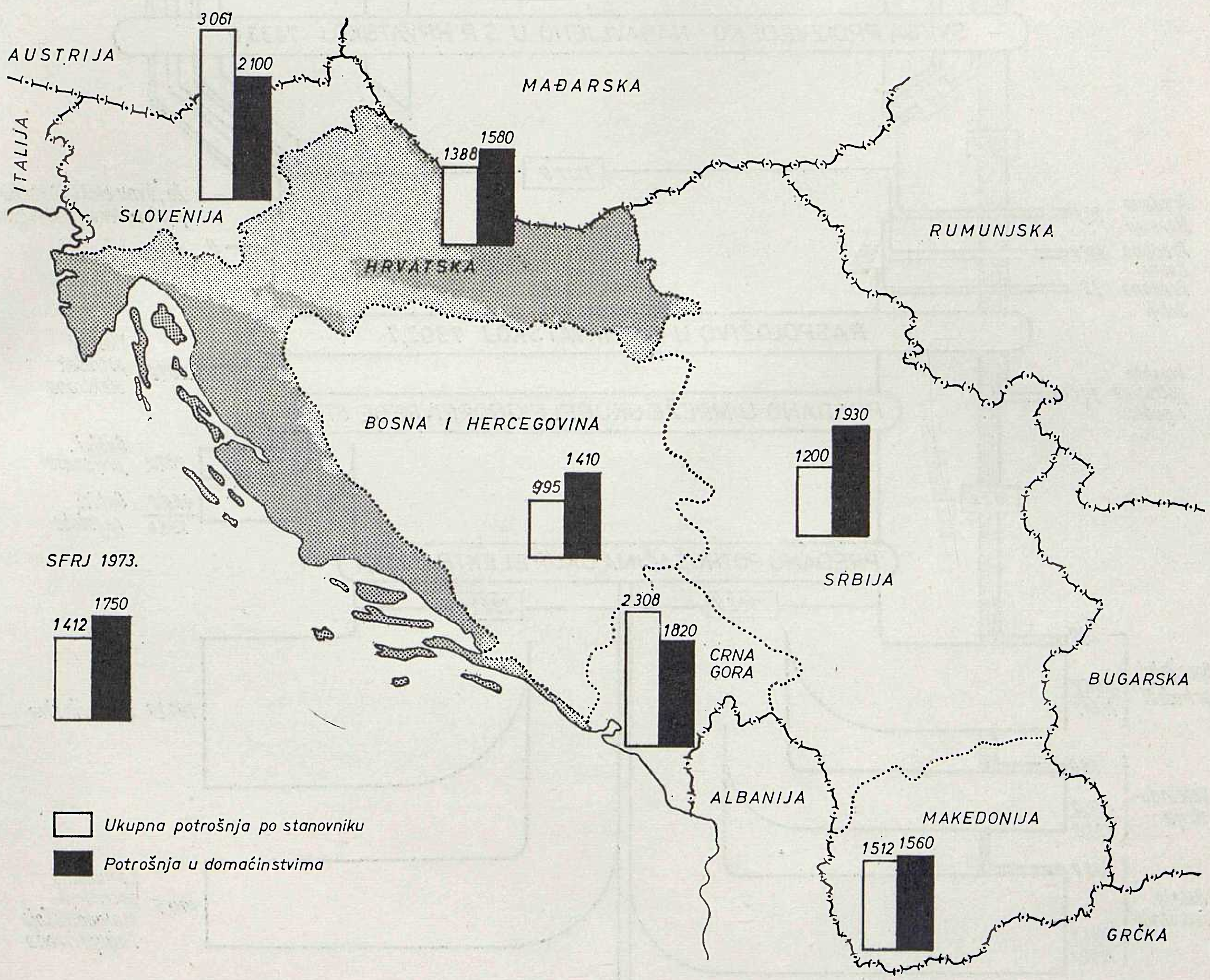
Razvoj razmjene električne energije SRH

[2]

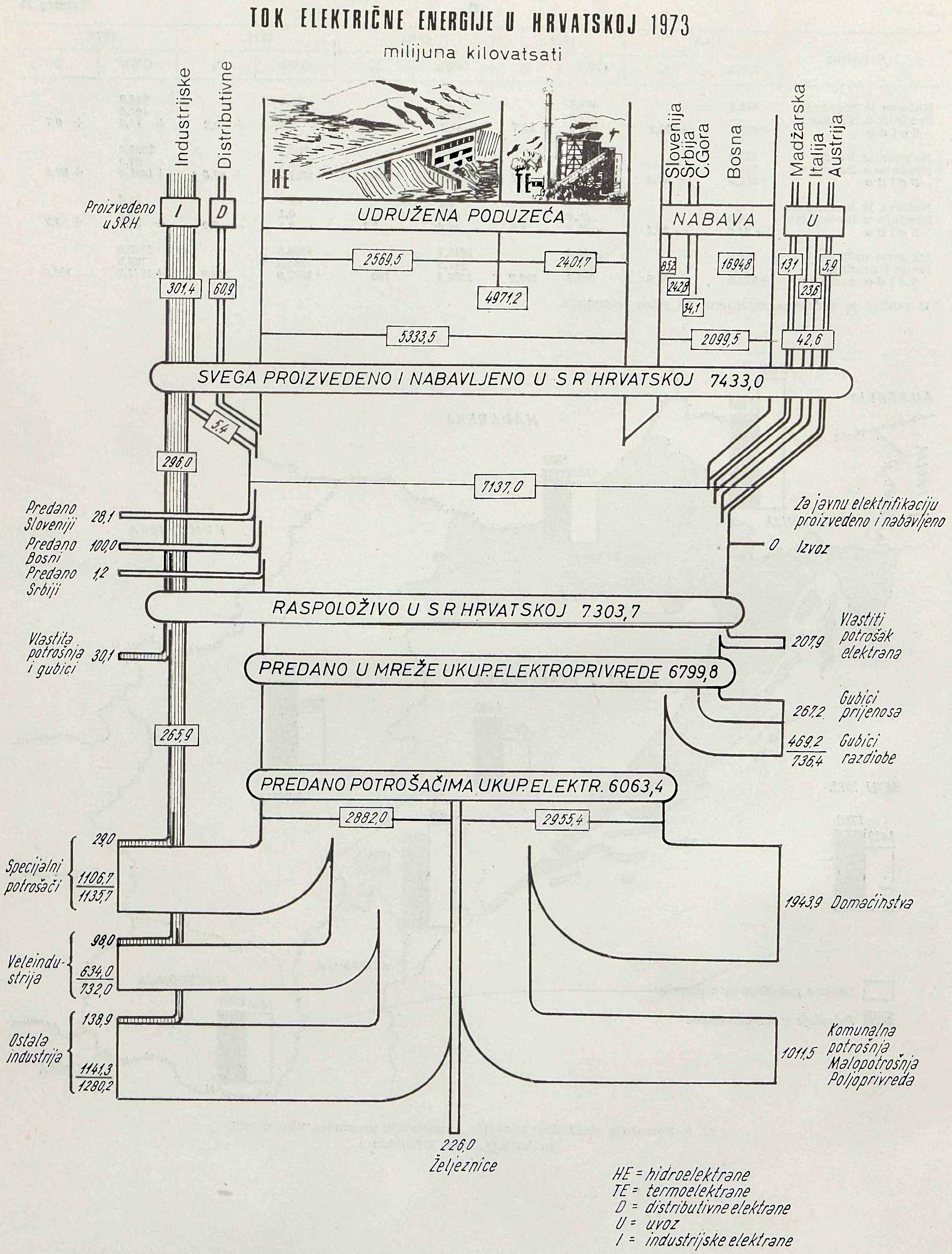
Tablica 11

Razmjena	1960.		1965.		1970.		1972.		1973.	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Nabava iz Slovenije	452,5		567,7		324,8		95,4		116,0	
Predaja u Sloveniju	—		177,6		422,0		92,2		101,0	
Saldo	*+452,5*	*+ 72,7*	*390,1*	*+ 98,7*	*— 97,2*	*— 7,4*	*+ 3,2*	*+ 0,2*	*+ 15,0*	*+ 0,7*
Nabava iz Bosne	473,9		458,9		1254,8		1565,1		1992,0	
Predaja u Bosnu	210,4		415,7		71,2		63,2		97,0	
Saldo	*+263,5*	*+ 42,4*	*43,2*	*+ 10,9*	*+1453,6*	*+111,1*	*1501,9*	*+ 99,8*	*+1895,0*	*+ 97,6*
Nabava iz inozemstva	—		—		0,1		—		32,0	
Predaja u inozemstvo	94,0		38,0		48,1		0,1		0,3	
Saldo	*— 94,0*	*— 15,1*	*— 38,0*	*— 9,6*	*— 48,0*	*— 3,7*	*— 0,1*	*— 0,0*	*+ 31,7*	*+ 1,7*
Ukupno nabava	926,4		1026,6		1849,7		1660,5		2140,0	
Izvoz i predaja	304,4		631,3		541,3		155,5		198,3	
Saldo razmjene	*+622,0*	*100,0*	*395,3*	*100,0*	*1308,4*	*100*	*+1505,0*	*100,0*	*+1941,7*	*100,0*

U tablici je sadržana razmjena na svim naponima.



Sl. 5. Potrošnja električne energije Jugoslavije po stanovniku u 1973.
(u kWh/st. odn. kWh/dom.)



Sl. 6. Tok električne energije u SRH 1973. god.

POTROŠNJA I BILANCE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Proizvodnja i potrošnja električne energije Udružene elektroprivrede Hrvatske

u MWh [1]

Tablica 12

Godine	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.
Proizvodnja na generatoru	3 039 571	3 615 920	3 580 555	3 707 099	4 154 663	4 362 092	4 606 147	5 166 161	4 971 261
Vlastiti potrošak	78 162	62 693r	64 129r	65 489	51 537	89 996	156 548	164 588	207 289
Proizvodnja na pragu	2 961 409	3 553 227r	3 516 426r	3 641 610	4 103 126	4 272 096	4 449 599	5 001 573	4 763 972
Razmjena saldo	+360 938	+163 392	+505 473r	809 595r	+ 900 756	+1 302 564	+1 503 437	+1 505 112	2 018 526
sa Slovenijom	+389 969	—158 216	—249 712	— 326 471	— 153 510	— 99 675	— 960 733	+ 3 213	57 098
sa Bosnom	+ 10 347	+337 897	+741 292r	+1 137 522r	+1 070 816	+1 450 290	+2 534 449	+1 501 975	1 643 073
sa inozemstvom	— 39 377	— 16 289	+ 13 893	— 1 459	— 16 550	— 48 051	— 70 279	— 76	42 626
sa Srbijom									241 642
sa Crnom Gorom									34 105
Nabava od:									
distributivnih elektrana	9 109	—	—	—	—	—	—	—	—
industrijskih elektrana	12 072	—	6 365	—	6 375	2 842	4 804	—	1 823
Razmjena i nabava, ukupno	382 119	163 392	511 838r	809 595r	907 131	1 305 406	1 508 241	1 505 112	2 020 349
Ukupno raspoloživo	3 343 528	3 716 619r	4 028 264r	4 451 205r	5 010 257	5 577 502	5 957 840	6 506 685	6 784 321
Predano:									
distributivnim poduzećima	2 512 910	2 755 609	3 026 526r	3 319 450r	3 726 509	4 219 109	4 596 338	4 981 416	5 244 849
direktnim potrošačima	602 152	726 699	970 811	907 025	1 002 755	1 088 536	1 084 034	1 191 871	1 207 894
distribuciji B i H									64 398
Svega predano	3 115 062	3 482 308r	3 817 337	4 226 475r	4 729 264	5 307 645	5 680 372	6 173 287	6 517 141
Gubici u prijenosu na 220 i 110 kV	228 466	234 311r	210 927r	224 730r	280 993	269 857	277 468	333 398	267 180
Ukupno predano	3 343 528	3 716 619	4 028 264	4 451 205	5 010 257	5 577 502	5 957 840	6 506 685	6 784 321

Količine označene sa »+« Udružena elektroprivreda Hrvatske prima, a označene sa »—« predaje.

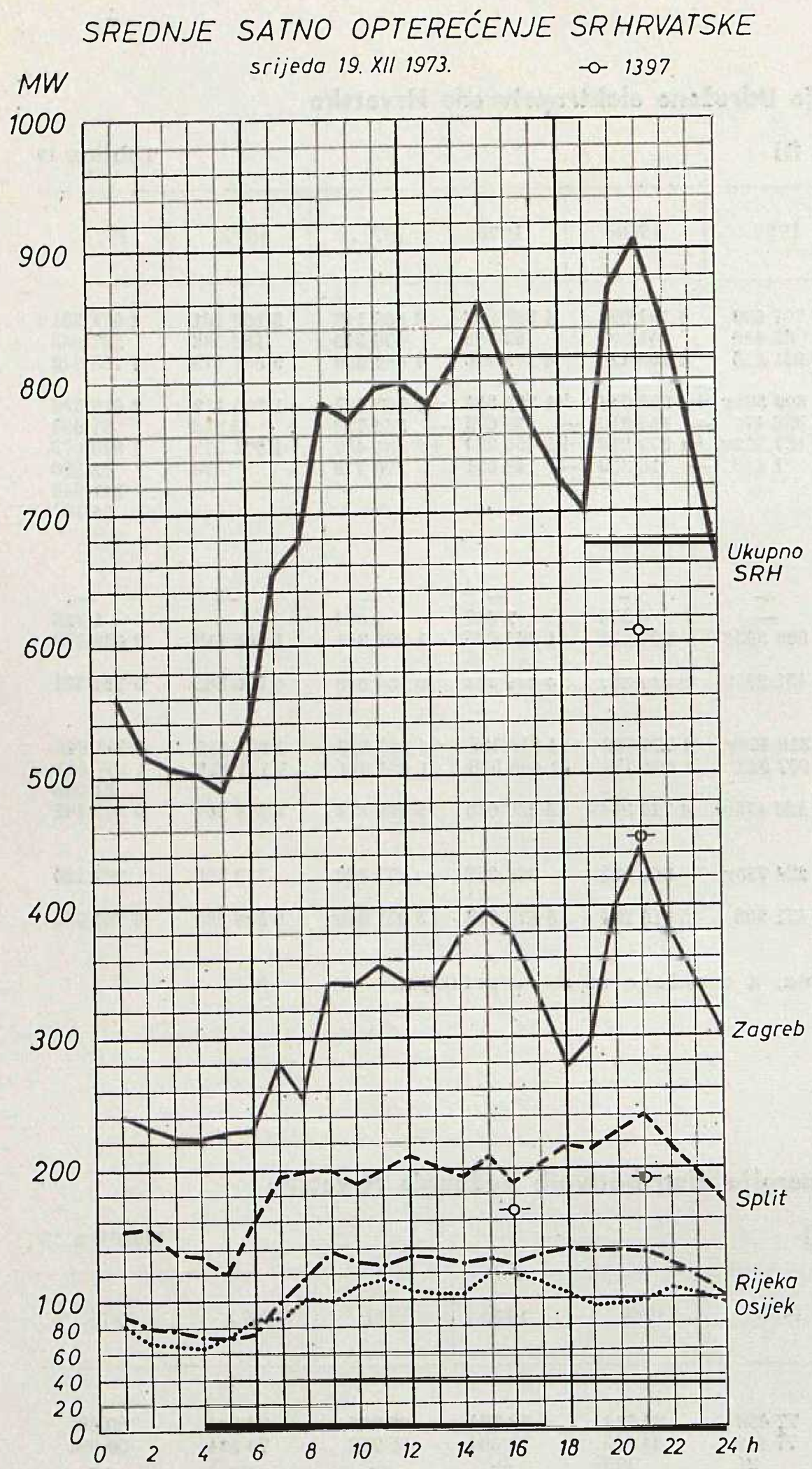
Bilanca proizvodnje i potrošnje električne energije distributivnih poduzeća Hrvatske

u MWh [1]

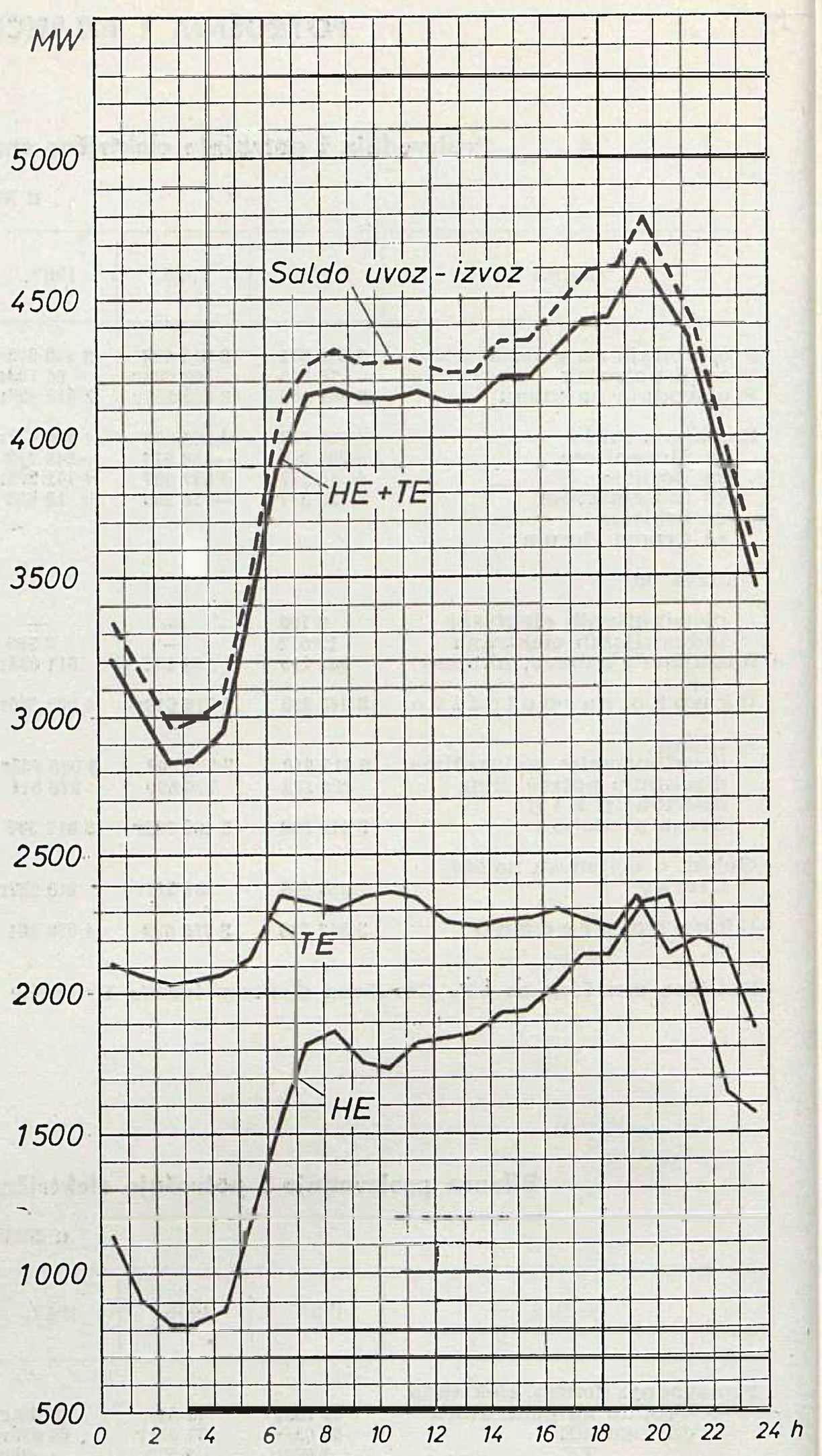
Tablica 13

Godine	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.
Proizvodnja distrib. elektrana — ukupno na generatoru	89 700r	76 593r	69 691r	77 463	84 514	73 394	65 776	79 834	60 891
od toga HE	86 005r	74 021r	69 670r	77 442	84 335	73 394	65 776	79 834	60 891
TE	3 695r	2 572	21r	21	179	—	—	—	—
Vlastiti potrošak, ukupno	1 912r	1 567	989r	1 415	1 236	1 270	1 305	968	609
od toga HE	1 665r	1 339	989r	1 415	1 236	1 270	1 305	968	609
TE	247	228	2r	—	—	—	—	—	—
Neto proizvodnja: HE	84 340r	72 682r	68 683r	76 027	89 099	72 124	64 471	78 866	60 282
TE	3 448r	2 344	19r	21	179	—	—	—	—
Svega na pragu	87 788r	75 026	68 702	76 048	83 278	72 124	64 471	78 866	60 282
Nabava od:									
udruž. poduzeća	2 512 910	2 755 609	3 026 526	3 319 450r	3 726 509	4 219 109	4 596 338	4 981 416	5 244 529
saldo direktne nabave	19 063r	13 298r	10 932r	10 121r	7 029	8 891	9 850	17 250	20 414
Ukupna nabava	2 531 973r	2 768 907r	3 037 458r	3 329 571r	3 733 538	4 228 000	4 606 218	4 998 666	5 264 943
Ukupno raspoloživo	2 619 761r	2 843 933r	3 106 160r	3 405 619r	3 816 816	4 300 124	4 670 689	5 077 542	5 325 225
Predano potrošačima	2 344 869r	2 507 787r	2 722 628r	3 019 450r	3 390 984	3 794 267	4 188 167	4 590 020	4 855 997
Gubici u mreži distribucije	274 892r	336 146r	383 532r	386 169	425 832	505 857	482 492	487 522	469 228
Ukupno predano:	2 619 761r	2 843 933r	3 106 160r	3 405 619r	3 816 816	4 300 124	4 670 659	5 077 542	5 325 225

* Distributivna poduzeća su nabavila iz Bosne i Hercegovine 46 716, iz Slovenije 418, iz Crne Gore 454 i iz industrijskih elektrana 3 610 = 51 198 MWh, a predala BiH-i 30 620 i Sloveniji 164 = 30 784 MWh; saldo 20 414 MWh.



Sl. 7. Dnevni dijagram opterećenja za SRH, Srijeda 19. 12. 1973.



Sl. 8. Dnevni dijagram opterećenja za SFRJ, Srijeda 19. 12. 1973.

Bilanca proizvodnje i potrošnje električne energije u Jugoslaviji

u GWh [4]

Tablica 14

	1960.	1965.	1970.	1971,	1972.	1973.
Proizvodnja na generatoru	8 962	15 523	26 023	29 509	33 231	35 062
Potrošnja u elektranama	317	643	1 256	1 484	1 435	1 746
Proizvodnja na pragu elektrana	8 645	14 880	24 767	28 025	31 796	33 316
Uvoz	30	948	361	104	277	304
Izvoz	123	104	152	266	905	353
Gubici prijenosa i razvoda	1 221	2 016	2 980	3 220	3 613	3 753
Raspoloživo za potrošnju	7 330	13 528	21 996	24 643	27 555	29 514
Domaćinstva (osvjetljenje i aparati)	1 271	2 876	6 082	6 911	7 674	8 621
Poslovne i društvene prostorije	259	620	968	871	903	1 129
Motori i aparati ostalih potrošača	266	544	928	1 083	1 211	1 435
Javna rasvjeta	79	158	242	279	297	322
Vodovod	121	187	273	310	366	347
Tramvaji i trolejbusi	56	75	80	73	77	69
Elektroželjeznička vuča	34	103	301	460	591	648
Poljoprivreda	—	83	168	301	275	304
Industrija i građevinarstvo	5 245	8 612	12 954	14 355	16 161	16 639
Od toga elektrometalurgija i elektrokemija	(1 863)	(3 361)	(5 259)	(5 799)	(5 843)	(6 223)

Bilanca električne energije udružene Jugoslavenske elektroprivrede 1973.

u GWh [4]

Tablica 15

	Elementi energetske bilance	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Proizvodnja i nabava energije	1. Ukupna bruto proizvodnja	32 552	6 256	618	4 964	1 013	5 115	14 583
	a) ukupna proizvodnja udruženih HE	13 922	2 363	618	2 569	1 013	2 241	7 114
	b) ukupna proizvodnja udruženih TE	16 630	3 892	—	2 394	—	2 873	7 469
	2. Ukupna vlastita potrošnja	1 627	344	3	207	3	290	777
	a) vlastita potrošnja HE	66	14	3	15	3	11	17
	b) vlastita potrošnja TE	1 560	329	—	191	—	278	760
	3. Ukupna neto proizvodnja	30 926	5 911	614	4 756	1 010	4 825	13 805
	b) neto proizvodnja udruženih TE	15 855	2 349	614	2 553	1 010	2 229	7 096
	a) neto proizvodnja udruženih HE	15 070	3 562	—	2 202	—	2 595	6 709
	4. Ukupno primljena energija od drugih prijenosnih poduzeća	—	41	480	2 010	1 746	586	74
	5. Ukupno nabavljena energija od distributivnih poduzeća	—	—	—	—	—	—	—
	6. Ukupno nabavljena energija od ind. elektrana	10	—	7	1	—	—	
	7. Ukupan uvoz energije iz inozemstva	541	—	305	42	33	112	46
	8. Ukupno raspoloživa energija	31 476	5 953	1 408	6 811	2 790	5 524	13 928
Raspodjela energije	9. Ukupno prodana energija drugim prijenosnim poduzećima	—	2 104	65	98	34	174	2 603
	10. Ukupno prodano distributivnim poduzećima	21 607	2 435	458	5 244	1 188	3 548	8 730
	11. Ukupno prodano direktnim potrošačima	7 839	1 197	827	1 207	1 462	1 628	1 514
	12. Ukupan izvoz energije u inozemstvo	333	—	—		78	31	223
	13. Ukupno isporučena energija	29 778	5 737	1 351	6 551	2 729	5 382	13 072
	14. Gubici energije u prijenosu	1 558	216	56	260	26	142	856

Bilanca električne energije Jugoslavenskih distributivnih poduzeća za 1973. godinu

u GWh [4]

Tablica 16

	Elementi energetske bilance	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Proizvodnja i nabava energije	1. Ukupna proizvod. na generatoru HE i TE	377	90	20	62	74	37	91
	2. Ukupna vlastita potrošnja HE i TE	376	90	20	61	74	37	91
	3. Ukupno neto proizvodnje HE i TE	372	90	20	60	74	37	88
	4. Ukupno uvoz energije iz inozemstva	—	—	—	—	—	—	—
	5. Ukupno nabavljena ener. od drugih pod.	21 863	2 621	458	5 258	1 191	3 552	8 780
	a) od prijenosnih poduzeća	21 565	2 435	458	5 202	1 188	3 548	8 730
	b) od distributivnih poduzeća	253	156	—	52	—	2	41
	c) od industrijskih elektrana	44	29	—	3	2	1	8
	6. Ukupno raspoloživa energija	22 236	2 712	479	5 319	1 265	3 590	8 869
Raspodjela energije	7. Ukupno prodana energija drugim pod.	183	49	—	31	—	2	99
	a) prijenosnim poduzećima	—	—	—	—	—	—	—
	b) distributivnim poduzećima	183	49	—	31	—	2	99
	8. Ukupno prodana energija potrošačima	19 840	2 368	390	4 825	1 100	3 305	7 850
	1. Industrija i rudarstvo — ukupno	7 377	1 021	85	1 629	450	1 511	2 679
	— rudnici ugljena	369	168	—	3	—	89	108
	— cementare	226	168	—	41	18	96	69
	— elektrokemija	346	137	—	78	—	38	91
	— elektrometalurgija	154	49	—	2	—	—	102
	— ostala potrošnja u industr. poduz.	6 281	665	85	1 503	432	1 286	2 307
	2. Elektroželjeznička vuča	237	—	—	87	—	149	—
	3. Tramvaji i trolejbusi	68	14	—	25	—	—	29
	4. Javni vodovod	346	27	18	122	4	33	139
	5. Javna rasvjeta	322	25	9	112	16	35	121
	6. Domaćinstva	8 620	1 010	192	1 937	524	1 072	3 883
	7. Poslovne i društvene prostorije	1 128	95	51	448	44	162	326
	8. Motori i aparati (malih zanat. i sl.)	1 434	99	23	409	54	256	590
	9. Poljoprivreda — ukupno	304	73	10	51	4	84	79
	— melioracije	20	2	—	1	3	4	8
	— poljoprivredni motori	105	—	9	21		12	62
	— ostalo	177	70	1	29	—	66	8
	9. Gubici u mreži	2 212	294	88	463	164	281	920

Potrošnja električne energije u Hrvatskoj

[2]

Tablica 17

Potrošači	1960.		1965*		1970.		1972.		1973.	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Elektrokemija	183,6	8,0	230,1	6,1	494,8	8,2	456,1	7,1	465,8	6,4
Elektrometalurgija	289,7	12,6	270,6	7,1	326,0	5,4	321,1	5,0	415,4	5,7
Ostali ind. dir. pot.	95,8	4,2	101,5	2,7	180,7	3,1	191,6	2,9	169,1	2,3
Dir. ind. potr. ukupno	569,1	24,8	602,2	15,9	1001,5	16,7	968,8	15,0	1050,3	14,4
Neindustr. dir. potroš.	—	—	—	—	87,0	—	115,4	—	141,6	-
Ugljenokopi	21,1	0,9	6,2	0,1						
Cementare	117,2	5,1	116,0	3,1	1333,3	22,2	1552,4	24,1	1804,2	24,8
Ostala industrija	333,4	14,5	871,3	20,6						
Industr. vlast. snabd.	212,4	9,3	(279,6)	—	250,9	4,2	271,3	4,2	293,5	4,0
Ukupna industrija	*1253,2*	*54,6*	*1505,7*	*39,7*	*2585,7*	*43,1*	*2792,5*	*43,3*	*3148,0*	*43,2*
Električne željeznice	20,7	0,9	53,5	1,4	140,0	2,3	169,9	2,6	192,0	2,6
Domaćinstva	409,2	17,8	842,6	22,3	1496,8	24,9	1637,9	25,3	1853,3	25,5
Komunalna potrošnja	165,2	7,2	148,8	3,9						
Poljoprivreda	9,1	0,4	16,0	0,5	911,1	15,2	943,3	14,6	1070,6	14,7
Ostali	67,5	3,0	380,5	10,0						
Široka potrošnja	651,0	28,4	1441,4	38,1	2407,9	40,1	2581,2	39,9	2923,9	40,2
Ukupno potrošači	*1924,9*	*83,9*	*2947,1*	*77,8*	*5133,6*	*85,5*	*5543,6*	*85,8*	*6263,9*	*86,1*
Vlastita potrošnja	61,5	2,7	76,5	2,0	91,3	1,5	157,8	2,4	207,0	2,8
Gubici razvoda	175,9	7,7	274,9	7,3	505,9	8,5	482,5	7,5	495,0	6,8
Potrošnja u SRH	*2162,3*	*94,3*	*3298,5*	*87,1*	*5730,8*	*95,5*	*6183,9*	*95,7*	*6965,9*	*95,7*
Gubici prijenosa	131,0	5,7	487,7*	12,9	269,9	4,5	277,5	4,3	310,0	4,3
Raspoloživo bruto	*2293,3*	*100,0*	*3786,2*	*100,0*	*6000,7*	*100,0*	*6461,4*	*100,0*	*7275,9*	*100,0*

Pojedine stavke su djelomično procijenjene. 1965.* u gubitke prijenosa (262,8) uključena prodaja izvan SRH

Potrošnja električne energije u industriji SR Hrvatske prema tehnološkoj namjeni[1]

u MWh [3]

Tablica 18

	Ukupno	Za termičke svrhe	Za elektrolizu i galvanizaciju	Za elektromotore	Ostalo
1960.*	1 264 000	. . .	. . .	. . .	. . .
1961.*	1 385 000	. . .	. . .	. . .	. . .
1962.	1 473 000	288 000	239 000	870 000	. . .
1963.	1 706 000	362 000	249 000	1 011 000	. . .
1964.	1 848 000	387 000	161 000	1 199 000	. . .
1965.	1 954 747	401 992	153 412	1 284 849	114 494
1966.*	2 054 000	. . .	. . .	. . .	. . .
1967.	2 119 000	509 000	180 000	1 304 000	125 000
1968.	2 311 000	541 000	176 000	1 460 000	126 000
1969.	2 577 000	550 918	173 758	1 712 317	140 406
1970.	2 664 822	549 581	168 445	1 974 232	152 564
1971.	2 863 931	527 470	149 192	1 997 043	190 226
Ukupno 1972.	3 098 550	583 832	143 812	2 158 955	211 951
Elektroenergija	177 918	3 141	—	156 679	18 098
Ugljen i prerađevine	50 280	538	—	49 179	563
Nafta i prerađevine	212 308	2 294	320	196 936	12 758
Crna metalurgija	186 707	65 766	—	108 558	12 383
Obojena metalurgija	280 533	165 658	69 069	43 341	2 465
Nemetali	98 728	32 526	—	56 869	9 334
Metalna industrija	184 158	47 778	6 652	113 296	16 432
Brodogradnja	96 836	5 114	—	86 987	4 735
Elektroindustrija	50 851	9 262	2 626	33 419	5 274
Kemijska industrija	693 613	230 671	60 321	376 340	26 281
Građevni materijal	295 663	973	—	269 645	25 045
Drvna industrija	91 913	1 181	2 823	78 307	9 602
Industrija papira	132 645	221	—	119 980	12 444
Tekstilna industrija	222 804	4 485	—	194 205	24 114
Industrija kože i obuće	21 945	964	—	19 317	1 664
Industrija gume	42 925	2 374	100	31 534	8 917
Prehrambena industrija	228 690	8 336	1 412	202 110	16 832
Grafička industrija	20 036	2 065	11	14 002	3 958
Industrija duhana	4 667	206	—	3 929	532
Filmska industrija	523	37	—	266	220
Rudarska istraživanja	1 285	—	—	1 215	70
Ostala industrija	3 792	243	478	2 841	230

[1] Izvjesna manja odstupanja od podataka objavljenih u ostalim tablicama posljedica su drugog izvora podataka, kao i činjenice da je raspored potrošnje električne energije po tehnološkoj namjeni najčešće dobiven na temelju procjene stručnjaka u poduzeću.

* Podaci iz obrasca Ind - 1, SGH 1971—1974.

Razvoj neto specifične proizvodnje i potrošnje električne energije SR Hrvatske

[1]

Tablica 19

Godina	Stanovništvo × 1000	Proizvodnja u Hrvatskoj GWh	Potrošnja u Hrvatskoj GWh	Specifična proizvodnja kWh/stanovnik	Specifična potrošnja kWh/stanovnik
1939.	4 062	432	422	106	104
1945.	3 674*	224	255	61	69
1946.	3 722*	273	342	73	92
1947.	3 758	379	435	101	116
1948.	3 780	497	565	131	149
1949.	3 820	524	627	137	164
1950.	3 851	556	669	144	174
1951.	3 882	591	732	152	188
1952.	3 913	623	741	159	189
1953.	3 946	716	783	181	198
1954.	3 978	810	844	204	212
1955.	4 013	1 025	1 076	255	268
1956.	4 040	1 007	1 180	249	292
1957.	4 067	1 076	1 404	264	345
1958.	4 089	1 169	1 577	286	384
1959.	4 115	1 392	1 767	338	429
1960.	4 140	1 671	1 943	404	469
1961.	4 169	1 555	2 132	373	511
1962.	4 198	2 334	2 380	555	567
1963.	4 229	2 948	2 853	697	677
1964.	4 252	2 793	2 903	657	683
1965.	4 281	3 308	3 204	772	749
1966.	4 312	3 903	3 508	906	814
1967.	4 430	3 861	3 783	889	872
1968.	4 364	3 996	4 200	917	964
1969.	4 406	4 447	4 650	1 009	1 055
1970.	4 411	4 572	5 134	1 036	1 164
1971.	4 376	4 767	5 543	1 089	1 266
1972.	4 450	5 319	6 041	1 195	1 357
1973.	4 469	5 096	6 330	1 140	1 416

* Procjena stanovništva za ove dvije godine provedena grafičkom ekstrapolazijom.
Stanovništvo prema podacima Statističkog godišnjaka Elektroprivrede SFRJ, Beograd.

POTROŠNJA GORIVA U TERMOELEKTRANAMA

Potrošnja goriva u udruženim termoelektranama Jugoslavije

[4]

Tablica 20

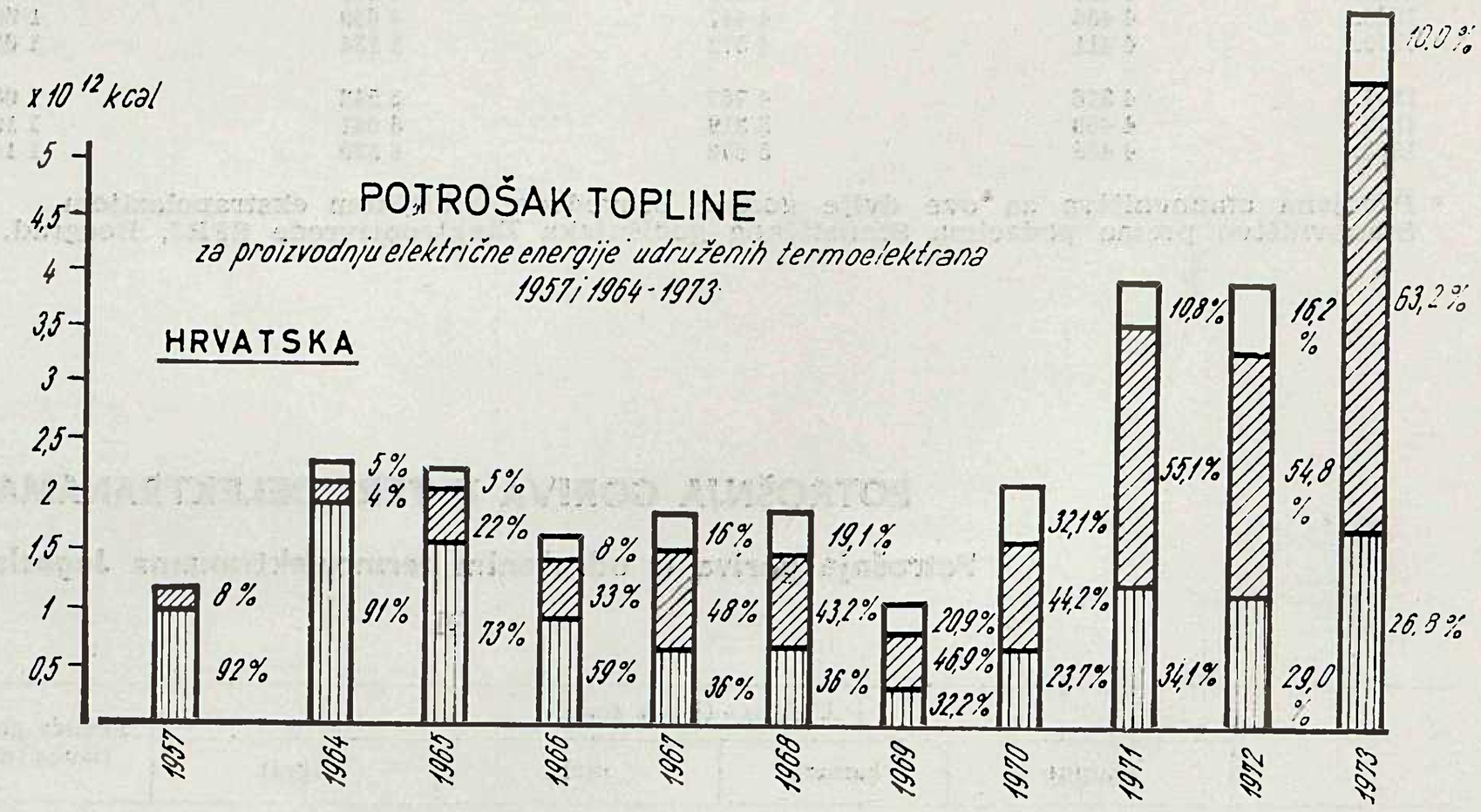
	Ugljen - tisuća tona				Tekuća goriva tisuća tona	Prirodni plin u 10^6 Nm^3	Ukupna energija svih vrsta goriva u 10^9 kcal
	ukupno	kameni	mrki	lignit			
1960.	3 529	35	1 041	2 452	5	58	8 145
1961.	5 326	29	1 562	3 735	3	69	12 034
1962.	5 649	26	1 551	4 070	3	4	12 189
1963.	6 882	23	1 936	4 922	3	3	15 196
1964.	7 887	44	1 910	5 931	10	11	17 871
1965.	7 769	18	1 649	6 101	49	74	17 424
1966.	9 081	11	1 496	7 573	154	112	21 017
1967.	8 936	13	1 692	7 229	148	76	21 595
1968.	9 641	51	1 899	7 690	184	53	23 656
1969.	9 192	26	1 821	7 344	102	35	20 886
1970.	11 821	192	2 580	9 048	203	68	28 031
1971.	14 921	250	2 781	11 889	284	49	35 258
1972.	16 046	197	2 541	13 308	273	66	38 591
1973.	18 941	311	3 070	15 559	482	64	46 668

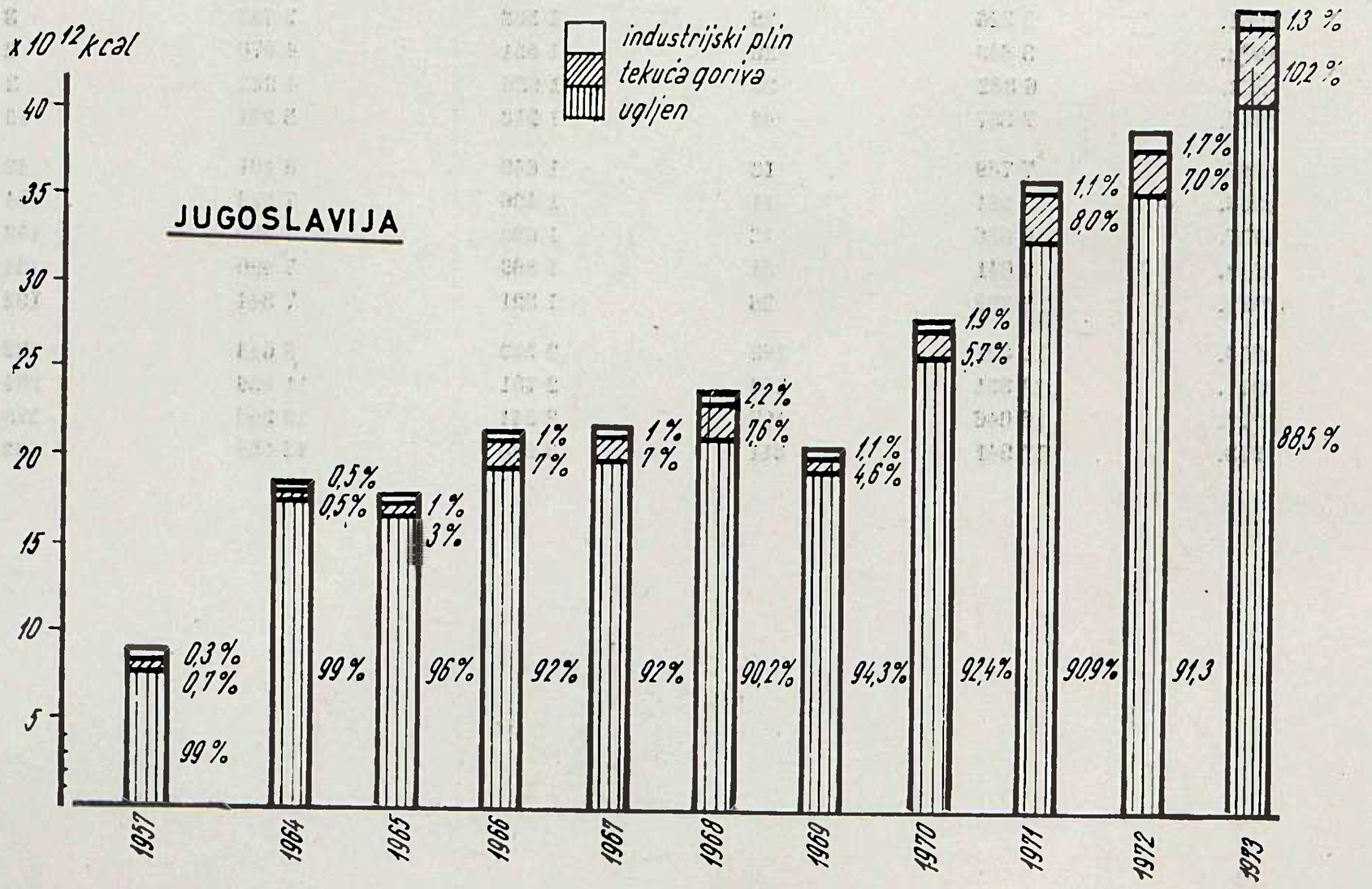
Potrošnja goriva u udruženim termoelektranama Hrvatske

[2]

Tablica 21

	Ugljen - tisuće tona				Tekuća goriva tisuća tona	Prirodni plin u 10^6 Nm^3	Ukupna energija svih vrsta goriva u 10^9 k cal
	ukupno	kameni	mrki	lignit			
1960.	457	34	32	391	3	—	1 066
1961.	496	29	17	450	2	—	1 063
1962.	395	17	—	378	1	—	856
1963.	915	24	8	883	2	3	2 109
1964.	800	31	—	769	8	11	2 151
1965.	689	18	8	663	47	11	2 168
1966.	423	12	—	411	55	13	1 616
1967.	301	13	3	285	91	30	1 844
1968.	270	13	—	257	82	36	1 806
1969.	149	6	—	143	52	23	1 051
1970.	167	91	—	76	97	52	2 120
1971.	280	200	—	80	221	44	3 906
1972.	246	170	—	76	221	66	3 945
1973.	358	254	—	103	407	65	6 279





Sl. 9. Potrošnja topline za proizvodnju enektrične energije, udruženih termoelektrana SRH i SFRJ

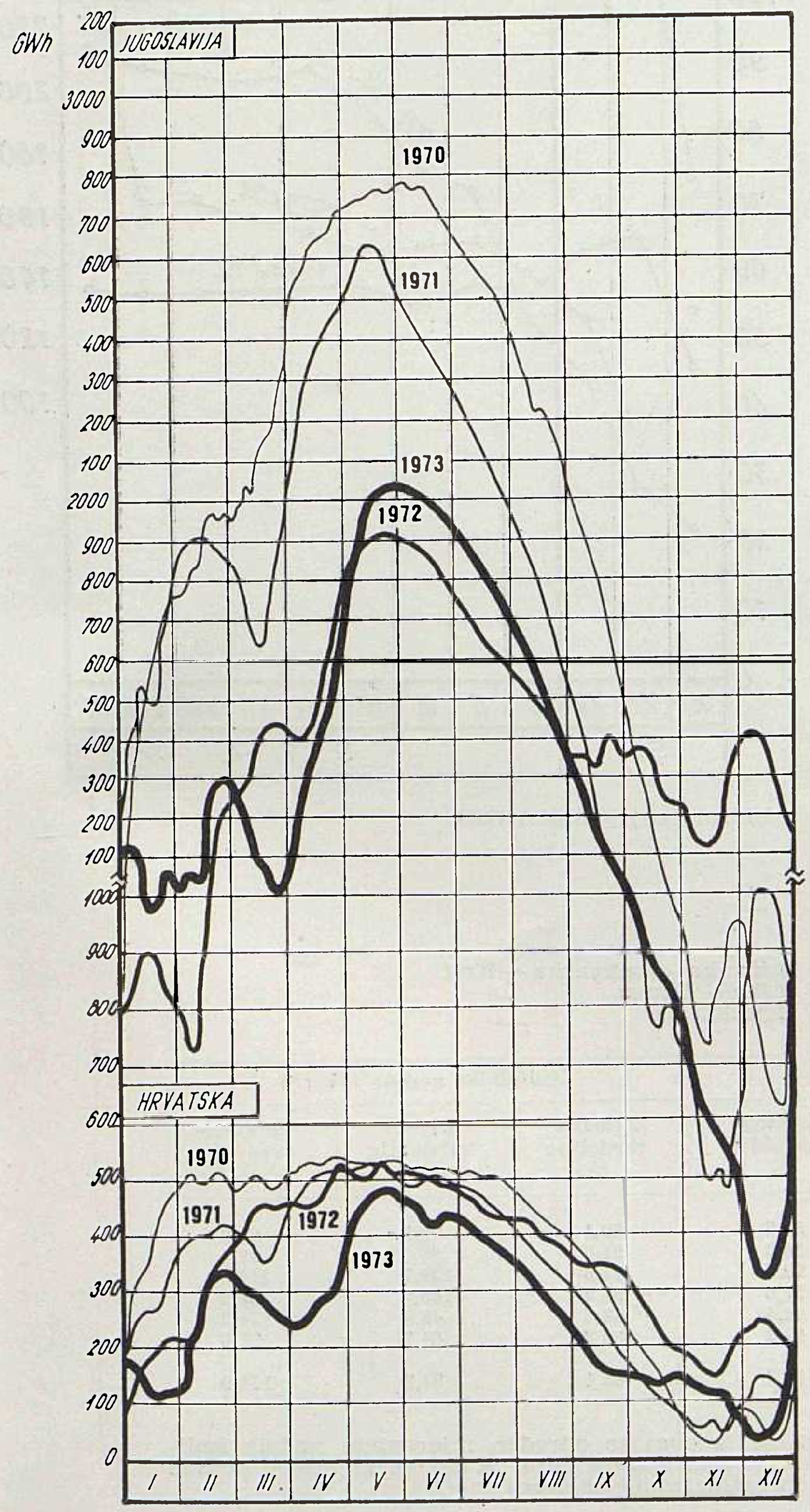
PROTOCI U HIDROELEKTRANAMA SRH

Srednji mjesečni i godišnji prirodni protoci rijeka, u razdoblju 1971. do 1973.

m³/sek. [1]

Tablica 22

Vodotok	God'na	Prosjek	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Cetina profil Gard. Mlinica	1971.	97,6	242,2	144,0	142,0	180,8	94,3	58,8	24,7	20,6	24,7	23,1	66,8	139,6
	1972.	95,1	182,5	181,4	141,9	163,9	113,1	49,6	39,5	38,0	42,6	27,4	88,3	72,8
	1973.	53,5	56,3	87,4	50,7	89,4	71,2	37,5	26,3	23,0	25,6	27,6	23,5	123,4
Krka profil Mataše	1971.	19,7	51,1	26,9	24,6	31,5	18,8	18,6	8,5	6,6	6,1	6,3	11,5	26,1
	1972.	21,2	34,1	33,7	28,5	28,7	29,7	16,2	9,9	9,3	12,9	9,9	25,0	17,0
	1973.	18,0	16,3	26,9	15,3	25,0	18,3	9,7	6,9	5,6	5,7	10,0	12,2	45,4
Mrežnica + Dobra	1971.	22,5	65,3	38,2	36,3	49,8	11,0	15,6	9,5	1,8	2,1	3,5	17,5	18,9
	1972.	47,6	14,6	57,4	42,4	109,0	81,2	17,1	27,2	27,5	50,1	21,2	71,4	52,5
	1973.	18,1	7,3	29,5	20,7	48,5	11,8	6,9	4,2	2,3	6,1	24,3	20,4	35,5
Ličanka-Lokvarka Križ	1971.	2,0	6,3	1,9	3,1	4,1	1,4	2,3	0,7	0,2	0,2	0,2	2,5	1,5
	1972.	3,2	2,2	4,6	4,4	4,5	4,2	0,4	0,6	1,5	2,4	2,0	9,0	2,6
	1973.	2,0	2,0	2,8	0,9	3,1	0,7	2,3	0,3	0,1	1,8	2,7	3,7	3,7
Lika i Gacka	1971.	28,3	81,9	51,5	36,6	58,3	26,5	15,6	9,2	7,2	6,0	3,6	14,1	28,8
	1972.	47,1	39,1	123,8	67,2	49,4	97,0	24,8	11,0	9,6	35,5	14,8	52,0	40,6
	1973.	26,3	19,3	56,9	25,2	54,3	25,1	16,6	10,3	6,7	58,0	19,5	20,6	54,9
Rječina	1971.	6,1	13,6	5,6	10,1	16,0	7,2	6,8	0,9	0	—	2,1	7,9	2,9
	1972.	9,2	3,9	5,1	11,0	12,8	21,6	2,1	1,7	2,2	3,1	4,3	30,5	11,5
	1973.	6,0	3,3	2,6	0,8	8,3	6,7	1,7	1,5	0,2	7,6	9,8	14,5	8,5

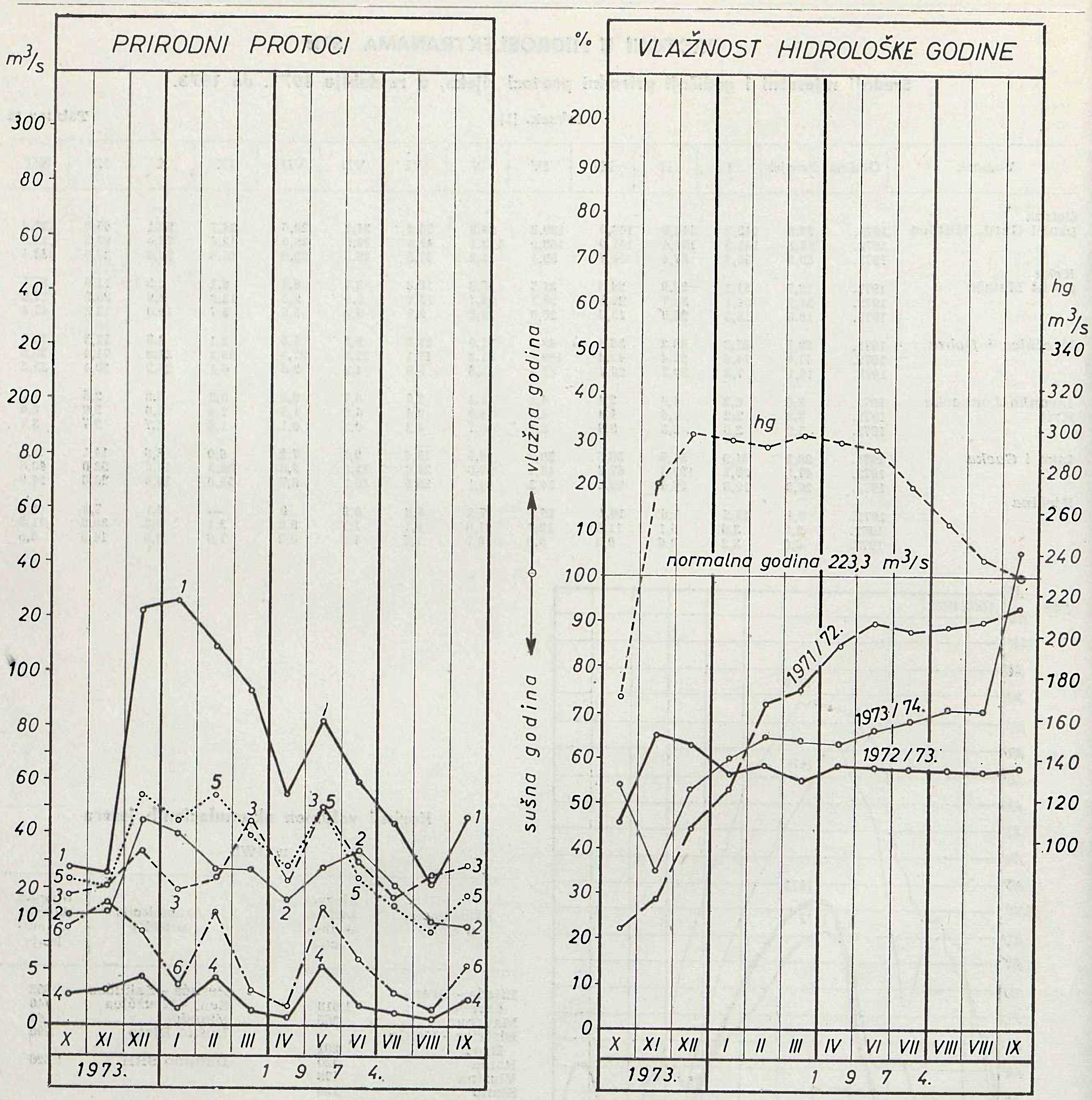


Sl. 10. Kretanje akumulacije u SRH i SFRJ

Korisni volumen akumulacionih jezera

u GWh

Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija	Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija
Bileća - Grančarevo	1 013	Peruća - Zakučac	352
Mavrovo	365	Senj - Kruščica	140
Bistrica - Kokin Brod	201	Vinodol	44
Rama	420	Buško Blato	790
Vlasina	178	Ukupno SRH	1 326
Slano	138		
Vrtac	89		
Jablanica	60		
Perućica - Krupac	52		
Tikveš	50		
Špilje	40		
SFRJ - bez SRH	*2 606*	*Svega SFRJ*	*3 932*



Sl. 11. Hidraulicitet vodotoka u hidrološkoj godini 1973/74.

1 Cetina
2 Krka
3 Dobra — Mrežnica
4 Ličanka — Lokvarka — Križ
5 Lika — Gacka
6 Rječina

Vlažnost	Hidrološke godine 1972/73			Hidrološke godine 1973/74		
Vodotok	Zimsko razdoblje %	Ljetno razdoblje %	Godišnje razdoblje %	Zimsko razdoblje %	Ljetno razdoblje %	Godišnje razdoblje %
Cetina	44,3	62,7	50,5	59,1	72,0	64,0
Krka	55,0	59,7	56,8	91,8	90,0	97,5
Dobra-Mrežnica	78,9	60,8	72,9	51,6	129,7	114,6
Ličanka-Lokvarka	58,2	56,0	57,5	54,7	103,2	109,2
Lika-Gacka	55,7	76,1	62,4	63,3	43,0	124,2
Rječina	79,3	42,6	62,3	80,2	64,3	72,3
Ukupno	54,4	63,1	57,4	64,1	84,8	104,9

Vlažnost se računa u postocima prosječnog hidraulicitetа, a ovaj je određen mjerenjem vodnih količina kroz 30 godina. Vlažnost se ustanovljuje za hidrološku godinu od 1. X do 30. IX iduće godine svakog mjeseca kumulativno od početka X mjeseca do razmatranog mjeseca.

ELEKTRIFIKACIJA HRVATSKE

Razvoj elektrificiranosti naselja i domaćinstava u SR Hrvatskoj 1965. — 1973.

(po distributivnim poduzećima)

[1]

Tablica 23

Područje poduzeća	Postotak elektrificiranosti													
	naselja %							domačinstava %						
	1965.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1965.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.
Ukupno SR Hrvatska	80	90	93	95	96	96	98	81	85	89	92	93	94	94
Elektrolika, Gospić	—	—	—	—	85	86	93	—	—	—	—	73	79	81
Elektra, Karlovac	67	84	89	92	98	98	99	63	74	80	84	94	94	96
Elektroslavonija, Osijek	69	85	89	91	91	94	94	64	77	80	82	83	89	89
Elektroistra, Pula	86	95	98	98	98	98	99	95	97	98	99	99,5	99,5	100
Elektroprimorje, Rijeka	72	90	91	93	93	93	95	94	96	97	98	98	99	99
Elektra, Sisak	67	88	94	96	97	99	100	56	68	74	79	80	85	88
Elektrodalmacija, Split	65	78	84	88	90	92	95	71	81	88	89	92	94	96
Elektra, Zagreb	93	97	99	99,7	99,8	99,8	100	87	92	96	96	97	98	98

Pregled općina SR Hrvatske svrstanih po postotku elektrificiranosti domaćinstava

[1]

Tablica 24

Postotak elektrificiranosti domaćinstava							
0 — 75 %		76 — 90%		91 — 98%		99 — 100%	
Obrovac	41	Vrgin Most	78	Nova Gradiška	91	Brač	Rab
Gračac	65	Đakovo	79	Petrinja	91	Buzet	Rijeka
Slunj	70	Pod. Slatina	79	Sinj	91	Delnice	Rovinj
Senj	73	Županja	80	Glina	93	Donja Stubica	Samobor
Benkovac	74	Donji Lapac	82	Metković	93	Dubrovnik	Sesvete
Beli Manastir	75	Gospić	82	Osijek	93	Dugo Selo	Split
		Našice	82	Grubišno polje	94	Duga Resa	Šibenik
		Titova Korenica	84	Kutina	94	Čabar	Umag
		Vinkovci	84	Vrgorac	94	Čakovec	Velika Gorica
		Slav. Brod	85	Vukovar	94	Đurđevac	Vrbovec
		Slav. Orahovica	85	Novska	95	Hvar	Vrbovsko
		Bjelovar	86	Ozalj	95	Imotski	Zabok
		Sisak	86	Zadar	95	Jastrebarsko	Zagreb
		Slav. Požega	86	Vojnić	95	Karlovac	Zaprešić
		Valpovo	87	Biograd	96	Klanjec	Zelina
		Drniš	89	Daruvar	96	Korčula	Zlatar Bistrica
		Dvor	89	Ivanić-Grad	96	Krapina	
		Donji Miholjac	89	Ivanec	96	Križevci	
		Knin	89	Mali Lošinj	96	Krk	
		Kostajnica	89	Pakrac	96	Labin	
		Otočac	89	Varaždin	96	Lastovo	
				Vis	96	Ludbreg	
				Koprivnica	97	Makarska	
				Novi Marof	97	Novigrad	
				Virovitica	97	Omiš	
				Buje	98	Opatija	
				Crikvenica	98	Pag	
				Čazma	98	Pazin	
				Garešnica	98	Ploče	
				Ogulin	92	Poreč	
				Trogir	98	Pula	

ZAPOSLENO OSOBLJE U ELEKTROPRIVREDI

Zaposleno osoblje u udruženoj elektroprivredi i distribuciji Jugoslavije

[2]

Tablica 25

	1960.	1965.	1966.[1]	1967.[1]	1968.[1]	1969.[1]	1970.[1]	1971[1]	1972.[1]	1973.[1]
Radnici	20 049	23 969	7 811	8 177	8 350	8 810	9 364	9 364	10 904	11 416
Tehničko osoblje	2 219	3 375	1 610	1 781	2 109	2 315	2 519	2 619	2 678	2 801
Ostalo stručno osoblje	6 869	8 039	1 532	1 819	1 749	1 862	1 961	2 011	1 990	2 032
Učenici u privredi	1 242	2 038	257	185	166	187	216	216	254	265
Ukupno zaposleno osoblje	28 906	37 421	11 210	11 962	12 374	13 174	14 060	14 210	15 826	16 514

[1] Obuhvaća samo zaposleno osoblje udružene elektroprivrede i JUGEL-a

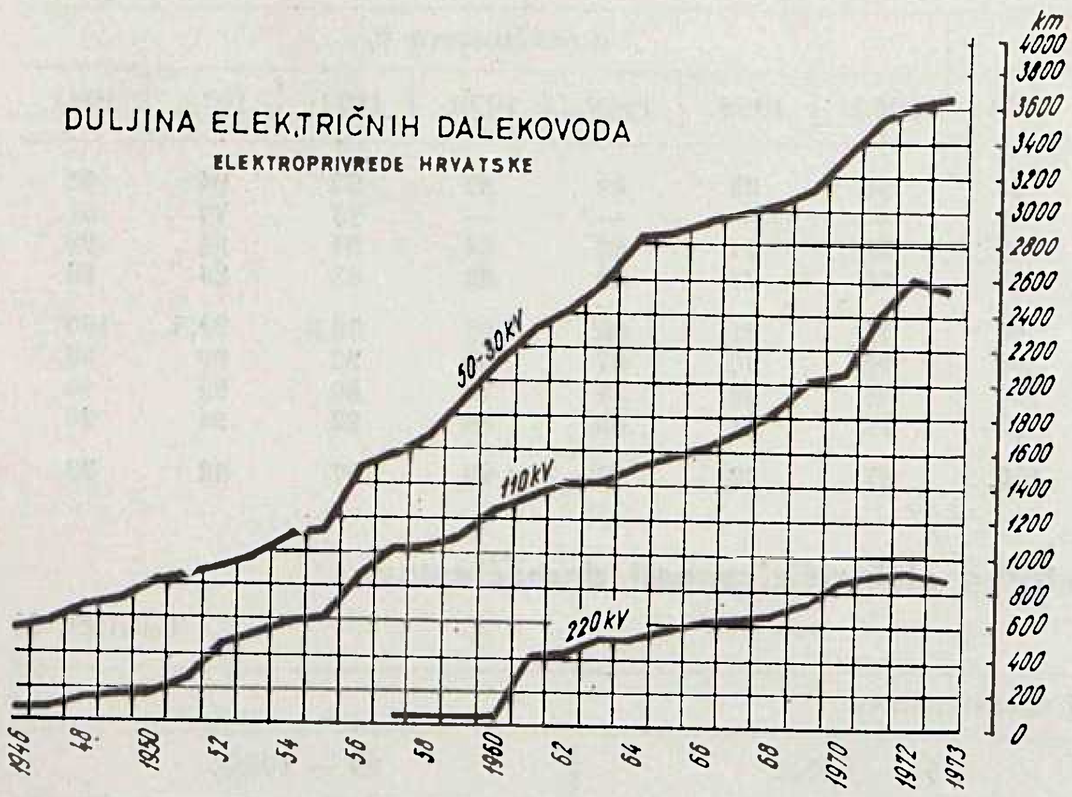
Zaposleno osoblje u udruženoj elektroprivredi, distribuciji i poduzećima u izgradnji Hrvatske

[2]

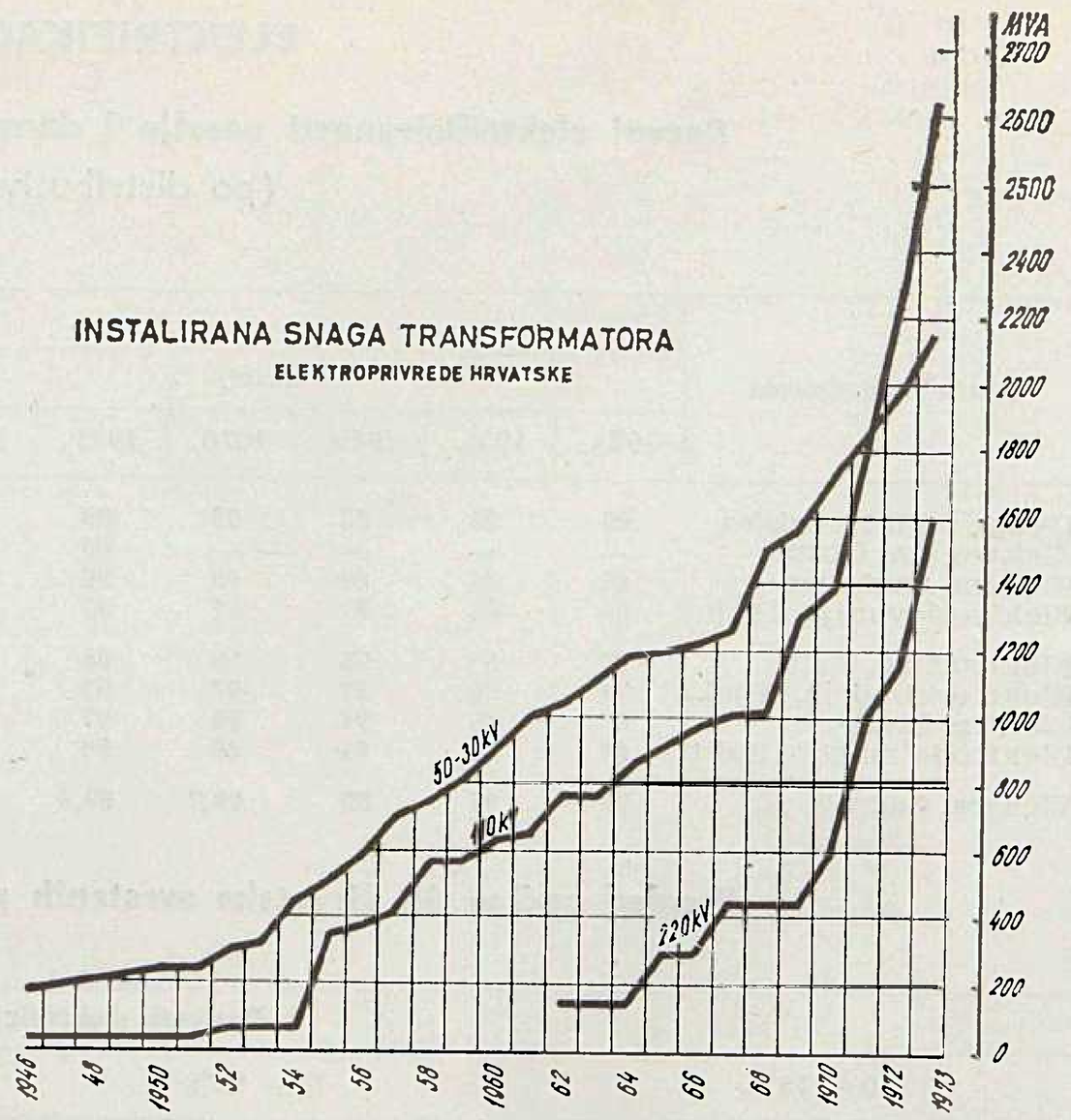
Tablica 26

Osoblje	1960.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.[1]
Radnici, svega	4 978	5 790	5 871	6 164	6 283	6 311	6 501	6 800	7 185	11 213
Tehničko osoblje, svega	565	645	756	841	949	965	1 082	1 159	1 374	11 213
Ostalo osoblje, svega	1 447	1 955	1 888	1 713	1 836	1 934	2 037	2 156	2 238	11 213
Pomoćno osoblje, svega	489	276	374	460	308	256	254	331	216	11 213
Učenici u privredi, svega	290	418	384	369	355	360	319	309	126	696
Ukupno:	7 769	9 084	9 273	9 547	9 731	9 826	10 193	10 755	11 139	11 909

Podaci se odnose na udružena i distributivna poduzeća i poduzeća u izgradnji, na zadnji dan u godini.



Sl. 12 Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Hrvatske



Sl. 13. Instalirana snaga transformatora u elektroprivredi Hrvatske

Razvoj prijenosne mreže Hrvatske

[1]

Tablica 27

	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	220 kV	110 kV	30-50kV	220 kV	110 kV	30-50 kV
1955.	—	623	1 136	—	358	502
1960.	50	1 248	2 137	—	630	908
1965.	578	1 574	2 863	300	923	1 201
1966.	621	1 603	2 933	300	904	1 229
1967.	621	1 708	3 018	450	1 004	1 274
1968.	661	1 818	3 027	450	1 013	1 511
1969.	736	2 009	3 137	450	1 301	1 574
1970.	834	2 047	3 305	600	1 387	1 732
1971.	866	2 410	3 547	1 000	1 847	1 851
1972.	892	2 607	3 613	1 150	2 272	1 993
1973.	864	2 587	3 631	1 600	2 604	2 165

Razvoj prijenosne mreže Jugoslavije

[4]

Tablica 28

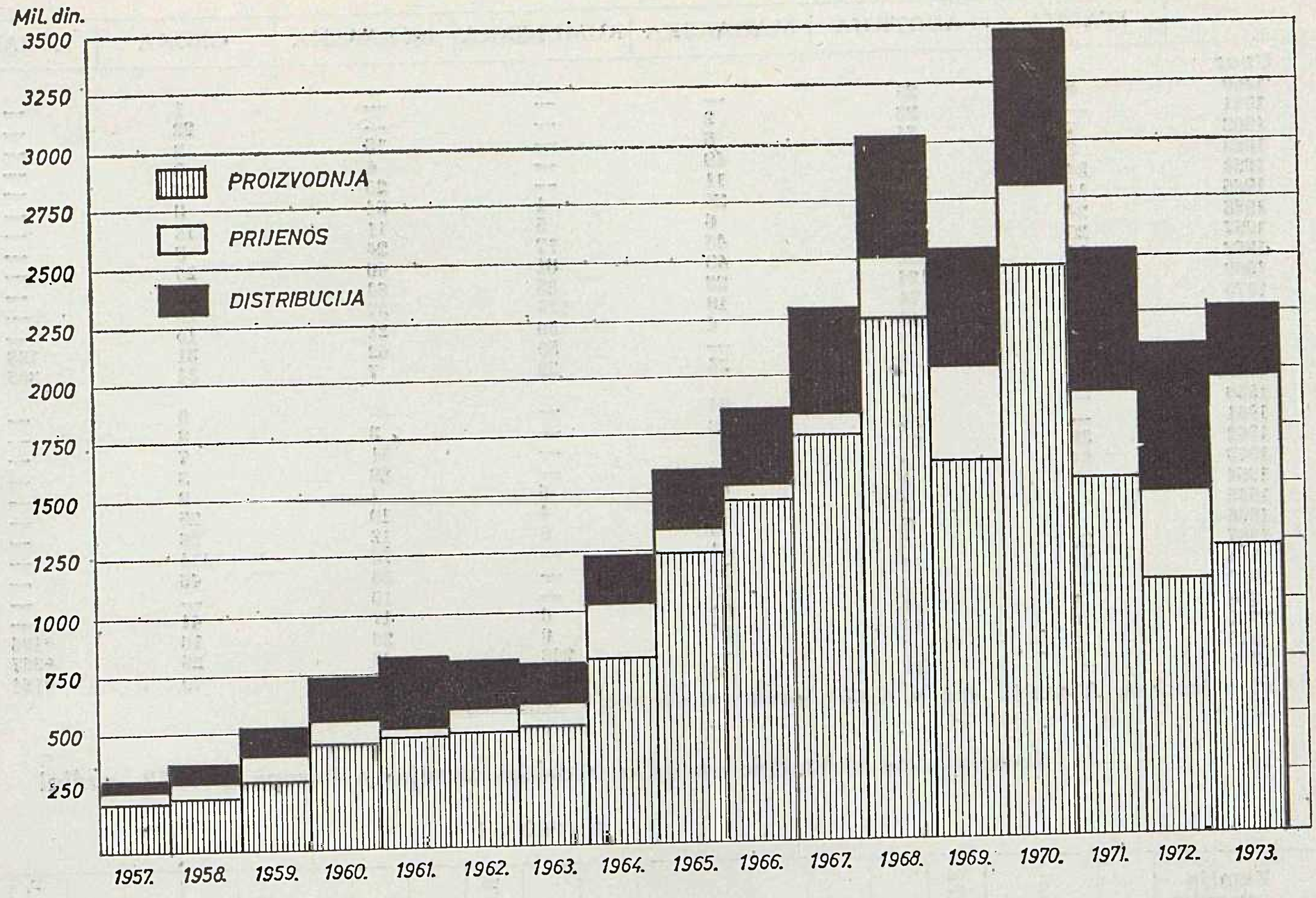
	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	380 kV	220 kV	110 kV	380 kV	220 kV	110 kV
1955.	—	—	2 884	—	—	1 070
1960.	—	409	5 428	—	150	2 361
1965.	—	2 290	6 550	—	1 300	3 691
1966.	—	2 418	6 783	—	1 600	3 798
1967.	—	2 693	7 173	—	1 900	4 120
1968.	—	3 151	7 560	—	2 350	4 390
1969.	—	3 366	8 039	—	2 500	5 095
1970.	203	3 691	8 291	800	2 800	5 683
1971.	286	3 969	8 899	1 100	4 550	7 815
1972.	372	4 255	9 517	1 100	4 900	8 263
1973.	471	4 336	9 879	1 100	5 450	8 684

Investiciona ulaganja u elektroprivredne kapacitete SFRJ 1960—1973. godine

mln din [4]

Tablica 29

Godina	Proizvodnja	Prijenos	Svega	Distribucija	Ukupno	Učešće elektroprivrede u investicijama industrije u %
1960.	434	128	562	180	742	23,9
1961.	470	139	509	297	806	20,1
1962.	485	114	599	193	792	17,7
1963.	502	104	606	169	775	14,6
1964.	889	159	1 043	173	1 221	18,2
1965.	1 239	106	1 345	265	1 610	23,1
1966.	1 464	84	1 548	325	1 873	22,6
1967.	1 702	170	1 872	391	2 263	28,5
1968.	2 244	262	2 506	511	3 017	29,8
1969.	1 635	400	2 035	521	2 556	25,2
1970.	2 420	390	2 810	640	3 450	27,9
1971.	1 550	350	1 900	620	2 520	18,5
1972.	1 100	380	1 480	670	2 150	17,0
1973.	1 250	420	1 670	720	2 390	. . .



Sl. 14. Investiciona ulaganja u elektroprivredu Jugoslavije

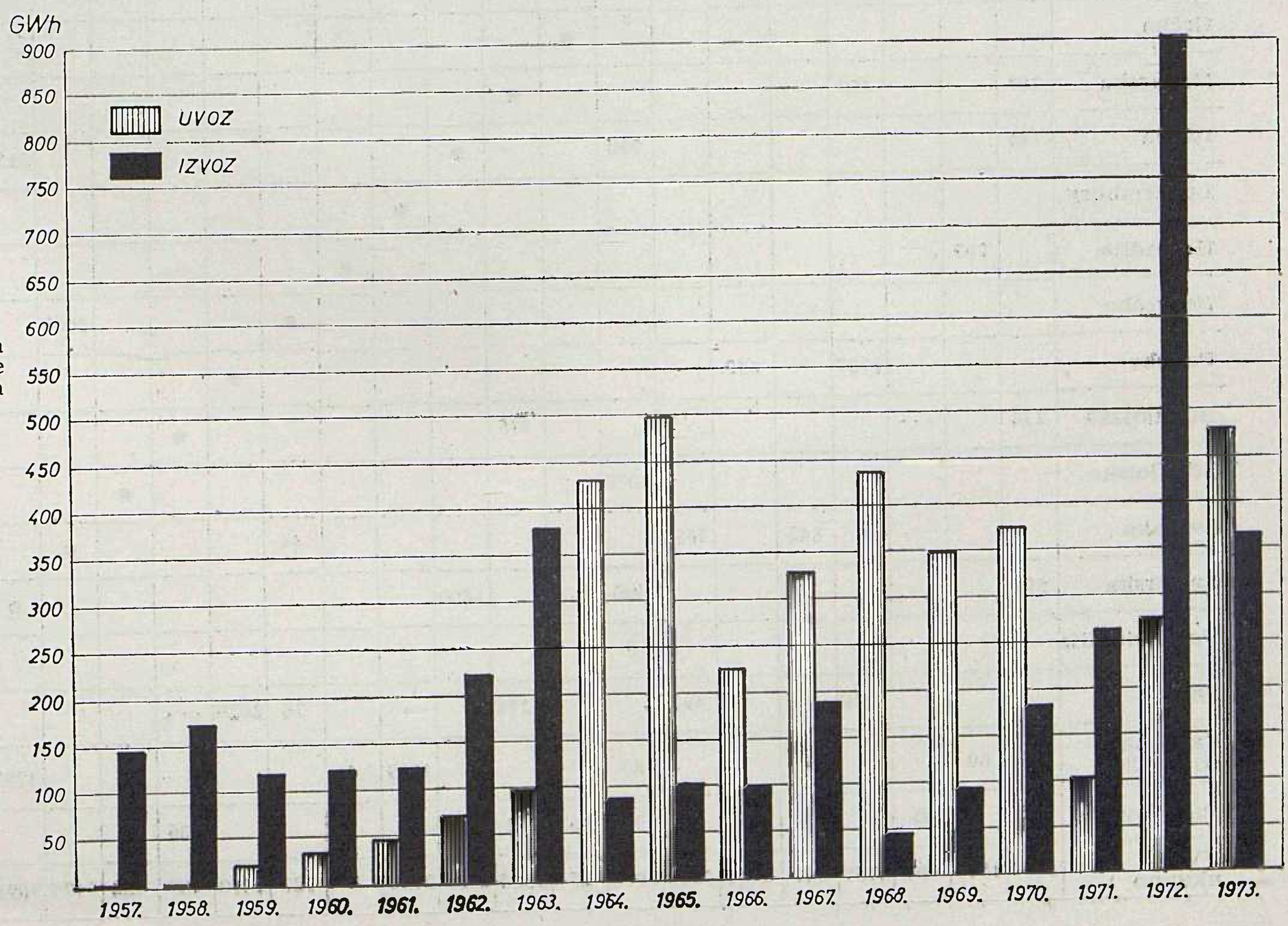
NEKI PODACI IZ SVJETSKE ELEKTROPRIVREDE

Specifična neto potrošnja električne energije po stanovniku u nekim zemljama Evrope i SAD

kWh/stanovnik [4]

Tablica 30

Zemlja	1938.	1960.	1965.	1970.	1972.	Zemlja	1938.	1960.	1965.	1970.	1972.
Austrija	316	1 640	2 155	2 832	3 208	Norveška	3 110	7 671	11 284	13 145	14 555
Belgija	573	1 467	2 022	2 862	3 368	Poljska	...	819	1 119	1 659	1 925
Bugarska	...	513	1 025	1 864	2 200	Rumunjska	63	340	710	1 272	1 553
Čehoslovačka	...	1 496	2 107	2 865	3 121	Španjolska	...	485	799	...	...
Danska	284	1 010	1 711	2 663	3 065	Švedska	1 134	3 921	5 517	7 039	7 904
Istočna Njemačka	...	2 044	2 718	3 213	3 517	Švicarska	1 138	2 896	3 372	3 945	4 176
Finska	766	1 832	2 818	4 298	5 324	Turska	...	86	134	208	...
Francuska	400	1 436	1 924	2 563	2 830	Vel. Britanija	609	2 242	3 085	3 838	4 046
Grčka	54	227	447	965	1 288	S A D	965	4 310	5 470	7 358	...
Mađarska	126	669	1 026	1 470	1 673	S S S R	208	1 193	2 040	2 790	3 156
Italija	310	964	1 402	1 968	2 150	Zap. Njemačka	...	1 960	2 597	3 544	4 095
Holandija	365	1 278	1 805	2 821	3 260	Jugoslavija	...	393	679	1 071	1 327



Sl. 15. Razmjena električne energije sa susjednim zemljama

Razmjena električne energije sa susjednim zemljama

Tablica 31

	ITALIJA	AUSTRIJA	MAĐARSKA	RUMUNJSKA	BUGARSKA	GRČKA	ALBANIJA	UKUPNO
Uvoz								
1960	5	25	—	—	—	1	—	31
1961	—	22	2	—	—	22	—	47
1962	7	34	6	—	13	8	—	68
1963	8	28	49	—	4	9	—	98
1964	34	335	11	—	26	23	—	429
1965	11	163	25	1	54	3	—	498
1966	24	163	6	5	11	18	—	227
1967	26	213	46	17	24	3	—	329
1968	14	232	48	81	40	26	—	439
1969	6	124	23	85	64	47	—	349
1970	6	174	10	115	37	19	—	361
1971	1	13	4	50	21	15	—	104
1972	2	18	—	55	62	31	108	276
1973	27	54	24	29	7	34	305	480
Izvoz								
1960	—	21	94	—	—	9	—	124
1961	—	36	78	—	3	8	—	125
1962	39	81	46	—	51	7	—	224
1963	64	80	165	—	69	3	—	381
1964	8	8	57	6	1	8	—	88
1965	—	3	53	4	19	25	—	104
1966	8	9	36	6	12	26	—	97
1967	39	—	11	—	23	114	—	187
1968	25	11	10	—	50	46	—	144
1969	—	53	19	—	19	—	—	91
1970	1	32	61	0	17	41	—	152
1971	0	23	16	0	20	10	*196	266
1972	3	142	—	298	65	26	*367	901
1973	—	31	6	51	45	79	*164	376

* nije izvoz u Albaniju već u ČSSR, preko Mađarske i Rumunjske

Izvoz i uvoz električne energije u nekim zemljama Evrope u 1972. godini

u GWh [4]

Tablica 32

Zemlja izvoznica \ Zemlja uvoznica	Austrija	Belgija	Bugarska	Čehoslovačka	Danska	Istočna Njemačka	Finska	Francuska	Grčka	Mađarska	Italija	Luksemburg	Holandija	Norveška	Poljska	Rumunjska	Španjolska	Švedska	Švicarska	Vel. Britanija	SSSR	Zapadna Njemačka	Jugoslavija	IZVOZ ukupno
Austrija	●			106						191	67											4150	18	4532
Belgija		●						70				838	1									130		1040
Bugarska			●													3					. . .		62	65
Čehoslovačka	492			●		583				81					14									1170
Danska					●													1147				2051		3198
Istočna Njemačka				227		●									189							39		455
Finska							●											21						21
Francuska		1291						●			1030						300		3149	430		2480		8750
Grčka									●														31	31
Mađarska	255			450						●														705
Italija	115							230			●								2153				2	2500
Luksemburg												●										880		880
Holandija		209											●									2580		2789
Norveška														●				5009						5009
Poljska				1767		832									●									2603
Rumunjska	234		. . .							495						●					2572		55	3356
Španjolska								2070									●							2221
Švedska					842		3684							44				●						4570
Švicarska	514							400			1800								●			6330		9044
Vel. Britanija								5												●				5
SSSR				2210			496			4276				76	2029	. . .					●			. . .
Zapadna Njemačka	1254	60			5			80				1919	4						3792			●		7114
Jugoslavija	142		65						25	261						406							●	902
UVOZ ukupno	3006	1560	994	4759	847	1415	4180	2900	25	5304	2900	2757	5	120	2410	409	422	6177	9098	485	. . .	1860	276	68910

Maksimalna neto snaga elektrana u nekim zemljama Evrope i SAD

u 1938, 1970. i 1972. godini — u MW [4]

Tablica 33

Zemlja	1938.			1970.				1972.			
	Ukupno	Hidro	Termo	Ukupno	Hidro	Termo	Nuklearne	Ukupno	Hidro	Termo	Nuklearne
Austrija	1 157	738	419	7 976	5 467	2 509	—	8 308	5 691	2 617	—
Belgija	2 152	24	2 128	6 257	62	6 184	11	7 462	459	6 992	11
Bugarska	85	44	41	4 117	816	3 301	—	4 659	895	3 764	—
Čehoslovačka	...	...	...	10 141	1 447	8 694	—	11 244	1 510	9 634	100
Istočna Njemačka	...	...	...	12 067	653	11 339	75	13 554	652	12 827	75
Danska	552	9	543	4 488	8	4 480	—	4 988	8	4 980	—
Finska	750	430	320	4 822	2 135	2 687	—	5 558	2 242	3 316	—
Francuska	6 300	3 000	3 300	36 139	14 916	19 577	1 646	40 450	15 700	22 050	2 700
Grčka	196	14	182	2 488	1 038	1 450	—	2 859	1 038	1 821	—
Italija	5 012	4 082	930	30 055	13 355	16 149	551	32 522	13 488	18 482	552
Mađarska	...	...	...	2 477	20	2 457	—	2 754	19	2 735	—
Holandija	1 741	—	1 741	10 197	—	10 157	50	11 931	—	11 931	—
Norveška	2 055	1 938	177	...	...	...	...	14 225	14 075	150	—
Poljska	...	...	...	13 710	740	12 970	—	15 798	790	15 008	—
Rumunjska	501	48	453	...	...	...	...	9 356	2 100	7 256	—
Španjolska	...	...	...	7 346	1 200	6 146	—	19 061	11 057	7 391	613
Švedska	1 650	1 650	—	15 308	10 863	4 435	10	17 598	11 527	5 622	449
Švicarska	2 090	1 960	130	10 540	9 620	570	350	11 320	9 700	614	1 006
Turska	...	...	...	2 292	723	1 569	—	2 662	868	1 794	—
Vel. Britanija	11 722	323	11 399	62 065	2 153	56 485	3 427	70 091	2 153	63 853	4 085
S A D	46 873	11 682	35 191	359 534	55 755	297 286	6 493	386 496	56 586	321 226	8 687
S S S R	8 941	1 173	7 768	166 150	31 368	134 782	...	186 239	34 846	151 393	...
Zap. Njemačka	...	...	...	47 540	4 700	41 950	890	53 970	4 770	47 000	2 200
Jugoslavija	505	174	331	6 873	3 630	3 243	—	8 090	4 306	3 784	—

Neto proizvodnja električne energije u nekim zemljama Evrope i SAD

u GWh [4]

Tablica 34

	Austrija			Belgija			Bugarska			Čehoslovačka			Danska			Istočna Njemačka		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1960.	15919	11844	4075	14120	172	13948	4657	1886	2771	22589	2479	20110	5242	—	5242	40305	617	39688
1965.	22203	16046	6157	20363	270	20093	10445	2005	8440	34190	4454	29736	7394	—	7394	48581	...	...
1970.	30036	21240	8796	30523	246	30277	19513	2152	17361	45163	3670	41493	18864	37	18827	67650	1251	65399
1971.	28755	16770	11985	31597	156	31441	21616	2170	18846	47237	2684	44553	17540	20	17520	69421	1217	68204
1972.	29388	17238	12150	35664	575	35089	22271	2095	20176	51402	2810	48592	20574	24	20550	72828	1224	71604

	Finska			Francuska			Grčka			Mađarska			Italija*			Holandija		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1960.	8339	5119	3220	69601	39591	30810	2130	442	1688	7431	93	7338	54282	45389	8895	15515	—	15515
1965.	13989	9487	4502	98532	45435	53097	4361	759	3602	10977	74	10903	79230	42367	36863	23653	—	23653
1970.	22161	9428	12733	146837	57183	89654	9820	2636	7184	14537	88	14449	117423	41300	76123	40859	—	40859
1971.	21633	9324	12309	155796	49364	106432	...	...	...	14990	94	14896	124860	40019	84841	44904	—	44904
1972.	23226	10159	13067	163400	48800	114600	13121	2677	10440	16318	107	16211	129620	42690	86930	49551	—	49551

	Norveška			Poljska			Rumunjska			Španjolska			Švedska			Švicarska		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1960.	30963	30745	218	26851	654	26197	7626	397	7229	17582	14871	2711	34794	31143	3651	20672	20504	168
1965.	48757	48630	77	39737	905	38832	17202	1011	16191	30472	19379	11093	49093	46431	2662	25280	24797	491
1970.	57204	57009	195	64530	1886	62644	35088	2773	32315	56484	27540	28944	60646	41539	19107	33173	29330	3843
1971.	62883	62647	236	69871	1919	67952	39391	4370	35021	59668	32208	27460	66549	52027	145785	32785	29448	3337
1972.	67800	67630	170	76459	1934	74525	43439	7343	36096	...	...	...	71682	53772	17910	31300	25365	5935

	Turska			Velika Britanija			SAD*			SSSR*			Zapadna Njemačka*			Jugoslavija		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1960.	2887	1026	1861	129700	3130	126570	830458	149063	691395	292520	51024	241496	108945	12817	96128	8917	5952	2945
1965.	4937	2169	2768	183750	4621	171129	1157391	197002	960389	506709	81431	425278	160554	15145	145409	15485	8945	6540
1970.	8617	3039	5588	232703	5654	227049	1638010	250611	1387399	749926	124377	626549	242606	17758	224848	26023	14741	11282
1971.	9781	2501	7280	239529	4300	235229	1717521	269580	1447941	800360	126099	674261	259633	14044	231545	29509	15644	13865
1972.	11140	...	...	24264	4288	240976	1853390	...	...	857435	122809	734536	274768	13689	261079	33231	17982	15249

* U koloni TE obuhvaćena je i proizvodnja nuklearnih elektrana

UGLJEN, NAFTA I ZEMNI PLIN

Proizvodnja ugljena, koksa, nafte i plina u Jugoslaviji

u hilj. tona i mln* m³ [5]

Tablica 33

	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Ugljen ukupno	Koks ukupno	Zemni plin	Sirova nafta	Benzin ukupno	Petrol ukupno	Plinsko ulje	Loživo ulje	Ukapljeni plin	Gazolin
1960.	1 283	9 628	11 801	22 712	1 103	53	944	277	74	354	396	13	6
1961.	1 313	9 494	13 266	24 073	1 111	69	1 431	294	59	405	409	13	5
1962.	1 189	9 320	14 186	24 695	1 125	95	1 525	322	81	532	492	15	5
1963.	1 286	9 945	16 191	27 422	1 107	191	1 611	344	89	618	480	17	6
1964.	1 262	10 715	17 534	29 511	1 177	274	1 799	386	98	701	683	23	10
1965.	1 169	10 509	18 279	29 957	1 267	330	2 063	546	82	809	1 148	36	15
1966.	1 133	10 080	18 080	29 292	1 237	402	2 222	788	94	1 142	1 764	49	17
1967.	909	9 023	16 535	26 467	1 226	461	2 374	886	94	1 389	1 816	54	18
1968.	835	9 508	16 389	26 732	1 236	584	2 494	935	119	1 380	1 847	68	23
1969.	681	9 992	16 373	26 496	1 226	730	2 699	1 003	146	1 722	1 967	78	23
1970.	643	8 989	18 790	28 422	1 309	977	2 854	1 233	163	2 092	2 509	95	25
1971.	707	9 333	20 862	30 902	1 297	1 151	2 961	1 472	215	2 665	2 930	105	28
1972.	599	9 184	21 157	30 940	1 299	1 242	3 200	1 394	211	2 495	2 989	196	28
1973.	576	9 145	22 729	32 451	1 318	1 329	3 332	1 528	251	2 558	3 480	...	...

Potrošnja električne energije i goriva u industriji SFRJ

[5]

Tablica 34

	Elektro-energija	Antracit	Koks	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Tekuće gorivo	Mazut
	GWh	u tisućama tona						
1960.	5 449	131	1 341	1 607	5 682	5 706	155	189
1961.	5 979	136	1 350	1 624	6 280	8 032	180	195
1962.	6 580	128	1 337	1 821	6 098	7 783	203	225
1963.	7 858	134	1 334	1 514	6 746	9 409	235	255
1964.	8 423	132	1 344	1 953	7 288	10 855	346	376
1965.	9 267	146	1 342	2 006	7 055	10 868	458	594
1966.	10 012	142	1 336	1 906	6 562	11 379	444	898
1967.	10 598	139	1 317	1 830	6 455	11 226	436	1 168
1968.	11 613	148	1 279	1 880	6 598	11 210	486	1 443
1969.	12 783	165	1 274	1 951	6 746	10 627	545	1 603
1970.	13 815	143	1 360	2 110	7 065	12 829	555	1 952
1971.	15 287	132	1 454	2 200	6 496	15 253	678	2 237
1972.	17 002	161	1 681	2 130	6 346	16 661	646	2 549
1973.	18 184	179	1 718	2 258	6 935	18 711	845	3 038
Elektroenergija	1 628	—	—	255	3 283	15 685	104	496
Ugalj i koks	501	—	0,1	1 762	60	234	21	1
Nafta	343	—	8	—	—	—	281	204
Crna metalurgija	2 734	60	1 433	—	223	81	7	452
Obojena metalurgija	3 286	29	93	23	217	243	41	147
Nemetali	371	—	9	0,0	36	132	80	141
Metalna industrija	1 317	1	80	69	141	89	63	72
Brodogradnja	106	—	2	1	1	1	4	3
Elektroindustrija	311	—	1	2	85	6	9	22
Kemijska industrija	2 833	24	71	10	755	328	106	243
Građevinski materijal	923	65	2	100	600	193	31	582
Drvna industrija	535	—	1	1	152	34	17	68
Industrija	1 095	—	—	16	411	1 221	3	86
Tekstilna industrija	974	—	—	6	350	176	12	172
Industrija kože i obuće	99	—	—	1	46	26	1	35
Industrija gume	132	—	0,1	3	109	0,0	6	45
Prehrambena industrija	872	—	18	8	449	257	52	256
Grafička industrija	83	—	0,0	0,3	6	3	3	5
Industrija duhana	33	—	—	1	10	1	4	7
Filmska industrija	1	—	—	0,2	0,3	—	—	0,2
Raznovrsna industrija	10	—	—	—	1	1	0,1	1
Potrošnja u ind. elektranama[1]	187	—	—	23	612	768	13	123

[1] Potrošnja elektroenergije u industrijskim elektranama prikazana je dva puta. Jedanput u onim granama koje nisu industrijske elektrane, a drugi put izdvojeno.

Proizvodnja ugljena, nafte i plina u Hrvatskoj

u hilj. tona i mln* m³ [3]

Tablica 35

	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Ugljen ukupno	Koks plinara	Zemni plin	Sirova nafta	Benzin ukupno	Petrolej ukupno	Plinsko ulje	Ulje za loženje	Ukapljeni plin	Gazolin
1960.	802	358	1 190	2 530	9	34	770	198	67	256	261	11	1
1961.	832	522	1 068	2 422	10	52	1 125	216	54	287	271	15	1
1962.	810	535	902	2 247	10	59	1 157	225	71	355	267	15	1
1963.	852	514	757	2 124	9	82	1 158	249	79	427	285	17	1
1964.	784	424	743	1 951	10	135	1 285	310	90	535	476	15	1
1965.	751	468	738	1 957	10	156	1 414	467	73	714	805	24	3
1966.	765	403	603	1 771	8	189	1 545	681	78	1 019	1 340	51	8
1967.	611	280	411	1 302	8	232	1 702	749	76	1 176	1 399	45	10
1968.	506	283	384	1 174	2	330	1 818	755	97	1 108	1 253	54	13
1969.	381	191	344	916	—	404	1 934	667	114	1 076	703	48	13
1970.	363	81	274	718	—	476	2 057	826	122	1327	1 093	71	13
1971.	422	21	197	640	—	547	2 142	991	158	1 617	1 513	106	12
1972.	382	19	176	577	—	569	2 362	914	145	1 543	1 590	147	13
1973.	385	3	137	524	—	612	2 423	1 023	164	1 681	1 890	147	13

Potrošnja električne energije i goriva u industrijskim poduzećima i pogonima SR Hrvatske

[3]

Tablica 36

	Elektro-energija	Antracit	Koks	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Tekuće gorivo	Mazut
	GWh	u tisućama tona						
1960.	1 264	57	232	171	1 028	852	79	65
1961.	1 385	68	238	156	999	882	91	60
1962.	1 456	64	232	163	977	876	97	59
1963.	1 680	70	243	181	1 037	1 145	109	75
1964.	1 716	69	241	234	1 045	1 355	195	130
1965.	1 888	81	226	229	916	1 191	296	189
1966.	2 054	76	234	179	831	854	280	311
1967.	2 196	74	196	130	778	645	293	416
1968.	2 339	87	203	108	700	627	278	490
1969.	2 524	89	190	91	692	513	230	538
1970.	2 661	81	194	157	669	396	246	634
1971.	2 846	74	195	255	666	371	270	783
1972.	3 068	66	195	218	609	328	303	844
1973.	3 148	65	210	302	601	324	422	1 058
Elektroenergija	215	—	—	255	1	104	1	480
Ugljen i prerađevine	46	—	—	2	—	2	5	—
Nafta i prerađevine	227	—	8	0	—	0	275	37
Crna metalurgija	206	4	140	—	1	2	—	61
Obojena metalurgija	339	8	12	—	13	11	1	2
Nemetali	82	—	0	—	0	33	6	34
Metalna industrija	172	0	22	0	19	11	10	9
Brodogradnja	95	—	2	1	1	1	4	3
Elektroindustrija	54	—	—	—	1	4	3	4
Kemijska industrija	628	5	20	—	59	1	85	43
Građevni materijal	299	48	0	39	165	24	8	233
Drvna industrija	125	—	1	—	40	5	3	13
Industrija papira	104	—	—	—	56	0	0	20
Tekstilna industrija	229	—	—	0	54	70	3	36
Industrija kože i obuće	23	—	—	1	5	0	1	5
Industrija gume	47	—	0	—	74	—	—	5
Prehrambena industrija	228	—	5	4	110	56	17	71
Grafička industrija	19	—	—	0	2	0	0	0
Industrija duhana	6	—	—	0	—	—	0	2
Filmska industrija	1	—	—	—	0	—	—	0
Ostala industrija	3	—	—	—	—	—	0	0

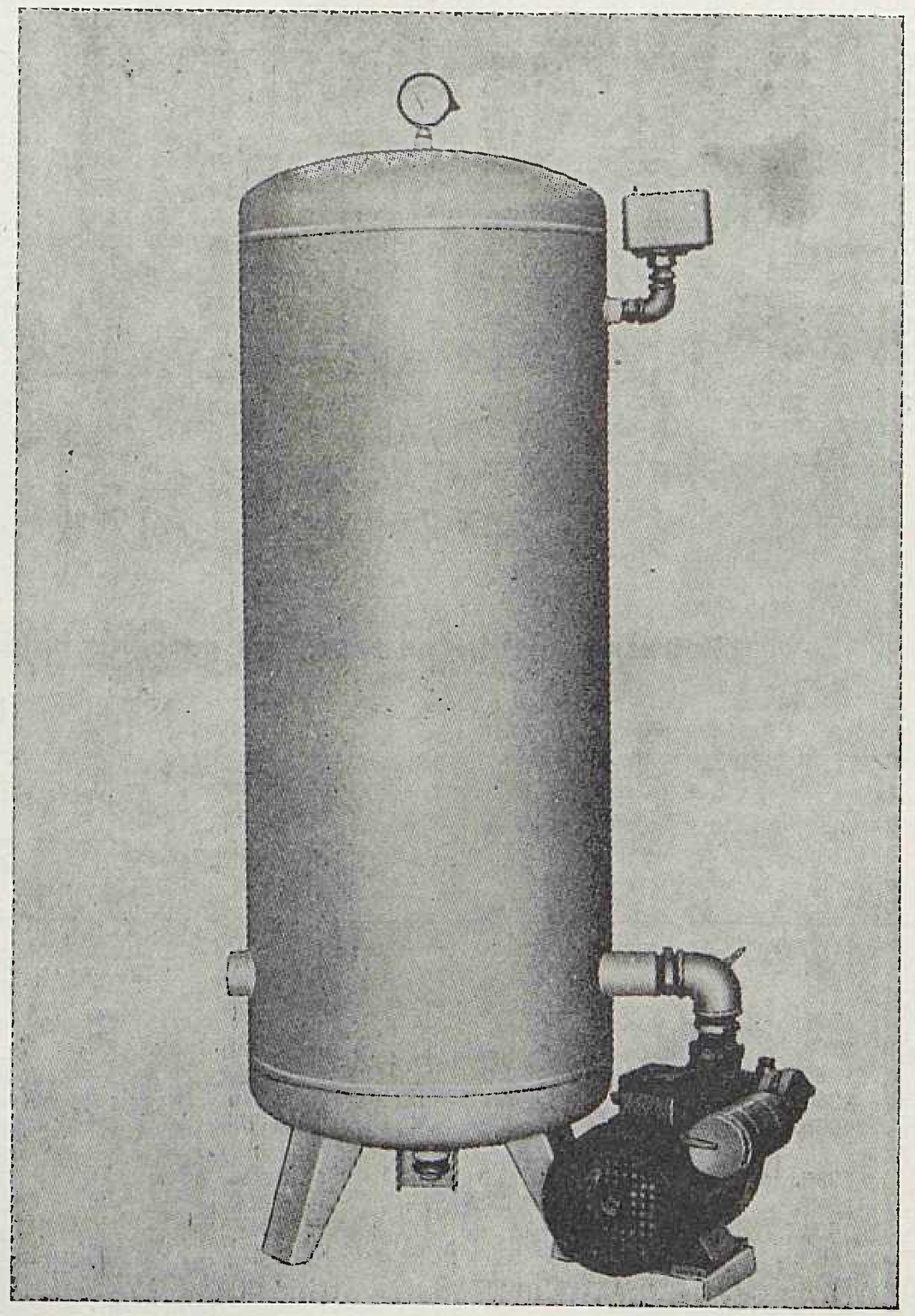
Literatura

1. Godišnjak elektroprivrede Hrvatske 1973. (rukopis)
2. Statistički pregled elektroprivrede SRH 1973.
3. Statistički godišnjak SRH 1974.
4. Statistički godišnjak elektroprivrede SFRJ za 1973.
5. Statistički godišnjak SFRJ 1974.

HIDROFORI »RADE KONČAR«

Primjena

Primjena hidroforskih postrojenja je svestrana. Hidrofori s kotlovima zapremine 90, 130 i 180 litara upotrebljavaju se za opskrbu vodom manjih stambenih zgrada i pojedinih domaćinstava, iz bunara, cisterne, odnosno kada je tlak u cjevovodu prenizak. Mogu povući vodu iz dubine do 7 metara ispod ulaznog otvora pumpe.



Opis

Hidroforska postrojenja izrađena su prema standardu JUS M. E2.100. Sastoje se od tlačnog kotla s odgovarajućom opremom (tlačna sklopka i manometar) pumpnog agregata (vrtložna pumpa i elektromotor). Tlačni kotao je izrađen od čeličnog lima, a s unutrašnje i vanjske strane presvučen je tankim slojem plastične mase. Plastificiranje je najnoviji postupak, gdje je unutrašnja i vanjska dekorativna zaštita ujedno zaštita protiv korozije, a otporna je i na razne kemijske sastojke koji se nalaze u vodi.

Svi hidrofori navedeni u tablici imaju pumpe projektirane i ispitane u Elektrotehničkom institutu »Rade Končar«. Tehničke i eksploatacione karakteristike su prilagođene potrebama domaćeg i inozemnog tržišta.

Karakteristike agregata su:

— mala težina, male dimenzije,
— osiguravaju normalan rad i dobavu vode i kod sniženog napona i do 170 V,
— mogućnost rada na mjestima s mnogo prašine, vlage kao i na otvorenom prostoru,
— dozvoljena temperatura vode je 80°C, pa čak i više. Kod više temperature opada usisna visina.

Izbor hidrofora

Izbor odgovarajućeg tipa hidrofora ovisi o postojećoj električnoj mreži i naponu mreže (trofazna mreža 3 × 380 V ili 3 × 220 V, ili jednofazna mreža 220 V), o prosječnoj dnevnoj potrošnji vode i o potrebnoj manometarskoj visini (visini dizanja vode).

Tehničke karakteristike hidrofora

Tip hidrofora	Zapremina lit.	Gabarit		Najveći dozvoljeni tlak AT	Protok lit/min	Visina dizajna H M V'ST	Vrsta struje[1]	Snaga KW	Težina kp
		Visina H mm	Promjer D mm						
HMV1-90	90	880	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	43
HMV2-90	90	880	400	4	20—60	50—15	jednofaz.	0,75	46
HTV2-90	90	880	400		20—60	50—15	trofazna	0,75	46
HMV1-130	130	1210	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	51
HMV2-130	130	1210	400		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	54
HTV2-130	130	1210	400	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	54
HMV3-130	130	1210	400		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	55
HTV3-130	130	1210	400		42—78	30—10	trofazna	1,1	55
HMV1-180	180	1310	450		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	59
HMV2-180	180	1310	450		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	62
HTV2-180	180	1310	450	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	62
HMV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	63
HTV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	trofazna	1,1	63

[1] Pumpni agregati VPM imaju jednofazne motore za napon 220 V, 50 Hz
Pumpni agregati VPT imaju trofazne motore za napon 3×380 V (prespojivi na 3×220 V) 50 Hz

GOD. 24 (1975) energija BROJ 3 — 4

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

UTJECAJ PUMPNIH HIDROELEKTRANA NA TROŠKOVE GORIVA TERMOELEKTRANA

Fedor Jelušić, Zagreb

Zbog ovisnosti specifičnog potroška topline termogrupa o njihovom opterećenju, i radi znatnog potroška topline za njihovo pokretanje nakon obustave pogona, razlikuju se stvarni godišnji troškovi goriva termoelektrana u elektroenergetskom sistemu od proračunskih s prosječnim troškom goriva. Na primjeru alternativnog uklapanja nove termoelektrane, odnosno nove pumpne hidroelektrane, proračunata je veličina razlika godišnjeg potroška topline.

DK 621.311.21:621.311.22

Svaku elektranu karakteriziraju osim tipa još i njena pogonska i ekonomska svojstva, kao što su: najveća snaga, raspoloživost i trajnost snage, prosječna proizvodnja i ekstremi proizvodnje, brzina ulaska u pogon i brzina preuzimanja opterećenja, troškovi izgradnje, stalni godišnji troškovi, pogonski troškovi, cijene energije, utjecaji na okolinu i na druge grane privrede.

Uklapanjem svake nove elektrane u elektroenergetski sistem ona utječe na pogon već postojećih elektrana tog sistema. Potrebno je, dakle, da se osim usporedbe karakterističnih podataka ocijeni vrijednost svake projektirane elektrane i prema rezultatima detaljne analize njenog uklapanja u predvidive prilike budućeg elektroenergetskog sistema. To je prihvatio i društveni dogovor o programiranju razvoja elektroprivrede, pa je propisana jedinstvena metodologija za izradu programa razvoja i planova izgradnje elektroprivrede (Lit. 9).

Utjecaj uklapanja novih pumpnih hidroelektrana (skraćeno: PHE; nekad i PAHE) na ostale elektrane pripadajućeg sistema znatno je veći i u osnovi je različit od utjecaja uklapanja običajnih gravitacionih hidroelektrana (skraćeno: HE) i termoelektrana (skraćeno: TE) na fosilna i nuklearna goriva, kao i vršnih plinskih termoelektrana (skraćeno: PTE).

Budući da PHE imaju više osobitosti, a njihova problematika je još uvijek kod nas slabo poznata, bit će korisno ako se istaknu neka njihova svojstva i utjecaji na elektroenergetski sistem.

Svojstva pumpnih hidroelektrana

Dok su gravitacijske HE ovisne o hidroloških prilika odnosnih vodotoka, PHE mogu istu vodnu količinu cirkulirati između svojih bazena, pa na njihov rad ne utječe hidrologija vlastitog sliva. Raspoloživost im je vrlo velika, a vrlo su elastične i brzo ulaze u pojedine režime pogona.

U elektroenergetskom sistemu su PHE i potrošači i proizvođači energije, a to ih razlikuje od svih drugih tipova elektrana. Uklapanjem PHE povećava se ukupna proizvodnja elektrana u sistemu preko ukupnog konzuma, i to za gubitke reverzibilnog pogona. Ukupni stupanj korisnosti reverzibilnog ciklusa PHE kod novih većih postrojenja kreće se od 0,70 do 0,75.

Biranjem pogodnih lokacija i većih padova za izgradnju PHE troškovi izgradnje po jedinici instalirane snage mogu biti upola manji nego kod TE na fosilna goriva, a 3 do 6 puta manji nego kod naših još neizgrađenih HE.

Pumpni pogon PHE se obavlja kod malih opterećenja električne mreže, kad upravo nastaju preljevi u HE radi nemogućnosti predaje raspoložive snage u mrežu, kao i problemi s tehničkim minimumom TE i potrebom obustave pogona pojedinih grupa termičkih strojeva. Turbinski pak pogon PHE odvija se redovno za vrijeme vršnih opterećenja mreže, a po potrebi i u slučaju ispadanja iz pogona neke grupe ili elektrane u sistemu uslijed kvara. U intervalima između turbinskog i pumpnog pogona strojevi PHE ostaju u vrtnji kao sinhroni kompenzatori i služe kao rotirajuća rezerva sistema. Za prijelaz iz kompenzatorskog pogona u turbinski pogon punom snagom, PHE trebaju svega oko 1 minutu. Prijelaz pak iz pumpnog pogona u turbinski punom snagom moguć je za 2 do 4 minute, pa odmah rasterete mrežu svog velikog opterećenja i brzo na sebe preuzmu veliko opterećenje i tako spriječe raspade sistema kod nepredviđenih ispadanja iz pogona velikih nuklearnih ili termičkih grupa.

Prilike uklapanja projektirane pumpne hidroelektrane Vinodol ispitao je Institut za elektroprivredu, Zagreb za predviđeni konzum elektroenergetskih sistema Hrvatske, te Hrvatske i Slovenije za godine 1979, 1982. i 1985.

Radi ilustracije prilika uklapanja ove PHE citirat ćemo neke zaključke koji slijede iz provedene opsežne analize na elektroničkom računalu, a koje sadrži studija (Lit. 4) autora prof. H. Požara i Ing. G. Granića. Pri tom će biti navedeni neki rezultati koji se odnose samo na veličinu izgradnje od 4 × 100 MW. Zaključci koji će biti navedeni odnose se na razmatranu PHE, no vrijede općenito za slučaj uklapanja bilo koje nove PHE koja bi imala slične karakteristike, u sistem slične strukture i konzuma. Stoga ćemo kod citiranja odsječaka umjesto »PAHE Vinodol« svuda staviti samo kraticu PHE, i koristiti kratice HE i TE.

Evo tih zaključaka:

»Izgradnjom PHE dolazi u svim slučajevima do povećanja iskorištenja vode u HE, ali i do smanjenja proizvodnje u TE« (str. 33.) (HE: +46,7 do +210,6 GWh/god.; TE: —44,7 do —56 GWh/ /god.). »Višak proizvodnje u elektranama koristi se za pumpanje, ali i za razliku redukcije konzuma. Ako se, naime, smanjuju redukcije izgradnjom PHE, dio povećanja proizvodnje se koristi u tu svrhu. Prema navedenim podacima izgradnja PHE ima vrlo povoljan utjecaj na sistem, jer dovodi do povećanja proizvodnje u HE (bez dodatnih troškova) i do smanjenja proizvodnje u TE što je naravno povezano sa smanjenjem troškova za gorivo« (str. 34).

»Izgradnjom PHE smanjuje se potrebna proizvodnja varijabilne energije u TE s povećanjem instalirane snage PHE« (str. 35).

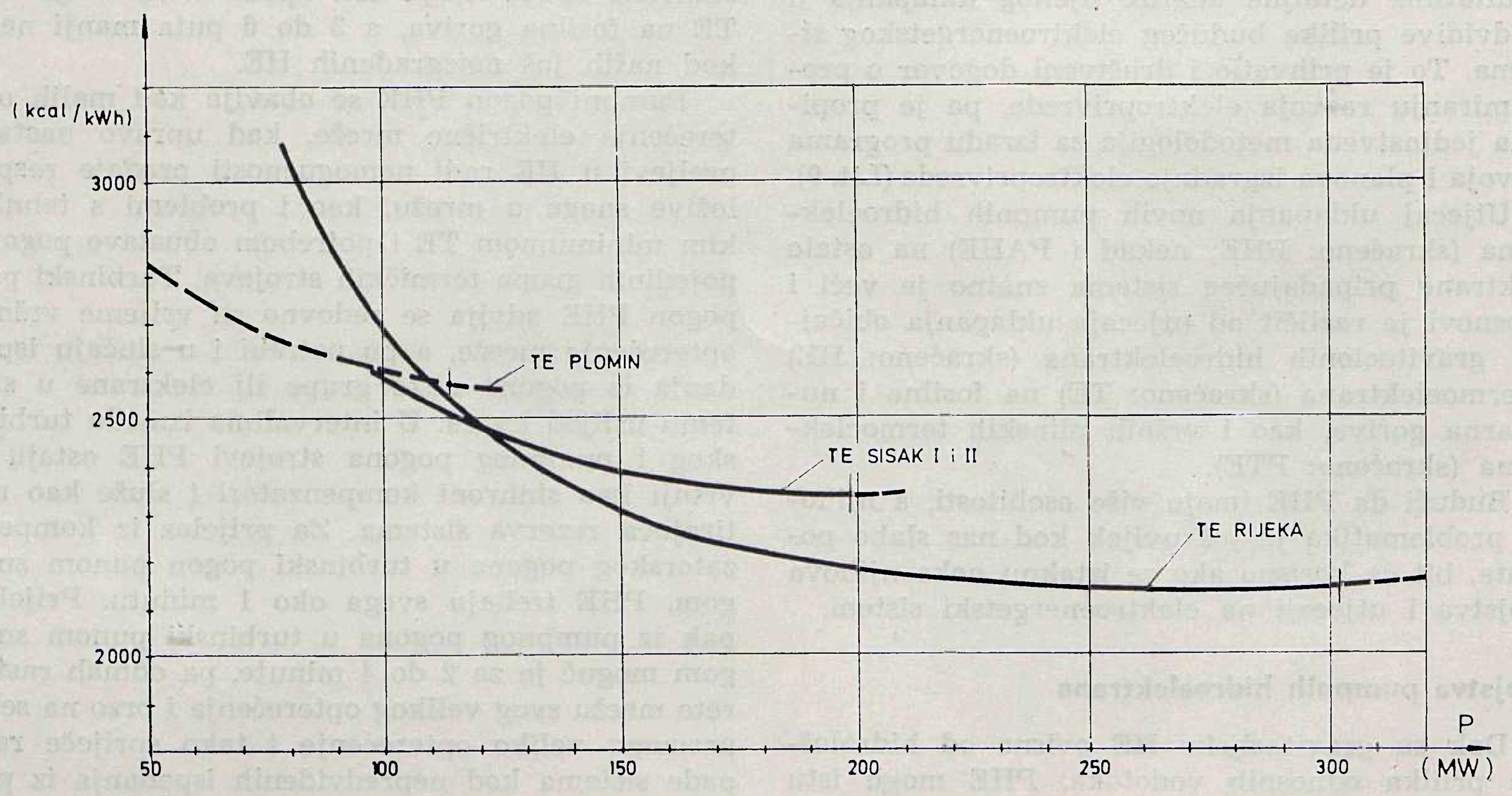
»S povećanjem instalirane snage PHE smanjuje se potrebna izgradnja TE. To smanjenje ovisi o konzumu i o strukturi proizvodnje u sistemu« (str. 36).

(PTE: —165,2 MW za 1969. g. a —329 MW za 1985. g. u sistemu u SRH) »Postojanje pumpno-akumulacionih postrojenja ima relativno mali utjecaj na ukupnu proizvodnju TE, ali — kako će se vidjeti — veliki utjecaj na proizvodnju pojedinih agregata, što dovodi do znatnog utjecaja na troškove za gorivo« (str. 39).

»Izgradnjom PHE povećava se proizvodnja TE koje se najprije angažiraju, a to su one s nižim troškovima za gorivo, dok se smanjuje proizvodnja onih agregata koji se posljednji stavljaju u pogon. To — kako će se vidjeti — znatno utječe na ukupne troškove za gorivo« (str. 58).

Neki zanemareni utjecaji novih elektrana

Jedinstvena metodologija (Lit. 9) uzima kod određivanja redoslijeda izgradnje elektrana u obzir rezultate analize ukupnih troškova eksploatacije elektroenergetskog sistema. Osim utjecaja što ih kod uklapanja razmatranih elektrana propisana metodologija uzima u obzir, postoje još i drugi znani utjecaji na ostale elektrane u sistemu, no oni se dosad nisu kvantitativno ispitivali ni uzimali u obzir. To su u prvom redu razlike utjecaja razmatranih elektrana na veličinu i na trajanje relativnog opterećenja proizvodnih grupa u HE i TE, pa i razlike promjena i trajanja promjenljivog ukupnog stupnja korisnosti grupa strojeva elektrana. Uzimanje u obzir i tih utjecaja mijenja u stanovitim granicama ukupnu proizvodnju HE, kao i ukupan trošak goriva TE u sistemu.



Sl. 1. Ovisnost specifičnog potroška topline o opterećenju na pragu termogrupa

U okviru ovog članka može se dati samo skraćeni prikaz utjecaja različitih novih elektrana na stvarne troškove goriva TE u elektroenergetskom sistemu.

Kod metode određivanja minimalnih troškova u elektroenergetskom sistemu određuju se ukupni troškovi goriva termoizvora na temelju proračunatih godišnjih proizvodnji pojedinih TE, NE i PTE i pretpostavljenih specifičnih troškova goriva (d/kWh) pojedinih termičkih proizvodnih grupa. Pri tom je specifični trošak goriva određen iz cijene goriva (d/kp), njegove ogrjevne vrijednosti (kcal/kp) i prosječnog specifičnog potroška topline (kcal/kWh) pojedinih grupa na pragu. Zanemaren je, dakle, utjecaj novih izvora na promjene relativnog opterećenja promatranih termičkih proizvodnih grupa. Visina specifičnog potroška topline termogrupa doista je u priličnoj mjeri ovisna o njihovom opterećenju, što pokazuju i dijagrami sl. 1. Ta ovisnost je još veća, a i prosječni potrošci topline su znatno veći, kod manjih termogrupa i toplana u kondenzacionom pogonu.

Da se pokaže red veličine zanemarenih razlika kod troškova goriva poslužit će neke postavke i rezultati konkretnog primjera određivanja redoslijeda izgradnje novih hidroelektrana za konzum mreže SR Hrvatske 1981. godine što ih je provela elektroprivreda Hrvatske (Lit. 1.).

Najprije će biti razmotreno uklapanje nove termoelektrane (TE), a zatim uklapanje nove pumpne hidroelektrane (PHE).

Polazni podaci

U godini 1981. može se očekivati ukupni godišnji potrošak u elektroenergetskom sistemu SR Hrvatske, od W = 16.845 GWh. Uz vjerojatno trajanje najvećeg opterećenja od T_{max} = 5500 h/god. može se računati s najvećim opterećenjem

$$P_{max} = \frac{16.845,000.000}{5500} = 3,060.000 \text{ kW}$$

Za konstrukciju krivulja trajanja dnevnog opterećenja na sl. 2. do sl. 5, upotrebljene su krivulje registriranog dnevnog opterećenja mreže SRH u 1972. godini (Lit. 4.). Kod faktora preračunavanja uzeto je u obzir da je 1972. godine bilo W = 6.507 GWh, P_{max} = 1185 MW i T_{max} = 5480 h.

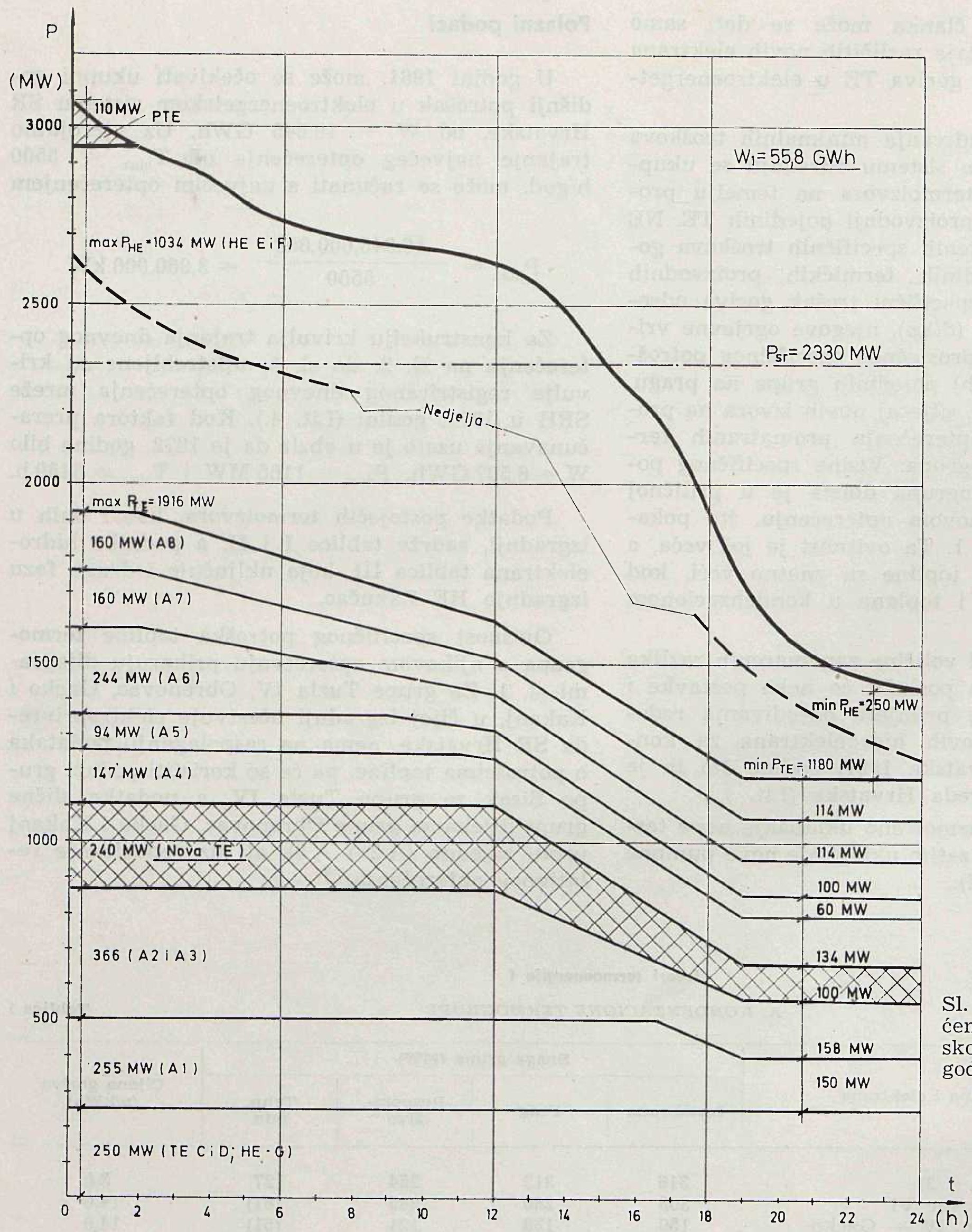
Podatke postojećih termoizvora, kao i onih u izgradnji, sadrže tablice I i II, a podatke hidroelektrana tablica III, koja uključuje i drugu fazu izgradnje HE Zakučac.

Ovisnost specifičnog potroška topline termogrupa o njihovom opterećenju prikazuju dijagrami sl. 1. Za grupe Tuzla IV, Obrenovac, Gacko i Kakanj, u čijoj izgradnji učestvuje elektroprivreda SR Hrvatske, nema na raspolaganju podataka o potrošcima topline, pa će se koristiti podaci grupe Sisak za grupu Tuzla IV, a podatke slične grupi Rijeka za grupe Obrenovac, Gacko i Kakanj uzete zajedno (A 2 i A 3), ali uz reduciranje relativnog opterećenja.

Izvori termoenergije I

A. *KONDENZACIONE TERMOGRUPE* — Tablica 1

Redni broj	Grupa i elektrana	Snaga grupa (MW)				Cijena goriva (p/kWh)
		Instalirana	Prag	Raspoloživo	Tehn. min	
1.	NE Krško (1/2)	316	313	254	127	3,0
2.	TE Obrenovac VI	305	280	245	(61)	14,0
3.	TE Kakanj IV — Gacko	150	138	121	(61)	14,0
4.	TE Tuzla IV	200	182	147	134	18,0
5.	TE Plomin	125	115	94	61	20,0
6.	TE Rijeka (Urinj)	320	301	244	61	33,4
7.	TE Sisak I	210	198	160	114	35,0
8.	TE Sisak II	210	198	160	114	35,0
9.	TE Vlaška	10	8	7	3	35,0
10.	TE Jertovec I	15	14,5	12	4	76,0
A.	Ukupno (MW)	1861	1747,5	1444	740	—
B. *PREDVIĐENE TERMOGRUPE S PLINSKIM TURBINAMA*						
1.	PTE Jertovec II	47,5	46,8	38	—	76,0
2.	PTE Jertovec III	47,5	46,8	38	—	76,0
3.	PTE Osijek I	25	24,5	20	—	76,0
4.	PTE Osijek II	25	24,5	20	—	76,0
B.	Ukupno (MW)	145,0	142,6	116		



Sl. 2. Trajanje opterećenja mreže SRH zimskog radnog dana 1981. godine — Alternativa s novom termoelektranom

Prosječni specifični i potrošci topline grupa iznose dakle:

Rijeka	2230 kcal/kWh
Sisak	2350 kcal/kWh
Plomin	2650 kcal/kWh
Tuzla IV	2350 kcal/kWh
Obrenovac, Gacko	2250 kcal/kWh

Radi skraćenja postupka nećemo uzimati u obzir starije manje termogrupe Jertovec I i Vlaška, modulacije opterećenja toplana, industrijskih elektrana i protočnih HE, ni utjecaj remonta elektrana.

Dijagrami trajanja dnevnog opterećenja

Slika 2. prikazuje vjerojatni dijagram trajanja dnevnog opterećenja mreže SRH za zimski radni dan 1981. godine, s trajanjem opterećenja termičkih grupa i hidroelektrana u alternativi uklapanja nove TE. U bazi dijagrama obih alternativa smješteno je praktički konstantno opterećenje toplana, industrijskih termoelektrana i protočnih hidroelektrana. Zatim slijedi blok 1/2 raspoložive snage NE Krško (A 1). Ostale termogrupe slijede prema porastu cijena njihovih goriva.

Kod zimskog vršnog opterećenja moraju sve termogrupe raditi raspoloživom snagom, a neop-

Izvori termoenergije II

C. TOPLANE

Tablica 2

Redni broj	Grupa i elektrana	Snaga grupa (MW)				Cijena goriva (p/kWh)
		Instalirana	Prag	Raspoloživo	Tehn. min	
1.	EL-TO Zagreb	12	10	8	4	30,0
2.	TE-TO Zagreb II (1/2)	62	57	46	46	40,0
3.	TE-TO Zagreb II (1/2)	63	58	50	—	40,0
4.	TE-TO Zagreb I/1	32	30	24	12	47,6
5.	TE-TO Zagreb I/2	32	30	24	12	47,6
C.	Ukupno (MW)	201	185	152	—	—
	D. INDUSTRIJSKE TERMOELEKTRANE					
1.	TE Jugovinil	16,6				
2.	TE Željezara Sisak	7,0				
3.	TE Županja	7,0				
4.	TE Borovo	6,0				
D.	Ukupno (MW)	36,6				

hodno je dodati i novu termogrupu raspoložive snage od oko 244 MW, to jest grupu (nova TE) instalirane snage od 320 MW.

Kako je pogon novih izvora loženih uljem danas neekonomičan, a za budućnost bi izgradnja takvih TE bila vrlo nerazumna, predviđeno je da se nova TE loži ugljenom bazena Raša ili dovezenim ugljenom, s lokacijom u Plominu ili na donjoj Dravi (dovoz ugljena šlepovima), ili pak na morskoj obali (dovoz uvoznog ugljena brodovima). Postoji i mogućnost da se nova TE opet izgradi u Srbiji ili Bosni sredstvima elektroprivrede Hrvatske.

Uzet ćemo dakle, da je trošak izgradnje nove TE 5300 d/kW, a cijena goriva 0,17 d/kWh.

Na taj način je zbroj raspoloživih snaga svih velikih termogrupa u pogonu oko 1666 + 250 = 1916 MW, tako da do vršnog opterećenja od 3060 MW nedostaje još snaga od 1144 MW koju moraju pokrivati hidroelektrane grupa E i F (Tablica III), ukupne instalirane snage od 1181 MW, a po potrebi i PTE (Tablica I.B).

Budući da je neophodno da se raspolaže i nekom rezervom snage hidroelektrana za regulaciju frekvencije to će za zimskih vršnih opterećenja morati kratkotrajno biti u pogonu i vršne plinske elektrane grupe B.

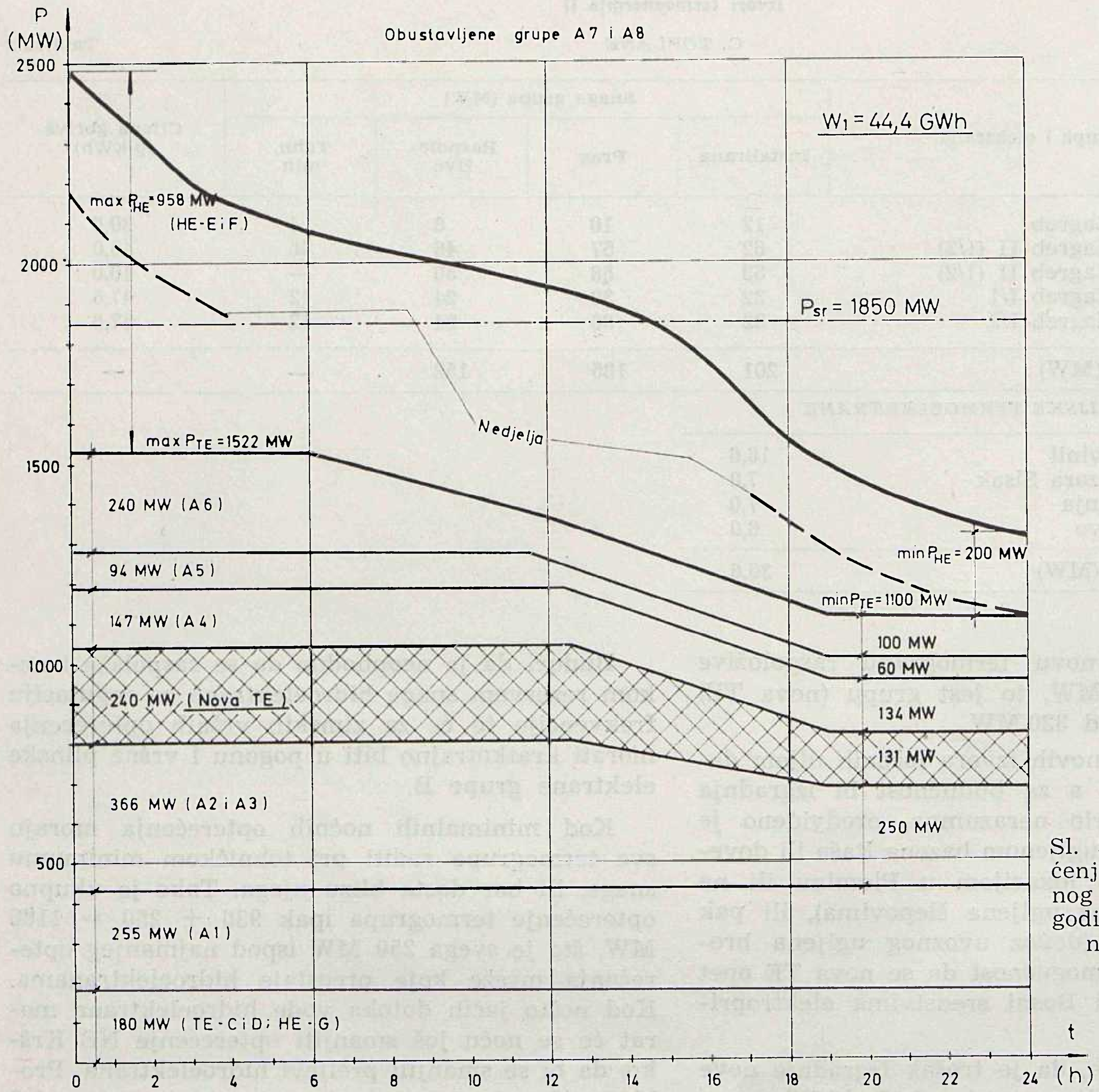
Kod minimalnih noćnih opterećenja moraju sve termogrupe raditi pri tehničkom minimumu snage, ili bar dosta blizu njega. Tako je ukupno opterećenje termogrupa ipak 930 + 250 = 1180 MW, što je svega 250 MW ispod najmanjeg opterećenja mreže koje preostaje hidroelektranama. Kod nešto jačih dotoka vode hidroelektrana morat će se noću još smanjiti opterećenje NE Krško, da bi se smanjili preljevi hidroelektrana. Problematično je i smanjenje opterećenja grupa A 2 i A 3 (Obrenovac, Gacko i Kakanj) na ukupno 158 MW, što je znatno iznad zbroja njihovih tehničkih minimuma, šta je moguće postići obustavom pogona nekih od tih grupa ili preuzimanjem opterećenja izvan mreže SRH.

Na sl. 2. je crtkano prikazan maksimum i minimum opterećenja mreže zimskih nedjelja i ne-

Hidroelektrane

Tablica 3

E. Akumulacione			F. S manjim bazenom			G. Protočne		
Naziv	P (MW)	W (GWh)	Naziv	P (MW)	W (GWh)	Naziv	P (MW)	W (GWh)
Zakučac	480	2116	Gojak	48	210	Varaždin	86	476
Orlovac	234	850	Rijeka	36	112	Kraljevac	64	93
Peruča	41	132	Manojlovac	26	140	Jaruga	5,5	23
Senj	216	1105				Ozalj	5,1	24
Sklope	21	80				Zavrelje	2,7	9
Vinodol	75	145				Zeleni vir	1,0	4
Fužine	4	7						
E. Ukupno:	1071	4435	F. Ukupno:	110	462	G. Ukupno:	164,3	629



Sl. 3. Trajanje opterećenja mreže SRH ljetnog radnog dana 1981. godine — Alternativa s novom termoelektranom

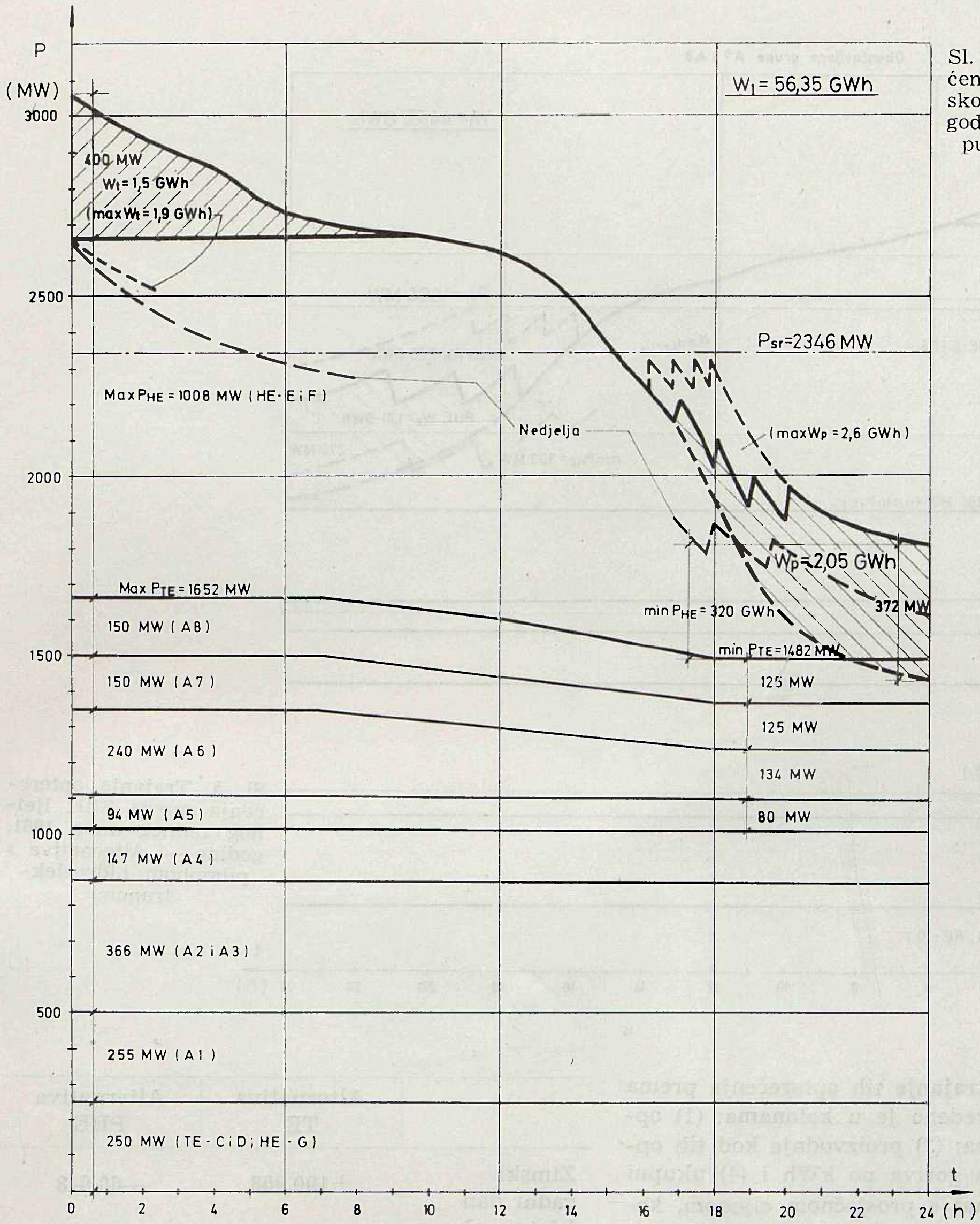
radnih dana. Na neradne dane nema problema s vršnim opterećenjem, ali su poteškoće kod minimalnog opterećenja još veće. To znači da bi u alternativi s novom TE valjalo noću preko vikenda i blagdana u zimskom razdoblju bar na nekoliko sati obustavljati pogon obiju grupa Sisak (A 7 i A 8), kao pogonski najskupljih, a možda i nešto smanjiti opterećenje NE Krško (A 1).

Slika 3 prikazuje uklapanje nove TE u dijagram trajanja opterećenja ljetnog radnog dana. Opterećenje dijagrama je ljeti niže. Ljeti se raspoloživim snagama termogrupa A 1 do A 6 može na pogon hidroelektrana svladati vršno opterećenje mreže i ako se sezonski obustavi pogon grupa Sisak (A 7 i A 8). Problemi minimalnog opterećenja su tada manji, a i hidroelektrane imaju ljeti manje dotoka vode. Minimalno opterećenje preko vikenda i blagdana u ljetnom razdoblju može se svladati bez zaustavljanja pogona termogrupa. Dovoljno je još više smanjiti opterećenje grupa A 2 i A 3, a zatim i grupe A 1.

Na slici 4. prikazano je uklapanje nove PHE u dijagram trajanja opterećenja zimskog radnog dana. Snaga alternative PHE je $P_t = 4 \times 100$ MW i $P_p = 4 \times 93$ MW.

Kako se vidi, postojeće elektrane uz pomoć nove PHE, bez naprezanja i bez pogonski skupih PTE, pokrivaju najveće opterećenje mreže angažiranjem raspoloživih snaga postojećih termogrupa A 1 do A 8. Kako je minimalno opterećenje mreže povećano opterećenjem pumpnog pogona PHE od ukupno 372 MW, to termogrupe mogu ostati u pogonu s opterećenjima nešto iznad tehničkog minimuma, a hidroelektranama još preostaje opterećenje od najmanje 320 MW, pa će preljevi hidroelektrana biti manji.

U alternativi s novom TE opterećenje velikih termogrupa koleba od 1666 MW do 930 MW, a hidrogrupa od 1034 MW do 250 MW. Uklapanjem alternative PHE smanji se kolebanje termogrupa na opseg od 1402 MW do 1232 MW, a hidrogrupa od 1008 MW do 320 MW.



Sl. 4. Trajanje opterećenja mreže SRH zimskog radnog dana 1981. godine — Alternativa s pumpnom hidroelektranom

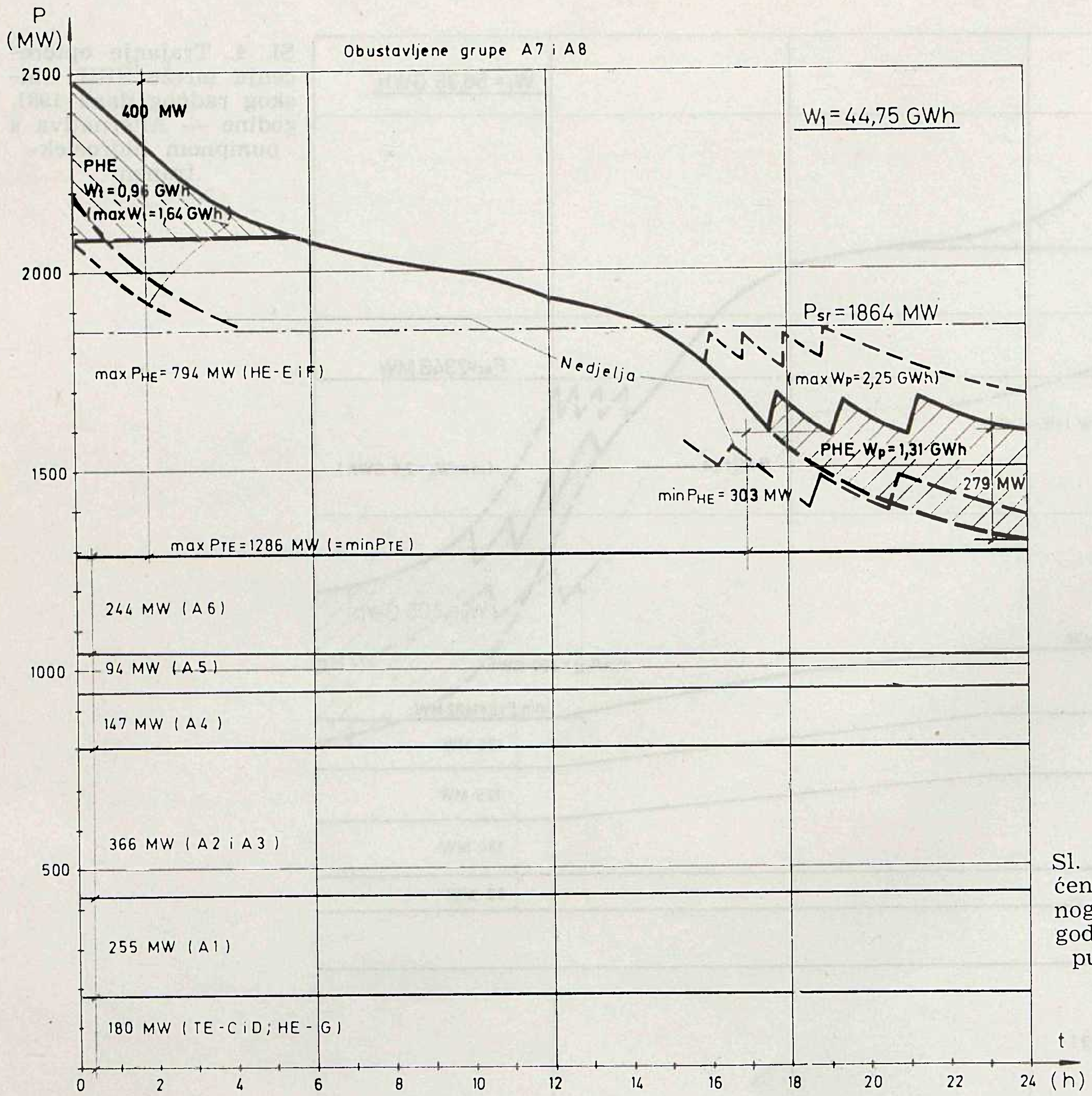
Pri tom je pretpostavljena turbinska proizvodnja PHE od 1,5 GWh i potrošak pumpnog pogona od 2,05 GWh, što odgovara realnom prosječnom stupnju reverzibilnog ciklusa η_c = 0,73. Prosječno trajanje pogona pumpnih grupa je pri tom oko 5,5)sati, dok bi se u slučaju potrebe moglo povećati na 7 sati dnevno, pa bi bilo W_p = 2,64 GWh i W_t = 1,9 GWh.

Kod uklapanja nove PHE nije potrebno noću preko vikenda i blagdana obustavljati pogon nijedne termogrupe, dovoljno je stanovito smanjenje opterećenja termogrupa i akumulacionih hidroelektrana.

Slika 5 prikazuje uklapanje nove PHE u dijagram trajanja opterećenja sistema ljetnog radnog dana. Kako se vidi i kod ove alternative se može sezonski obustaviti pogonski najskuplja termogrupa Sisak (A 7 i A 8), a grupe A 1 do A 6 mogu čitavog dana raditi sa svojim raspoloživim snagama od ukupno 1286 — 180 = 1106 MW. Hidroelektrane preuzimaju opterećenja između 794 MW i 303 MW, ako se ne stavlja četvrta grupa PHE u pumpni pogon. Prikazan je dnevni potrošak pumpnog pogona PHE od svega W_p = 1,31 GWh i proizvodnja W_t = 0,96 GWh, dok je moguće postići W_t = 1,64 GWh.

Razlike troškova goriva

U tablicama IV. do VII. za obje alternative, posebno za zimski radni dan i posebno za ljetni,



Sl. 5. Trajanje opterećenja mreže SRH ljetnog radnog dana 1981. godine — Alternativa s pumpnom hidroelektranom

a za opterećenja i trajanje tih opterećenja prema Sl. 2. do Sl. 5. navedeno je u kolonama: (1) opterećenje termogrupa; (2) proizvodnje kod tih opterećenja; (3) cijena goriva po kWh i (4) ukupni trošak goriva računat s prosječnom cijenom, koja odgovara usvojenom prosječnom specifičnom potrošku topline i cijeni goriva. U koloni (5) navedeni su faktori korekcije troškova goriva, to jest kvocijenti stvarnog potroška topline kod opterećenja termogrupa i prosječnih potrošaka topline. Kolona (6) prikazuje zaokružene umnoške troškova goriva iz kolone (4) s faktorom korekcije iz kolone (5), to jest stvarne troškove goriva termoelektrana, kad se uzmu u obzir i razlike specifičnih potrošaka topline, ovisno o različitim opterećenjima termogrupa. Kod toga je radi jednostavnosti i niskih troškova goriva zanemarena ta razlika kod NE Krško (A 1).

Razlike troškova goriva u (d/dan) iznose dakle:

	Alternativa TE	Alternativa PHE
Zimski radni dan	+190.908	—60.648
Ljetni radni dan	+ 31.210	—73.280

Zbrajanjem ovih pozitivnih i negativnih razlika dobijemo ukupne razlike troškova goriva u korist uklapanja alternative PHE u elektroenergetski sistem od 251.556 (d/dan) zimskog radnog dana i 104.490 (d/dan) ljetnog radnog dana. Kako tih radnih dana ima po 127, to stvarne godišnje razlike troškova goriva za radne dane, a uz uvaženje promjena specifičnog potroška topline, i to u korist alternative uklapanja nove PHE iznose:

Zimi:	127 × 251,556 = 31,947.612 d
Ljeti:	127 × 104,490 = 13,270.230 d
Godišnje:	45,217.842 d

Troškovi goriva elektroenergetskog sistema
Radni dan zimi 1981. god. Alternativa s novom TE

Tablica 4

Grupa	Teret (MW)	Proizvodnja (GWh)	Cijena goriva (p/kWh)	Trošak goriva (d)	Faktor korekcije	Stvarni trošak goriva (d)
A 1	150	0,750	3	22.500		
	202	0,506	3	15.188		163.913
	255	4,208	3	126.225		
A 2 i A 3	158	1,185	14	165.900	2590 : 2260 = 1,144	189.900
	262	1,179	14	165.060	2280 : 2260 = 1,008	166.500
	366	4,392	14	614.880	2165 : 2260 = 0,96	589.000
Nova TE	100	0,50	17	85.000	2680 : 2230 = 1,201	102.200
	170	1,19	17	202.300	2236 : 2230 = 1,002	202.600
	240	2,88	17	489.600	2145 : 2230 = 0,963	470.150
A 4	134	1,608	18	289.440	2432 : 2350 = 1,033	299.100
	147	1,764	18	317.520	2379 : 2350 = 1,011	321.000
A 5	60	0,720	20	144.000	2770 : 2650 = 1,044	150.500
	77	0,231	20	46.200	2660 : 2650 = 1,002	46.350
	94	0,846	20	169.200	2617 : 2650 = 0,987	166.800
A 6	100	1,20	33,4	400.800	2680 : 2230 = 1,20	482.000
	170	1,70	33,4	567.800	2236 : 2230 = 1,0026	568.700
	244	0,488	33,4	162.992	2142 : 2230 = 0,963	157.000
A 7 i A 8	114	2,736	35	957.600	2508 : 2350 = 1,067	1,024.000
	137	2,466	35	863.100	2436 : 2350 = 1,035	895.000
	160	0,640	35	224.000	2365 : 2350 = 1,006	225.500
B 1 — B 4	0-110	0,082	76	62.320	1	62.320
A 1 — A 8, nova TE i B 1 — B 4	Ukupno (d)			6,091.625	—	6,282.533

Troškovi goriva elektroenergetskog sistema
Radni dan zimi 1981. god. Alternativa s novom PHE

Tablica 5

Grupa	Teret (MW)	Proizvodnja (GWh)	Cijena goriva (p/kWh)	Trošak goriva (d)	Faktor korekcije	Stvarni trošak goriva (d)
A 1	255	6,120	3	183.600		183.600
A 2 i A 3	366	6,120	14	1,229.760	2165 : 2260 = 0,958	1,178.000
A 4	147	3,528	17	635.040	2370 : 2350 = 1,009	641.000
A 5	80	0,480	20	96.000	2665 : 2650 = 1,005	96.000
	87	0,522	20	104.400	2637 : 2650 = 0,994	103.800
	94	1,128	20	225.600	2617 : 2650 = 0,950	214.000
A 6	134	0,804	33,4	268.360	2385 : 2230 = 1,07	287.400
	167	1,002	33,4	334.668	2240 : 2230 = 1,004	336.000
	220	1,100	33,4	367.400	2155 : 2230 = 0,965	354.000
	240	1,680	33,4	561.120	2145 : 2230 = 0,963	540.000
A 7 i A 8	125	1,500	35	525.000	2463 : 2350 = 1,048	551.000
	137,5	1,650	35	577.500	2402 : 2350 = 1,021	590.000
	150	3,600	35	1,260.000	2385 : 2350 = 1,015	1,280.000
A 1 — A 8	Ukupno (d)			6,363.448	—	6,307.800

Troškovi goriva elektroenergetskog sistema

Radni dan ljeti 1981. god. Alternativa s novom TE

Tablica 6

Grupa	Teret (MW)	Proizvodnja (GWh)	Cijena goriva (p/kWh)	Trošak goriva (d)	Faktor korekcije	Stvarni trošak goriva (d)
A 1	255	6,120	3	183.600	1	183.600
A 2 i A 3	250	1,250	14	175.000	2286 : 2260 = 1,012	177.100
	308	1,996	14	279.440	2203 : 2260 = 0,975	272.150
	366	4,525	14	633.500	2165 : 2260 = 0,959	606.300
Nova TE	131	0,655	17	111.350	2413 : 2230 = 1,08	120.500
	186	1,209	17	205.530	2203 : 2230 = 0,988	202.350
	240	3,000	17	510.000	2145 : 2230 = 0,963	491.000
A 4	134	1,541	18	277.380	2432 : 2350 = 1,033	286.200
	147	1,8375	18	330.750	2379 : 2350 = 1,011	334.100
A 5	60	0,720	20	144.000	2770 : 2650 = 1,044	150.300
	80	0,040	20	8.000	2665 : 2650 = 1,005	8.050
	94	1,081	20	216.200	2617 : 2650 = 0,987	213.400
A 6	100	1,200	33,4	400.800	2680 : 2230 = 1,201	480.350
	170	1,020	33,4	340.680	2236 : 2230 = 1,002	341.000
	240	1,440	33,4	480.960	2145 : 2230 = 0,963	462.000
A 1 — A 6 i nova TE	Ukupno (d)			4,297.190	—	4,328.400

Za vikenda i blagdana bit će također nekih razlika u korist uklapanja PHE, no radi skraćenja prikaza računat ćemo samo s razlikom troškova goriva kod različitog broja obustava pogona nekih termogrupa.

Potrošci topline, ekvivalentne proizvodnje i troškovi goriva za pokretanje jedne termogrupe »Sisak« iznose:

Jedno kretanje iz hladnog stanja:

$$\frac{2.050,000.000 \text{ kcal}}{2350 \text{ kcal}} = 872.000 \text{ kWh po } 0,35 \text{ d} = 305,000 \text{ d.}$$

Jedno kretanje iz polutoplog stanja:

$$\frac{1.050.000.000 \text{ kcal}}{2350 \text{ kcal}} = 447.000 \text{ kWh po } 0,35 \text{ d} = 156.500 \text{ d.}$$

Jedno kretanje iz toplog stanja:

$$\frac{695,000.000 \text{ kcal}}{2350 \text{ kcal}} = 295.500 \text{ kWh po } 0,35 \text{ d} = 103.400 \text{ d.}$$

Neophodno je kod alternative s novom TE da se u zimskom polugodištu svake subote, nedjelje i blagdana noću kroz nekih 5 sati obustavi pogon obiju grupa »Sisak«, kao pogonski najskupljih. Iz tog naslova ima dakle godišnje 112 obustava grupa, što će im znatno skratiti vijek trajanja i povećati broj defekata na opremi.

Ako uzmemo da grupe kreću iz toplog stanja, mora se alternativu s novom TE teretiti još s dodatnim troškom goriva od

$$112 \times 103,400 = 11,580.000 \text{ d/god.}$$

Kod alternative s novom PHE te obustave pogona termogrupa preko vikenda i blagdana nisu potrebne.

Ukupna razlika troškova goriva u korist alternative uklapanja nove PHE, a koju dosadašnje analize nisu uzimale u obzir, iznosi:

Razlike specifičnog potroška goriva	45,217.842 d/god.
Trošak goriva za obustavu grupa	11,580.000 d/god.
Ukupno:	56,798.642 d/god.

Što znači ta razlika troškova goriva pokazat će odnos prema povećanim troškovima goriva termogrupa u sistemu za noćni povećani potrošak pumpnog pogona PHE (= PHE Vinodol). Prema provedenoj analizi uklapanja alternativnih HE i PHE u konzum SRH za 1981. godinu (Lit. 1.) rezultira:

Godišnji potrošak PHE	W_p = 289,8 GWh/god.
Turbinska proizvodnja PHE (uz stvarni η_c = 0,73	W_t = 211,1 GWh/god.
Gubici reverzibilnog pogona PHE	ΔW = 78,7 GWh/god.
Manji preljevi hidroelektrana	—35,8 GWh/god.
Veća proizvodnja termogrupa:	+42,9 GWh/god.

Troškovi goriva elektroenergetskog sistema

Radni dan ljeti 1981. god. Alternativa s novom PHE

Tablica 7

Grupa	Teret (MW)	Proizvodnja (GWh)	Cijena goriva (p/kWh)	Trošak goriva (d)	Faktor korekcije	Stvarni trošak goriva (d)
A 1	255	6,120	3	183.600		183.600
A 2 i A 3	366	8,784	14	1,229.760	2165 : 2260 = 0,958	1,178.000
A 4	147	3,528	18	635.040	2379 : 2350 = 1,012	642.500
A 5	94	2,256	20	451.200	2617 : 2650 = 0,987	445.000
A 6	160	1,600	33,4	534.400	2262 : 2230 = 1,015	542.000
	175	0,350	33,4	116.900	2224 : 2230 = 0,998	116.800
	210	0,420	33,4	140.280	2167 : 2230 = 0,972	136.300
	220	2,200	33,4	734.800	2155 : 2230 = 0,965	708.500
A 1 — A 6	Ukupno (d)			4,025.980	—	3,952.700

Kako je godišnji prosjek troška goriva termogrupa noću kod pumpnog pogona PHE oko 0,18 d/kWh, to bi trošak pumpnog pogona PHE u proračunatom opsegu korištenja iznosio:

$$42{,}900.000 \times 0{,}18 = 7{,}722.000 \text{ d/god.}$$

Proračunate razlike troškova goriva u sistemu, a zanemarene kod prethodnih analiza, su dakle više nego 7 puta veće nego što je stvarni trošak pumpnog pogona PHE.

Rezultirajuće razlike ukupnih troškova elektroenergetskog sistema kod redom složenih razmatranih pet alternativa (Lit. 1, tablica 3. i 4) iznose od 4,142.000 d/god. do najviše 42,066.000 d/god., tj. manje su od prije navedene zanemarene razlike troškova goriva od 56,798.642 d/god. između alternativa sa TE i PHE. Osjetne razlike u korist alternative s pumpnom hidroelektranom sigurno će se pokazati i kod obračuna stvarnih troškova goriva termogrupa i u slučaju alternative uklapanja nove hidroelektrane s dopunskom termoelektranom. Kako je snaga i proizvodnja pojedinih još neizgrađenih hidroelektrana u Hrvatskoj mala u odnosu na nepokrivene snage i proizvodnju u potrošku mreže SRH godine 1981. a pogotovo kasnijih godina, to bi nova HE bila samo dodatak ipak potrebnoj novoj TE, koja bi tada trebala imati samo nešto manju snagu i proizvodnju. Razlike stvarnih troškova goriva termogrupa u sistemu prema onima proračunatim s prosječnim potroščima topline bit će dakle i tada sličnog reda veličine kao i u prije pokazanom primjeru.

Završne napomene

Proračun troškova goriva pomoću prosječnog potroška termogrupe može se prihvatiti kad se razmatraju prilike uklapanja pogonski sličnih alternativa ili elementi samo jedne elektrane. Ako se pak razmatraju pogonski bitno različiti novi izvori, njihov utjecaj na opterećenja termoizvora bit će znatan, pa tako i stvarni ukupni troškovi goriva u sistemu radi razlika specifičnog potroška topline u pojedinim razmatranim alternativama. Kod analiziranja prilika uklapanja raznorodnih novih izvora treba još posebno odrediti razlike troškova goriva uslijed različitih opterećenja termogrupa, kao i kod različitog broja godišnjih obustava pogona pojedinih grupa kondenzacionih termoelektrana.

U ovom članku je dan samo skraćeni i uprošćeni prikaz reda veličine dosad zanemarivanih razlika u troškovima goriva TE u sistemu izazvanih različitim utjecajem novih elektrana na veličinu i trajanje relativnog opterećenja termogrupa.

Kao dopunu metodi određivanja minimuma proizvodnih troškova u elektroenergetskom sistemu za potrebe određivanja redoslijeda izgradnje novih elektrana, mora se razviti i koristiti postupak bar za procjene razlika ukupnog stupnja korisnosti postojećih elektrana. Kod toga bi se kod analiza energetskog sistema morali dobiti podaci za sastav krivulja trajanja opterećenja svih značajnijih proizvodnih termogrupa u sistemu, i to za svaku analiziranu novu elektranu posebno. Tada nije teško odrediti stvarne troškove goriva korištenjem podataka o zavisnosti specifičnog potroška topline o opterećenju. Još će iz nekoliko krivulja trajanja dnevnog opterećenja sistema trebati posebno odrediti razlike neophodnog broja obustava pogona termogrupa.

Prema tome, može se zaključiti, da analize ukupnih troškova uklapanja novih elektrana u energetski sistem, a koje nisu dopunjene još i određivanjem razlika stvarnih troškova goriva u sistemu kod pojedinih razmatranih slučajeva, mogu dati pogrešan ekonomski redoslijed izgradnje novih elektrana, što može biti štetno za ekonomiju elektroprivrede, pa i nacionalnu ekonomiju u cjelini.

Literatura

1. — »Kratak prikaz proračuna redoslijeda izgradnje hidroelektrana«, Posl. udruženje Elektroprivrede Hrvatske, Zagreb XI, 1974.
2. Požar-Granić: »Einfluss der Kenngrössen eines Verbundsystems auf den Betrieb und Ausbau vom Pumpspeicheranlagen«, Elektrizitätswirtschaft, H 20, 1974.
3. G. Lottes: »Pumpspeicherwerke in Jahre 1980. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus heutiger Sicht«, Elektrizitätswirtschaft, H 15, 1974.
4. Požar — Granić: »Uklapanje pumpno-akumulacione hidroelektrane Vinodol u elektroenergetski sistem«, Institut za elektroprivredu, Zagreb 1973.
5. — »»Godišnjak 1972 elektroprivrede Hrvatske«, Zagreb 1973.
6. Jelušić: »Granice ekonomičnosti pumpno-akumulacionih hidroelektrana«, »Energija«, br. 1—2, 1971.
7. Kranjc: »Nekateri vplivi črpalnih elektrarn na obratovanje termoelektrarn«, Ref. 13. Jugel Simp. Maribor 1971.
8. — »Information über die Anfahrcharackteristik und die Regulierung der Last von thermischen und nuklearen Kraftwerken gegenüber den Charakteristiken von Pumpspeicherwerken«. Motor-Columbus, XII. 1969.
9. Jedinstvena metodologija za izradu programa razvoja i planova izgradnje elektroprivrede«. Prilog društvenog dogovora o elektroprivredi, Zagreb, X. 1972.
10. H. Požar: Analiza prilika u elektroenergetskom sistemu s pumpno-akumulacionim postrojenjima«, »Elektroprivreda«, Beograd, br. 24. 1972.

Naslov pisca: Fedor Jelušić, dipl. ing.
»Elektroprojekt«, Zagreb

TEP

TVORNICA ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA, ZAGREB - VRAPČE

Proizvodi:

— KABELSKE GLAVE I SPOJNICE DO 35 kV,
— NISKONAPONSKE RAZVODNE UREĐAJE,
— S SVJETILJKE,
— S INSTALACIONI MATERIJAL I SIGNALNE UREĐAJE,
— INSTALACIONI MATERIJAL INDUSTRIJSKE NAMJENE.

TELEFONI:
CENTRALA: 573-099
PRODAJA: 573-414
NABAVA: 573-336
TELEX: 21-361

TEP — Zagreb, Vrapče
Oranički odvojak 18

ELEKTRIČNA MREŽA U GENERALNOM URBANISTIČKOM PLANU RIJEKE

Ante Primožić, Rijeka

U članku su prikazane osnovne karakteristike novog »Generalnog urbanističkog plana« grada Rijeke, interesantne za planiranje električne mreže.
Prikazani su također osnovni podaci o dimenzioniranju mreže do 2001. godine, kao i podaci o odabranoj koncepciji mreže za naredno razdoblje.

DK 621.316.1

UVOD

Skupština Općine Rijeka, na svojoj 53. zajedničkoj sjednici svih vijeća, 14. veljače 1974. godine, donijela je veoma važnu odluku, odluku koja će u budućnosti značajno utjecati na stanovnike i život užeg gradskog područja i njegove bliže okolice.

Tog dana je donesena »Odluka o generalnom urbanističkom planu Rijeke«.

To je prvi urbanistički plan koji je ozakonjen za ovaj grad i uže prigradsko područje kao cjelinu.

Generalni urbanistički plan je rađen i dorađen na temelju života i njegovih postavki, na dosadašnjim iskustvima, kao i na osnovi nekoliko prijašnjih »odluka« koje su zamjenjivale urbanistički plan, ali su ipak utjecale na usmjeravanje života i razvitka grada do sada.

Član 1. Odluke o generalnom urbanističkom planu Rijeke glasi:

»Ovom odlukom donosi se generalni urbanistički plan Rijeke. Planom se utvrđuje prostorni razvoj grada, izgradnja, rekonstrukcija i sanacija na području obuhvaćenom planom, a u skladu s koncepcijom društveno-ekonomskog razvojá općine Rijeka, uzevši u obzir zaštitu i unapređenje čovjekove okoline i urbanističke mjere zaštite stanovništva.

Generalni urbanistički plan se donosi za dugoročno razdoblje s time da je za računske (radne) pretpostavke uzeta u obzir godina 2001, kao kraj planskog razdoblja. Za tu godinu prognoziran je broj stanovnika za grad Rijeku na 280.000 do 300.000, a za cijelu općinu Rijeka na 380.000 do najviše 425.000 stanovnika.«

Iz samog Plana proizlazi da »gradsko područje« obuhvaća površinu od 3.250 ha na kojem postoji, ali se i nastavlja koncentrirana izgradnja uzduž morske obale od Preluka do Urinja. Dužina ovog područja iznosi oko 16,5 km dok širina iznosi 2—2,5 km. Na tom području se predviđa prihvaćanje stanovnika od najviše 304.000, dok danas ovo područje nastava oko 133.000 stanovnika.

U »prigradskom području«, koje pokriva površinu od 16.050 ha, predviđa se izgradnja za stanovanje, i zadovoljenje svih ostalih potreba stanovnika, u ukupnom broju od 128.000, a danas ovo područje nastava oko 28.000 stanovnika.

Prosječna bruto gustoća stanovanja se u gradskom području predviđa sa 248 stanovnika/ha, a na prigradskom području 57 stanov./ha. Prigradsko područje se, također, smatra najvažnijim područjem namijenjenim za preseljenje jednog dijela stare i lociranje najvećeg dijela nove industrije i radnih pogona.

Ovo područje se i u budućnosti smatra najvećim rezervoarom šumskih, rekreacionih i slobodnih površina.

Na čitavom području, koje zahvaća plan, može se smjestiti u tzv. »radnim zonama« do 95.900 radnih mjesta, a u svim »centralno-poslovnim i stambenim zonama« još oko 145.700 radnih mjesta, što na čitavoj planiranoj površini predstavlja mogućnost smještaja ukupno 241.600 radnih mjesta.

Samo ovo nekoliko značajnijih pokazatelja dovoljno govore o predviđanjima jakog razvoja grada, kojemu u velikoj mjeri mora pridonijeti i električna mreža.

Kada se uzmu u obzir i osnovne karakteristike Rijeke, kao centar jake regije, predstavlja danas, a to će biti i u budućnosti (jak proizvodni, pomorsko-industrijski centar, središte školstva, sudstva, trgovine i ostalih djelatnosti regije, prometno čvorište za povezivanje grada i regije s ostalim svijetom, izrazit centar tuzemnog i inozemnog robnog prometa, najjači centar na Jadranu međunarodnog i domaćeg turističkog tranzitnog prometa), može se naslutiti složenost, dinamika i odgovornost pri provedbi zacrtanog plana, a da se provodi uz kontinuirano zadovoljenje svih potreba koje će život tražiti.

Stoga je usvojeni Plan sačinjen toliko fleksibilnim, kako bi se na vrijeme i bez prostorno-funkcionalnih poremećaja mogao korigirati i prilagoditi zahtjevima života.

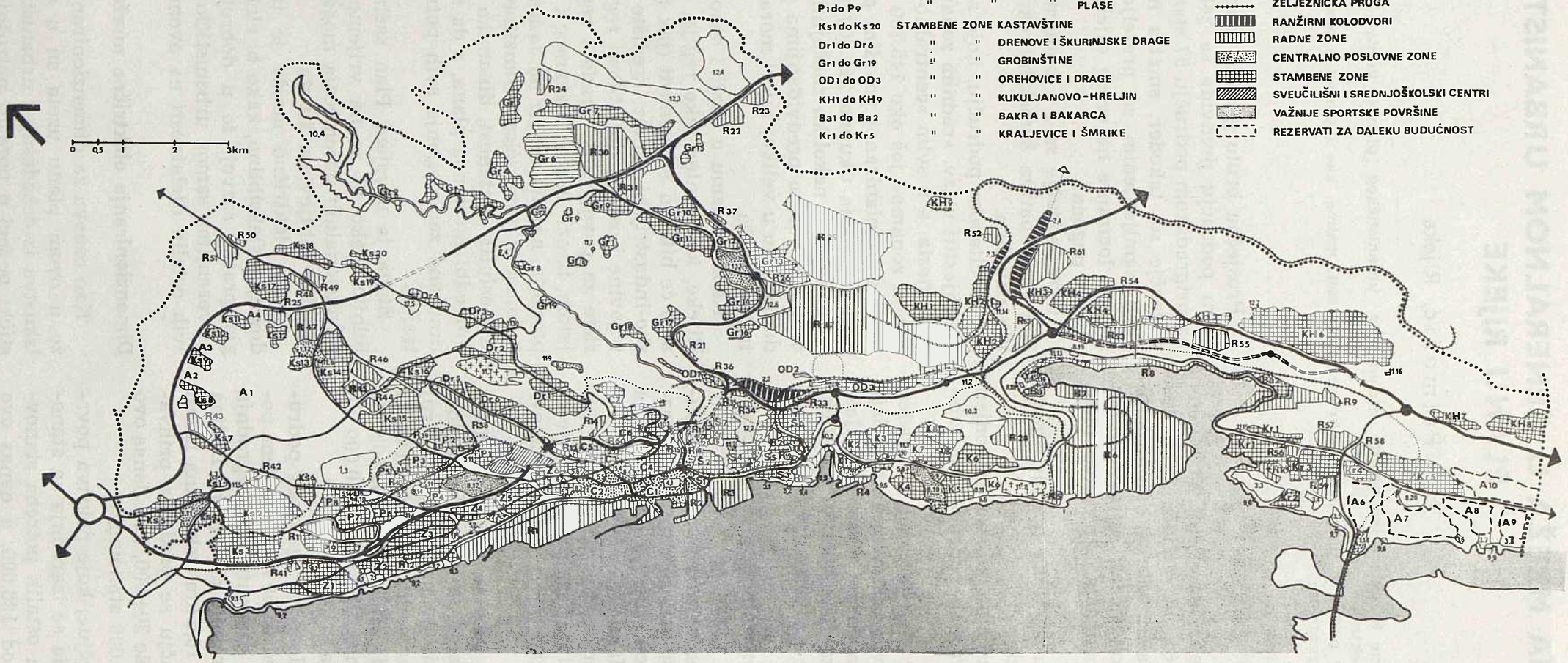
Plan električne mreže je također postavljen dovoljno fleksibilno, kako bi električna mreža mogla pratiti razvoj, te u dobroj mjeri prethoditi ostvarenjima samog urbanističkog plana, kao baza svih ostalih djelatnosti na ovom području.

Dimenzioniranje električne mreže

Kao osnova za dimenzioniranje električne mreže u ovom planu uzeta su u obzir prvenstveno iskustva iz dosadašnjeg urbanističkog plana, statistički podaci o porastu potrošnje električne energije i predviđenom porastu vršnog opterećenja,

GENERALNI URBANISTIČKI PLAN RIJEKE

perspektivni plan namjena površina



Sl. 1. Namjena površina u planom zahvaćenom području

utjecaj klimatskih prilika, navika i potreba potrošača za električnom energijom, te ostali činitelji koji značajnije utječu na planiranje električne mreže. Dobiveni rezultati su uspoređivani sa sličnim mrežama i gradovima izvan našeg područja, kao i sa sličnim gradovima u razvijenijim zemljama, kako bi se mogla provjeriti realnost dobivenih rezultata.

Analizom dosadašnjih kretanja opterećenja, i usporedbom s ranije postavljenim prognozama u proteklih 15 godina, došlo se do određenih pojednostavljenih pokazatelja koji mogu poslužiti za realnu procjenu vršnog opterećenja koje se u ovoj mreži može očekivati u 2001. godini.

Tako je u ovom planu za stambene zone računato da se učešće u vršnom opterećenju čitave mreže može očekivati u iznosu od 0,8 do 1,3 kW/stanovnik, što ovisi o koncentraciji pratećih djelatnosti u pojedinoj stambenoj zoni. Za područje kao cjelinu uzeto je prosječno učešće od 1 kVA/stanovnik, što bi predstavljalo oko 3,3 kVA/kućanstvo.

Učešće industrijskih potrošača u vršnom opterećenju svedeno je na radnika. Razmatrajući sastav potrošača ove grupe, potrebe za električnom energijom i karakteristike pojedinih potrošača, može se očekivati njihovo učešće u vršnom opterećenju čitavog područja u iznosu od 0,3 do 1,35 kVA/radnik, već prema vrsti potrošača i njegovim potrebama.

Na taj način, i uvažavajući već planirane rekonstrukcije nekih industrijskih potrošača, došlo se do ovih podataka o vršnom opterećenju:

Stanovanje (stan, uredi, ambulante, škole, trgovine i ostali prateći potrošači)	432.000 KVA
Radne zone:	
izvan grada	56.000 kVA
u gradu	60.000 kVA
Bakar i istočna Kostrena	55.000 kVA
Ukupno	603.000 kVA

Ovo je ukupno vršno opterećenje koje se može očekivati u 2001. godini na planom zahvaćenom području.

Predviđeno vršno opterećenje se može pokriti iz tri glavna izvora, uz određene rekonstrukcije i pojačanja, a to su TS Pehlin (za zapadno područje), TS Rijeka (Katarina) za centralno područje, izvori koji već postoje, te TS Kostrena, za istočno područje, koju valja još izgraditi. Također će ovim izvorima pridonijeti i transformacija u sklopu buduće termoelektrane Urinj, koja je u planu izgradnje.

Razvod energije širom područja se predviđa iz 9 postojećih transformatorskih stanica 35/10 kV, te 10 komada novih predviđenih u I. etapi i 22 komada, također novih stanica, predviđenih za izgradnju u II etapi.

Ukupna instalirana snaga ovih stanica se cijeni na 552 MVA, što iznosi manje od predviđenog vršnog opterećenja. U ovom broju 35 kV transformatorskih stanica nisu uzete u obzir neke postojeće stanice, koje nisu vlasništvo distributera (JNA i JŽ), te nove, kojima je zasad teško odrediti snagu i lokaciju (Vulkan, Koksara i sl.).

Pojačanjem, međutim, instaliranog učina u predviđenim tipskim stanicama od 2 × 4 MVA na 2 × 8 MVA (što je lako moguće), na područjima gdje se ukaže potreba, moguće je predviđeno vršno opterećenje zadovoljiti s predviđenim stanicama.

Iz ovih podataka se vidi da je gustoća opterećenja na predviđenom području visoka. U prosjeku iznosi oko 3,13 MVA/km², dok se u užem gradskom području može očekivati znatno više, odnosno oko 11,2 MVA/km², što predstavlja veliku gustoću opterećenja i u usporedbi s naprednijim zemljama i njihovim gradovima ove veličine.

U toku Izvršenja ovog plana predviđa se i uvođenje daljinskog upravljanja u distributivnoj mreži, što će znatno pridonijeti reguliranju vršnog opterećenja u prilog mreže. Na taj način se može očekivati, da će predviđena mreža u cijelosti izvršiti svoj zadatak, ukoliko bude njezina izgradnja sinhronizirana s izgradnjom čitavog područja u skladu s urbanističkim planom.

Koncepcija električne mreže

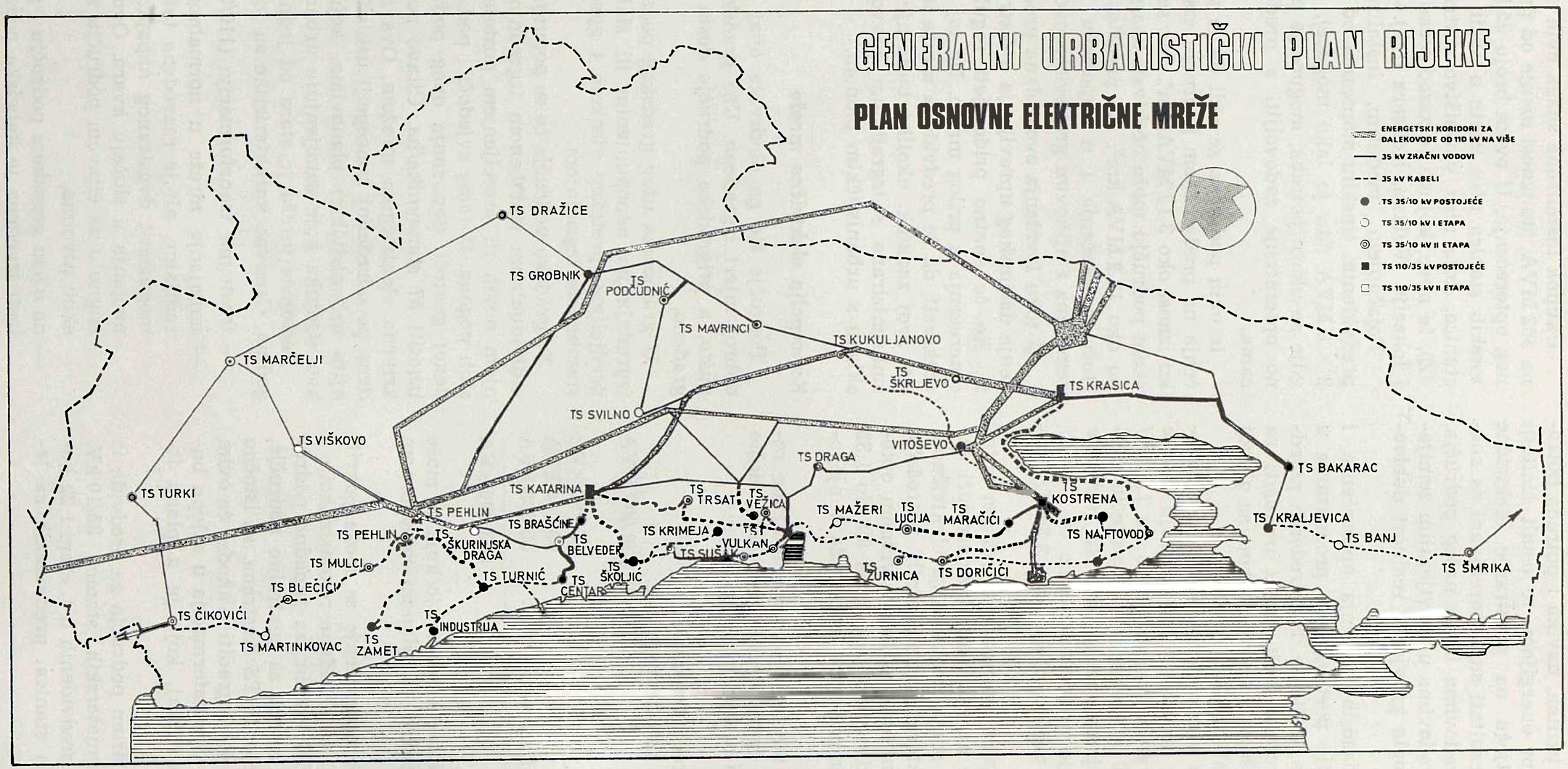
Područje što ga obuhvaća ovaj plan je već u dobroj mjeri izgrađeno. Uže gradsko područje je gusto, a prigradsko područje dosta raštrkano izgrađeno.

U granicama užeg gradskog područja predstoji izgradnja na nepopunjenim ili slabo naseljenim predjelima, pretežno visokom i gusto naseljenom stambenom izgradnjom.

Prigradsko područje će se popunjavati pretežno individualnom stambenom izgradnjom, te izgradnjom novih ili preseljenjem postojećih industrijskih pogona. O tome svjedoči i podatak o predviđenoj gustoći stanovanja ovog područja koja će iznositi 57 stanovnika/ha. Čitavo područje je pokriveno električnom mrežom. Ova mreža je građena po određenoj koncepciji usklađenoj s prijašnjim urbanističkim planovima, koji su postojali kao »Odluke koje zamijenjuju urbanistički plan.«

Postojeća mreža je stara od jedne do petnaest godina. Osnovne karakteristike su joj:

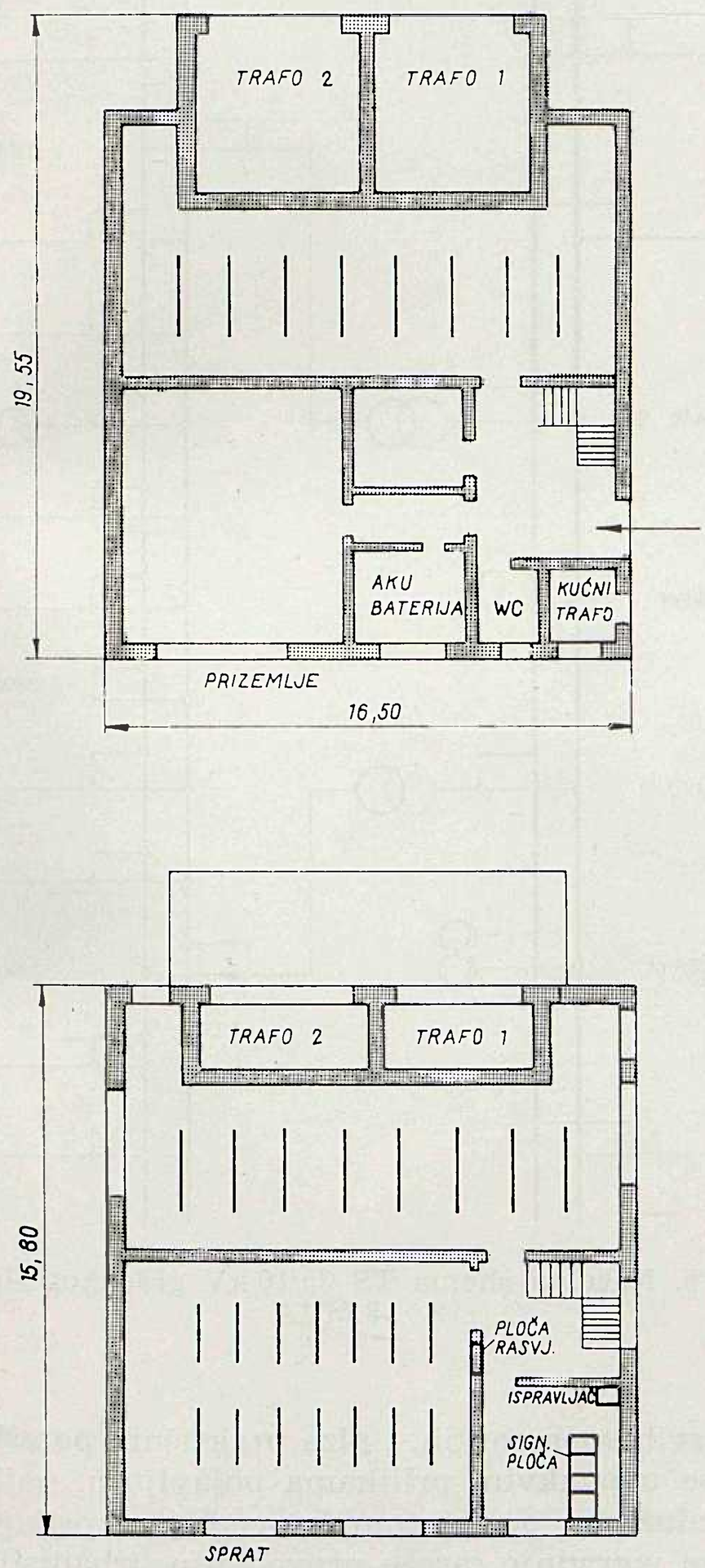
— trostepna transformacija (110/35/10 kV),
— napajanje mreže u normalnom pogonu je radijalno, ali je razvedena tako, da postoji mogućnost dvostranog napajanja radi ispomaganja u slučaju kvara. Ovo još nije postignuto na čitavom području i svim naponskim nivoima,
— na užem gradskom području i gotovo u cijelosti izvedena je kabelska podzemna mreža,



Sl. 2. Prikaz osnovne distributivne mreže

— na prigradskom području se izvodi nadzemna mreža. Iznimke čine kombinirani kabelski izlazi i nadzemni nastavci niskonaponskih strujnih krugova, što ovisi o tipu transformatorske stanice, odnosno o gustoći i veličini naselja,
— pojedini elementi mreže transformatske stanice, vodiči, zaštita i slično su tipizirani, pa se tipizacija provodi u najvećoj mjeri.

Prilikom razrade plana električne mreže, u okviru novog »Generalnog urbanističkog plana«, autor je razmatrao i mogućnost, prikladnost, te opravdanost napuštanja postojeće koncepcije i prijelaza na novu koncepciju mreža.



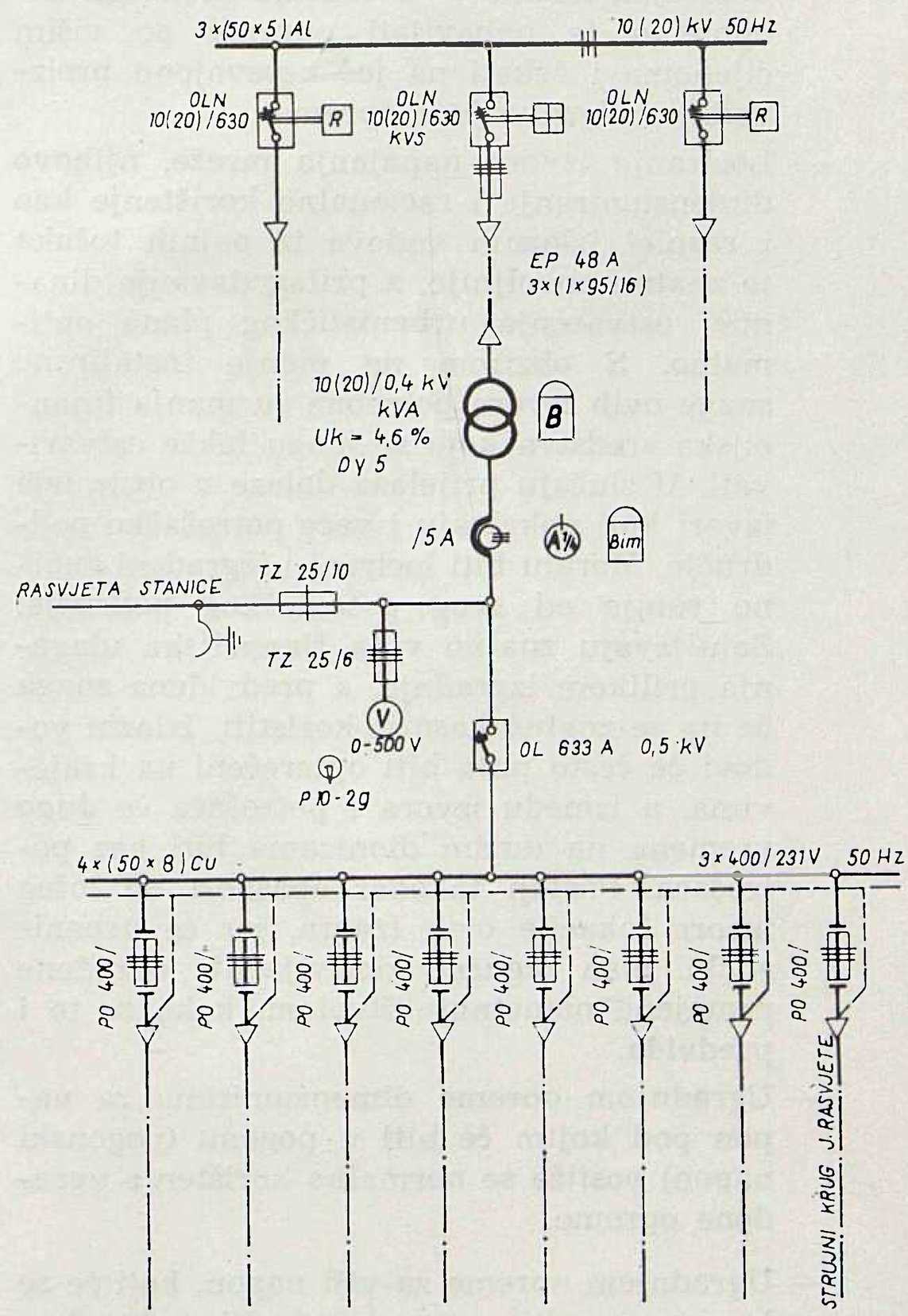
Sl. 3. Transformatorska stanica gradskog tipa 1 × 400 (630) kVA, koja se u pravilu upotrebljava na ovom području (tlocrt i presjek)

To više, što se u vrijeme razrade ovog plana pokazuje »kao moda« težnja za uvođenjem dvostepene transformacije (110/10 kV ili 110/20 kV) i prijelazom na 20 kV distributivni napon.

Razmatrajući problematiku izbora nove koncepcije i s tim u vezi prijelaza na napon 20 kV s tehničkog, ekonomsko-financijskog, praktično-izvedbenog i drugih stajališta, autor je došao do zaključka da postojeću koncepciju valja zadržati, te daljnju izgradnju i proširenje mreže prilagoditi načinu i tempu provođenja urbanističkog plana u život.

Osnovni razlozi za ovakav stav u pogledu koncepcije plana električne mreže su slijedeći:

— Postojeća koncepcija mreže se do sada u praksi pokazala kao dobra, kako u pogledu sigurnosti i mogućnosti napajanja područja električnom energijom, tako i u pogledu financijskih mogućnosti za razvijanje mreže.
— Postojeća mreža je još u veoma dobrom fizičkom stanju, tako da joj zbog eventualne dotrajalosti nije potrebna zamjena niti u doglednoj budućnosti osim normalnog održavanja.
— Uz produženje izgradnje mreže po postojećoj koncepciji moguće je snabdijevati potrošačko područje do 2001. godine uz pretpo-



Sl. 4. Jednopolna shema TS 10/0,4 kV gradskog tipa koja se najčešće koristi

stavku da se urbanistički plan do tog vremena u cijelosti izvrši kako je zamišljen. Naravno da izgradnja mreže mora pratiti ostvarenje urbanističkog plana, odnosno prethoditi mu.

U usporedbi s eventualnim napuštanjem postojeće koncepcije i prijelazom, na primjer, na napon 20 kV, postojeća koncepcija imade znatne prednosti kao na primjer:

— Kontinuitet izgradnje mreže se bez poteškoća nastavlja prateći izvršenje urbanističkog plana. — Kod promjene koncepcije, međutim to nije moguće, jer treba razraditi novi plan mreže za čitavo područje uključujući izbor optimalnog početka prijelaza na novu koncepciju, kao i preciznog plana prijelaznog razdoblja sa svim detaljima i poteškoćama koje to prijelazno razdoblje zahtijeva. U tom vremenu je sigurnost napajanja umanjena.

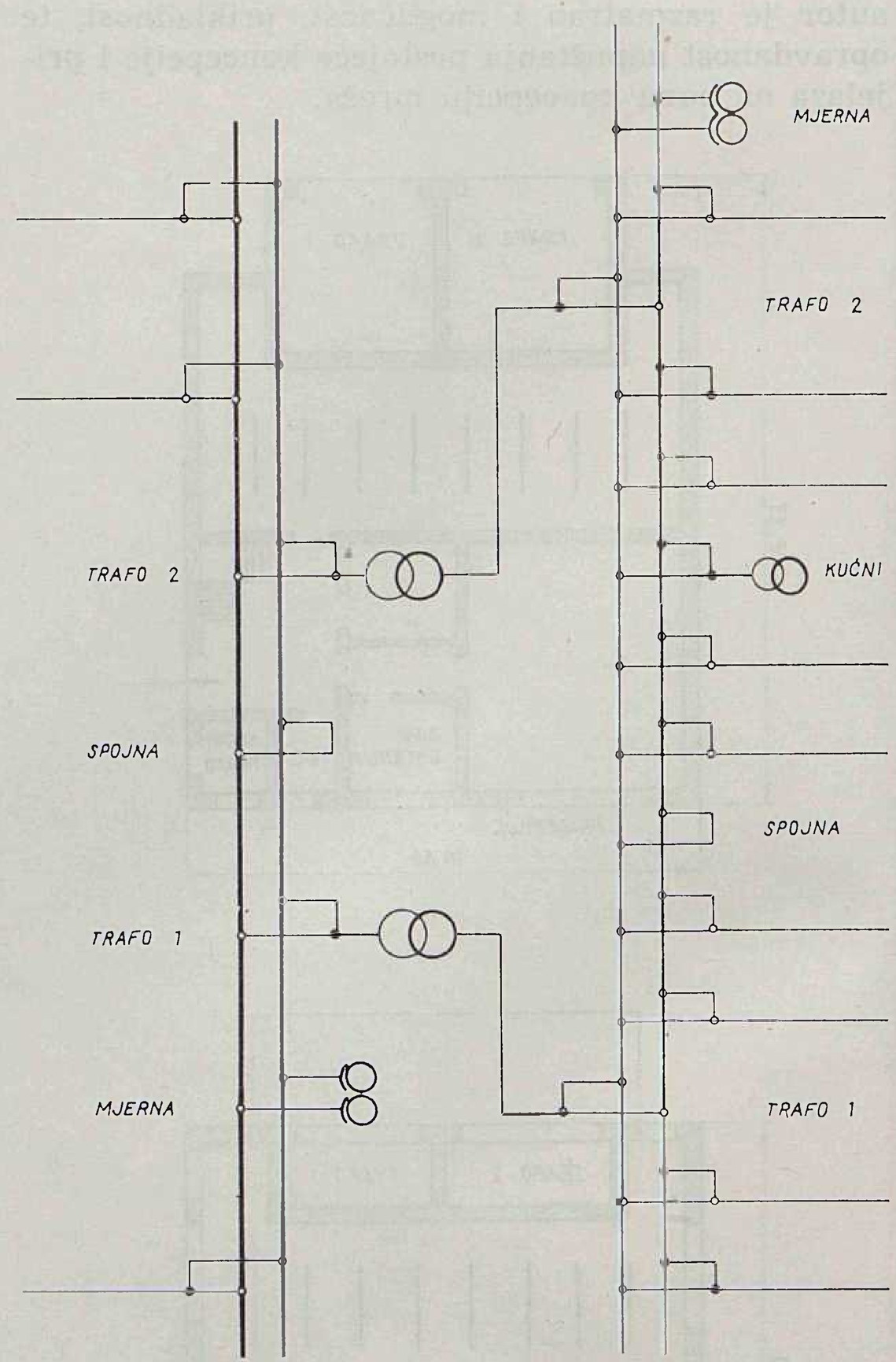
— Nabava i izgradnja potrebne opreme cijelog postrojenja je normalna i teče na već uobičajen način. — U slučaju prijelaza neophodno je nabavljati opremu po višim cijenama i čekati na još neosvojenu proizvodnju odgovarajuće opreme.

— Lociranje izvora napajanja mreže, njihovo dimenzioniranje i racionalno korištenje kao i rasplet izlaznih vodova iz pojnih točaka je znatno povoljnije, a prilagođavanje dinamici ostvarenja urbanističkog plana optimalno. S obzirom na manje instalirane snage ovih izvora potrebna su manja financijska sredstva koja se mogu lakše ostvarivati. U slučaju prijelaza dolaze u obzir jači izvori koji pokrivaju i veće potrošačko područje. Moraju biti locirani i izgrađeni znatno ranije od svog potrošačkog područja. Zahtijevaju znatno veća financijska ulaganja prilikom izgradnje, a predviđena snaga će im se znatno kasnije koristiti. Izlazni vodovi će često puta biti opterećeni na krajevima, a između izvora i potrošača će dugo vremena na dužim dionicama biti bez potrošača. Postoji također opasnost od lošeg izbora lokacije ovih izvora, jer će urbanistički plan sigurno doživljavati određene promjene nametnute životom, kako se to i predviđa.

— Ugradnjom opreme dimenzionirane za napon pod kojim će biti u pogonu (pogonski napon) postiže se normalno korištenje ugrađene opreme.

— Ugradnjom opreme za viši napon, koji će se kao »pogonski napon« pojaviti naknadno, osim povećanog financijskog ulaganja, ugrađena oprema normalno stari. Do trenutka prijelaza na napon za koji je građena, vjerojatno će u dobroj mjeri zastarjeti, jer je normalno očekivati napredak u tehnološkom i konstruktivnom pogledu izrade opreme.

— Prijelazno razdoblje od jedne koncepcije na drugu je dugotrajno i mukotrpno, vezano za mnoge poteškoće i dodatna financijska ulaganja. U tom razdoblju — jer je postojanje različitih napona neizbježno — sigurnost snabdijevanja potrošača je smanjena, a nesigurnost operativnog osoblja povećana.



Sl. 5. Načelna shema TS 35/10 kV gradskog tipa 2 × 8 MVA

Iz svih spomenutih, i niza praktičnih poteškoća, koje se u ovakvim prilikama pojavljuju, najbolje je produžiti s postojećom koncepcijom prilagođavanjem izgradnje mreže provođenju urbanističkog plana.

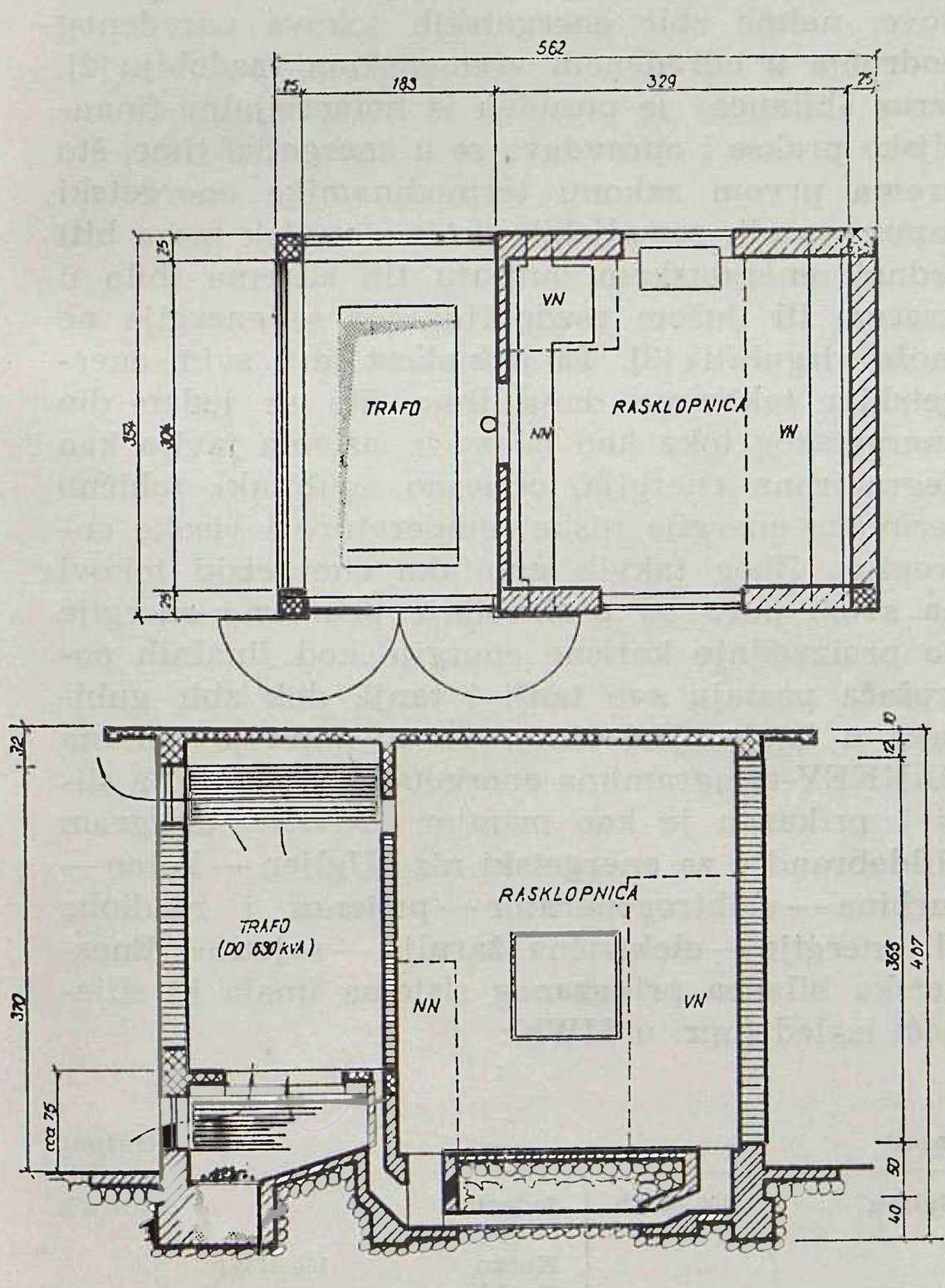
Ukoliko bi se, pri kraju planiranog razdoblja, iz bilo kojih razloga nazirala potreba promjene koncepcije, valja joj pristupiti studiozno, razborito i u pravo vrijeme, kako bi se ugrađena oprema što bolje iskoristila, a nova koncepcija primjenila na najbezbolniji način.

Izbor i tipizacija elemenata mreže

U okviru »Generalnog urbanističkog plana« ne može se ulaziti u detaljna rješenja pojedinih naselja, pa to nije ni učinjeno. Električnu mrežu u okviru ovog plana također nije moguće riješiti u detaljima. Ti planovi se razrađuju prije pristupanja izgradnji određenih područja ili naselja i to na temelju detaljnih urbanističkih planova određenih naselja.

U načelu je ipak potrebno voditi računa o određenoj tipizaciji, jer je ona, iz već opće poznatih razloga, nužna, kako bi se mreža što racionalnije gradila i koristila.

Stoga je u ovoj razradi mreže predviđena tipizacija određenih elemenata, na temelju koje je sastavljen i aproksimativni troškovnik iz kojeg su vidljiva potrebna sredstva za realizaciju predviđenog plana, naravno sa cijenama koje su vrijedile u trenutku izrade plana.



Sl. 6. Tlocrt prizemlja i kata TS 35/10 kV gradskog tipa 2 × 8 MVA

Rečeno je da se u pogledu daljnje izvedbe mreže zadržava postojeća koncepcija.

U postojećoj mreži se primjenjuje tipizacija pojedinih elemenata, i to u najvećoj mjeri koju to omogućavaju postojeće prilike u pogledu izbora tipova i nabavci opreme. Do sada se u mreži promatranog područja uspješno primjenjuju dva tipa transformatorskih stanica 35/10 kV.

Transformatorska stanica tzv. »gradskog tipa« je montirana u zidanu zgradu prikladne dispozicije, veličine i oblika. U ovoj stanici su predviđena dva transformatora snage po 8 MVA. Ugradnja transformatora do pune snage se vrši etapno, prilagođuje se potrebama područja koje snabdijeva.

Na ovu stanicu se priključuje 6000 do 8000 stanova, ovisno o sastavu potrošača, odnosno učešću ostalih potrošača osim kućanstava.

Sabirnice su dvostruke na strani višeg i na strani nižeg napona sa 7 polja na 35 kV i 14 polja na strani 10 kV.

Stanica se priključuje na 35 kV kabel s bakrenim vodičima presjeka 150 mm², a rasplet se vrši 10 kV kabelima s aluminijskim vodičima presjeka 185 mm². Svi visokonaponski kabeli su izolirani papirom u klasičnoj izvedbi.

Na prigradskom području se upotrebljavaju transformatorske stanice 35/10 kV snage 2×4 MVA s transformatorima montiranim na postolja izvan zgrade, dok je oprema montirana u zidanu zgradu.

Sabirnice su jednostruke, a priključak na 35 kV mrežu nadzemni s AlČe vodičima presjeka obično 120 mm². Rasplet 10 kV vodova se obavlja kabelskim izlazima na nadzemne 10 kV vodove.

Distributivne transformatorske stanice 10/0,4 kV razlikujemo također prema vrsti mreže.

U gradskoj mreži se upotrebljavaju »klasične« zidane stanice s transformatorom snage do 630 kVA. Shema stanice je tipizirana, no moguća je primjena čitavog niza varijanti.

Ovi i niz drugih elemenata su se u dosadašnjoj praksi pokazali dobro, pa su i u ovom planu predviđeni za daljnju upotrebu. Ukoliko se na tržištu pojave novi elementi, a posebno transformatorske stanice s jednakim karakteristikama i nižom cijenom u odnosu na do sada upotrebljavane, mogu se, bez poteškoća, usvojiti novi tipovi.

Primjena transformatorskih stanica kao i vodova 10 kV na prigradskom području se prilagođava veličini, gustoći i obliku naselja i drugih potrošača, te o tome ovisi i izbor tipa elemenata.

Ante Primožić, dipl. ing.,
Elektroprimorje - Rijeka

NEKI PROBLEMI ANALIZE ENERGETSKE STRUKTURE JUGOSLAVIJE

Sigfrid Gehrecke, Beograd

Autor pokušava sastaviti energetsku bilancu SFR Jugoslavije, te proučava sve metodološke i statističke probleme na koje je pri tome naišao. Prikazana energetska bilanca obuhvaća cjelokupni energetski tok od primarne do korisne energije. Po procjeni autora Jugoslavija je u 1970. godini raspolagala sa 74 000 Tcal korisne energije.

DK 620.9

ENERGETSKA STRUKTURA I ENERGETSKA BILANCA

Energetska struktura neke zemlje može se definirati kao zbir svih fondova energetskih izvora i energetskih uređaja, svih energetskih potreba stanovništva i energetskih tokova za zadovoljenje tih potreba, kao i svih organizacijskih i drugih odnosa u nacionalnoj podjeli rada na području energetike. U jednom ranijem radu smo kao najvažnije komponente energetske strukture nabrojili [1]:

— zalihe primarnih nosilaca energije (zalihe nafte, ugljena, zemnog plina; hidropotencijal, itd.);

— potrebe za korisnim energijama (toplina, mehanička snaga, svjetlo, električna energija za elektrolizu, itd.) kod finalnih potrošača, i potražnja za odgovarajućim nosiocima energije iz kojih se mogu proizvesti korisne energije;

— proizvodnja, razdioba i potrošnja svih nosilaca energije, njihovo porijeklo (proizvodnja — uvoz) i njihova namjena (potrošna — izvoz);

— aparati i postrojenja pomoću kojih se obavlja proizvodnja primarnih i sekundarnih nosilaca energije i proizvodnja korisne energije kod finalnih potrošača, kao i prijenos i razdioba energije;

— organizacija nacionalne podjele rada na području energetike: privredne grane koje se pretežno bave proizvodnjom energetskih medija (industrija nafte, industrija ugljena, elektroprivreda, itd.) i njihov društveno-ekonomski položaj;

— vrijednosna komponenta energetske strukture: naklonost potrošača (preference) i elasticiteti potražnje, troškovi i cijene proizvodnje, troškovi potrošnje energije, i sl.

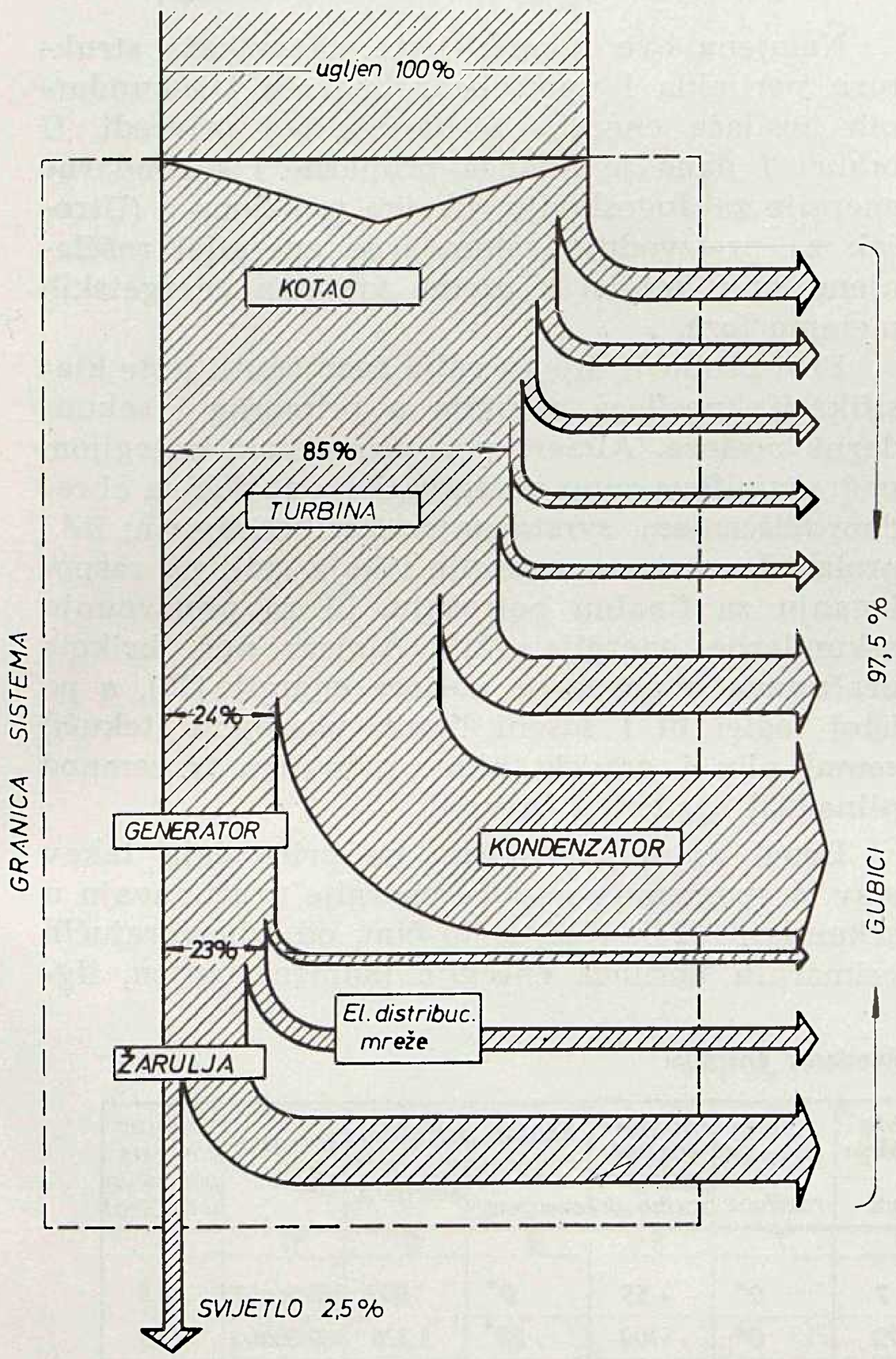
Obično se tokovi energije od proizvodnje primarne do proizvodnje korisne energije smatraju najvažnijom karakteristikom energetske strukture u određenom razdoblju, stoga »bilance« energetskih tokova u mnogim zemljama spadaju u osnovne instrumente za analizu i planiranje energetskog i privrednog razvoja. Ovakav značaj energetske bilance je sasvim razumljiv, jer se uska međusobna povezanost svih strukturnih komponenata odražava u energetskim tokovima. Tako npr. kvantitativni i kvalitativni sastav energetskih uređaja neposredno djeluje na sastav energetskih tokova, jer su oni, po pravilu, vezani za upotrebu određenog nosioca energije. Ili obrnuto: svaka potrošnja ugljena, plina, naftnih derivata, itd. zahtijeva odgovarajuće, specifične energetske uređaje.

Za razliku od komercijalno-financijske bilance, energetska bilanca ne iskazuje fondove nego tokove, naime zbir energetskih tokova određenog područja u određenom vremenskom razdoblju [2]. Izraz »bilanca« je posuđen iz komercijalno-financijske prakse i opravdava se u energetici time, što prema prvom zakonu termodinamike energetski input realnih zemaljskih sistema uvijek mora biti jednak energetskom outputu tih sistema (bilo u kraćem ili dužem razdoblju), jer se energija ne može »izgubiti« [3]. Ta jednakost je u svim energetskim tokovima dana time, što se jedan dio energetskog toka kod izlaza iz sistema javlja kao degradirana energija, odnosno »gubitak« (obično termička energija niske temperature i visoke entropije). Zbog takvih gubitaka energetski tokovi na svom putu od proizvodnje primarne energije do proizvodnje korisne energije kod finalnih potrošača postaju sve tanji i tanji, dok zbir gubitaka u istoj mjeri raste. To se najbolje vidi na SANKEY-dijagramima energetskih tokova. Na *slici 1* prikazan je kao primjer SANKEY-dijagram Hildebrand-a za energetski niz »Ugljen — kotao — turbina — elektrogenerator — prijenos i razdioba el. energije — električna žarulja — svjetlo«. Energetska bilanca prikazanog sistema imala bi slijedeći izgled (npr. u MWh):

Input		Output	
Ugljen	1000 MWh	Svjetlo	25 MWh
		Gubici:	
		Kotao	150 MWh
		Turbina i kond.	610 MWh
		Generator	10 MWh
		El. distribucija	25 MWh
		El. žarulja	180 MWh
		Gubici ukupno	975 MWh 975 MWh
	1000 MWh		1000 MWh

U slučaju da se granica sistema povuče na pragu elektrane, energetska bilanca bi imala ovaj oblik:

Input			Output
Ugljen	1000 MWh	El. energija	230 MWh
		Gubici:	
		Kotao	150 MWh
		Turbina i kond.	610 MWh
		Generator	10 MWh
		Gubici ukupno	770 MWh 770 MWh
	1000 MWh		1000 MWh



Slika 1. SANKEY-dijagram energetskog niza od ugljena do svjetla. Prema Hildebrandu (4)

Energetske bilance koje prikazuju tokove u razmjerima nacionalne privrede, obično nisu strogo »izbalansirane« pošto se gubici rijetko navode. Pretpostavlja se, naime, da čitaoci energetske bilance znaju da razlike između energetskog inputa i energetskog outputa predstavljaju gubitke različitih vrsta. Zato energetske bilance često nisu »bilance« u pravom smislu riječi. Za uspostavljanje energetskih bilanci ne postoje tako strogi propisi kao za komercijalne bilance. Oblik i opseg energetskih bilanci mogu se prilično slobodno i proizvoljno birati [2]. Energetske bilance mogu, ali ne moraju, biti uravnotežene (dozvoljene su razlike energetskih gubitaka); one mogu obuhvatiti ili pojedinačne nosioce energije (npr. elektroenergetska bilanca) ili sve energetske medije, pojedinačne stupnjeve energetskog toka (npr. bilanca primarne energije, bilanca finalne energije) ili zbir energetskih stupnjeva od proizvodnje primarne energije do proizvodnje korisne energije kod finalnih potrošača, itd. [5]. Mjerodavni faktori za izbor oblika i opsega bilance, kao i za stupanj njene detaljiranosti su s jedne strane cilj koji se želi postići bilancom, a s druge, kvalitet i kvantitet raspoloživih statističkih podataka. Pri tome se svjesno moraju tolerirati i izvjesni nedostaci u metodologiji i u podacima, jer — kako Almers kaže — svaka nacionalna privreda s naglašenom ulogom planiranja mora raspolagati točnim pregledom svoje energetike, makar i s izvjesnim nedostacima. »Važno je« — kaže Almers — »da se takvi nedostaci ne kriju, nego otvoreno izlože, i da se unaprijed definira prihvatljivi odnos između moguće točnosti i poželjne detaljiranosti energetske bilance« [6].

Iz dugogodišnje prakse razvijenih socijalističkih i kapitalističkih zemalja, u radu s energetskim bilancama rađale su se određene metodologije i preporuke za uspostavljanje, kako djelomičnih tako i cjelovitih energetskih bilanci. U Njemačkoj Demokratskoj Republici prije svega treba spomenuti Prof. Almers-a i njegovu radnu grupu iz Instituta za energetiku u Leipzig-u [7], a u Saveznoj Republici Njemačkoj Rumler-a [8], Prof. Mueller-a [9] i Mješovitu radnu grupu za energetske bilance [10] (Mještovita grupa je sastavljena od predstavnika državnih institucija i energoprivrednih grana). Na međunarodnom planu Ekonomska komisija za Evropu (ECE) dala je metodološke preporuke za upotrebu energetskih bilanci u analizi energetskih struktura [11].

ENERGETSKA BILANCA I ENERGETSKA POLITIKA

Energetska bilanca se u razvijenim zemljama sve više afirmira kao glavni instrument, kako za analizu i projekciju energetskog razvoja, tako i za efikasno vođenje energetske politike nacionalnih privreda. Energetske bilance prije svega pružaju mogućnost utvrđivanja i analiziranja energetskih gubitaka na različitim stupnjevima energetske metamorfoze, a time istovremeno pružaju mogućnost za poduzimanje efikasnih mjera na kritičnim točkama. Ako se energetske bilance postavljaju za niz godina, ili makar za važnije etapne godine (npr. za svaku petu godinu kod primjene petogodišnjeg planiranja), onda postoji i idealna mogućnost detaljne analize energetskih tokova, kao i općih trendova u prošlosti i u budućnosti. Pored uobičajene prakse uspostavljanja energetskih bilanci za proteklo vrijeme postoji i mogućnost uspostavljanja perspektivnih energetskih bilanci. Polazna točka je uvijek prognoza ukupne potrebe stanovništva za korisnom ili finalnom energijom, a zatim se, polazeći od nje, postupno izračunava

buduća potreba nacionalne privrede za primarnom energijom, klasificiranom po nosiocima i po porijeklu (proizvodnja — uvoz). Cijeli postupak izrade perspektivnih energetskih bilanci detaljno su opisali Almers i njegovi suradnici [12], kao i Rumler [13]. Opća problematika energetskih prognoza opisana je u jednom od naših ranijih radova [14].

POKUŠAJ KONSTRUKCIJE ENERGETSKE BILANCE JUGOSLAVIJE ZA 1970. GODINU I PROBLEMI BILANCIRANJA

Prilaz problemu

Značaj korektno sastavljene energetske bilance u domeni planiranja društveno-ekonomskog razvoja uopće [15], a posebno u domeni planiranja i usklađivanja razvoja energoprivrede, kao i nedostatak objavljenih energetskih bilanci u nas, potakli su nas da na osnovi dosadašnjeg iskustva [16], kao i na osnovi nama pristupačnog statističkog materijala pokušamo sastaviti cjelovitu energetsku bilancu SFR Jugoslavije za 1970. godinu. Istovremeno prezentiramo stručnoj javnosti neke metodološke probleme na koje smo naišli.

Za izvještajno razdoblje je izabrana 1970. godina, jer je nakon pojave izvrsne knjige prof. Protića [17] statistički materijal za tu godinu bio najkompletniji. Naš napor da pridonesemo izradi jugoslovenske energetske bilance nije mogao biti obavljen bez poteškoća i bez rizika od izvjesnih nedostataka. No, želja nam je, da ovaj rad bude poticaj onim stručnjacima koji će raspolagati novim podacima za ovu problematiku.

U okviru ove studije su uglavnom korišteni, ukoliko ništa drugo nije rečeno, podaci iz Statističkog godišnjaka Jugoslavije (SGJ — 71), Indeksa (1971) i statističkog biltena br. 831 Saveznog zavoda za statistiku. Kao osnovni oblik energetske bilance izabrana je — s izvjesnim odstupanjima — bilančna shema H. F. Mueller-a [18].

Bilanca primarne i sekundarne energije

Namjena ove bilance jeste da prikaže strukturu porijekla i upotrebe primarnih i sekundarnih nosilaca energije u nacionalnoj privredi. U *tablici 1* dana je bilanca primarne i sekundarne energije za Jugoslaviju. Brojke iz kolone 5 (Utrošak za proizvodnju sekundarne energije) raščlanjene su u *tablici 2* prema vrstama energetskih metamorfoza.

Prvi problem, što ga valja spomenuti, jeste klasifikacija nosilaca energije u primarne i sekundarne nosioce. Almers pod primarnom energijom podrazumijeva »onu energiju, koja se dobiva obradom (čišćenjem, svrstavanjem, briketiranjem, itd.) proizvedene sirove energije i koja stoji na raspolaganju za finalnu potrošnju, ili za proizvodnju sekundarne energije.« [21]. Almers npr. brikete uračunava u primarne nosioce energije [22], a po istoj logici bi i sušeni lignit, ukapljeni (tekući) zemni plin i gradski plin proizveden iz zemnog plina [23] spadali u tu vrstu.

Drugi autori, međutim, ne prihvaćaju takav stav, a spomenute nosioce energije uračunavaju u sekundarne [24]. Kad se to čini, od odgovarajućih primarnih nosilaca energije (kameni ugljen, lig-

Bilanca primarne i sekundarne energije

nosilac energije	jed. mjere	proizvod.-nja	uvoz	izvoz	utrošak za proizv. sekund. energije	vlastita potrošnja u grani	gubici prijenosa i razdlobe	računske razlike (promjene zaliha i dr.)	finalna potrošnja ne-energets.	finalna potrošnja energets.	energets. ekvival.^{P}	finalna energets. potrošnja u 1000 Tcal
PRIMARNA ENERGIJA		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
kameni ugljen	10^3 t	643	**1 822**	**64**	**1 842**	7	0*	+ 55	0*	607	6,2 Gcal/t	**3,8**
mrki ugljen	10^3 t	8 989	–	36	3 631	79	0*	+103	20*	5 326	4,0 Gcal/t	21,3
lignit	10^3 t	18 790	–	132	10 161	234	150*	– 651	400*	7 062	2,4 Gcal/t	17,0
sirova nafta M	10^3 t	2 854	4 392	150	7 050	50	0*	+ 4	–	–	10 Gcal/t	–
zemni plin	$10^6 m^3$	977	–	–	81^P	0*	0*	0	433^P	463	8,6 Mcal/m^3	4,0
hidroelektricitet	GWh	14 741										
SEKUNDARNA ENERGIJA												
termoelektricitet	GWh	11 282	361	152	–	1 256	2 980	0	–	21 996	860 Gcal/GWh	18,9
toplina iz toplana	T cal	3 000*	–	–	–	–	500*	0	–	2 500^P	T cal	2,5
energ. deriv. nafte	10^3 t	6 041	807	–	702	250	0*	0	0*	5 896	10 Gcal/t	59,0
neenerg. der. nafte	10^3 t	927		•	–	•	–	•	(927)	–	•	–
koks	10^3 t	1 174	201	–	–	–	0*	– 15	67*	1 293	6,7 Gcal/t	8,7
koksni plin	$10^6 m^3$	554^P		–	–	354*	0*	0	200*	0*	1,4 Mcal/m^3	–
											Σ	135,2
gradski plin^P	$10^3 m^3$	99^P	sadržani u brojkama finalne potrošnje zemnog plina i naftnih derivata									
ukapljeni plin	10^3 t	60^P										
briketi	10^3 t	25	sadržani u brojkama finalne potrošnje kamenog ugljena (briketi) i lignita									
sušeni lignit	10^3 t	630										

LEGENDA: * – procjena autora; P – podaci prema R. Protiću (19); M – podaci prema K. Mirkovu (20); • – nema raspoloživih podataka.

Tablica 2

Nosilac energije	Jedinica mjere	Utrošeno u					
		javnim elektranama	industr. elektranama	toplanama	koksarama	rafinerijama	Ukupno
Kameni ugljen	10^3 t	114	13	—	1715	—	1842
Mrki ugljen	10^3 t	3040	591	—	—	—	3631
Lignit	10^3 t	9427	734	—	—	—	10161
Sirova nafta	10^3 t	—	—	—	—	7050	7050
Zemni plin	10^6 m^3	—	—	81	—	—	81
Naftini derivati	10^3 t	278	124	300*	—	(—)	702

Legenda: * Procjena autora (—) Podaci o vlastitoj potrošnji u koloni 6 tablice 1

nit, zemni plin) valja odbiti one količine koje služe kao materijalni i energetski input za proces proizvodnje briketa, sušenog lignita, ukapljenog plina i gradskog plina (kolona 5 u tablici 1); stoga se kod tih primarnih nosilaca energije smanjuje finalna potrošnja.

U slučaju energetske bilance Jugoslavije nisu nam bili dostupni podaci o materijalnom i energetskom inputu primarne energije kod proizvodnje briketa, sušenog lignita, gradskog plina i ukapljenog plina. Statistički podaci o vlastitoj potrošnji primarne energije (kolona 6 u tablici 1) imaju takav red veličina da kod ugljena, lignita i zemnog plina sa sigurnošću *ne uključuju* materijalni input spomenutih procesa oplemenjivanja. Suprotno tome, vlastita potrošnja naftnih derivata u grani (tj. u rafinerijama) mogla bi uključiti i određeni dio materijalnog inputa za proizvodnju ukapljenog plina [25].

Zbog tih informacijskih nedostataka je u ovom slučaju bilo neophodno prihvatiti Almersov stav: Brikete, sušeni lignit, gradski plin i ukapljeni plin ne izdvajamo iz odgovarajućih vidova energije, iz kojih se oni proizvode. Takav postupak može kod kamenog ugljena i lignita imati dvije mogućnosti:

— Ukoliko statistički podaci iz SGJ - 71 o isporuci kamenog ugljena i lignita (str. 171), na kojima počiva proračun finalne potrošnje tih energetskih medija, u sebi sadrže i isporuku briketa i sušenog lignita, brojke finalne potrošnje kamenog ugljena i lignita su iste, tako da se energetski (a ne materijalni) input za procese briketiranja i sušenja javlja kao vlastita potrošnja u grani (kolona 6 u tablici 1).

— Ukoliko pak navedeni statistički podaci ne uključuju isporuku briketa i sušenog lignita, brojka finalne potrošnje kamenog ugljena je prenisko iskazana za $25 \cdot 10^3$ t (proizvodnja briketa) odnosno 4,1%, a brojka finalne potrošnje lignita za $630 \cdot 10^3$ t (proizvodnja sušenog lignita) odnosno 8,8%. U tom slučaju bi se kod kamenog ugljena finalna potrošnja povećala na $632 \cdot 10^3$ t, a računska razlika (kolona 8 u tablici 1) na $80 \cdot 10^3$ t. Kod lignita bi se finalna potrošnja povećala na $7682 \cdot 10^3$ t, a računska razlika bi se smanjila na $-31 \cdot 10^3$ t.

Kod zemnog plina i naftnih derivata ova dilema ne postoji, jer je kod njih finalna potrošnja izračunata kao razlika između proizvodnje (kolona 2), vanjske trgovine (kolone 3 i 4) i raznih vidova potrošnje (kolone 5 i 6). To znači da brojke finalne potrošnje ovih energetskih medija sadrže i gradski plin i ukapljeni plin, kao i gubitke nastale u procesu oplemenjivanja.

Drugi problem s kojim smo bili suočeni, bio je problem promjene zaliha nosilaca energije kod proizvođača energetskih medija. Iako za neke nosioce energije postoje podaci o proizvodnji i isporuci (SGJ — 71), ili o proizvodnji i realizaciji (Stat. bilten br. 831), ovi podaci nisu uvijek kompatibilni ni jasni, kao što je već gore rečeno. Zato je umjesto rubrike »promjene zaliha« koja je inače u energetskim bilancama uobičajena u tablicu stavljena rubrika »Računske razlike«. Ova rubrika osim promjena zaliha obuhvaća i neusklađenost statističkog materijala, kao i posljedice primjene različitih računskih postupaka za određivanje finalne potrošnje energije.

Treći problem je vezan za naftne derivate. Strogo uzevši, kao nosioce energije valjalo bi iskazati samo energetske derivate nafte, naime benzin, dizel-gorivo, ulje za loženje, itd., dok bi se neenergetski derivati nafte kao npr. bitumen, maziva ulja, parafini itd. mogli izostaviti. Njihovo izostavljanje značilo bi da se oni uzimaju kao gubici energetske metamorfoze u rafinerijama. Tako je npr. u svojim bilancama postupila zapadnonjemačka Radna grupa za energetske bilance [10]. Suprotno tome, Mueller takav postupak osuđuje, i zahtijeva iskazivanje i neenergetskih derivata u energetskoj bilanci [26]. U energetskoj bilanci SFRJ načinjen je kompromis: energetski i neenergetski derivati nafte iskazani su kao posebne grupacije energetskih medija, tako da je moguće utvrditi i ukupnu proizvodnju naftnih derivata i visinu stvarnih gubitaka prerade nafte. Cijela proizvodnja neenergetskih derivata nafte je uzeta kao neenergetska finalna potrošnja naftnih derivata (kolona 9).

Četvrti problem se odnosi na proračun i procjenu finalne potrošnje nosilaca energije u neenergetske svrhe (neenergetska finalna potrošnja). Tu se prije svega misli na potrošnju nosilaca energi-

je, gdje oni ne služe kao izvor energije, nego kao sirovina (npr. petrokemija) ili kao pomoćni materijal (npr. bitumen u izgradnji cesta). Za naftne derivate taj problem je već ovdje bio iznesen. Za neenergetsku potrošnju zemnog plina bile su nam na raspolaganju različite procjene R. Protića (tablica 1) i S. Boškovića [27]. Iz materijala S. Boškovića proizlazi, da se od ukupne proizvodnje zemnog plina oko 35% troši u neenergetske svrhe. Suprotno tome, R. Protić daje podatak od $433 \cdot 10^3$ m^3, odnosno 43% [28]. Ne ulazeći u uzroke ovih razlika, u energetsku bilancu je ugrađena procjena R. Protića, jer se i neke druge brojke za zemni plin osnivaju na njegovim podacima. Potrošnja koksa u kemijskoj industriji ($67 \cdot 10^3$ t) je u cijelosti računata kao neenergetska potrošnja zato što je koks preskupo gorivo za termičke procese. Neenergetska potrošnja ostalih nosilaca energije procijenjena je uz pomoć podataka S. Delfin-a o kapacitetima petrokemijske industrije Jugoslavije [29], kao i internih podataka Instituta za energetiku (München) o specifičnoj potrošnji energije u važnim procesima kemijske industrije.

Peti problem: Statistički podaci o gubicima u procesu transporta i distribucije postoje samo za električnu energiju, a takvi gubici se sigurno javljaju i kod ostalih nosilaca energije. Hildebrand daje grube procjene o prosječnim gubicima transportnih procesa u ovisnosti o vrsti nosilaca energije, prometnog sredstva i dužine prometa [30]. Ako se uz to uzmu još i podaci R. Protića o učešću prometnih sredstava u prometu nosilaca energije i o prosječnom putu tih energetskih medija [31], moguće je procjeniti gubitke u prometu za neke energetske medije. Naše procjene za gubitke u prevoženju krutih goriva počivaju na tim podacima, pri čemu su uzeti u obzir samo gubici u masi, odnosno u supstanci ovih goriva. Kamenom ugljenu, mrkom ugljenu i koksu pripisane su slične tranpsortne karakteristike (gubici mase u željezničkom transportu kamenog ugljena su prema Hildebrand-u zanemarivi za razliku od lignita). Suprotno tome, procjene gubitaka u procesu prenošenja tekućih i plinovitih nosilaca energije, kao i topline iz toplana, predstavljaju vlastite »kalkulacije«. Drugi vid ovoga problema je pitanje, da li u gubitke prenošenja i razdiobe valja uključiti i onu potrošnju energije koja nastaje pri prenošenju energetskih medija, npr. potrošnju električne energije kod željezničkog prijevoza ugljena. Takav postupak je npr. potreban kada se razmatraju stupnjevi ukupne energetske efikasnosti alternativnih energetskih nizova u okviru velikih privrednih sistema [32]. S druge strane, uključivanje potrošnje energije pri prijevozu energetskih medija značilo bi da se taj dio prometne djelatnosti uzima kao energetski gubitak, a ne kao finalna potrošnja energije. Sa stanovišta energetske bilance, međutim, takvo cijepanje prometnog sektora na dva dijela nije ni dobro ni lako provesti. Sektor prometa valja jednostavno definirati kao sektor finalne potrošnje energije, bez obzira na dobra koja se prevoze.

Šesti problem je sličan petom: u energetskim bilancama se obično odbija vlastita potrošnja energije proizvedene u određenoj grani (npr. vlastita potrošnja električne energije u elektroprivredi), budući da ta količina energije ne odlazi izvan proizvodnog poduzeća. To znači da se npr. potrošnja električne energije u elektranama ne uzima kao finalna potrošnja, dok se s druge strane potrošnja električne energije u rudniku ugljena, u proizvodnji i preradi nafte, u koksarama, itd. uračunava u finalnu potrošnju industrije. Takav postupak nije dosljedan, jer električna energija i u jednom i u drugom slučaju služi kao pomoćno sredstvo za proizvodnju nosilaca energije. Zato se javlja mišljenje, da bi valjalo sva poduzeća energoprivrednih grana uzimati na podjednaki način, i to ili u dvojnom svojstvu kao sektor energetike i finalne potrošnje u isto vrijeme, ili isključivo kao sektor energetike. U prvom slučaju bi se 6. kolona u tablici 1 brisala, a brojke iz te kolone bi se dodale brojevima finalne energetske potrošnje, kao što se vidi u *tablici 3*.

Utrošak nosilaca energije za proizvodnju sekundarne energije
(Raščlanjivanje kolone 6 iz tablice 1)

Tablica 3

Nosilac energije	Finalna energetska potrošnja	Energetski ekvivalent	Finalna energetska potrošnja u 1000 Tcal
Kameni ugljen	$614 \cdot 10^3$ t	6,2 Gcal/t	3,8
Mrki ugljen	$5405 \cdot 10^3$ t	4,0 Gcal/t	21,6
Lignit	$7296 \cdot 10^3$ t	2,4 Gcal/t	17,5
Sirova nafta	$50 \cdot 10^3$ t	10 Gcal/t	0,5
Zemni plin	$463 \cdot 10^6$ m^3	8,6 Mcal/m^3	4,0
Električna energija	23252 GWh	860 Gcal/GWh	20,0
Toplina	2500 Tcal	Tcal	2,5
Derivati nafte	$6146 \cdot 10^3$ t	10 Gcal/t	61,5
Koks	$1293 \cdot 10^3$ t	6,7 Gcal/t	8,7
Koksni plin	$354 \cdot 10^6$ m^3	1,4 Mcal/m^3	0,5
Ukupno			140,6

Varijanta bilance primarne i sekundarne energije
(Vlastita potrošnja u energoprivrednim granama računata kao finalna potrošnja)

Tablica 4

Nosilac energije	Vlastita potrošnja u sektoru energoprivrede	Finalna energetska potrošnja	Energetski ekvivalent	Finalna energetska potrošnja u 1000 Tcal
Kameni ugljen	$7 \cdot 10^3$ t	$607 \cdot 10^3$ t	6,2 Gcal/t	3,8
Mrki ugljen	$79 \cdot 10^3$ t	$5326 \cdot 10^3$ t	4,0 Gcal/t	21,3
Lignit	$234 \cdot 10^3$ t	$7062 \cdot 10^3$ t	2,4 Gcal/t	17,0
Sirova nafta	$50 \cdot 10^3$ t	—	—	0,0
Zemni plin	—	$463 \cdot 10^6$ m³	8,6 Mcal/m³	4,0
Električna energija	1969 GWh[1]	21283 GWh	860 Gcal/GWh	18,3
Toplina	—	2500 Tcal	Tcal	2,5
Derivati nafte	$266 \cdot 10^3$ t[2]	$5880 \cdot 10^3$ t	10 Gcal/t	58,8
Koks	$0,1 \cdot 10^3$ t[3]	$1293 \cdot 10^3$ t	6,7 Gcal/t	8,7
Ukupno				134,4

Legenda: [1] 1256 GWh u elektroprivredi, 447 GWh u proizvodnji ugljena, 266 GWh u industriji nafte
[2] $250 \cdot 10^3$ t u industriji nafte, $16 \cdot 10^3$ t u proizvodnji ugljena
[3] 100 t u proizvodnji ugljena

Umjesto 135200 Tcal — kao u tablici 1 — finalna (energetska) potrošnja energije iznosila bi 140600 Tcal, tj. za 4% više. Na ovakvo rješenje se nailazi u nekim energetskim bilancama. To je slučaj kad autori ne odbijaju vlastitu potrošnju od ukupne finalne potrošnje primarnih i sekundarnih nosilaca energije. Mnogo rasprostraniji je, međutim, drugi postupak, da se kod svakog nosioca energije ne samo odbija vlastita potrošnja u grani, nego cjelokupna potrošnja u sektoru energoprivrede. U tom slučaju kolonu »Vlastita potrošnja u grani« valja zamijeniti kolonom »Vlastita potrošnja u sektoru energoprivrede«, te dodati one količine promatrane energije, koje se troše u drugim energetskim granama. Tada se za iznos ovih količina smanjuje finalna potrošnja *(tablica 4)*. Finalna (energetska) potrošnja energije po ovom postupku iznosi 134400 Tcal, tj. 0,6% manje od prvobitnog računa. Kao što pokazuju ove kalkulacije, razlike među bilančnim koncepcijama ne utječu značajno na rezultate bilančnog računa; ove razlike se, dapače, kreću u granicama takve preciznosti, kakva se u energetskim bilancama uopće može ostvariti.

Ako se nađe opravdanje i za prvi i drugi način razgraničavanja između energoprivrede i sektora finalne potrošnje, onda se može braniti i mješovita varijanta energetske bilance, kao što je postupak primijenjen u tablici 1. Ovaj postupak ima svoju logiku: njegovom primjenom finalna potrošnja jednostavno je definirana kao ukupna potrošnja određene energije izvan one industrijske grane koja tu energiju proizvodi, bez obzira da li se ta energija troši u poduzećima drugih energoprivrednih grana, u metalurgiji, prometu, kućanstvima, itd. Po našem uvjerenju određivanje opsega final-

Varijanta bilance primarne i sekundarne energije

Tablica 5

Sektor potrošnje	Totrošnja u 1000 Tcal						Učešće u % (1. Var.)
	Električna energija	Kruta goriva	Derivati nafte	Zemni plin	Toplina iz toplana	Ukupno	
Industrija (1. Var.)	10,6	27,2	19,8	3,3	1,0[P]	61,9	**46,0**
Industrija (2. Var.)	11,2	27,2	20,0	3,3	1,0[P]	62,7	—
Industrija (3. Var.)		28,5[a]	23,0[b]	3,3	1,0[P]	68,1	—
Promet	0,3	7,3	19,6[P]	—	—	27,2	20,3
Poljoprivreda	0,1	0,0	4,4[P]	—	—	4,5	3,3
Opća i osobna potr.	7,3	16,3	15,0[P]	0,7	1,5[P]	40,8	30,4
Ukupno (1. Var.)	18,3	50,8	58,8	4,0	2,5[P]	134,4	100,0
Ukupno (2. Var.)	18,9	50,8	59,0	4,0	2,5[P]	135,2	—
Ukupno (3. Var.)	20,0	52,1[a]	62,0[b]	4,0	2,5[P]	140,6	—
Učešće u % (1. Var.)	13,6	37,8	43,7	3,0	1,9	100,0	—

Lelenda: P Procjena R. Protića [19]
a) uključujući 500 Tcal koksni plin
b) uključujući 500 Tcal sirove nafte (fuel oil)

ne potrošnje više je stvar primijenjene definicije, nego energetskih principa, a razlike u dobivenim rezultatima su, kao što je već rečeno, neznatne.

Bilanca finalne potrošnje energije

U *tablici* 5 prikazana je struktura finalne potrošnje energije prema sektorima potrošnje i prema nosiocima energije. Podjela sektora je preuzeta od R. Protića [33]. Sektor »Opća i osobna potrošnja« osim kućanstava uključuje i tercijarne djelatnosti (zanatstvo, trgovina, ugostiteljstvo, itd.), a sektor »Saobraćaj« osim odgovarajućih privrednih grana (željeznice, zračni promet, riječni i pomorski promet, cestovni prijevoz) uključuje i individualni promet privatnim prijevoznim sredstvima [34]. Vjerojatno je u sektoru »Saobraćaj« obuhvaćena i potrošnja privatnih poljoprivrednih traktora i industrijskih kamiona, ukoliko se oni snabdijevaju gorivom iz javnih benzinskih stanica.

Razgraničenje industrijskog sektora dano je u tri varijante: po prvoj sektor industrije sadrži sve industrijske grane isključujući energoprivredne grane (elektroprivreda, industrija ugljena, industrija nafte), a po trećoj sektor industrije sadrži sve industrijske grane uključujući i energoprivredne grane. Druga varijanta je mješovita. U tablici 5 prikazana je bilanca finalne potrošnje energije za sve tri varijante, a struktura u postocima je izračunata samo za prvu varijantu.

Bilanca korisne energije

Prvi korak ka bilanci korisne energije jeste sektorska procjena onih količina energije, koje se troše za proizvodnju topline (odnosno za termičke procese), mehaničke snage (odnosno za mehaničke procese), svjetla (odnosno za rasvjetu) kao i za ostale namjene (prije svega za komunikacije, galvanizaciju, elektrolizu i sl.). Takva procjena je prikazana u *tablici 6*, gdje su za sektor industrije opet uzete tri varijante.

Na osnovi takve procjene strukture finalne potrošnje prema namjeni potrošnje moguće je obaviti i procjenu proizvedene korisne energije. Za to su još potrebne globalne procjene stupnjeva djelovanja energetskih pretvorbi u finalnoj potrošnji energije. Ako procjenimo da stupnjevi djelovanja u SFR Jugoslaviji iznose

— za termičke procese 60%;
— za mehaničke procese 42% (ponderirana aritmetička sredina stupnjeva djelovanja

Bilanca potrošnje finalne energije za proizvodnju korisne energije

Tablica 6

Sektor potrošnje	Potrošnja energije u 1000 Tcal za proizvodnju:				
	topline	mehaničke snage	svjetla	ostalog	Ukupno
Industrija (1. Var.)	53,2	6,9	0,6	1,2	61,9
Industrija (2. Var.)	53,4	7,5	0,6	1,2	62,7
Industrija (3. Var.)	57,5	8,8	0,6	1,2	68,1
Promet	1,2	26,0	0,0	0,0	27,2
Poljoprivreda	1,0	3,5	0,0	0,0	4,5
Opća i osobna potrošnja	39,0	1,0	0,8	0,0	40,8
Ukupno (1. Var.)	94,4	37,4	1,4	1,2	134,4
Ukupno (2. Var.)	94,6	38,0	1,4	1,2	135,2
Ukupno (3. Var.)	98,7	39,3	1,4	1,2	140,6
Učešće u % (1. Var.)	70,3	27,8	1,0	0,9	100,0

Bilanca korisne energije

Tablica 7

	Toplina	Mehanička snaga	Svjetlo	Ostalo	Ukupno
Potrošnja finalne energije u 1000 Tcal (1. varijanta)	94,4	37,4	1,4	1,2	134,4
Stupnjevi djelovanja finalnih pretvorbi	60 %	42 %	3 %	80 %	55 %
Proizvedena korisna energija u 1000 Tcal	57	16	0,04	1	74
Udio u postocima	77 %	21,6 %	0,5 %	1,4 %	100 %

elektromotornog pogona i motora s unutarnjim sagorijevanjem);
— za rasvjetu 3% i
— za ostale procese 80%,

onda proizvedena korisna energija ima strukturu kao što je prikazana u *tablici 7*.

Prema ovoj procjeni od ukupne finalne potrošnje energije samo oko 55% se pretvorilo u korisnu energiju, dok ostalih 45% predstavlja gubitke energetskih pretvorbi kod finalnih potrošača.

Literatura

[1] Gehrecke, S.: Energiewirtschaftliche Strukturen in ihrem wechselseitigen Einfluss auf den technischen Fortschritt und die Industrialisierung. BWK-Brennstoff-Wärme-Kraft
[2] Vidjeti npr. Rumler, F. J.: Wirtschaftliche Probleme bei der Aufstellung von Energiebilanzen und bei der Vorausschätzung des künftigen Energiebedarfs. München: Oldenbourg-Verlag, 1960, str. 15—18.
[3] Vidjeti npr. Almers, H.: Methodik für die Aufstellung von Energiebilanzen. Mitteilungen des Instituts für Energetik 1959, br. 19, str. 489.
[4] Hildebrand, H. J.: Wirtschaftliche Energieversorgung, I tom. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1968, str. 243.
[5] Vidjeti npr. Almers, op. cit., str. 494—506.
[6] Almers, op. cit., str. 509—510.
[7] Almers, H., O. Roeder, H. Müller i F. Heinemann: Energiebilanz, Grundsätze für Aufstellung, und Auswertung. Objavljeno u brošuri: 10 Jahre Institut für Energetik. Leipzig, bez god. Vidjeti i Almers, H.: Methodik . . ., op. cit.
[8] Rumler, F. J.: Wirtschaftliche Probleme . . ., op. cit.
[9] Mueller, H. F.: Energie, Ware und Markt. München: Technischer Verlag Resch, 1970.
Mueller, H. F. und H. Schaefer: Analyse der Energieverluste, ihre Rolle in der Energiebilanz und die Tendenzen ihrer Entwicklung. Izvještaj br. IA/86 na parcijalnom zasjedanju Svjetske konferencije za energiju (WPC) u Lausanne-u, 1964.
[10] Primär- und Endenergiebilanzen der Bundesrepublik für die Jahre 1955—1962 nach einheitlichen Bilanzierungssystem. Brennstoff-Chemie 45 (1964), br. 6 i Energiewirtschaftliche Tagesfragen 14 (1964), br. 131.
[11] Economic Commission for Europe: Methodology of analysis of the energy economy. Paper ST/ECE/ENERGY/1 od 15. VIII 1963. god.
[12] Almers-Roeder-Müller-Heinemann, op. cit., str. 28—34.
[13] Rumler, op. cit., str. 74—151.
[14] Gehrecke, S.: Zur grundlegenden Problematik von Energieprognosen. Praktische Energiekunde 15 (1967), br. 5—6 i Energija (Zagreb) 17 (1968), br. 7—8.
[15] Almers, op. cit., str. 490.
[16] Gehrecke, S.: Energiebilanz und Strukturtreue. Energie 23 (1971), br. 7—8.
[17] Protić, R.: Nafta i plin u energetskoj privredi Jugoslavije. Zagreb: Poslovno udruženje nafta, 1973.
[18] Mueller, op. cit., str. 88—89.
[19] Protić, op. cit., str. 61, 150, 153, 222, 260, 342.
[20] Mirkov, K.: The development of oil industry in Yugoslavia till 1970. Nafta XXII (1971), br. 6, str. 509.
[21] Almers, op. cit., str. 491.
[22] Alfers, op. cit., str. 498.
[23] Vidjeti Protić, op. cit., str. 150.
[24] Vidjeti npr. Mueller, op. cit., str. 88 kao i ECE, op. cit., str. 45 i 55/56.
[25] Vidjeti Protić, op. cit., str. 152.
[26] Mueller, op. cit., str. 86.
[27] Bošković, S.: Les facteurs fondamentaux de l'accroisement de la consommation de gaz naturel dans l'industrie Yougoslave. Referat na simpoziju ECE o tržištu gaza u Evropi. Beograd, 27. — 30. V 1974.
[28] Protić, op. cit., str. 222.
[29] Delfin, S.: The development of the basis chemical industry of Yugoslavia with a special survey of the development of the petrochemical industry. Nafta XXII (1971), br. 6.
[30] Hildebrand, op. cit., str. 258—292.
[31] Protić, op. cit., str. 123—127.
[32] Vidjeti Hildebrand, op. cit., str. 241—298.
[33] Protić, op. cit., str. 57—64.
[34] Vidjeti Protić, op. cit., str. 203—204.

Naslov pisca: Sigfrid Gehrecke, dipl. ek.
Beograd

ELEKTROPRIVREDA
ZAGREB

PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU, PRIJENOS I KUPOPRODAJU ELEKTRIČNE I TOPLINSKE ENERGIJE

Zagreb, Proleterskih brigada 37

Telefon: 513-072 i 513-822

USPOREDNA RAZMATRANJA O PREPORUKAMA ZA VANJSKO OSVJETLJENJE

Edo Širola, Zagreb

Na temelju iznesenih konkretnih podataka o prometnim nesrećama koje se dešavaju noću iznosi se važnost rasvjete automobilskih cesta. Iznesene su poteškoće koje nastaju prilikom projektiranja javne rasvjete na osnovi rasvjetljenosti i problem postizanja traženog kontrasta. Potaknuto je pitanje da li je pokazatelj kod projektiranja rasvjetljenost ili iluminancija.

DK 628.9

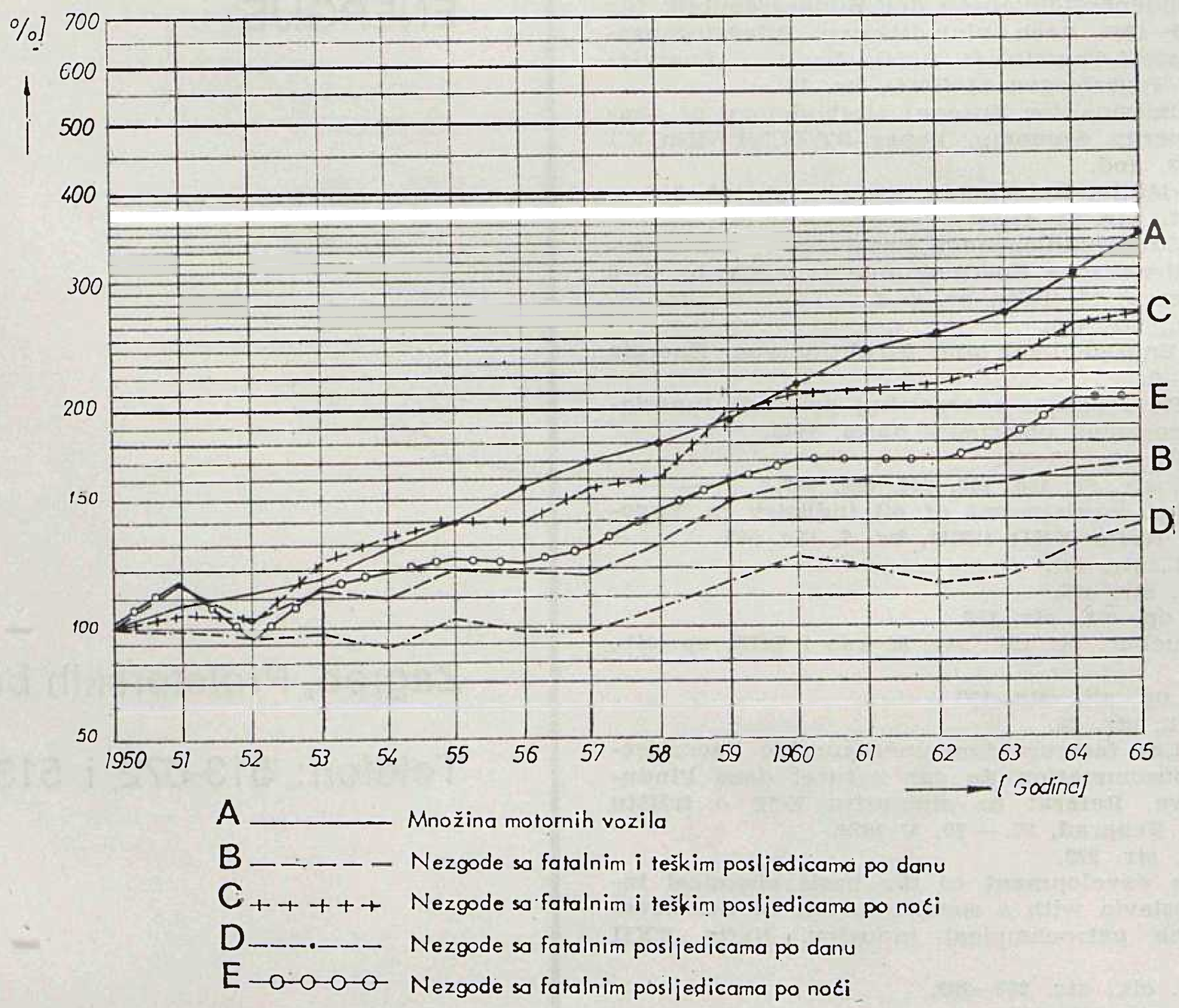
1. UVOD

Automobilski promet narastao je do takvog stupnja i ima takvu važnost u suvremenom društvu, da je prvenstveni i najvažniji zadatak javne rasvjete osigurati udobni i sigurni tok prometa po noći sličan onome danju. Javna rasvjeta ima, naravno, i druge svrhe, ali je sigurnost i udobnost prometa od takvog značaja da je pojam »javna rasvjeta«, postao sinonimom za rasvjetljavanje prometnica s automobilskim prometom.

Prošlo je dosta vremena, dok su takva shvaćanja uključena u međunarodne i nacionalne preporuke o javnoj rasvjeti. Danas ona čine njihovu osnovu. Daljnja istraživanja na tom polju su smjerena u onim pravcima kroz čije se rezultate takva gledanja mogu tehnički što bolje i lakše izvesti i što jeftinije i ekonomičnije ostvariti. Evo samo dva primjera zašto je to tako.

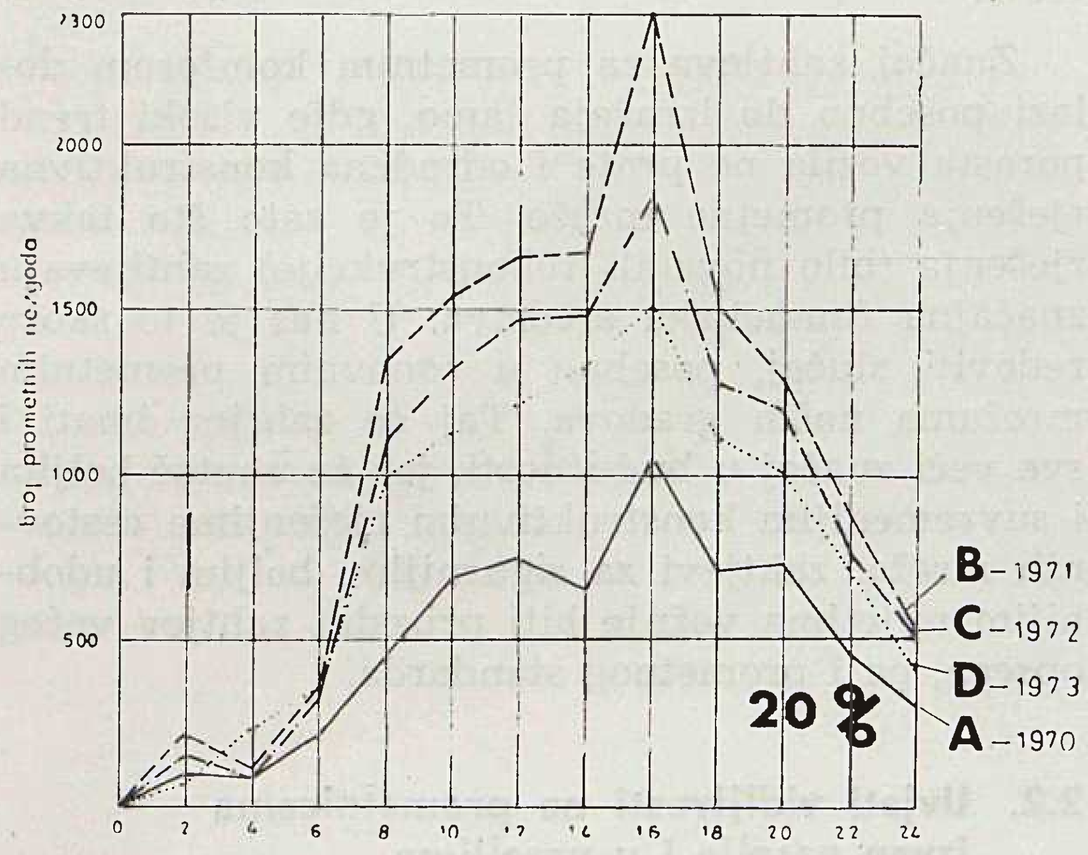
Slika 1. daje grafički prikaz osnovnih pokazatelja prometnih nezgoda u Engleskoj za razdoblje od 1950. — 1965. godine u skladu sa statističkim pokazateljima koje prati Kraljevsko udruženje za sprečavanja prometnih nezgoda. Na temelju krivulja je uočeno, da je relativno povećanje broja nezgoda s fatalnim posljedicama noću (krivulja E) relativno veće od istog povećanja danju (krivulja D) i reda je veličine povećanju motornih vozila. Broj prometnih nezgoda s fatalnim i ozbiljnim posljedicama po noći (krivulja C), također relativno brže raste od nezgoda po danu.

Slike 2 i 3 prikazuju kretanje prometnih nezgoda, odnosno poginulih u vremenu od (0—24 sata) i godinama za područje grada Zagreba (podaci su iz godišnjeg biltena što ga izdaje Sekretarijat javne sigurnosti grada Zagreba). Na temelju njih se



Sl. 1. Grafički prikaz prometnih nezgoda u Engleskoj za razdoblje od 1950—1965. godine u skladu sa statističkim pokazateljima koje prati Kraljevsko udruženje za prevenciju prometnih nezgoda (J. B. de Boer — »Public Lighting«) — Podaci za 1950. godinu uzeti su kao indeks 100.

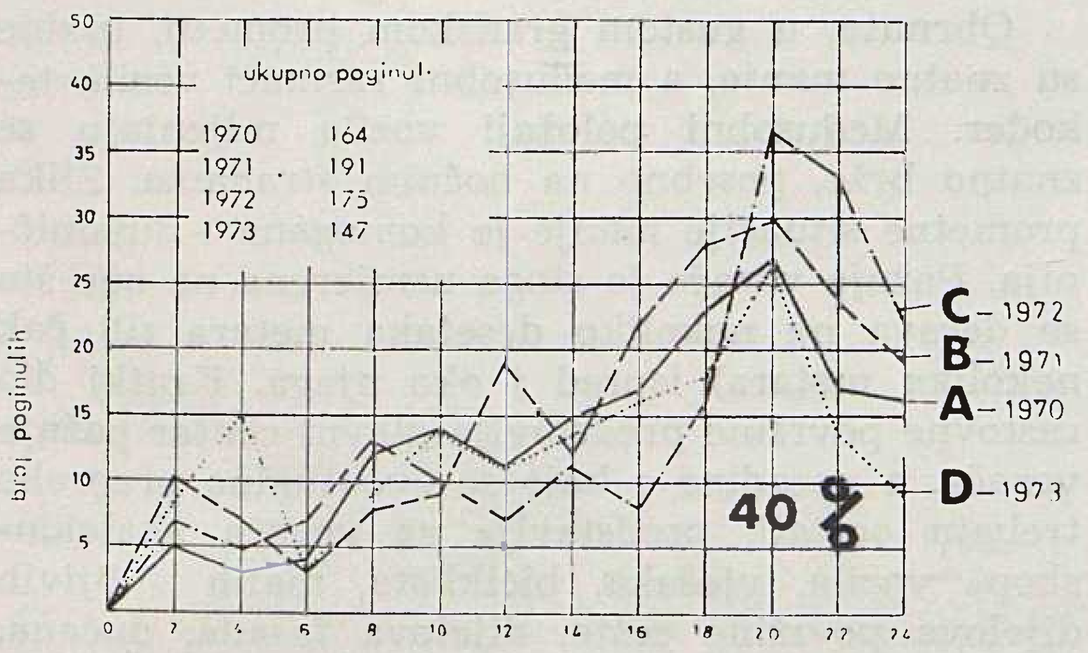
može zaključiti da se kroz 5 promatranih godina maksimalni broj prometnih nezgoda zbiva između 14 i 18 sati u toku dana (slika 2), dok je maksimalni broj poginulih (stalno kroz 5 godina) između 18 i 22 sata (slika 3). Štoviše, od 18 do 24 sata je, u prosjeku, 20% od ukupnog broja prometnih nezgoda (slika 2), dok u istom razdoblju gine oko 40% od ukupno poginulih (tamniji dijelovi dijagrama na sl. 2 i 3).



Sl. 2. Grafički prikaz kretanja prometnih nezgoda od 0—24 sata i po godinama za područje grada Zagreba

Naravno putem javne rasvjete nije moguće ostvariti optimalne dnevne uvjete vidljivosti. Rješavanju tog veoma važnog problema prišlo se putem definicije osnovnih parametara i utvrđivanja minimalnih zahtjeva u javnoj rasvjeti, kako bi se osigurao siguran i udoban tok prometa noću, sličan onome danju.

Iz ekonomskih razloga, s obzirom na potrebu rasvjetljavanja tisuća i tisuća kilometara ulica i putova kroz tisuće i tisuće sati pogona (godišnje vrijeme trajanja javne rasvjete iznosi oko 4.000 sati), bilo je potrebno uvesti redoslijed prioriteta u razmatranju osnovnih utjecajnih faktora, kao i



Sl. 3. Grafički prikaz kretanja poginulih od 0—24 sata i po godinama za područje grada Zagreba

ograničenja u pogledu važnosti nekih prometnica, a adekvatno tome i ograničenja u pogledu traženih zahtjeva za javnom rasvjetom. Navedimo i to, da svi propisi i preporuke, u principu, daju uvijek minimalne zahtjeve, dok ih praksa prihvaća kao maksimalne za dani trenutak i danu sredinu.

Većina zemalja raspolaže svojim nacionalnim preporukama ili propisima za javnu rasvjetu. Zadatak im je da budu osnovna orijentacija i putokaz kod projektiranja izvedbe i održavanja instalacija javne rasvjete. Loše izvedbe instalacije javne rasvjete koje se danas mogu sresti u pogonu su najčešće posljedica ili nepostojanja preporuka i propisa, pa time nejedinstvenih mjerila, ili što je češći slučaj, njihova pregruba ili nestručna primjena.

Česta je dilema u praksi, da li kao bazu uzeti rasvjetljenost (jedinica »lux«) ili luminanciju (jedinica »cd/m²«). Ta dilema je danas uglavnom prevladana i većina nacionalnih propisa i preporuka polazi od luminancije. Čak i propisi i preporuke koji još uvijek formalno sadrže brojčane vrijednosti za rasvjetljenost posredno prihvaćaju luminanciju kao meritorniju veličinu, jer su kod tih propisa redovito dane dvije vrijednosti rasvjetljenosti za svjetlu i tamnu površinu kolnika. Kao razlog što ne definiraju luminanciju obično navode kompliciranost njenog proračuna i mjerenja.

Ispravno projektiranje javne rasvjete polazi od zahtjeva da je potrebno osigurati vidljivost eventualnih prepreka, a kako je vidljivost rezultat kontrasta između same prepreke i pozadine na kojoj se prepreka ocrtava, teško je, i praktički nemoguće, ispravno projektiranje javne rasvjete na osnovi rasvjetljenosti, a posebno je teško ispravno i kontrolirano rasporediti tu količinu svjetlosne energije na površini kolnika da bi se osigurao traženi kontrast. Dobro projektiranje javne rasvjete uvijek mora imati za polaznu točku razmišljanje sa stanovišta luminancije, kada koristi svjetlosne tokove svjetiljki i njihovu prostornu i površinsku raspodjelu, premda se pri tom može rasvjetljenost koristiti kao izvjesna aproksimacija radi početnog izbjegavanja kompliciranijih računa. Ukoliko se ne postupi tako, postoji rizik velikih pogrešaka, koje kao posljedicu nose nepravilan raspored luminancije cestovne površine, a time i lošu instalaciju javne rasvjete.

Naime, u praksi je potvrđeno da one instalacije javne rasvjete koje imaju ispravnu raspodjelu luminancije površine kolnika, imaju i ispravni i zadovoljavajući raspored rasvjetljenosti koja omogućuje dobru vidljivost. Obrnuto, ako raspored rasvjetljenosti i udovoljava traženim zahtjevima ne postoji nikakva sigurnost da će nivo i raspodjela luminancije cestovne površine biti u redu.

Zaključimo stoga, da je luminancija jedino meritorna veličina na temelju čijeg nivoa i raspo-

djele na površini kolnika možemo doći do ispravne ocjene kvalitete neke instalacije javne rasvjete. To više što su danas već prevladane svojevremene početne poteškoće proračuna i mjerenja luminancije.

Autor je člankom želio istaknuti i ukazati na drugačiji pristup rješavanju te značajne problematike. Dan je jednostavan pristup u osnove suvremenih gledanja na javnu rasvjetu, gledanja koja u principu čine, i trebaju činiti, okosnicu svih suvremenih nacionalnih preporuka i propisa za javnu rasvjetu. Nije bilo moguće ući u analizu svih specifičnih detalja ove veoma opširne problematike, pa je pažnja usmjerena na nekoliko bitnih aspekata rasvjetljavanja prometnica s automobilskim prometom. Iz razmatranja je izostavljena specifična problematika rasvjetljavanja tunela i podzemnih prolaza, te niz specijalnih javno-prometnih površina.

2. OSNOVNA PROBLEMATIKA RASVJETLJAVANJA PROMETNICA S AUTOMATSKIM PROMETOM

2.1. Uvjeti vidljivosti u cestovnom prometu

Da bi određeni sistem cestovne rasvjete mogli smatrati kvalitetnim, on mora udovoljiti određenim osnovnim zahtjevima. Zahtjevi su osnovani na pretpostavci da javna rasvjeta neke prometnice mora osigurati takve uvjete vidljivosti da bi se postigao:

a) određeni stupanj prometne sigurnosti u vožnji noću, ne manji od onog u vožnji danju,
b) određeni stupanj prometnog komfora (udobnosti), približan onome u vožnji danju,
c) određeni kapacitet prometnice (propusna moć) noću, sličan predviđenom za vožnju danju.

Određeni (traženi) stupanj prometne sigurnosti u vožnji noću možemo postići već time, da nivo rasvjetljenosti neke prometnice dignemo na određenu vrijednost (npr. 30 do 40 lx ili cca 2 cd/m^2) i da direktno blještanje izvora svjetlosti ograničimo na razumnu mjeru. Istraživanja i statistike prometnih nezgoda pokazuju da već time znatno smanjujemo broj prometnih nezgoda, posebno smrtnih.

To još uvijek nije garancija da smo postigli i određeni stupanj prometnog komfora (udobnosti), koji u principu ne mora biti luksuzni, ali mora biti takav da omogućuje vožnju bez znatnog i neprekidnog naprezanja vida. Jedino se tada može očekivati glatki tok prometa, čak i na cestama s vrlo velikim prometom, a mogu se iskoristiti sve osobine normalnog prometnog kapaciteta određene prometnice. U tom slučaju je realno očekivati, da će se i moguće šanse prometnih nezgoda svesti na onakve, kakve prevladavaju danju, jer će kod potrebe sigurnog zapažanja određene prepreke, to zapažanje biti izvedeno bez velikog vidnog naprezanja, pa će i neki manji detalji u vidnom polju vozača (koji mogu biti presudni za sigurnu vožnju), postati lako uočljivi.

Gledan s ovog aspekta, zahtjev za određenim stupnjem prometnog komfora u uvjetima noćne vožnje ima i veliki ekonomski značaj, jer omogućuje relativno sigurni i glatki tok prometa, pa time povećava i prometni kapacitet neke ceste.

Značaj zahtjeva za prometnim komforom dolazi posebno do izražaja tamo, gdje visoki trend porasta vozila ne prate i određena konstruktivna rješenja prometne mreže. To je zato što takva rješenja (bilo nova ili rekonstrukcije) zahtijevaju značajna financijska sredstva. U nas je to skoro redoviti slučaj, posebno u osnovnim prometnim mrežama naših gradova. Taj će zahtjev imati i sve veći značaj u budućnosti, jer će unatoč boljim i suvremenijim konstruktivnim rješenjima cestovnih mreža, zahtjevi za sigurnijim, boljim i udobnijim uvjetima vožnje biti prirodni zahtjev većeg opsega, pa i prometnog standarda.

2.2. Uvjeti vidljivosti na prometnicama izvan naselja i u naseljima

Razmatrajući uvjete vidljivosti na prometnicama, a izvan naseljenih mjesta i u mjestima, možemo uočiti velike razlike, čak i kod iste ili približno iste gustoće automobilskog prometa.

U prvom slučaju (prometnice izvan naseljenih mjesta), vozila se kreću velikim brzinama, a međusobni razmak vozila relativno je velik. Središnje mjesto vidnog polja vozača je na prilično velikoj udaljenosti (100 m i više), a pozadina na kojoj će vozač zapaziti eventualnu prepreku, predstavlja prilično veliki dio vidljive površine prometnice. Prepreke (posebno pješaci) relativno su rijetke, a informacije koje vozač kontinuirano skuplja dolaze sa prilično širokog vidnog polja, čak s njegove periferije. Kompletna slika koju vozač prima u svom vidnom polju, homogena je i relativno statična.

Obrnuto, u gustom gradskom prometu, brzine su znatno manje, a međusobni razmaci vozila tankođer. Međusobni položaji vozila mijenjaju se znatno brže, posebno na bočnim stranama. Slika prometne situacije manje je homogena i dinamičnija. Pažnja vozača je stoga usmjerena na ono što se dešava na nekoliko desetaka metara (ili čak nekoliko metara) ispred i oko njega. Kratki dio cestovne površine predstavlja glavni centar pažnje vozača, a pozadina s koje se eventualno prepreke trebaju ocrtati, predstavlja za vozača »kaleidoskop« vozila, pješaka, biciklista, malih vidljivih dijelova površine ceste, dijelova fasada, dućana, ograda, prometnih znakova, semafora, itd. U tom konglomeratu vidljivih utisaka, sigurno i pravo-

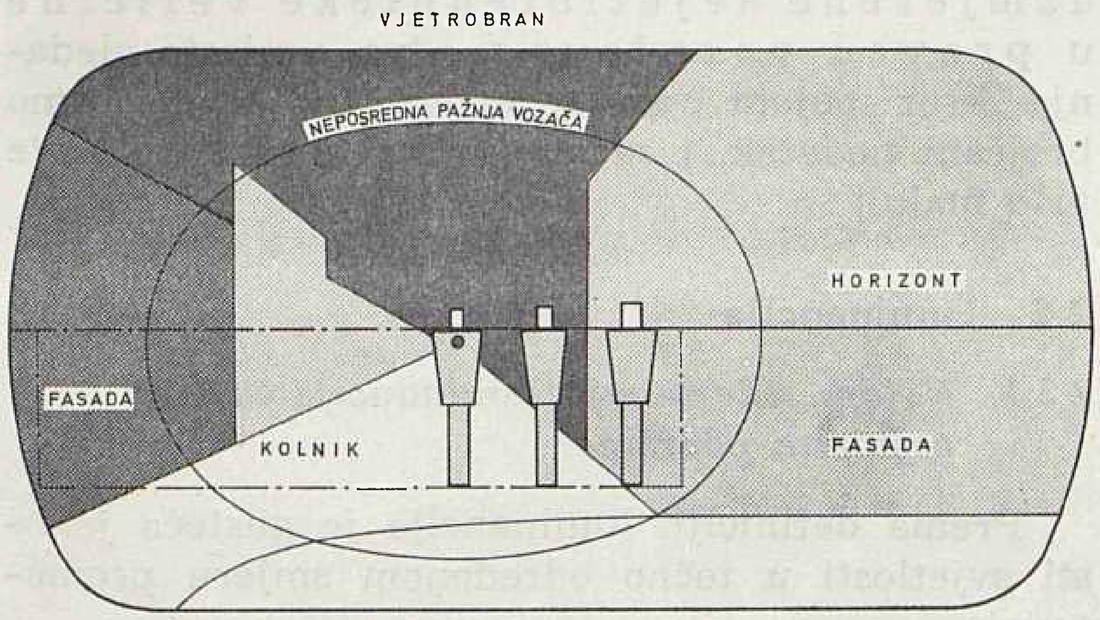
vremeno zapažanje eventualnih prepreka, prometnih znakova, semafora, a posebno svjetla drugih vozila (poziciona svjetla i žmigavci), ima za vozača u gradskom prometu najveću važnost.

2.3. Vidljivost u javnoj rasvjeti

U uvjetima noćne vožnje, vozač će svoj osnovni vizuelni zadatak prvenstveno ostvariti vidljivošću određenog objekta ili predmeta, koji može biti presudan za sigurnu vožnju.

Vidljivost nekog objekta ili predmeta proizlazi iz kontrasta između samog objekta i pozadine na kojoj se on ocrtava. Kontrast je u suštini psihološki utisak koji rezultira iz razlike kvantitativnih ili kvalitativnih vizuelnih podražaja složenih u prostoru jedan pored drugog. To znači, da se neki predmet može vidjeti samo onda ako je sjajniji ili svjetliji, manje sjajan ili tamniji od pozadine na kojoj se on ocrtava.

U javnoj rasvjeti vidljivost se u principu ostvaruje putem obrisa (silueta) — slika 4.



Sl. 4. Vidno polje i polje neposredne (normalne) pažnje vozača. Vidljivost pješaka ostvaruje se putem siluete (pozitivne, negativne ili mješovite)

Ukoliko je pozadina svjetlija od samog predmeta, predmet će se ocrtati u tamnoj silueti. Ova se silueta naziva pozitivnom. Obrnuto, ako je pozadina tamnija od samog predmeta, on se ocrtava kao svjetla silueta i naziva se negativnom.

Kada je pozadina jednako svjetla ili jednako tamna kao i predmet, on u pravilu postaje nevidljiv (kontrast je jednak nuli) ili jedva zamjetljiv.

Stoga, da bi vozač riješio svoj osnovni vizuelni zadatak u javnoj rasvjeti potrebno je:

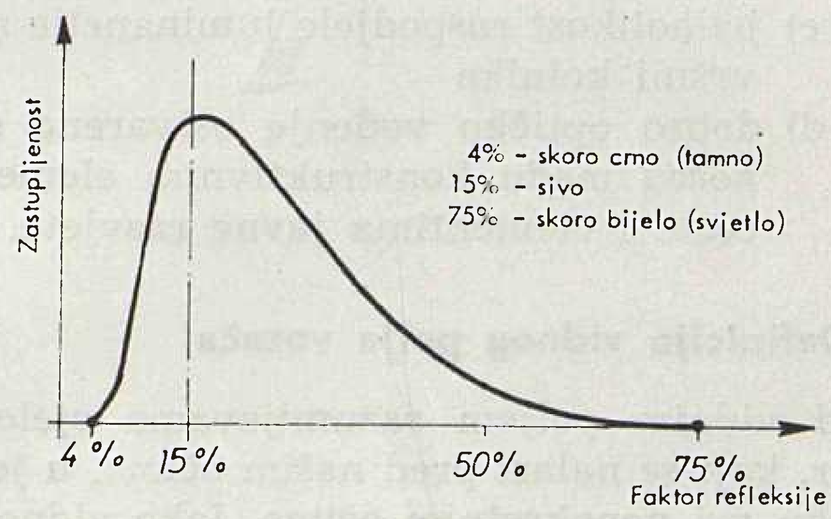
a) definirati određeni vizuelni zadatak kojeg možemo uzeti reprezentantom vizuelnih zadataka vozača u interesu sigurne vožnje vozača u uvjetima noćne vožnje,

b) definirati minimalne uvjete pri kojima će vozač taj vizuelni zadatak sigurno i udobno ostvariti.

2.3.1. *Definicija standardne prepreke*

Unatoč brojnim istraživačkim radovima oko definiranja reprezentativnog vizuelnog zadatka vozača u noćnoj vožnji ima još uvijek znatnih teškoća. To prvenstveno proizlazi iz same prirode prepreke s jedne strane (njen položaj, njene dimenzije, njenog faktora refleksije, njene učestalosti itd.), kao i optimalnog (dovoljno širokog) kruga cestovnih korisnika sposobnih da taj zadatak i ostvare (npr. utjecaj starosti vozača). To je navelo pribjegavanju soluciji vjerojatnosti zapažanja određene prepreke, osnovanoj na praksi i rezultatima mnogobrojnih istraživanja. Ne ulazeći detaljnije u analizu tih istraživanja, utvrdimo ovdje da je reprezentativni vizuelni zadatak definiran tzv. konvencionalnom standardnom preprekom i to kockom sa stranicama veličine 20×20×20 cm i faktorom refleksije 0,15.

Takva standarna prepreka mora biti dobro vidljiva od vozača s udaljenosti od 100 do 200 m, ovisno o brzini vožnje.



Sl. 5. Statistički prikaz zastupljenosti odjeće pješaka raznih faktora relaksije u prosječnom gradskom prometu

Prepreke takvih dimenzija, sasvim se sigurno ne mogu zanemariti sa stanovišta sigurnosti prometa, a praksa je pokazala, da se javna rasvjeta koja udovoljava ovom zahtjevu može sa stanovišta vidljivosti smatrati kvalitetnom.

Refleksioni faktor 0,15 uzet je na temelju statističkih promatranja zastupljenosti odjeće pješaka raznih faktora refleksije u prosječnom gradskom prometu (slika 5).

2.3.2. *Uvjeti vidljivosti određene prepreke*

Utvrđivanje uvjeta pod kojima će vozač ostvariti definirani zadatak svodi se u suštini na utvrđivanje kontrasta ili u krajnjem slučaju na utvrđivanje luminancije cestovne površine, kao jedine i najvažnije pozadine na kojoj se takva prepreka ocrtava.

Rezultati mnogobrojnih istraživanja na temelju standardne prepreke navode na zaključak da utvrđivanje optimalne vrijednosti luminancije površine kolnika, kod koje će vozač sigurno i s lakoćom zapažati eventualne prepreke, nije jednostavan problem. Jače izražena nejednoli-

kost i pojačano blještanje, kod iste zadane srednje luminancije, smanjuju sigurnost zapažanja, dok loše optičko vođenje smanjuje udobnost zapažanja.

Samo u slučajevima kada kompletna cestovna slika pruža vozaču nesumnjivi tok njenog pravca može se očekivati da će vozač s lakoćom zapažati važne detalje. Valja dakle postojati i apsolutna skladnost (harmonija) među konstruktivnim elementima ceste (okviri i dimenzije) i njene opreme (branici, mačje oči, a posebno to vrijedi za instalaciju javne rasvjete).

Rezimirajući iznijeto, možemo utvrditi, da su najvažniji faktori koji utječu na kvalitetu javne rasvjete (sa stanovišta sigurnog i udobnog zapažanja) slijedeći:

— za sigurno zapažanje:
  a) nivo rasvjete definiran luminancijom pozadine (površina kolnika)
— za udobno zapažanje:
  b) ograničenost blještanja vidljivih izvora svjetlosti
  c) jednolikost raspodjele luminancije na površini kolnika
  d) dobro optičko vođenje ostvareno skladnošću među konstruktivnim elementima ceste i elementima javne rasvjete.

2.4. Definicija vidnog polja vozača

Pod vidnim poljem razumijevamo cjelokupni prostor, koji se nalazi pred našim očima, u jednom trenutku pri nepokretnim očima. Iako vidno polje može biti monokularno (viđenje jednim okom), ovdje ćemo razmatrati binokularno viđenje (viđenje s dva oka). Vertikalni raspon vidnog polja iznosi oko 140° jer je prema gore ograničeno obrvama a prema dolje obrazima. Širina vidnog polja s oba oka iznosi oko 180°. Pri tome svako oko ima širinu vidnog polja od oko 150°. U središnjem dijelu od oko 120° poklapaju se vidna polja lijevog i desnog oka. Sve što se nađe u tom dijelu vidnog polja percipira se sa oba oka — binokularno.

Pri vožnji rasvjetljenom prometnicom izvan naseljenih mjesta vozač je uglavnom zaokupljen samo dijelom svog vidnog polja i to prvenstveno dijelom prometnice između 60 do 160 m ispred sebe, ovisno o brzini kojom vozi, i o karakteru same prometnice. Iz toga slijedi, da jedini važni smjer promatranja vozača čini vrlo male kuteve (0,5° do 1,5°) sa horizontalnom površinom ceste (slika 6). Uzima se kao normalno da se točka s koje vozač promatra taj dio prometnice nalazi na simetrali vozne trake ($b/4$), gdje je b širina prometnice.

Definiravši u ranijem izlaganju standardnu konvencionalnu prepreku i vidno polje vozača, ostvarili smo mogućnost jednoznačnog praktičnog proračuna osnovnog kriterija dobre instalacije javne rasvjete — sigurno zapažanje. Iako su pri tom učinjene neke aproksimacije praksa je pokazala da su uvjeti vidljivosti kod takvih instalacija veoma dobri.

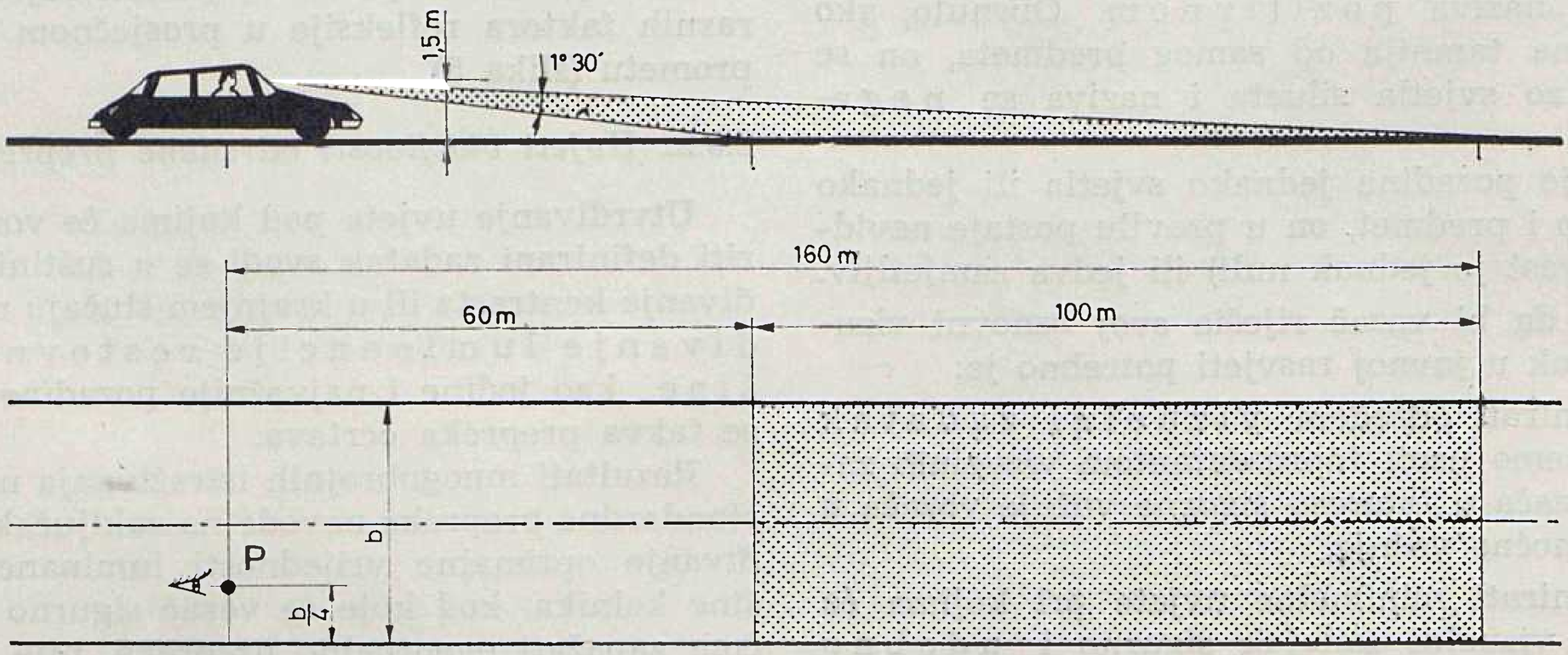
To u suštini predstavlja drugačije gledanje na rješenja javne rasvjete cesta s automobilskim prometom, gledanja sa stanovišta luminancije kao usmjerene svjetlotehničke veličine u pravcu vozačevog oka umjesto gledanja kroz pojam rasvjetljenosti koji daje samo brojčani podatak, i sa stanovišta kvalitete kazuje vrlo malo.

2.5. Luminancija

2.5.1. *Pojam i definicija luminancije točke cestovne površine*

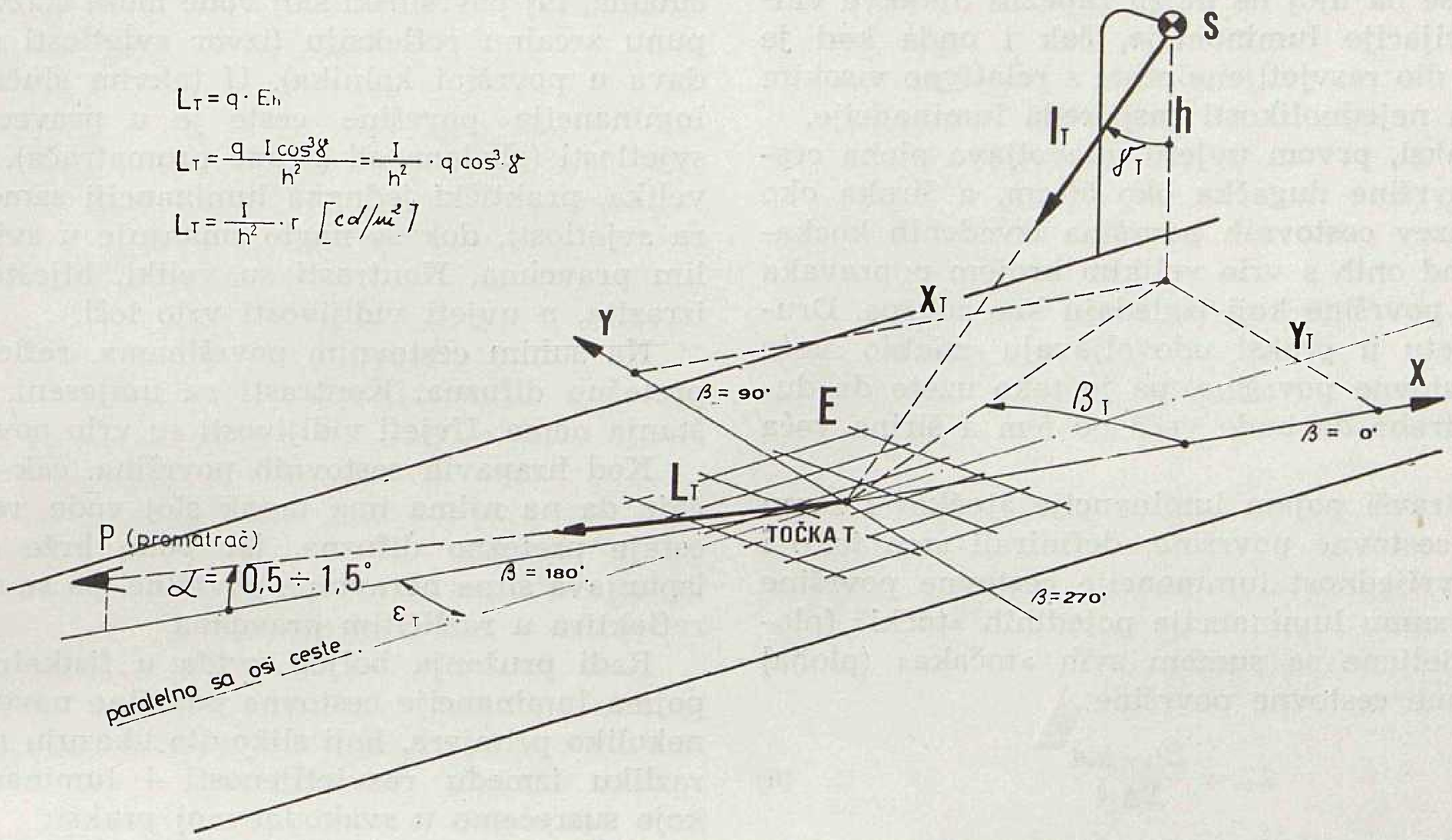
Prema definiciji, luminancija je gustoća jakosti svjetlosti u točno određenom smjeru promatranja.

Neovisno o refleksionim svojstvima cestovne površine, luminancija neke točke cestovne površine ovisi (vezano na samu definiciju) o položaju i jakosti izvora svjetlosti, i o položaju promatrača. Kako smo položaj proma-



Sl. 6. Vidno polje vozača — definicija

trača već definirali (vidno polje vozača), ostaje nam da definiramo položaj izvora svjetlosti i njihovu međusobnu vezu. Sve elemente koji definiraju položaj izvora svjetlosti zovemo skupnim nazivom geometrijom određene instalacije javne rasvjete (slika 7).



Sl. 7. Geometrija instalacije javne rasvjete

Za slučaj prikazan na slici 7 luminancija u točki T cestovne površine, promatrane iz točke P, može se definirati kako slijedi:

Ukoliko izvor svjetlosti S, montiran na visini »h« iznad cestovne površine, zrači jakost svjetlosti I u pravcu točke T, tada će horizontalna rasvjetljenost u točki T biti:

$$E_h = \frac{1}{h^2} \times \cos^3 \gamma \qquad (1)$$

Dio svjetlosnih zraka, koje padaju na cestovnu površinu u točki T, bit će apsorbirane od same površine, a dio će se reflektirati od nje. Od svih reflektiranih svjetlosnih zraka u točki »T« samo će dio njih pasti na oko promatrača u točki P u pravcu promatranja (ostatak će biti raspršen u svim ostalim pravcima), i na taj način pružiti promatraču dojam sjajnosti (a time i vidljivosti) točke T.

Kako je rasvjetljenost gustoća svjetlosnog toka na jedinicu površine, luminancija točke T promatrana iz točke P bit će proporcionalna rasvjetljenosti, pa možemo pisati:

$$L = q \times E_h \qquad (2)$$

gdje je »q« faktor proporcionalnosti kojeg ovdje zovemo koeficijent luminancije.

Koeficijent luminancije »q« veličina je koja karakterizira refleksiona svojstva određene površine.

Koristeći izraz (1) možemo pisati:

$$L = \frac{1}{h^2} \times q \times \cos^3 \gamma \qquad (3)$$

ili

$$L = \frac{1}{h^2} \times r \qquad (4)$$

gdje je:

L (cd/m²) — luminacija točke
I (cd) — jakost izvora svjetlosti u pravcu točke T
E (lx) — horizontalna rasvjetljenost u točki T
h (m) — visina montaže izvora svjetlosti
γ (o) — upadni kut
q (steradiom⁻¹) — koeficijent luminacije
r = q × cos³ γ (bez dimenzije) — faktor luminacije

U slučaju da luminanciji točke T pridonose više od jednog izvora svjetlosti, ukupna luminancija se određuje jednostavnom sumom udjela pojedinih izvora svjetlosti i to:

$$L = \sum_{i=1}^{i=n} \times L_i \sum_{i=1}^{i=n} \times \frac{I_i}{h^2} \times q_i \times \cos^3 \gamma =$$

$$L = \sum_{i=1}^{i=n} \times \frac{I_i}{h^2} \times r_i \qquad (5)$$

gdje je: n = broj izvora svjetlosti.

Izraz (5) smatra se definicijom luminancije točke cestovne površine.

2.5.2. *Srednja luminancija cestovne površine*

U prethodnoj točki razmatrali smo luminanciju točke cestovne površine, bez da smo pobliže definirali pojam »točka« cestovne površine. U suštini,

pod pojmom »točka« cestovne površine podrazumijevamo malu plohu cestovne površine. Odabrana ploha treba s jedne strane biti relativno velika u usporedbi s pojedinim elementima sastava cestovne površine (granulata), dok s druge strane mora biti tako mala (gledana s točke promatranja), da se na njoj ne mogu zapaziti nikakve vidljive varijacije luminancije, čak i onda kad je ta ploha dio rasvjetljene ceste s relativno visokim stupnjem nejednolikosti rasporeda luminancije.

U praksi, prvom uvjetu udovoljava ploha cestovne površine dugačka oko 50 cm, a široka oko 5 cm, izuzev cestovnih površina izvedenih kockama ili kod onih s vrlo velikim brojem popravaka cestovne površine koji izgledaju kao zakrpe. Drugom uvjetu u praksi udovoljavaju znatno veće plohe cestovne površine, pa je tako uzeto da dužina ne treba da bude veća od 5 m a širina veća od 2 m.

Definiravši pojam luminancije »točke« i samu »točku« cestovne površine, definirali smo tako i srednju vrijednost luminancije cestovne površine i to kao sumu luminancija pojedinih »točki« (ploha) podijeljene sa sumom svih »točaka« (ploha) promatrane cestovne površine:

$$L_m = \frac{\Sigma L \cdot \Delta A}{\Sigma \Delta A} \qquad (6)$$

Promatrana cestovna površina je dio ceste između 60 i 160 m od točke promatranja (vidno polje vozača), i taj dio ceste predstavlja pozadinu na kojoj se prepreka ocrtava bilo kao pozitivna ili negativna silueta.

2.5.3. *Srednja luminancija cestovne površine kao kriterij kvalitete javne rasvjete*

Iz dosadašnjih razmatranja možemo uočiti da do sada upotrebljeni pojam rasvjetljenosti (lx) u javnoj rasvjeti označuje samo podatak o količini svjetlosnog toka koji pada na jediničnu površinu cestovne površine. Ta nam veličina daje korisni brojčani podatak, ali je bez ikakve praktične koristi pri ocjeni javne rasvjete sa stanovišta već definiranih zahtjeva te kvalitete.

Veliki napredak u procjeni kvalitete u javnoj rasvjeti ostvaren je uvođenjem pojma luminancije umjesto rasvjetljenosti.

Dvije cestovne površine jednako rasvjetljene mogu dati dvije različite vizuelne impresije, a to znači da imaju različite luminancije.

Luminancija cestovne površine, promatrana kao sekundarni izvor svjetlosti ovisi istodobno o upadnoj svjetlosti kao i o refleksionim svojstvima same površine kolnika. Kod javne rasvjete, refleksija sa cestovne površine je miješana, tj. djelomično je zrcalna a djelomično difuzna. Na jednoj te istoj cestovnoj površini udjeli navedenih refleksija (u ukupnoj refleksiji) mijenjaju se ovisno o položaju izvora svjetlosti u odnosu na pravac promatranja određene točke (definiran kutem β na slici 7), kao i o upadnom kutu svjetlosti (kut γ), dok zanemarivo malo ima utjecaja definirani kut α.

Na mokroj cestovnoj površini, površinski sloj vode povećava udio zrcalne refleksije u ukupnoj refleksiji, a na izrazito glatkim cestovnim površinama, taj površinski sloj vode može izazvati potpunu zrcalnu refleksiju (izvor svjetlosti se ogledava u površini kolnika). U takvim slučajevima, luminancija površine ceste je u pravcu izvora svjetlosti (gledana od strane promatrača), izrazito velika, praktički jednaka luminanciji samog izvora svjetlosti, dok se naglo smanjuje u svim ostalim pravcima. Kontrasti su veliki, blještavost je izrazita, a uvjeti vidljivosti vrlo loši.

Na suhim cestovnim površinama, refleksija je pretežno difuzna. Kontrasti su umjereni, a blještanja nema. Uvjeti vidljivosti su vrlo povoljni.

Kod hrapavih cestovnih površina, čak i u slučaju da na njima ima tanak sloj vode, refleksija ostaje pretežno difuzna, jer voda brže otječe i ispunjava sitne neravnine površine, pa se svjetlost reflektira u različitim pravcima.

Radi pružanja boljeg uvida u fizikalnu sliku pojma luminancije cestovne površine navest ćemo nekoliko primjera, koji slikovito ukazuju na bitnu razliku između rasvjetljenosti i luminancije, a koje susrećemo u svakodnevnoj praksi:

a) Bijele naizmjenične pruge kod pješačkih prijelaza (zebre«) vizuelno se bitno razlikuju od tamnih, iako su i jedne i druge jednako rasvjetljene (npr. od istih izvora svjetlosti instalacije javne rasvjete).

b) Pri vožnji u jutarnjim ili večernjim satima, na prometnici čiji je pravac usmjeren u pravcu sunca (bez direktnog blještanja), lako možemo uočiti potpuno različiti izgled ceste u pravcu vožnje (prema suncu) i u suprotnom pravcu (taj dio ceste možemo vidjeti u retrovizoru), iako su oba dijela cestovne površine potpuno jednako rasvjetljena sunčevim zrakama.

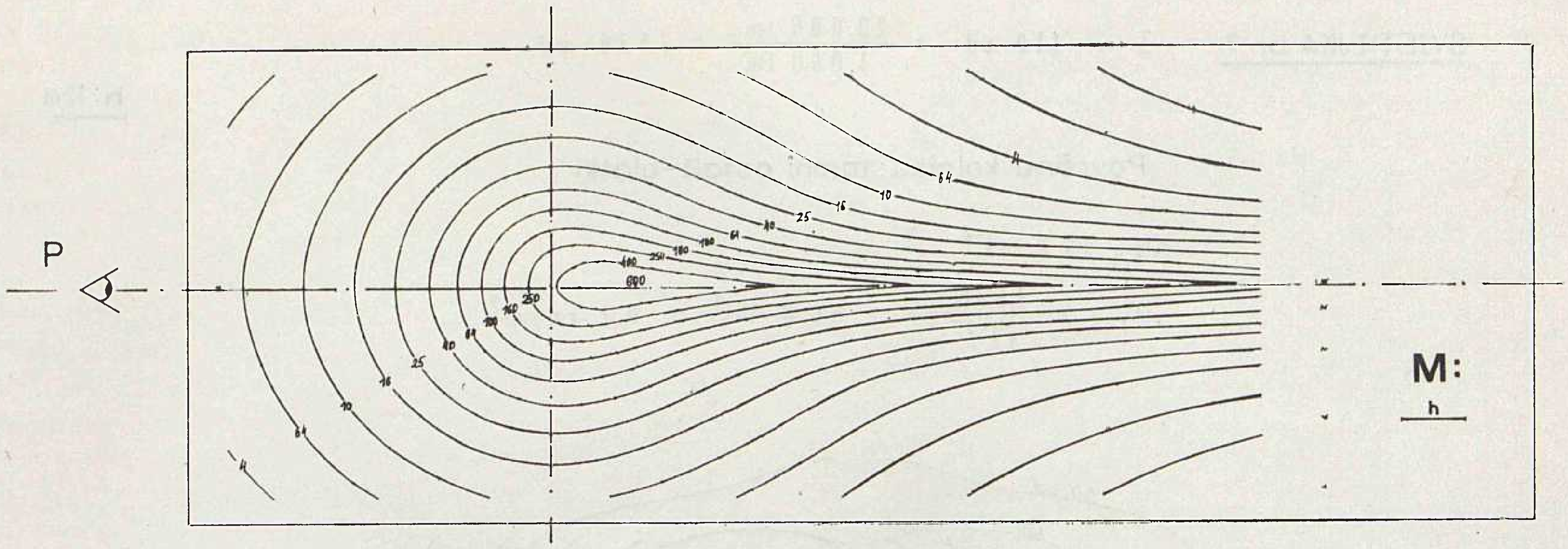
c) Svatko je od nas bio, ne jednom, zadivljen prekrasnim noćnim ugođajem kojeg stvaraju »rasvjetljene« gradske prometnice pod prvim bijelim snježnim pokrivačem, u usporedbi sa izgledom istih (i isto »rasvjetljenih«) prometnica pri, recimo, mokroj površini kolnika.

2.6. Karakteristike cestovne površine

U pogledu refleksionih svojstava cestovne se površine međusobno znatno razlikuju, i to uglavnom ovisno o:

— prirodi podloge,
— primijenjenom sastavu granulata i tehnologije izrade,
— stanju istrošenosti,
— stanju vlažnosti.

Kao što je već rečeno radi definiranja refleksionih karakteristika cestovne površine uveden je koeficijent luminancije q, jer je $L = q \times Eh$).



Sl. 8. -ISO-r dijagram ($r = q \cdot \cos^3\gamma$) neke površine kolnika. P-točka promatranja

U principu, koeficijent luminancije za određenu točku određene cestovne površine ovisi najviše o pravcu upadne svjetlosti γ i o pravcu promatranja α. U prostornoj raspodjeli kutevi γ i α određeni su još i azimetalnim kutevima β i ε (vidi sliku 7). Praktična iskustva su pokazala da se q jako malo mijenja za definirani srednji vertikalni kut promatranja $\alpha = 1°$ pa je koeficijent luminancije funkcija samo dvaju kuteva

$$q = f(\gamma, \beta)$$

iz praktičnih razloga proračuna koeficijent luminancije nadomješten je veličinom »r«

$$r = q \cdot \cos^3 \gamma$$

r nazivamo faktorom luminancije.

Za praktične proračune izrađuju se putem laboratorijskih mjerenja krivulje iso-r i iso-q za određenu cestovnu površinu (vidi sliku 8 i 9).

Krivulje na slici 8 predstavljaju proicirane vrijednosti različitih pozicija izvora svjetlosti iznad površine kolnika, za koje je umnožak »$q \times \cos^3 \gamma$« $= r$, za točku »T« promatranu od promatrača iz »P«, konstantan. Zato se te krivulje i zovu iso-r i iso-q.

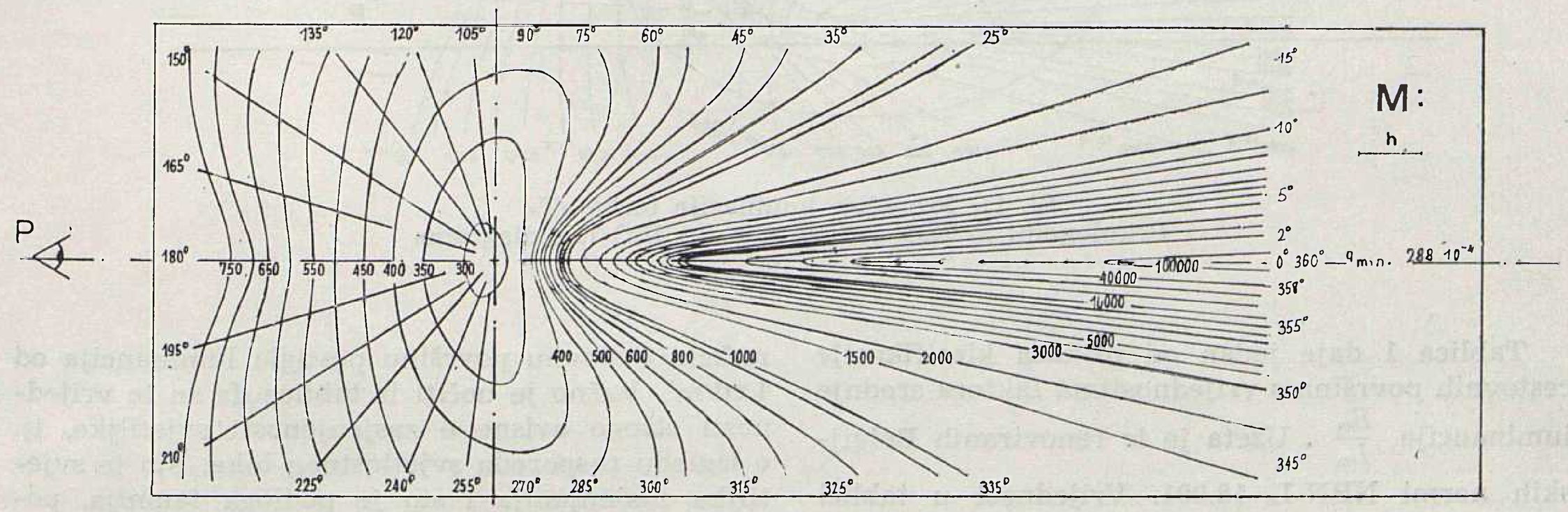
Slike 10 i 11 prikazuju praktičnu metodu proračuna luminancije uzimajući navedene podloge.

Situaciju dijela prometnice za koju se traži proračun luminancije valja nacrtati na transparentu i položiti je na iso-r i iso-q dijagram tako, da simetrala tog dijagrama leži na pravcu P-T (promatrač — točka »T«). Situacija dijela prometnice mora biti nacrtana u istom mjerilu u kojem su dani i dijagrami. Sada možemo očitati na dijagramu sve vrijednosti »$q \cos^3 \gamma$« za svaku svjetiljku zadane situacije javne rasvjete, kao i vrijednosti rasvjetljenosti ili jakosti izvora svjetlosti za točku »T«. Za slijedeću točku postupak se ponavlja.

Očito je da takva metoda zahtijeva za svaku cestovnu površinu izradu iso-r ili iso-q dijagrama, što ne omogućuje brze proračune. Na međunarodnom planu istraživanja su usmjerena na klasifikaciju cestovnih površina čija se refleksiona svojstva mogu karakterizirati ograničenim brojem parametara. Dva takva parametra koja se najčešće sreću su:

— srednji koeficijent luminancije »q_o«,

— koeficijent zrcaljenja »k«.



Sl. 9. -ISO-q diagram neke površine kolnika. P-točka promatranja

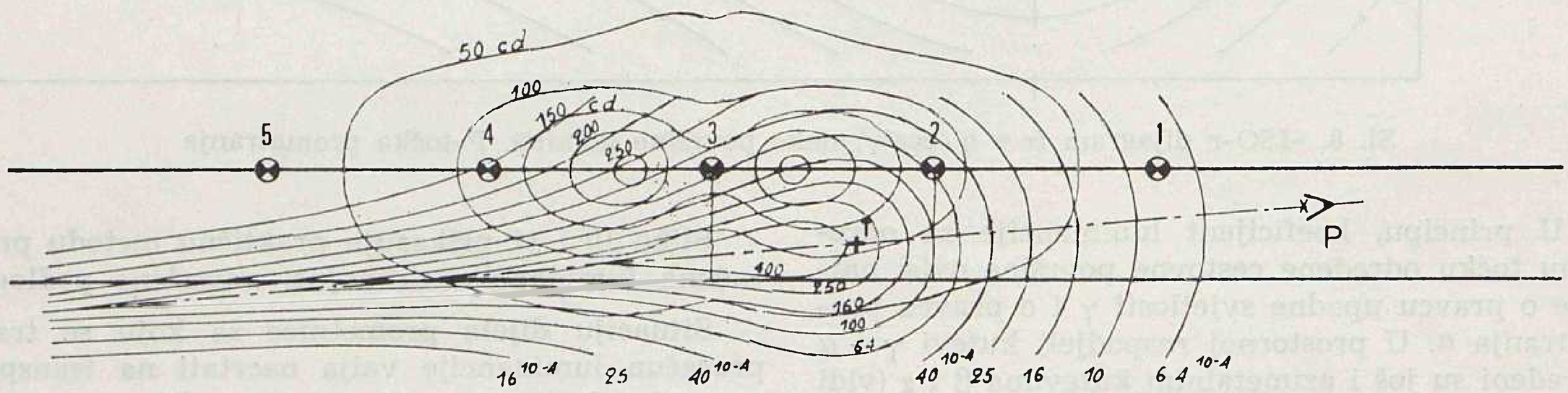
SVJETILJKA br 3 $I = 110\ cd \times \frac{23.000\ lm}{1.000\ lm} = 2.530\ cd$

h: 12 m

Površina kolnika: tamni asfalt-glatki

$r = 56\ 8\ 10^{-4}$

$L_{T\ 3} = \frac{2530\ cd}{12^2} \times 56{,}8\ 10^{4} = 0.1\ cd/m^2$



Sl. 10. Proračun luminacije točke »T«
Primjenom: a) ISO-r diagrama; b) ISO-candelnog diagrama

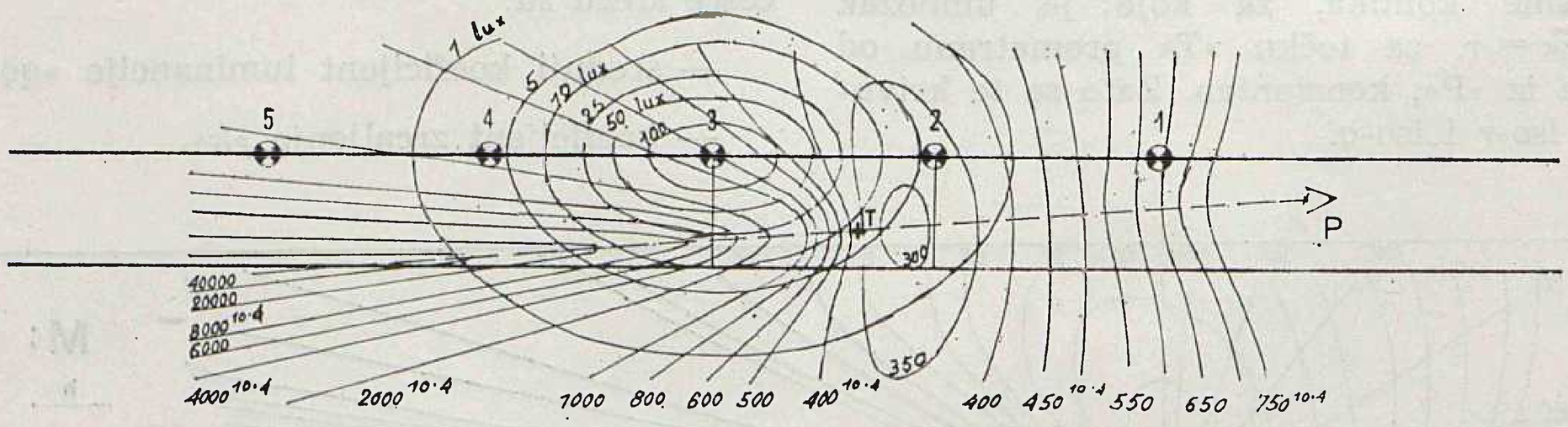
ŠVJETILJKA br. 3 $E = 7{,}8\ lux \times \frac{23.000\ lm}{1.000\ lm} = 179{,}4\ lux$

h 12 m

Površina kolnika: tamni asfalt-glatki.

$q = 800\ 10^{-4}$

$L_{T\ 3} = \frac{179{,}4\ lux}{12^2} \times 800\ 10^{-4} = 0\ 1\ cd/m^2$



Sl. 11. Proračun luminacije točke »T«
Primjenom: a) ISO-q diagrama; b) ISO-lux diagrama

Tablica 1 daje jedan od prikaza klasifikacije cestovnih površina s vrijednostima faktora srednje luminancije $\frac{E_m}{L_m}$. Uzeta je iz renoviranih Belgijskih normi NBN-L 18.001. Vrijednost u tablici predstavljaju potrebni broj luksa, da bi se za određenu cestovnu površinu postigla luminancija od 1 cd/m². Važno je uočiti iz tablice da su te vrijednosti strogo ovisne o zasjenjenosti svjetiljke, tj. o izgledu rasporeda svjetlostnog toka. Što je svjetiljka zasjenjenija i što je podloga tamnija, potrebno je više luksa za istu luminanciju.

Vrijednosti faktora srednje luminancije Em/Lm

Tablica 1

Kategorija svjetiljke	Vrste podloga			
	Beton sjajni	Beton mat	Asfalt sjajni	Asfalt mat
	ρ=20%	ρ=20%	ρ=10%	ρ=10%
Zasjenjena (*l* max od 50° do 60°)	7—14	9—14	12—20	16—27
Djelomično zasjenjena (*l* max od 50° do 70°)	6—12	8—14	11—20	14—27
Nezasjenjena	6—8	7—11	10—16	13—21

gdje je ρ — faktor refleksije cestovne površine.

3. OSNOVNI KRITERIJI KVALITETE JAVNE RASVJETE I NJIHOVA KORELACIJA

Kao što je već rečeno, tri su bitna faktora koja čine kvalitativne kriterije neke instalacije javne rasvjete i to:

— srednji nivo luminancije površine kolnika,
— jednolikost raspodjele luminancije površine kolnika,
— ograničenost blještanja.

Naravno, postoji i četvrti kriterij, a to je:

— optičko vođenje, ali ga ovdje, radi njegovog kvantitativnog izraza, nećemo razmatrati.

Valja naglasiti, da između triju navedenih glavnih kriterija kvalitete postoji apsolutna uska veza, koja u neku ruku proizlazi i iz kriterija ekonomike.

Konačni kvalitativni efekt neke instalacije javne rasvjete, ovisi uglavnom o nekoliko elemenata koji se mogu podijeliti u tri grupe:

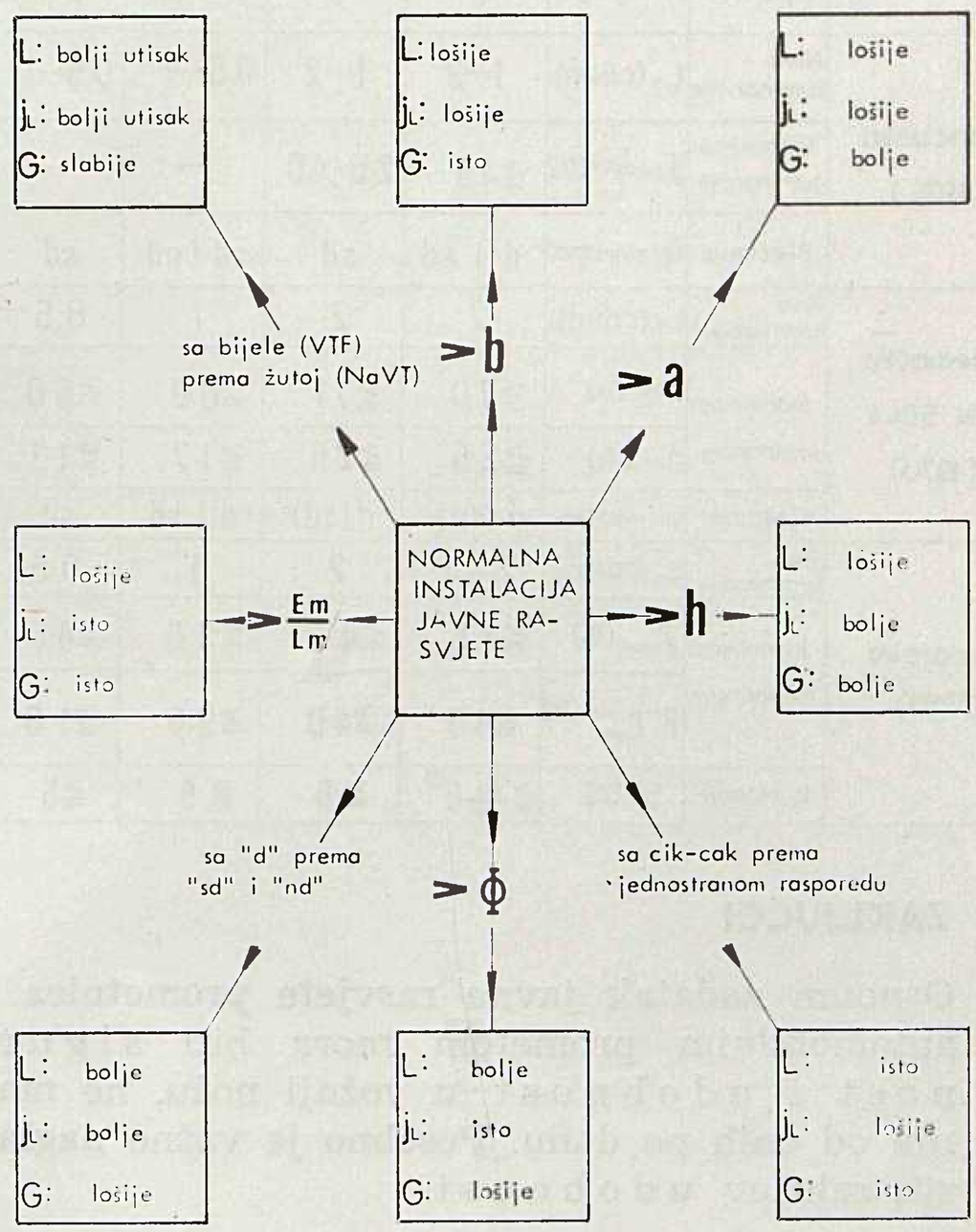
a) Elementi koji se odnose na geometriju instalacije, širina prometnice »*b*«, međuraznak »*a*«, visina montaže izvora svjetlosti »*h*« i vrsta raspoređa izvora svjetlosti (jednostrani, dvostrani itd.).

b) Elementi koji se odnose na svjetiljku i izvor, tok izvora svjetlosti, oblik krivulje raspodjela jakosti svjetiljke (zasjenjena — »*d*«, djelomično zasjenjena — »*sd*« i nezasjenjena — »*nd*«) i na kraju boja izvora svjetlosti.

c) Elementi koji se odnose na refleksione karakteristike površine kolnika, npr. srednji faktor luminancije $R = \frac{E_m}{L_m}$.

Slika 12 daje shematski prikaz varijacija *L* (srednje luminancije), *jL* (jednolikost luminancije) i *G* (blještanje) u ovisnosti o promjenama jednog od osnovnih parametara instalacije javne rasvjete, dok drugi ostaju za to vrijeme nepromijenjeni.

Neosporno je da se na temelju takvog prikaza ne mogu donositi nikakvi kvantitativni sudovi, jer je pri tom izostavljen faktor ekonomičnosti. Valja međutim naglasiti da postoji apsolutna međuovisnost između tih triju osnovnih elemenata kvalitete javne rasvjete *L* (srednja luminancija), *jL* (jednolikost luminancije) i *G* (blještanje) i nedopustivo je kod rješavanja javne rasvjete zanemariti tu ovisnost.



Sl. 12. Shematski prikaz varijacija L (srednja luminancija), jL (jednolikost luminancije) i G (blještanje) u ovisnosti o promjeni nekih osnovnih parametara instalacije javne rasvjete

4. TABLIČNI PRIKAZ KOMPARACIJE NEKOLIKO NACIONALNIH PREPORUKA ZA JAVNU RASVJETU

Na kraju ovog razmatranja radi orijentacije dana je tablica s pojednostavljenim osnovnim elementima kriterija kvalitete i njihovim brojčanim vrijednostima za nekoliko Evropskih nacionalnih preporuka i propisa.

Temelj svih preporuka su internacionalne preporuke za rasvjetu javnih putova (CIE N° 12 E-3.3.1.) iz 1965. godine. Slične podatke imaju Italija, Danska, Nizozemska, Engleska i SSSR. Prema najnovijim informacijama noveliranju svojih nacionalnih preporuka za javnu rasvjetu pristupile su ove zemlje: Belgija, Švicarska, Engleska i SSSR.

PREPORUKE ZA JAVNU RASVJETU — TABELA 2

Preporuke	Kriteriji kvalitete		Klasa prometnice TIP I	TIP II	TIP III	TIP IV
Belgija NBN-L 18.001 (1974)	Nivo luminancije	L_m (cd/m²)	2—2,5	2—4	—	—
	Jednolikost luminancije	$jL_{(u)}$ (%)	70	60	—	—
		$jL_{(p)}$ (%)	35	30	—	—
		$jL_{(m)}$ (%)	40	40	—	—
		E_m (lx)	—	—	10-30	5—10
	Jednolikost rasvjetljenosti	jr (%)	—	—	20-40	—
	Blještanje	tip svjetiljke	d	d	d i sd	d i sd
Francuska (1974)	Nivo luminancije	L_m (cd/m²)	1—2	1—2	0,5—1	0,5—1
	Jednolikost luminancije	$jL_{(m)}=\frac{L_{min}}{L_m}$ (%)	≧40	25-40	—	—
	Blještanje	tip svjetiljke	d i sd	sd	sd i nd	sd
Njemačka DIN. 5044 (1970)	Nivo luminancije	L_m (cd/m²)	2	2	1	0,5
	Jednolikost luminancije	$jL_{(u)}$ (%)	≧70	≧77	≧60	≧50
		$jL_{(p)}$ (%)	≧25	≧25	≧17	≧12
	Blještanje	tip svjetiljke	d (sd)	d (sd)	d i sd	sd
Švicarska (1969)	Nivo luminancije	L_m (cd/m²)	2[1)]—4[2)]	2	1	0,5
	Jednolikost luminancije	δ_{max} (%)	≦15	≦15	≦30	≦45
		$jL=\frac{L_{min}}{L_{max}}$ (%)	≧40	≧40	≧25	≧18
	Blještanje	SADG	≧7[1)] ≧5[2)]	≧5	≧5	≧5

5. ZAKLJUČCI

1. Osnovni zadatak javne rasvjete prometnica s automobilnim prometom mora biti sigurnost i udobnost u vožnji noću, ne manja od onih po danu. Posebno je važno naglasiti zahtjev udobnost.
2. Kao osnovni kriteriji kvalitete javne rasvjete treba prihvatiti luminanciju (cd/m²) cestovne površine umjesto do sada upotrebljavanog pojma rasvjetljenosti (lx).
3. Postoji apsolutna međuovisnost između triju osnovnih elemenata kvalitete javne rasvjete: *L* (srednja luminancija), *jL* (jednolikost luminancije i *G* (blještanje). Nedopustivo je kod rješavanja instalacije javne rasvjete zanemariti tu međuovisnost.
4. Proizvođači svjetiljki trebaju izdati potrebnu i mjerodavnu dokumentaciju za svjetiljke kao osnovu za točne proračune (krivulje iso-lux, krivulje iso-candela, I-y dijagrame, krivulje faktora korisnosti, polarne dijagrame, itd.)
5. Bilo proizvođači svjetiljki, bilo neka druga naučna institucija mora ozbiljno započeti sređivati dokumentaciju o našim tipskim cestovnim površinama i njihovim refleksivnim svojstvima.

Literatura

1. »Recommandations Internationales pour l'Eclairage de Voles« — publication C.I.E. № 12 (E - 3.3.1.) — 1965. de la Comunission Internationale de l'Eclairage
2. »Recommandations Internationales pour l'Eclairage du résean Autoroutier« — publication C.I.E. № 23 (T.C. - 4.6.) — 1972.
3. »Code de Bonne Pratique de l'Eclairage de Vole Publique« NBN 254—2965. (2e Edition). Institut Belge de Normalisation Redige par le Comite National Belge de l'Eclairage.
4. »Code de Bonne Pratique de l'Eclairage des Voies Publiques« — NBN — L 18.001. — 1974. (prijedlog)
5. »Recommandations relatives à l'Eclairage exteiieur« — Redigees par l'Association Française de l'Eclairage (4e edition — januar 1974.)
6. »Public lighting« — J. B. de Boer, 1967.
7. »Les luminasices en tant que criteres de qualite de l'eclairage public« — by proff. P. Massart.
8. Itd.

Naslov pisca: Edo Širola, dipl. ing., Zagreb

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA

KARLOVAC

Obavlja kemijsku zaštitu (kotlovsku impregnaciju) svih vrsti željezničkih pragova, pragova za smještaj kranskih dizalica, stupova za TT i EV vodove, kocaka za hale, rudno drvo i ostali građevinski materijal od drveta.

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

SPREČAVANJE BUKE U TERMOELEKTRANAMA

Kiril A. Tropin, Beograd

Sprečavanje buke u termoelektranama mora da se vrši pre svega zbog štetnog dejstva buke na sluh čoveka. Sem toga buka može pod određenim uslovima da smanji produktivnost rada.

Čovekovo uho ima osobinu da se prilagođava, adaptira buci. Međutim, pri dovoljno dugom delovanju buke nastaje privremeno (slušno zamaranje) ili trajno (nagluvost) smanjenje oštrine sluha, koje zavisi od intenziteta, učestanosti i trajanja delovanja buke.

Intenzitet buke određuje se, zvučnim pritiskom buke (brojem bara). Najmanji zvučni pritisak, koji zapaža uho (granica čujnosti) jednak je 0,0002 mikrobara, dok najveći zvučni pritisak, koji se opaža bez bola iznosi oko 1.000 mikrobara. Kada se smanji intenzitet ili učestanost buke uho pre reaguje na odnos nove vrednosti prema prethodnoj vrednosti, nego li na njihovu apsolutnu razliku. Zbog toga se pri praktičnim merenjima buke koristi relativna skala nivoa zvučnih pritisaka baždarena u decibelima dB (A). Razlika od 20 dB između dve vrednosti kazuje da je jedna vrednost 10 puta veća od druge; pri razlici od 40 dB odnos iznosi 100, itd. Buka bezopasna za uho postaje štetna kada se njen nivo poveća za 10 dB i veoma štetna pri povećanju za 20 dB.

Za sluh je naročito štetna buka srednjih učestanosti (maksimum 2.000 Hz) opsega čujnosti zvučnog spektra (20—20.000 Hz). Zbog toga se merači nivoa zvuka opremaju elektronskim filterima, koji tako integriraju zvučnu energiju, da karakteristike takvih merača nivoa buke prikazuju reakciju na buku čovekovog uha. Takvi merači nivoa zvuka graduišu se u dB (A).*

S obzirom na to da štetnost buke raste s trajanjem njenog dejstva, u SAD su ustavnim putem (tako zvani zakon Volša Hili) normirane granične dozvoljene vrednosti buke u proizvodnim preduzećima u zavisnosti od trajanja njenog delovanja.

Nivo buke, db (A)	Maksimalno trajanje izlaganja buci h/dan
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1,5
105	1,0
110	0,5 (30 min)
115	0,25 (15 min)

* Decibeli za zvuk db [A] bazirani su na veličini pritiska zvuka od 0,0002 mikrobara

Ove norme u potpunosti odgovaraju našim normama iz »Pravilnika o opštim merama zaštite na radu od buke u radnim prostorijama« (Služb. list SFRJ, broj 29/1971).

Štetno dejstvo buke pod ostalim uslovima povećava se sa smanjenjem frekventnog opsega buke, pri iznenadnoj pojavi buke, a isto tako kada se javljaju vibracije, koje se prenose na unutrašnje uho čoveka preko sredine veće gustine.

Reflektovani zvuci od zidova u zatvorenim prostorijama također povećavaju buku i izazivaju jeku.

Oprema termoelektrana stvara buku skoro svih učestanosti zvučnog spektra, koje može da razlikuje čovekovo uvo. Buku niskih učestanosti stvaraju ložišta, ventilatori i valjčasti mlinovi srednjih brzina. Buku srednjih učestanosti stvaraju prvenstveno gas ili para, koji sa velikom brzinom prolaze kroz ventile, zasune, klapne.

Najefikasniji načini sprečavanja buke mogu da se sprovedu u fazi projektovanja, naručivanja opreme i izgradnje. Firme-proizvođači nude opremu sa prigušenom bukom i »malo-bučnu« opremu — ventilatore, pumpe, armaturu za cevovode, reduktore, i dr. Veliku ulogu igra kvalitet montaže opreme.

Potreba da se okolno stanovništvo zaštiti od buke izazivala je u SAD osetno smanjenje broja elektrana s agregatima montiranim na otvorenom prostoru. Dok je 1963. god. 42% (od snage) svih turboagregata, koji su te godine ušli u pogon, bilo postavljeno van zgrada (njihova srednja snaga iznosila je 180 MW), dotle su posle 1971. god. agregati postavljeni na otvorenom prostoru činili samo 15% od ukupne snage u turbinama i 16% od ukupne snage generatora (srednja jedinična snaga 475 MW). Kotlovi za spoljnu montažu činili su 1964. god. 76% ukupne snage, dok posle 1971. god. svega 46% od ukupne snage. Za razliku od toga ventilatori za duvanje, otprašivači pepela i ventilatori za odvod dimnih gasova i dalje se postavljaju van zgrada na otvorenom prostoru, ali uz zvučnu izolaciju.

Veoma je važno pravilno rasporediti opremu, koja se postavlja van zgrada, imajući u vidu da se na otvorenom prostoru nivo buke smanjuje za 6 dB, kada se dva puta poveća rastojanje od izvora buke.

Radi zaštite od buke stanovništva naseljenog u blizini elektrana koriste se takođe i metode arhitektonske akustike. Tako npr. koristeći zidove povećane debljine, može za 15—20 dB da se smanji izlaz buke. Postavljajuće gornje prozore (svetlar-

nike), tamo gde je to moguće, sprečava se da buka visoke učestanosti izlazi napolje po liniji direktne vidljivosti.

U druge mere arhitektonske akustike spadaju: zastaklivanje prozora dvostrukim staklom s vazdušnim međuprostorom i šupljim staklenim blokovima, da se ugrađuju dvoslojna vrata, da se postavljaju zaptivači na prozorima i vratima, da se pravilno odabiraju mesta za zahvat i izbacivanje vazduha za ventilaciju, da se na tim mestima nameštaju prigušivači i drugo. Ozelenjavanje prostora okolo elektrane takođe predstavlja sredstvo zvučne izolacije.

Radi izolacije od vibracija, oprema se postavlja na amortizerima (čelične opruge, podmetači od gume, pluta i drugih materijala).

Tamo gde je dovoljno da se nivo buke samo neznatno smanji, naročito kada je buka visoke učestanosti, mogu efikasno da posluže ekrani, zavese i nepotpuno zatvaranje oklopima. Njihove dimenzije moraju biti velike u poređenju sa talasnom dužinom buke i oni moraju da se postavljaju u blizini izvora buke, kako bi se što više povećala »senka«. Tamo pak, gde buka mora osetno da se smanji treba izvor buke potpuno zatvoriti oklopom, tako da on zahvata zvučnu energiju i da nju pretvara u toplotu.

Izvesna količina zvučne energije može da prodre kroz oklop, naročito ako je njena učestanost u rezonanci sa učestanošću sopstvenih oscilacija zidova oklopa. U takvom slučaju zidovi oklopa moraju da se prekriju materijalom za prigušivanje, koji ima veliko unutrašnje trenje.

Nivo buke može da se smanji pomoću oklopa za 70 dB, ali ovo je skupo. Često je dovoljno da se nivo buke smanji za 20—30 dB. Da bi se sprečio prolaz zvučne energije kroz oklop treba sve otvore i šupljine zatvoriti zaptivnim materijalima.

Procentualni sastav materijala, korišćenih za pokrivanje 143 parna agregata, koji su trebali da uđu u pogon u SAD posle 1971. god. bio je sledeći: aluminijum — 30; čelični lim — 27; gelbest — 18; salonit — 11; opeke — 10; porcelan sa spoljnjom prevlakom 9 i beton — 4% (neki put se koristi nekoliko materijala).

Za montažne akustičke štitove, koji se izrađuju u SAD, upotrebljavaju se sledeći materijali: za zvučnu izolaciju — čelik, aluminijum, olovo; za upijanje zvuka — penoplasti, mineralna vata, stakleno vlakno; za prigušivanje — veziva, viskozno-elastične, bitumenske smeše; za zaptivanje — guma, kit, plastične mase. Uveliko se upotrebljavaju penopoliuretan, stakleno vlakno, olovni lim, vinil u pločama armiran olovnim prahom. Veoma su efikasni štitovi sa višeslojnim zidovima od unutrašnjeg čeličnog perforiranog lima i spoljnjeg olovnog lima, s poroznim materijalom među njima, koji apsorbuje zvuk, npr. stakleno vlakno. Zvučnu energiju, koja prolazi kroz otvore, upija porozan sloj i ona se putem trenja pretvara u toplotu. Ovim se istovremeno isključuje mogućnost jeke.

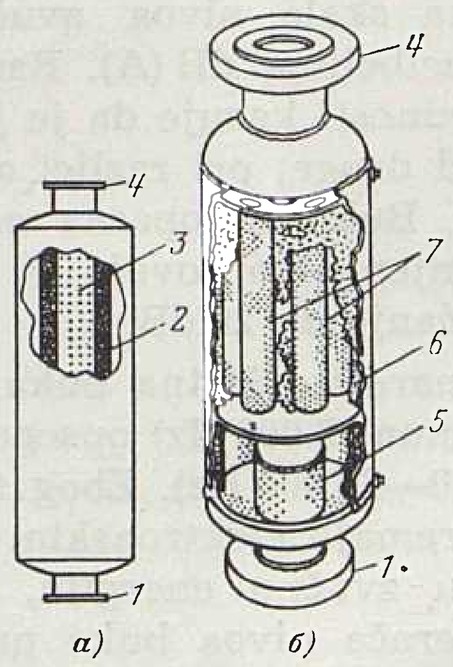
U mašinskim prostorijama (naročito u prostorijama za motore s unutrašnjim sagorevanjem) koristi se takođe sklop za zvučnu izolaciju, koji se sastoji od sloja vinila armiranog olovnim prahom i smeštenog između dva sloja staklenog vlakna — unutrašnjeg — debljine 50 i spoljnjeg — debljine 25 mm. Ovaj sklop treba prvenstveno nameštati s manjim razmakom od okolnog zida, da se na zid ne bi prenosile vibracije.

Zavese imaju relativno male dimenzije, ali one skreću pravac rasprostiranja zvuka i mogu da smanje nivo buke u blizini mašine.

Akustički štitovi, malterisanje i obrada efikasno ograničavaju buku, koja se odbija od zidova i tavanice.

Prigušivači predstavljaju efikasno sredstvo za smanjenje buke, koja se stvara pulzacijom i kovitlanjem struja pare, vazduha ili gasa na njihovom ulazu i izlazu.

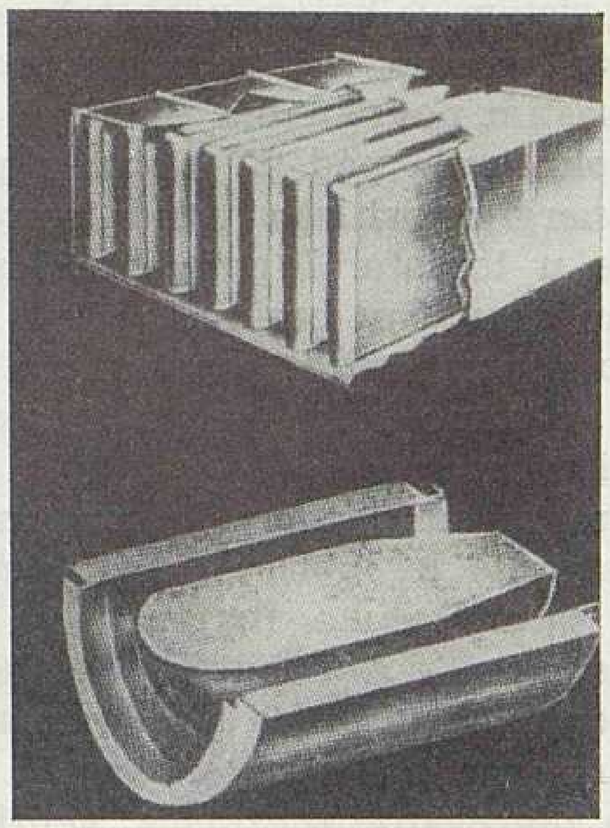
U apsorpcionim (aktivnim) prigušivačima struja fluida prolazi kroz akustičku cev ili sistem cevi sa perforiranim otvorima, koja je obložena slojem materijala, koji apsorbuje zvuk (sl. 1). Takođe se koriste konstrukcije sa kanalima pravougaonog



Sl. 1. Aktivni prigušivači

a) jednocevni prigušivač za paru i gasove; b) dvocevni kombinovani prigušivač za struju velike brzine. 1 — ulaz; 2 — »čelično vlakno« (za slučaj parovoda); 3 — perforirana metalna cev; 4 — izlaz; 5 — ulazna čaura; 6 — izolovani prostor ispunjen materijom; 7 — cevi obložene staklenim vlaknom

preseka. Aktivni prigušivači su najprikladniji za prigušivanje buke srednjih i visokih učestanosti koju stvara armatura cevovoda. Za prigušivanje buke niskih učestanosti, koju stvaraju motori s unutrašnjim sagorevanjem, kompresori i druge mašine sa neizmeničnim kretanjem delova, najefikasniji su reaktivni prigušivači (sl. 2), koji se postavljaju na izduvnim i usisnim cevovodima. Ovakvi prigušivači deluju kao akustički filteri na principu sužavanja i širenja struje fluida. Ovde mogu takođe da se koriste materijali, koji apsorbuju zvuk. Primenjuju se i druga konstruktivna rešenja.

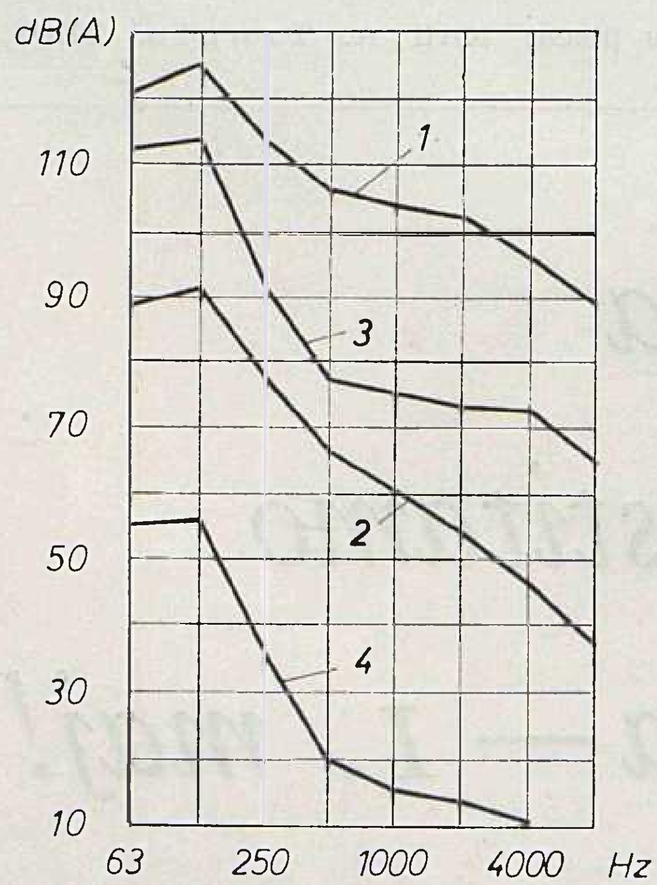


Sl. 2. Reaktivni prigušivači

Ventilatori

S obzirom na to da se nivo buke ventilatora povećava srazmerno šestom stepenu brzine vazduha (ili gasa), dok kapacitet ventilatora raste srazmerno prvom stepenu, može da bude prikladno odabrati ventilator manje brzine s većim brojem lopatica velikog prečnika.

Radi smanjenja nivoa buke vazduh mora prolaziti kroz ventilator ujednačeno bez ikakvih prepreka na ulazu i izlazu. Prepreka pred ulazom može da izazove naglo povećanje buke, jer će lopatice periodično prelaziti preko stabilnih vazdušnih »džakova«. S povećanjem dužine vazduhovoda smanjuje se buka od ventilatora.



Sl. 3. Nivo buke (iznad granice čujnosti — 0,0002 mikrobara) koji stvaraju dva ventilatora za duvanje za blok od 500 MW, koji su smešteni u komoru od opeka sa zidovima debljine 203 mm. Proračun je izveden za zvučni spektar 63—8000 Hz.

1 — unutra u komori; 2 — spolja pored zidova komore; 3 — na izlazu prigušivača; 4 — na rastojanju 183 m.

Na sl. 3. prikazano je smanjenje nivoa buke, koju stvaraju dva ventilatora za uduvavanje vazduha kapaciteta po 850 m^3/h za blok snage 500 MW. Ventilatori su smešteni u kućice za prigušivanje buke s površinom osnove 9,14 × 13,72 m, visine 10,67 m i sa zidovima od opeka debljine 203 mm. Na rastojanju od 180 m buka se smanjuje na nivo šapata.

Mogući su slučajevi kada je umesto da se izvode akustički zakloni ili prigušivači, dovoljno pomoću sprovodnog aparata promeniti pravac vazdušne struje.

Buka od ventilatora može da se rasprostire po vazduhu na obe strane na rastojanja preko 100 m. Buka od ventilatora za dovod dimnih gasova može da se prenosi u okolinu kroz dimnjak.

Cevovodi

Cevovodi mogu da budu ne samo sredina za prenošenje buke ili vibracija, već da budu i pravi izvor buke. Buka i vibracije, koje prenosi metal cevovoda mogu da se smanje ili da se odstrane, ako se u cevovod ugrade elastični umeci. Prenošenje buke i vibracija preko tečnosti može da se smanji ili da se odstrani pomoću prigušivača, koji se ugrade u cevovod.

Uzrok buke su kovitlanja, koja stvaraju unutrašnje prepreke (npr., zaptivni prološci i zavareni šavovi), kao i nagla zaokretanja pri velikoj brzini strujanja fluida, izduvi pare visokog pritiska i dr.

Najuobičajeniji načini smanjenja buke od cevovoda jesu da se cevovod pokrije zvuko-apsorpcionim materijalima ili da se u vod ugrade prigušivači. Za pokrivanje može da posluži sloj staklenog vlakna preko koga se stavi savitljiva ploča od vinila armiranog olovnim prahom. Sloj staklenog vlakna upija buku, a vinil sprečava da se buka prenosi van cevovoda.

Najkvalitetnija zvučna izolacija cevovoda može da smanji nivo buke (uglavnom visoke učestanosti) za 16,5 dB, ali srednje vrednosti smanjenja znatno su manje. U mnogim slučajevima jedino rešenje sastoji se u postavljanju prigušivača na ulazu ili izlazu struje vazduha, odnosno, gasa. Struja, koja prolazi kroz prigušivače može da bude pravolinijska (jedinstvena ili podeljena u više kanala) ili može da prolazi nekoliko zavojaka, s tim da se ulazna i izlazna komora spoje međusobno pravolinijskim kanalima. Pri pravolinijskom pravcu struja nailazi na manji otpor; ova dispozicija koristi se za velike brzine strujanja, kao i tamo gde može da se dozvoli veliki pad pritiska.

Za prigušivanje buke niske učestanosti može da se koristi Hemholcov rezonator, koji predstavlja jednu šupljinu, spojenu sa cevovodom. Buka impulsnog karaktera najbolje se apsorbuje na taj način što se na ulazu i izlazu struje postavi nekoliko krivina, koje su obložene akustičkim materijalom, koji apsorbuje buku.

Armatura cevovoda

Buka od armature (zasuni, ventili, klapne) nastaje usled prigušivanja. Tako, npr., smanjenje pritiska od 42 na 14 at može da izazove buku od 110—120 dB (A). Preovladajuću učestanost buke određuju masa, materijal i krutost konstrukcije armature.

Buku od armature prate sledeće pojave: vibracije niske učestanosti (50—500 Hz), koje stvara pulzacija strujanja; kada vibracije dostignu učestanost sopstvenih oscilacija armature i pri pojavi buke rezonance (obično oko 2—7 kHz) mogu da nastanu mehanička oštećenja, koja se javljaju usled zamaranja metala, kavitacione buke (ne treba dopuštati ove pojave). Vibracije armature mogu takođe da oštete manometre i druge instrumente, kojima se oprema cevovod.

U kotlarnici su najbučniji redukcioni ventili duvača za čišćenje grejnih površina i ventili za neprekidno duvanje. Brzi izlaz pare kroz neke porozne materijale, npr. kroz metalokeramički filtar, može efikasno smanjiti mogućnost da se obrazuju kovitlanja i tako osetno smanji stvaranje buke. Slično smanjenje može da se postigne pri širenju pare kroz veliki broj sitnih otvora (uređaj sličan situ), mada se pri tom povećava učestanost buke.

Kada struja udara u čvrstu površinu ili se kreće sa nadzvučnom brzinom, ona će da stvara prodornu buku. Radi smanjenja buke treba da se smanji brzina isticanja struje i da se spreči njeno udaranje u tvrde površine i oštre ivice.

Razrađeno je više fabričkih konstrukcija »armature sa smanjenom bukom«. U armaturi za paru smanjenje buke se postiže na taj način što se para širi brzinama znatno manjim od zvučnih brzina (snaga buke pri dozvučnim brzinama približno je srazmerna osmom stepenu brzine). U najviše primenjenim konstrukcijama koristi se višestepeni sistem, u kojem para teče kroz prolazni labirintski prostor, koji se postepeno širi, obrazovan talasastim površinama ventila i sedla; para čini niz zaokretanja pod 90° i stvara pri tom kovitlanja. Energija pritiska usled trenja o zidove pretvara se u toplotu. I para šireći se zadržava skoro stalnu dozvučnu brzinu.

Primenom pomenutih konstrukcija postiže se smanjenje ne samo buke, već isto tako i erozije, kavitacije i vibracije.

Armatura sa smanjenom bukom ima veće dimenzije i skuplja je. Oblast njenog perspektivnog korištenja: parne otoke (bajpasi) za pokretanje turbina, zasuni za dovod pare u međugrejače, redukcioni ventili, ventili za produvavanje parom, bajpasi pojnih pumpa, drenažni ventili za kondenzat pare za zagrevanje zagrejača, ventili za dovod vode u zaptivače pumpi i ubrizgavanje vode u hladnjake pare, ventili za regulaciju nivoa vode u skupljačima kondenzata, ventili za izduvavanje doboša kotlova, redukcioni ventili za gas visokog pritiska za napajanje kotla, i dr.

Literatura

1. Power, 1971. br. 6.
2. Combustion, 1972. t. 44. br. 3.
3. Power Engineering, 1972. br. 11. i br. 12.
4. El. World, 1972. t. 172. br. 9.
5. Plant Engineering, 1972. t. 26, br. 25.
6. Pravilnik o opštim merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama (»Služb. list SFRJ« br. 29/1971).
7. Slovin I. I. Proizvodstvenyj shum i borba s nim. Profizdat, 1955.
8. Judin E. Ja. Glushenie shuma ventiljacionnyh ustanovok. Gostroj izdat, 1958.
9. Voljković Ja. E. Borba s shumom na teplovyh elektrostancijah. »Energohojajstvo za rubezshom« br. 5, 1973.
10. Tropin Kiril — Sprečavanje buke od opreme ugrađene u višespratnim zgradama — »Jugoslovenska i inostrana dokumentacija zaštite na radu« br. 8, 1972.

Naslov pisca: Kiril A. Tropin, ZEPS, Beograd

Svojim suradnicima

i čitateljima čestitamo

praznik rada — 1. maj!

Uredništvo

NEKE KARAKTERISTIKE JAPANSKOG POSTUPKA U ODOBRAVANJU GRADNJE I POGONA NUKLEARNIH ELEKTRANA

UVOD

Japan, kao snažna industrijska zemlja veoma je intenzivan potrošač energije, kako u apsolutnim, tako i specifičnim vrijednostima. S obzirom na gustoću stanovništva u koncentraciji proizvodnje i potrošnje energije po jediničnoj površini na prvom je mjestu u svijetu, sa vrijednošću čak osam puta većom od SAD.

Kao što je poznato, Japan je zemlja s vrlo ograničenim vlastitim energetskim izvorima, i jedna od osnovnih preokupacija vlade, koja u znatnoj mjeri određuje i vanjsku politiku zemlje jeste osiguranje snabdijevanja energetskim sirovinama. Nuklearna energija u Japanu ima i ulogu, posebno akcentiranu nakon nedavnih razvoja u vezi s naftom, da smanji ovisnost o uvozu te sirovine (White paper on »Energy problems in Japan«, Sept. 25, 1974, Ministry of International Trade and Industry). Istovremeno, specifična gustoća proizvodnje energije ukazuje da će pitanje efekata u proizvodnji energije biti daleko kritičnije no u većini drugih zemalja, bez obzira na to o kojem se tipu elektrane radi. Spomenuta publikacija vlade dijelom je motivirana i teškoćama u nalaženju lokacija za elektrane koje su posljednjih godina imale vrlo osjetljiv efekat na planiranu gradnju energetskih objekata. Ona ukazuje na značaj rješenja problema lokacija ukoliko se želi izbjeći vrlo ozbiljna situacija u godinama 1974. — 1977. Podaci Centralnog savjeta za energiju (Central Power Council) pokazuju raskorak između plana i realizacije:

Godina	Planirana gradnja MW(e)	Stvarno započeta MW(e)
1970.	17.600	16.000
1971.	20.270	15.660
1972.	15.410	3.170

Teškoće u nalaženju lokacija su različite. Zbog veoma velike gustoće stanovništva u područjima potrošnje energije (oko 60% stanovništva koncentrirano je u 4 gradska područja oko Tokia, Osake, Nagoje i Kita Kiušu) u tim područjima je veoma teško nalaziti lokacije za elektrane, te se one smještaju u seoskim područjima. Međutim, javlja se otpor lokalnog stanovništva za koje gradnja energetskog objekta ima manju privlačnost od gradnje industrije koja bi pružila zaposlenost i imala druge prednosti. Mišljenje je da od gradnje energetskih objekata uživaju korist gradska industrijska područja, dok stanovništvo u području objekta može čak biti izloženo i gubicima.

Po mišljenju J.A.I.F. (Japan Atomic Industrial Forum, organizacije koja je prvotno predstavljala nuklearnu industriju, ali je nedavno reorganizirana na široj osnovi) dio problema nastao je jer se vlada nije pobrinula za adekvatnu kontrolu i ispitivanja efekata na okoliš, nego je to bilo ostavljeno elektroprivrednim poduzećima (Atoms in Japan — publikacija J.A.I.F., novembar 1973, str. 20).

Jedan od razloga otporu nuklearnim elektranama leži vjerojatno i u intenzitetu programa, koji je drugi u svijetu, iza SAD.

JAPANSKI PROGRAM RAZVOJA NUKLEARNE ENERGIJE

Nuklearne elektrane u pogonu i konstrukciji

Nuklearna elektrana	Snaga MW(e)	Tip	Početak gradnje	Pogon
Tokai - 1	166	GCR	1960.	1967.
Tsuruga	357	BWR	1966.	1970.
Mihama - 1	340	PWR	1966.	1970.
Mihama - 2	500	PWR	1968.	1972.
Fukušima - 1	460	BWR	1966.	1971.
Fukušima - 2	784	BWR	1968.	1974.
Takaham - 1	826	PWR	1969.	1974.
Pogon: 7 jedinica	3.433 MW(e)			
Gradnja				(Plan)
Fukušima - 3	784	BWR	1970.	1974.
Fukušima - 4	784	BWR	1971.	1975.
Fukušima - 5	784	BWR	1971.	1976.
Fukušima - 6	1100	BWR	1972.	1976.
Fukušima Diane - 7	1100	BWR		1978.
Takahama - 2	826	PWR	1970.	1975.
Mihama - 3	826	PWR	1972.	1976.
Ohi - 1	1175	PWR	1972.	1976.
Ohi - 2	1175	PWR	1972.	1977.
Hamaoka - 1	540	BWR	1970.	1974.
Hamaoka - 2	840	BWR	1974.	1978.
Onagava	524	BWR	1971.	1975.
Šimane	460	BWR	1969.	1973.
Ikata	566	PWR	1972.	1977.
Genkai - 1	559	PWR	1970.	1975.
Genkai - 2	559	PWR		1978.
Tokai - 2	1100	BWR	1972.	1976.
Kashiwazaki	1100	BWR	1974.	1978.
Gradnja: 18 jedinica	14.703 MW(e)			
Plan:	1980.	32.000 MW(e)		
	1985.	60.000 MW(e)		
	1990.	100.000 MW(e)		

Sedam nuklearnih elektrana je već u pogonu, 18 u konstrukciji, s još većim planovima za razdoblje do 1990. godine. Paralelno sa gradnjom elektrana grade se i instalacije za preradu utrošenog goriva, i priprema gradnja instalacija za obogaćenje urana.

Relevantnost japanskih iskustava

Povezane organizacije imaju zadatak da osiguraju odvijanje nuklearnog programa u skladu sa propisima i principom sigurnosti i zaštite okoline, te da pridonesu da javnost prihvati izgradnju energetskih objekata. Japanski postupci i iskustva u tome mogu biti za nas od velike važnosti.

Bez obzira na drugačiju strukturu njihove elektroprivrede, opći zahtjevi koji se postavljaju pri izgradnji energetskih objekata u pogledu sigurnosti i efekata na okoliš su isti tj. oni elementi koji moraju biti prisutni u svakom postupku odobravanja konstrukcije i pogona nuklearne elektrane. Namjera ovog članka je da se oni istaknu i pridonesu stvaranju odgovarajućih jugoslavenskih formi i propisa. Današnja situacija se može označiti kao improvizacija, koja ne može imati duži vijek. Sigurno je da su i mnogi drugi primjeri, posebno američki, u tom pogledu također važni. No, izvjesne reforme koje su u pripremi pokazuju podudarnost s američkim sistemom. U razvoju detaljnih tehničkih propisa i procedura, nesumnjivo je da je američki proceduralni sistem otišao najdalje i služi kao primjer.

U organizacionom pogledu postoje izvjesne karakteristike japanskog sistema koje izgledaju bliže našim postojećim strukturama.

Osim što postupak za odobravanje gradnje i pogona treba biti jasno *zakonski definiran,* sasvim je sigurno da su za njegovo provođenje potrebna *trajna* stručna tijela s visokospecijaliziranim stručnjacima radi provjere sigurnosnih proračuna i efekata na okoliš. To ne mogu biti ad hoc formirana tijela bez obzira na najvišu stručnost članova u njihovim domenama, niti to mogu biti stručnjaci iz elektroprivrednih organizacija koje grade elektranu. Njihova je dužnost da podnose detaljne sigurnosne analize i proračune, a ne da ih ocjenjuju. »Ad hoc« stručna tijela mogu poslužiti kao izvjesna reprezentacija pred javnosti, ali će se brzo raspasti pri suočenju s ozbiljnim prigovorima.

Nažalost, formiranje potrebnih stručnih tijela nije ni jednostavan ni kratkotrajan proces, jer traži specijalizaciju za odgovornu i tešku dužnost. Sklonost za formiranje raznorodnih »ad hoc« komisija često je rezultat činjenice da se na takve stvari ne misli na vrijeme. U daljnjem tekstu će biti akcent upravo na onim tijelima koja obavljaju stručnu procjenu, kontrolu i inspekciju.

Shema postupaka za odobravanje gradnje i pogona nuklearne elektrane u Japanu

Na slici je shematski prikazan postupak i redoslijed odlučujućih tijela. Ključna stručna tijela su Komisija za ispitivanje sigurnosti reaktora (Committee for Examination of Reactor Safety — C.E.R.S.) Japanske komisije za atomsku energiju (J.A.E.C.), Savjetodavna komisija za nuklearne elektrane (Advisory Committee on Technical Matters of Nuklear Plants — A.C.T.M.N.P.) Ministarstvo za međunarodnu trgovinu i industriju (Ministry of International Trade and Industry — M.I.T.I.), te nedavno formirana Komisija za efekte nuklearnih objekata na okoliš (Committee on Environmental Effects of Nuclear Plants), Agencije za prirodna bogatstva i energiju (Agency for Natural Resources and Energy — A.N.E.).

Aplikacija za gradnju nuklearne elektrane koju podnosi elektroprivredno poduzeće predsjedniku vlade, mora prethodno imati suglasnost Savjeta za koordinaciju razvoja elektroenergetskih izvora (Electric Power Resources Development Coordination Council — E.P.R.D.C.C.), te mišljenje lokalnih vlasti područja u kojem se po prijedlogu locira elektrana. Od listopada 1973. aplikant je dužan da izradi i preliminarni izvještaj o utjecaju predloženog objekta na okoliš (Preliminary Environmental Report — P.E.R.). Tijelo koje (prvo) procijenjuje preliminarni izvještaj je spomenuta Komisija za utjecaj na okoliš (C.E.M.N.P.), a njeno mišljenje predstavlja materijal za Svjet za koordinaciju (E.P.R.D.C.C.) i za lokalne vlasti.

Preliminarni izvještaj (P.E.R.) treba da sadrži informacije o slijedećim točkama:

1. Ekonomsko-tehničko obrazloženje za gradnju objekta.
2. Karakteristike predloženog objekta.
3. Podatke koji određuju lokaciju; geofizički i meteorološki uvjeti. Širi okoliš lokacije; kulturne industrijske aktivnosti, komunikacije, itd.
4. Potrebne cestogradnje, onečišćenje voda, buka, vibracije i drugi utjecaj elektrane na okoliš.
5. Štetno djelovanje otpadne topline na okoliš, na ribarstvo i vodene organizme. Programi korištenja otpadne topline.
6. Djelovanje na okoliš krutog i tekućeg radio-aktivnog otpada.
7. Višestrana procjena projekta reaktorske zgrade.

Nakon dobivanja potrebne prethodne suglasnosti, aplikant, tj. elektroprivredno poduzeće podnosi zahtjev predsjedniku vlade. Predsjednik traži miš-

ljenje i procjenu Komisije za atomsku energiju (J.A.E.C.) koja mu je direktno podređena, a u okviru te komisije aplikacija dolazi do njenog Komiteta za ispitivanje sigurnosti reaktora — C.E.R.S.-a.

Sadašnji predsjednik ovog komiteta je Hideo Uchida, profesor Tokijskog sveučilišta. Članovi C.E.R.S.-a su stručnjaci iz područja nuklearnog inženjerstva i drugih tehničkih disciplina potrebnih u procjeni aspekata sigurnosti i utjecaja na okoliš. (Rad C.E.R.S.-a — vidi prilog 2).

Na osnovi pozitivnog mišljenja C.E.R.S.-a, odnosno J.A.E.C., predsjednik vlade daje načelnu suglasnost (Establishment permit), a predmet se dalje prosljeđuje Ministarstvu trgovine i industrije (MITI). Suglasnošću ministra u ovom se ministarstvu zatim pokreće postupak analize projekta u Savjetodavnoj komisiji za nuklearne elektrane (A.C.T.M.N.P.). Sastav ove komisije sličan je sastavu C.E.R.S.-a, tj. niz istaknutih stručnjaka iz područja nuklearne tehnologije i relevantnih tehničkih disciplina, ali joj je zadatak različit. Savjetodavna komisija treba pregledom izvedbenih nacrta i proračuna izdati konstrukcionu dozvolu, odnosno dozvole koje se izdaju za pojedine dijelove čitavog projekta, kao npr. reaktorsku jezgru, turbinu, sistem za hlađenje jezgre u slučaju kvara, zaštitni spremnik (containment), itd.

Posao ove komisije veoma je opsežan, kao i sama detaljna dokumentacija koju aplikant podnosi. Komisija dobiva i mišljenje i primjedbe C.E.R.S.-a na preliminarni izvještaj (P.E.R.).

Kao članovi Savjetodavne komisije nisu osoblje ministarstva i zbog vršenja svojih osnovnih radnih obveza nisu u mogućnosti sami obaviti taj posao, kao tehnička pomoć im na raspolaganju stoji osoblje ministarstva.

U okviru ministarstva postoji odjeljenje za nuklearnu energetiku (Nuclear Power Generation Division) zaduženo za tehničke poslove pri procjeni sigurnosti i djelovanja na okolinu, te za kontrolu i inspekciju pri gradnji i pogonu.

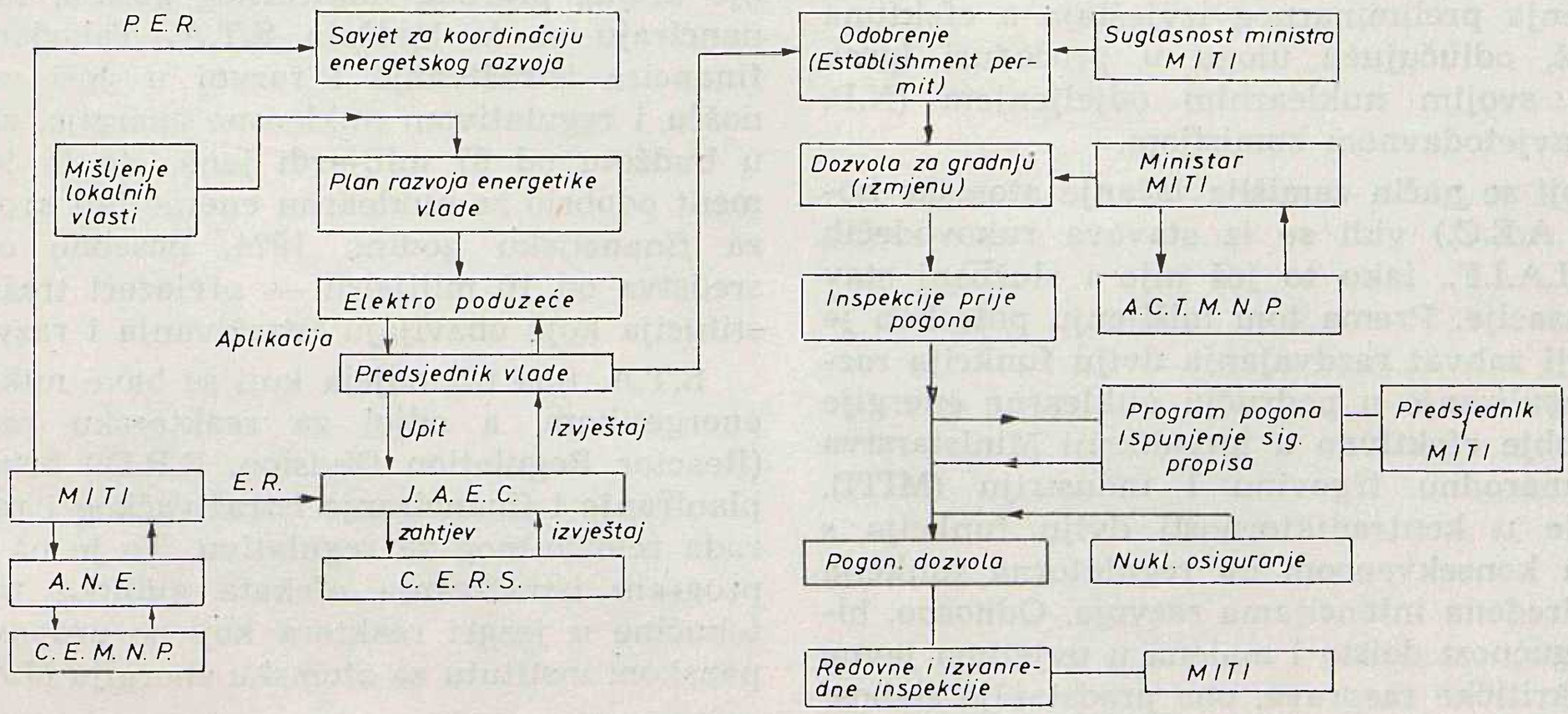
U odjeljenju radi oko trideset specijalista koji na traženje Savjetodavne komisije (A.C.T.M.N.P.) analiziraju materijale i podnose komisiji izvještaj. Iako ovo odjeljenje ministarstva nije posebno istaknuto u shemi procedure, jer je odgovornost na Savjetodavnoj komisiji, njegova je uloga izvanredno važna i nezamjenjiva. Tu se nalaze i visokospecijalizirani stručnjaci sposobni da detaljno tehnički provjere i procjene predloženi projekt. Rad na sekciji za koju se odvojeno izdaje odobrenje traje oko 3—4 mjeseca. Ukupna se procedura, s eventualnim izmjenama, proteže kroz godine, što ne zaustavlja gradnju, jer se materijal proučava koordinirano sa redoslijedom gradnje.

Ukoliko Savjetodavna komisija zaključi da su u nekoj sekciji elektrane nužne izmjene, bit će zadatak osoblja iz nuklearnog odjeljenja (N.P.G.D.) da prati i kontrolira njihovo usvajanje. Inspektori N.P.G.D. provjeravaju performanse pojedinih podsistema elektrane u fazi konstrukcije i prije puštanja u pogon.

Kao što se vidi, postoji znatna razlika u radu Savjetodavne komisije i C.E.R.S.-a. Dok Savjetodavna komisija, odnosno nuklearno odjeljenje (N.P.G.D.) analiziraju sigurnosne sisteme, posebno E.C.C.S. (Energy Core Cooling System) da bi se procijenile što realnije konsekvence određenih pretpostavki o kvarovima (bez obzira na nevjerojatnost samih kvarova), dotle C.E.R.S. polazi od određenih postuliranih vrijednosti oslobađanja radioaktivnosti, koje se ocjenjuju većima od realnih. (Apendix A).

Pri tom je jasno da je stupanj konzervativnosti pretpostavki koje koristi C.E.R.S. određen tek detaljnim analizama koje vrši Savjetodavna komisija, odnosno nuklearno odjeljenje, te kriterijima kojima mora udovoljavati E.C.C.S.

(U Japanu se već godinu dana primijenjuje kriterij koji propisuje da u slučaju L.O.C.A. temperatura košuljice ne smije prijeći 1200°C, i da oksidacija ne smije zahvatiti više od 20% debljine



košuljice, što je zapravo identično s najnovijim kriterijima U.S.A.E.C.).

Kritike japanskog sistema i izmjene koje se predviđaju

Možda je još zanimljivije od postojećeg sistema vidjeti mišljenja članova organizacija kao J.A.I.F., MITI, STA u kojima se iznose nedostaci postojeće procedure i željene promjene. Ta mišljenja odražavaju s jedne strane 10 godišnje iskustvo s postojećim sistemom koje ukazuje na moguća poboljšanja. No, kao što se razabire bitan razlog za traženje promjena su zaostajanja u nalaženju lokacija za elektrane, te u vezi s tim želja za stvaranjem procedure koja će, i stvarno i u očima javnosti, biti objektivnija i šire postavljena. Neke su promjene te vrste već uvedene.

U odnosu na shemu postupka za odobravanje gradnje i pogona nuklearnih elektrana, kako je objavljena u jesen 1973. (H. Uchida: Safety, environment and Licensing problems of nuclear power in Japan, Nuclear Engineering, July 1973), bitna promjena je u već spomenutom preliminarnom izvještaju o utjecaju na okoliš (P.E.R.), te u formiranju Agencije za prirodna bogatstva i energiju (Agency for Natural Resources and Energy) i njene komisije za nuklearne objekte (C.E.M.N.P.). Daljnja izmjena koju predlaže J.A.I.F. bila bi u podjeli aktivnosti Komisije za ispitivanje reaktorske sigurnosti (C.E.R.S.) u dva tijela s time što bi jedno tijelo trebalo da prati i definira standarde i kriterije sigurnosti u skladu sa razvojem reaktorske tehnologije i poznavanja efekata na okoliš. Drugo tijelo u odnosu na sadašnji rad C.E.R.S.-a imalo bi uži zadatak, da polazeći od kriterija i standarda prvog tijela obavlja sigurnosnu procjenu i analizu. Do sada je C.E.R.S. obavljao obje aktivnosti.

J.A.I.F. predlaže također i jačanje J.A.E.C., odnosno njene uloge u postupku odobravanja gradnje i pogona nuklearnih elektrana.

Iz izloženoga se vidi da je do sada, a pogotovo do uvođenja preliminarnog izvještaja o efektima na okoliš, odlučujuću ulogu u proceduri igrao MITI sa svojim nuklearnim odjeljenjem (N.P. G.D.) i Savjetodavnom komisijom.

Na koji se način zamišlja jačanje atomske komisije (J.A.E.C.) vidi se iz stavova rukovodećih ljudi u J.A.I.F., iako to još nije i službeni stav te organizacije. Prema tom mišljenju potreban je radikalniji zahvat razdvajanja dviju funkcija *razvoja* i *reguliranja* u području nuklearne energije koje su obje efektivno u jurisdikciji Ministarstva za međunarodnu trgovinu i industriju (MITI). Poanta je u kontradiktornosti dviju funkcija s mogućom konsekvencom da regulatorna funkcija bude podređena intencijama razvoja. Odnosno, bila ta mogućnost doista i malena u uvjetima javne i široke kritičke rasprave, ona predstavlja slabost sistema. Po ovom bi gledištu regulatornu funkciju trebalo staviti u cijelosti u dužnost J.A.E.C., dok bi MITI, kao i dosad, bio odgovoran za razvoj nuklearne energije.

Ovo gledište o nužnosti podjele dviju osnovnih funkcija pokazuje paralelizam s primjedbama u odnosu na američku atomsku komisiju (U.S.A. E.C.).*

Situacija je u Japanu osjetljivija u odnosu na javno mnijenje. Američka komisija za nuklearnu energiju nezavisna je o vladi, osim što predsjednik SAD imenuje članove komisije. U Japanu razvoj i regulativa nuklearne energije odgovornost su jednog ministarstva, s rezultatom da se diskusije o razvoju nuklearne energije vrlo lako u javnosti i parlamentu pretvaraju u političke diskusije (tako jedna stranka u parlamentu predlaže obustavu razvoja fisione nuklearne energije).

Obrnuto, politički napadi provode se kroz kritiku nuklearne politike vlade odnosno MITI-a, koristeći se lakoćom kojom se ljudi mogu zastrašiti opasnostima koje nisu u mogućnosti sami procijeniti. Daljnja konzekvenca jeste da će u takvoj atmosferi i MITI u vršenju svojih funkcija u odnosu na nuklearnu energetiku biti motiviran mogućim političkim efektima. Predloženo odvajanje regulatorne funkcije od MITI, osim što bi bilo logično i prirodno, u Japanu bi imalo i dodatnu prednost udaljavanja nuklearne regulative iz područja političkih konfrontacija. J.A.E.C., premda podređena predsjedniku vlade nije sastavni dio njegovog ureda, kao što je nuklearno odjeljenje (N.P.G.D.) sastavni dio MITI.

U razgovorima na Science and Technology Agency (S.T.A.) izražena su slična gledišta, s time što su iznesene i predodžbe o načinu konkretizacije.

Agencija za nauku i tehnologiju u Japanu je vrlo važna organizacija, na čelu sa ministrom. Agencija planira i financira naučni i tehnološki razvoj u Japanu, pa tako i u nuklearnoj energiji.

Nacionalni projekti u području nuklearne energije: Reaktorski razvoj, nuklearni brod, obogaćenje urana, prerada nuklearnog goriva, fuzija, financiraju se iz budžeta S.T.A. Također S.T.A. financira istraživanja i razvoj u vezi sa sigurnošću i regulativom nuklearne energije, za što su u budžetu od 67 milijardi jena, što ih je parlament odobrio za nuklearnu energetiku kroz S.T.A. za financijsku godinu 1974, posebno određena sredstva od 10 milijardi — prelazeći traženja institucija koje obavljaju istraživanja i razvoj.

S.T.A. ima niz odjela koji se bave nuklearnom energetikom, a odjel za reaktorsku regulativu (Reactor Regulation Division, R.R.D.) brine se za planiranje i financiranje istraživačkog i razvojnog rada relevantnog za regulativu. To je na primjer program istraživanja efekata gubitka rashladne tekućine u jezgri reaktora koji se provodi u Japanskom institutu za atomsku energiju (J.A.E.R.I.).

* reorganizacija američke atomske komisije je provedena

Ovo je dakle odjeljenje usko povezano s detaljnim tehničkim pitanjima relevantnim za regulativu, a osim toga rade na formiranju smjernica i propisa za taj rad.

Prema mišljenju rukovoditelja u S.T.A. nakon što J.A.E.C. bude povjerena dužnost regulative u nuklearnoj energiji, po već izloženim koncepcijama, pojavit će se kod A.E.C. opsežna potreba za tehničkim poslom, koji je do sada obavljan u okviru MITI. Reaktorska komisija A.E.C. (C.E.R.S.) trebat će provoditi detaljnu analizu potrebnu za davanje konstrukcionih dozvola. Kao što je već rečeno, struktura te komisije (članovi nisu namještenici vlade kojima bi to bila osnovna dužnost) nije takva da bi mogla obaviti taj posao. Predviđa se, stoga, da odjel za reaktorsku regulativu (R.R.D.) S.T.A. preuzme tehničke poslove za A.E.C. odnosno njenu Komisiju za reaktorsku sigurnost (CERS).

U tom se smislu predviđa i znatno povećanje osoblja u odjelu, od 32 u 1974. na 42 u 1975. i 52 u 1976. godini.

Zaključak

Samo je po sebi razumljivo da ovaj prikaz i razmatranje ne bi bio interesantan ako nije upotrebljiv i za naše probleme. Kao što je ranije rečeno, ima argumenata za čak i posebnu relevantnost japanskih iskustava. Postoje izvjesne organizacione sličnosti. Japan nema uz Atomsku komisiju (J.A.E.C.) snažnu organizaciju koja obavlja razvoj i istraživanje, već su to funkcije u ovlasti S.T.A. Slične funkcije vrše, odnosno vršili su, kod nas savjeti i fondovi za naučni rad, mada barem u području nuklearne energije nisu davali nikakvo ozbiljnije usmjeravanje.

J.A.E.C. je grupa od nekoliko ljudi (5 do 7) imenovanih od predsjednika vlade, s predsjednikom koji je ujedno i ministar za S.T.A., i sa nekoliko tajnika. Ona određuje opću politiku i smjernice razvoja nuklearne energije. Kao što je poznato u Jugoslaviji je postojala nekada Savezna komisija za nuklearnu energiju, danas postoje određene savjetodavne grupe, odnosno radne grupe u republikama koje se u izvjesnoj mjeri bave i općim pitanjima.

Koordinacija razvoja u nuklearnoj energetici ne postoji, iako elektroprivreda inicira cjelovitija gledanja kroz JUGEL, barem sa strane proizvođača električne energije.

Odsustvo zakonodavstva i regulative u području nuklearne energije odražava se u improvizacijama koje se ne mogu i ne smiju održati ne želi li se u budućnosti naići na vrlo ozbiljne probleme. Problemi na koje nailaze gradnje energetskih objekata u drugim zemljama, čak i uz daleko veću pažnju posvećenu pitanjima sigurnosti i okoliša u pripremnom postupku, ukazuju na teškoće koje se mogu očekivati. Međutim, i samo donašanje propisa i regulative nije rješenje, ako ne postoje tijela koja tu regulativu mogu i provesti.

Smatram, da se iz ovog prikaza vidi, da je bez obzira kako konkretno izgledala shema postupka za odobravanje gradnje i pogona nuklearne elektrane, neophodno potrebno stvoriti *stalno* i visokostručno tijelo za rad na odobravanju pogona i gradnje nuklearnih elektrana. To bi tijelo obavljalo zadatak koji danas vrši nuklearno odjeljenje MITI za Savjetodavnu komisiju (A.C.T.M.N.P.), odnosno koji će ubuduće obavljati regulatorno odjeljenje S.T.A. za J.A.E.C.

Formiranje takvog tijela bit će u nas vrlo teško, jer je odgoj iz nuklearne energetike godinama zanemarivan i kadrova školovanih u tom smjeru nema. To znači, da će biti potrebno još više vremena, i da je formiranje neposredna i hitna potreba. I zbog početne slabosti tog tijela, kao i da bi se izbjeglo njegovo tehnokratiziranje u kasnijoj fazi, i zbog osiguranja kontrole javnosti, ovo bi tijelo vjerojatno trebalo raditi za posebno imenovanu grupu stručnjaka najviše kvalitete u širem području nuklearne energetike i drugih relevantnih disciplina, a s nezavisnim položajem u odnosu na direktno zainteresirane, tj. elektroprivredu, lokalne vlasti u području gradnje, itd.

Ova bi grupa donosila odluke i preuzimala za njih odgovornost, na osnovi detaljnih tehničkih analiza stalne grupe.

Nuklearna energija je, dakako, samo jedan od izvora i korektan i balansiran razvoj donosi tijelo koje se bavi planovima razvoja energetike i djelovanjem na okoliš, razmatrajući pri tom sve izvore koji stoje na raspolaganju ili su u perspektivnom razvoju. Ovo bi tijelo trebalo da bude u mogućnosti da donese osnovne smjernice razvoja energetike uvažavajući sve relevantne elemente, čime bi bile određene i okvirne smjernice razvoja nuklearne energetike. Ono bi moralo biti i stručno i dovoljno široko kako bi javnost mogla biti sigurna, da su odluke donesene u najširem društvenom interesu. Takvo bi tijelo moralo biti direktno odgovorno najvišim predstavničkim tijelima.

PRILOG A

Zadatak C.E.R.S.-a je da ocijeni prikladnost lokacije procjenjujući efekte hipotetičnih kvarova s gubitkom rashladne tekućine i konsekventnim pucanjem košuljica gorivih elemenata. Osnovna metodologija je dana u »A Guide in Reactor Site Evaluation« koji je objavila J.A.E.C. 1964. godine i »A Meteorological Guidance for Reactor Safety Analysis«, iz 1965. godine.

U toku je rad na izradi materijala koji će definirati osnovne prepostavke za akcidentalnu analizu kod PWR i BWR reaktora.

Kriteriji za kvarove

Sadašnja praksa je procjena efekata dviju različitih pretpostavki o kvarovima.

1. Pod *krupnim kvarom* »Major accident«, M. A., razumijeva se najteži tehnički mogući kvar, uzimajući u obzir karakteristike reaktora, lokacije, sigurnosnih sistema, itd. Po primjeni ove definicije vidi se da odgovara onom što se inače naziva D.B.A., Design Basis Accident. U slučaju takvog kvara količine na granici zone isključenja (exclusion area) ne smiju prijeći *150 rema* na štitnoj žlijezdi kod djeteta, odnosno *25* rema na čitavom tijelu.

2. *Hipatetičan akcident* (Hypothetical accident H. A.) je teži od M. A., mogućnost takvog akcidenta tehnički nije vjerojatna. Poanta ove dodatne analize je da se osigura da ni uz ovako vjerojatne pretpostavke ozračenje u zoni male gustoće (Low population zone) ne prijeđe određene granice.

Te su 300 rema za štitnu žlijezdu i 25 rema za čitavo tijelo odrasle osobe. Dodatno, lokacija mora biti dovoljno udaljena od područja velike gustoće stanovništva, tako da integralna doza bude prihvatljiva sa stanovišta genetskih efekata (2 milijuna rema). Detaljnije pretpostavke koje određuju dva tipa kvara dane su za N. E. Tsuruga (322 MW(e) BWR), Fukushima (400MW(e) BWR) i Mihama (340 MW(e) PWR) u materijalu »The application of A Guide in Reactor Site evaluation in Japan«. Kao primjer relacije između M.A. i H.A. za slučaj N.E. Mihama u slučaju gubitka rashladne tekućine u jezgri (L.O.C.A.) s posljedicama pucanja košuljica u znatnom broju gorivih elemenata uzeto je:

a) M. A.:
   — oslobađanje 50% plemenitih plinova,
   — oslobađanje 20% izotopa joda od ukupne količine u fisionim produktima,
   — oslobođeni jod 10% u organskoj formi, od ostatka 50% se veže na površine.

b) H. A.:
   — uzima se da su se svi gorivi elementi rastopili i stoga:
      — 100% oslobađanje plemenitih plinova,
      — 50% oslobađanje joda,
      — 1% krutih aktivnosti.

Normalan pogon

Zakon traži da nuklearna elektrana bude okružena područjem u kojem se vrši kontrola i mjerenje radioaktivnosti. Prilaz u ovo područje ima samo operativno osoblje. Preko granice toga područja u zemljištu koje je otvoreno stanovništvu, doza ne smije premašiti 0,5 rem/godinu. Međutim, u skladu sa principom da doza bude tako malena, kako je to praktički izvedivo — »as low as practical«, odnosno »as low as readily achievable«, 5 m rem/godinu je vrijednost koja se traži od današnjih nuklearnih elektrana.

APENDIX B

Osnovne karakteristike američkog sistema dane su radi usporedbe. Novije stanje i predvidivi razvoj autoru nisu poznati.

Kao što je već rečeno, nosilac postupka u SAD je Američka atomska komisija, U.S.A.E.C. Osnovnu funkciju u proceduri igra sama komisija u kojoj leži konačna formalna odgovornost, te dva tijela koja obavljaju tehničku i opću sigurnosnu procjenu, to su:

— Odjel za reaktorske licence (Division of Reactor Licensing D.R.L.) u stalnom sastavu atomske komisije.
— Savjetodavni odbor za reaktorsku sigurnost (Advisory Committee on Reactor Safeguards — A.C.R.S.) tijelo imenovano od A.E.C. koje se sastoji od renomiranih stručnjaka u područjima relevantnima za pitanja nuklearne sigurnosti, a nezavisnih od A.E.C.

Osnovni tok procedure je slijedeći:

1) Kompanija podnosi zahtjev za odobrenje gradnje reaktora prilažući preliminarni sigurnosni izvještaj (Preliminary Safety Analysis Report — P.S.A.R.) izrađen od poduzeća koje gradi nuklearnu elektranu, te izvještaj o djelovanju na okoliš (Environmental Impact Report).

2) Zahtjev dolazi u Odjelenje za reaktorske licence (D.R.L.) atomske komisije. Odjelenje obavlja:

a) Stavlja zahtjev i izvještaje na uvid javnosti,

b) Dostavlja kopiju materijala Savjetodavnom odboru (A.C.R.S.),

c) Analizira zahtjev P.S.A.R. i E.J.R., te dostavlja svoje primjedbe Savjetodavnom odboru.

3) Savjetodavni odbor (A.C.R.S.) na osnovi zahtjeva, P.S.A.R. i izvještaja D.R.L. nezavisno analizira i izvještava javnost i A.E.C. Po potrebi zahtijeva dodatne analize od elektroprivredne kompanije i konstruktora.

4) A.E.C. saziva javnu raspravu na kojoj se mogu individualno, ili u ime organizacija, podnositi prigovori na projekt. Izvještaj o raspravama podnosi atomskoj komisiji Odbor za licence (A.E.C. — Licensing Board).

5) Atomska komisija izdaje *konstrukcionu dozvolu*, ukoliko je došla do uvjerenja da je predloženi objekt siguran i da su uvaženi opravdani prigovori iz javnosti.

6) Nakon izgradnje objekta aplikant (elektroprivredno poduzeće) podnosi zahtjev za *pogonsku dozvolu*. Ovom zahtjevu mora biti priložen konačni sigurnosni izvještaj (Final Safety Analysis Report — F.S.A.R.) u kojem moraju biti uključene sve analize tražene od Savjetodavnog odbora (A.C.R.S.) pri razmatranju P.S.A.R. i konačan iz-

vještaj o efektima na okoliš (E.I.R.). Istim putem kao i za konstrukcionu dozvolu zahtjev prolazi kroz D.R.L., A.C.R.S., javnu raspravu i konačno dolazi na odobrenje A.E.C.

Može se vidjeti da Savjetodavni odbor (A.C.R.S.) odgovara po svom sastavu Savjetodavnoj komisiji MITI (A.C.T.M.N.P.). No, u japanskom sistemu to je tijelo u manjoj mjeri nezavisno o tijelu koje razvija nuklearnu energiju (MITI), jer tehnički posao za nju obavlja nuklearno odjeljenje MITI (N.P.G.D.). U američkom sistemu tehnička detaljna analiza se obavlja u D.R.L., Odjelu za reaktorske licence, koji je potpuno odvojen od A.C.R.S.

Na emisiju radioaktivnosti primjenjuju se osnovni federalni propisi:

10 CFR 20, za normalan pogon,
10 CFR 100, za akcidente.

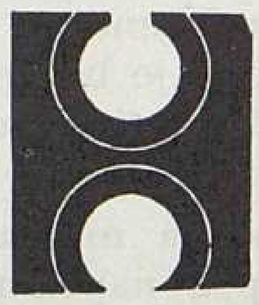
Godine 1971. A.E.C. je objavila sigurnosne kriterije radi olakšanja rada konstruktorima. Oni su dakako od interesa i za procjenu sigurnosti pojedinačnog objekta.

(General Design Criteria for Nuclear Power Plants, 10 CFR 50, Code of Federal Regulations, Fed. February 10, 1971).

Važni materijali za procjenu sigurnosti reaktora dani su u:

Division 1, Regulatory Guides Power Reactors, June 27, 1973.

V. Knapp



Hidroelektra

GRAĐEVNO PODUZEĆE

ZAGREB, LESKOVAČKA 10, TEL. 512-122

IZVODI SVE VRSTE NISKOGRADNJE I INDUSTRIJSKE GRADNJE

Od osnutka 1. IV 1946. do danas izvodilo je u SR Hrvatskoj slijedeća energetska postrojenja:

- HIDROELEKTRANA »NIKOLA TESLA« (VINODOL)
- HIDROELEKTRANA »OZALJ II«
- HIDROELEKTRANA »ZAVRELJE« (MLINI)
- HIDROELEKTRANA »GOJAK«
- HIDROELEKTRANA »SPLIT I« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »SENJ« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »RIJEKA«
- HIDROELEKTRANA »ORLOVAC« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »VARAŽDIN« (U TOKU)
- TERMOELEKTRANA-TOPLANA ZAGREB (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA SISAK (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA PLOMIN (SUDJELOVANJE)

OPASNOSTI OD ELEKTRIČNE STRUJE

Bez obzira na sve mjere što se provode i koje poduzimamo da bi zaštitili ljude od udara električne struje, ipak se u pogonima svakodnevno događaju strujni udari. Sreća je da najveći broj strujnih udara obično završava bez težih posljedica. Kad nekog električara, ili nekog drugog, u pogonu »strese struja« tome obično nitko ne obraća veću pažnju, mada se vrlo lako mogla dogoditi i najveća tragedija — gubitak ljudskog života.

U praksi je dosta raširena vrlo pogrešno mišljenje da napon ubija čovjeka, što nije točno. Napon sam po sebi nije opasan. Čovjeka ubija struja koja pod djelovanjem napona protječe kroz čovječje tijelo. Jakost struje koja će protjecati čovjekom ovisi, prema Ohmovu zakonu, upravo proporcionalno o naponu i obrnuto proporcionalno o otporu strujnog kruga u kojem se čovjek našao, a izračunava se prema slijedećoj relaciji:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Istina je, da je opasnost kod visokog napona veća nego kod niskog napona, što se vidi i iz slijedećih podataka:

— 20 . . . . 35% svih nesreća na visokonaponskim postrojenjima završava smrću unesećenih, dok
— kod svih nesreća na niskonaponskim postrojenjima, napona do 250 V prema zemlji, smrtno strada oko 5%.

No, kako ćemo u daljem razmatranju vidjeti, tome nije kriv samo napon.

Prema JUS-propisima napon do 65 V, se ne smatra opasnim za čovjeka, jer ne može, pri normalnim uvjetima, potjerati kroz čovječji organizam opasnu jakost struje.

U tablici 1 navedene su jakosti struja i njihovo djelovanje u slučaju protjecanja kroz čovječji organizam.

Iz tablice 1 sasvim jasno slijedi, da je jakost struje od 50 mA donja granica smrtne opasnosti za čovjeka.

Općenito, električna struja ovisno o svojoj jakosti, pri protjecanju kroz čovječji organizam može uzrokovati:

— nadražaj na koži (elektriziranje)
— oštećenje živčanog sistema
— grčenje mišića i
— smrt.

Općenito se može reći da jačina struje, koja protječe mišićnim vlaknima ima presudni utjecaj na oštećenje organizma. Prosječni promjer mišićnog vlakna iznosi 20 mikrona, a gustoća izmjenične struje od 0,4 mA/cm² smatra se granicom bezopasnosti za čovjeka, dok je bezopasna gustoća istosmjerne struje tri do četiri puta veća od bezopasne gustoće izmjenične struje.

Tablica 1

Jakost struje	Djelovanje na čovječji organizam
0 . . . 1 mA	Ne osjeća se.
1 . . . 8 mA	Osjeća se udar, ali ne boli. Mišićima se može kontrolirati.
8 . . . 15 mA	Udar koji pričinjava boli. Mišićima se može kontrolirati.
15 . . . 20 mA	Bolni udar. Mišići blizu dodira se grče. Čovjek se teško odvaja od napona.
20 . . . 50 mA	Boli. Ozbiljni grčevi. Otežano disanje.
50 . . . 100 mA	Poremećaj unutarnjih organa. Može nastupiti srčani udar i trenutna smrt.
100 . . . 200 mA	Vjerojatno smrt.
preko 200 mA	Opasne opekotine. Grčevi mišića tako jaki, da srce prestaje raditi.

Karakteristična pojava na mjestu dodira čovječjeg tijela s dijelom pod naponom, naziva se električni biljeg. Električni biljeg ima oblik kratera s uzdignutim rubovima i uvučenim centrom. Boje je sivkaste do smeđe.

Povrede izazvane električnom strujom brzo zarašćuju i ne krvare.

Kakve će posljedice nastati uslijed protjecanja električne struje kroz čovječji organizam ovisi o slijedećim faktorima:

— o naponu mreže
— o otporu strujnog kruga
— o putu protjecanja električne struje kroz tijelo
— o trajanju djelovanja električne struje na organizam
— o frekvenciji struje.

a) Napon mreže

U industrijskim pogonima niskonaponska postrojenja imaju napon 220/380 V. Fazni napon od 220 V, koji vlada između bilo kojeg faznog vodiča i zemlje, vrlo je opasan za čovjeka. Još je opasniji međufazni ili linijski napon od 380 V, koji vlada između bilo koja dva fazna vodiča trofaznog sistema.

b) Otpor čovječjeg tijela

Jakost električne struje, koja će u nekom slučaju protjecati kroz čovječji organizam, ovisi o otporu strujnog kruga. Najveći otpor čovječjeg tijela predstavlja koža. Otpor raznih dijelova čovječjeg tijela mjeren omometrom naveden je u tablici 2.

Tablica 2

Dio tijela	Otpor
Suha koža (između dvije ruke)	100.000 . . . 600.000 Oma
Vlažna koža (između dvije ruke)	oko 1.000 Oma
Unutarnji otpor (ruka — noga)	400 . . . 600 Oma
Otpor od jednog do drugog uha	oko 100 Oma

Otpor čovječjeg tijela ovisi o naponu između dva dijela tijela, kroz koji protječe električna struja. Tako npr. kod napona od 220 V, iznosi oko 1.000 oma, dok se s porastom napona smanjuje. Pojavu da se s porastom napona smanjuje otpor čovječjeg tijela tumačimo time, što električna struja kod višeg napona na više mjesta probije izolacioni rožnati sloj kože.

Suha i manje dlakava koža ima veći otpor od vlažne kože (kada je čovjek oznojen). U stručnoj literaturi je zabilježen podatak da je za čovjeka pri kupanju opasan napon od 11 V, a to je i razumljivo, jer je sva koža mokra, pa je otpor vrlo mali, i sasvim je dovoljan da kroz čovječje tijelo potjera smrtonosnu jakost struje.

Ako je koža na mjestu dodira s dijelom pod naponom oštećena (npr. neka ogrebotina ili ranica), otpor tijela je manji, pa električna struja nesmetano teče kroz krv i unutarnje organe. Gruba koža, kao npr. žuljevi na dlanovima, pruža daleko veći otpor negoli mekana koža na ostalim dijelovima tijela.

c) Otpor pri prelasku struje od čovjeka na zemlju

Taj otpor ovisi o vrsti podloge na kojoj čovjek stoji. Na zemlji, betonu, kamenu, itd., pogotovo ako su vlažni ili mokri, prijelazni otpor je mali. Ako čovjek stoji na suhom drvenom podu prijelazni otpor je vrlo velik, pa će u slučaju dodira dijelova pod naponom kroz njegovo tijelo protjecati vrlo slaba struja.

d) Put protjecanja električne struje kroz čovječje tijelo

Najopasnije je, kad električna struja prolazi kroz srce, glavu i mozak.

Električna struja pri prolazu kroz srce izaziva treperenje srčanih pretkomora, jer pod djelovanjem električne struje počinje brže raditi. Takav brzi rad u vrlo kratkom vremenu izaziva potpuno iscrpljenje srca. Obično nesreće s prolazom elekritične struje kroz srce imaju tragičan završetak. Poznati su slučajevi da je unesrećeni poslije takvog strujnog udara normalno radio i hodao nekoliko sati, a zatim pao mrtav.

Udarom električne struje čovjek doživljava šok, kao, uostalom, i kod svih težih povreda, što sasvim razumljivo djeluje negativno na živčani sistem. Tako se kod osoba nakon električnog udara može javiti gubitak osjećaja za ravnotežu, poremećaj svjesti, uzetost udova ili nekih drugih dijelova tijela, smanjenje refleksa, smetnje u govoru, smetnje u sluhu itd. Ove pojave obično traju kraće vrijeme, ali mogu biti i trajne. Protok električne struje može izazvati trajno znojenje na nekim dijelovima kože. Neki liječnici smatraju da smrt od električne struje nastaje uslijed paralize centra za disanje u mozgu.

Kod prolaza vrlo jakih struja kroz mozak čovjeka, oslobađa se tako velika količina topline da mozak bude skuhan. Zabilježeni su slučajevi rasprskavanja (eksplozije) lubanje pod djelovanjem tlaka pare.

e) Trajanje djelovanja električne struje na čovječji organizam

Što duže električna struja protječe čovječjim organizmom, to je veća opasnost za čovjeka. Ako struja djeluje manje od 1/10 sekunde ona neće izazvati teže posljedice. Djelovanjem od 2/10 sekunde i duže, pri dovoljnoj jakosti struje koja protječe kroz čovječji organizam, može izazvati smrt.

Protjecanjem električne struje kroz čovječje tijelo razvija se Jouleova toplina koja razara organe. Međutim, da bi došlo do tih smrtonosnih pojava mora električna struja u čovječjem tijelu biti veća od 1200 Ws.

f) Frekvencija struje

Frekvencija izmjenične struje predstavlja važan faktor opasnosti od strujnog udara. Dokazano je da su izmjenične struje industrijskih frekvencija 40 . . . . 60 Hz vrlo štetne i opasne za ljude.

Stručnjaci smatraju da je ona opasnija od istosmjerne struje istog napona. S porastom frekvencije izmjenične struje, koja protječe čovječjim organizmom, opasnost se smanjuje. Visokofrekvetna struja, frekvencije iznad 7000 Hz upotrebljava se za ljekovite (terapeutske) svrhe, bez ikakvih negativnih posljedica. Struje niskih frekvencija — ispod 20 Hz — također su manje štetne za čovjeka.

Veliku opasnost predstavljaju opekotine nastale djelovanjem električnog luka. To je sasvim razumljivo kad znamo kakva se temperatura razvija kod njegove pojave.

Djelovanjem električnog luka opekotine nastaju na dva načina.

Pri dodiru čovječjeg tijela s električnim lukom, što se može dogoditi pri radu pod naponom, zbog kvara na električnom aparatu ili za vrijeme njegovog ispitivanja pod naponom, itd., kad se neho-

tično napravi premoštenje dvaju faznih vodiča ili spoj jednog faznog vodiča sa uzemljenom konstrukcijom.

Kod velikih jakosti struja i velikih električnih lukova, koji još i duže potraju, također se razvija vrlo velika količina topline, koja se brzo širi uz visoku temperaturu, tako da dijelove čovječjeg tijela, koji se nalaze u blizini, teško ošteti.

Opekotine nastale djelovanjem električnog luka mogu biti vanjske ili unutarnje.

Vanjske opekotine mogu biti od mjehurića na koži do potpunog karboniziranja (tkivo toliko sagori, da je crno poput ugljena), dakle opekotine od prvog do četvrtog stupnja.

Unutarnje opekotine obično se javljaju kod unesrećenih na visokom naponu. Događa se da unesrećeni ima samo neznatne vanjske opekotine. Stanje unesrećenog izgleda, kao da je izvan opasnosti. Međutim, nekoliko dana poslije nesreće nastupi naglo pogoršanje. Unesrećeni mokri sve manje i manje do potpunog prestanka što dovodi do smrti uslijed samootrovanja. Da se to spriječi valja nakon nesreće dati mokraću na analizu. To treba učiniti i nekoliko puta u toku liječenja, jer analiza mokraće daje dragocjene podatke o stanju unutarnjih opekotina.

Opekotine izazivaju vrlo jake bolove i vrlo se teško i sporo liječe zbog čestih upala i infekcija.

Opekotine izazvane električnim lukom su obično opekotine trećeg stupnja, što znači da su vrlo opasne i bolne.

Gotovo kod svih nesreća stradaju oči osobe, koja se nalazila u blizini električnog luka. Nastaje opekotina, unesrećeni najprije vidi sve crve- Nakon što je djelovanjem električnog luka nastala opekotina očiju, koja je slična snježnom sljepilu. no i hvata ga nesvjestica. Ako je opekotina vrlo jaka nakon nekoliko sati nastupa sljepilo, koje za nekoliko dana prolazi, ali u vrlo teškim slučajevima može biti i trajno. Očni kapci nekada tako nateknu da unesrećeni ne može otvoriti oči. Oči neprestano suze.

Tvrdnja da su alkoholičari više ili manje osjetljivi na udare električne struje nije stručno dokazana. Oni su, pod djelovanjem alkohola, samo više »hrabri« i manje oprezni od ostalih ljudi. Duševna pretdispozicija, tj. priprema za primanje strujnog udara također nema stručne podloge.

Sa sigurnošću se može tvrditi da su djeca od onih drugih, što je i potpuno logično, jer je otpor vlažne kože znatno manji od suhe.

Udarom električne struje trudnoća se obično ne prekida. Ispitivanjem je dokazano da, plod obično osjetljivija na električnu struju od odraslih, kao i to, da su osobe koje se puno znoje osjetljivije nadživi majku.

Opasnost od električne struje ne možemo smanjiti, jer dok će se upotrebljavati električna energija i dok bude električnih postrojenja, ta će opasnost postojati. Sve većom primjenom raznih električnih uređaja i naprava, kao i automatizacijom postrojenja u svim oblastima ljudske djelatnosti. ta opasnost postaje sve veća. Međutim, ako se već ta opasnost ne može smanjiti i strujni udari ne mogu potpuno izbjeći, može se znatno smanjiti njihov broj. Smanjenje broja strujnih udara može se postići:

a) primjenom materijala s kvalitetnom i trajnom izolacijom,
b) primjenom odgovarajućih materijala za konkretan slučaj,
c) izvedbom električnih instalacija samo strogo po propisima,
d) upotrebom odgovarajućih i samo potpuno ispravnih aparata i strojeva,
e) strogom primjenom zaštitnih mjera,
f) stalnom i strogom kontrolom ispravnosti električnih instalacija, aparata i strojeva, kao i funkcionalnosti zaštitnih mjera,
g) hitnom zamjenom svih dijelova oštećenih električnih instalacija, aparata i strojeva,
h) pristupanjem radu na električnim uređajima samo uz najveću moguću opreznost i ozbiljnost,
i) upoznavanjem svih onih koji rukuju električnim uređajima s opasnostima koje im prijete od udara električne struje.

Za zaštitu ljudi od opasnog dodirnog napona, odnosno za sprečavanje strujnog udara, treba primijeniti slijedeće zaštitne mjere:

a) zaštitno izloiranje
b) mali napon
c) zaštitno uzemljenje
d) nulovanje
e) naponski zaštitni spoj
f) strujni zaštitni spoj
g) zaštitno odvajanje.

Ovdje se nećemo upuštati čak ni u principijelno objašnjavanje funkcionalnosti pojedinih zaštitnih mjera, ali ćemo spomenuti, da se kod nas u industrijskim pogonima kao zaštita osoblja od opasnog dodirnog napona uglavnom primjenjuje sistem *nulovanja*. Taj sistem zaštite počeo se sve više primjenjivati i za zaštitu od opasnog dodirnog napona u širokoj potrošnji. Sistem nulovanja je jeftin, vrlo jednostavno izvodiv i vrlo pouzdan sistem zaštite od opasnog dodirnog napona, što dokazuje njegova sve veća primjena ne samo kod nas, nego i u mnogim industrijski vrlo razvijenim zemljama.

Funkcionalnost, tj. ispravnost sistema nulovanja vrlo je lako i jednostavno ispitati. Za to je dovoljna samo ispitna svjetiljka ili voltmetar, pa ova ispitivanja valja što češće obavljati, pogotovo ako znamo da je za jedno ispitivanje funkcionalnosti zaštite nulovanjem potrebno tek nekoliko trenutaka.

Napomenimo još da su oštećenja od udara električne struje, bez obzira na veliku opasnost

koja prijeti od električnih uređaja pod naponom, u usporedbi s drugim vrstama oštećenja, prilično malobrojna. U nekim industrijskim zemljama oštećenja od udara električne struje čine oko 0,2% svih industrijskih i poljoprivrednih nesreća.

U Jugoslaviji je broj nesretnih slučajeva od udara električne struje vrlo velik u odnosu na broj takvih nesreća u nekim drugim zemljama. Tako je npr. prema statističkim podacima, u našoj zemlji u razdoblju 1955. do 1965. godine samo u oblasti proizvodnje električne energije registrirano 24.356 nesretnih slučajeva od udara električne struje. Od toga broja smrtno je stradalo 234 osoba, što čini 0,962% od ukupnog broja tih nesreća. Međutim sa sigurnošću se može tvrditi da taj broj nesretnih slučajeva nije točan, jer slabije udare obično nitko i ne prijavljuje, pa prema tome nisu registrirani i obuhvaćeni statističkim podacima. Njihov broj je daleko veći od broja registriranih nesretnih slučajeva uzrokovanih udarom električne struje. Baš zbog toga je navedeni broj nesretnih slučajeva u promatranom razdoblju zastrašućuje velik, pogotovo ako znamo da se on dogodio u oblasti proizvodnje električne energije, dakle u industrijskoj grani, gdje su zaposleni skoro isključivo takvi ljudi, koji znaju, ili bi barem morali dobro znati, za sve opasnosti koje im prijete. Kad je to tako porazno u oblasti proizvodnje električne energije, kako je to tek s brojem nesretnih slučajeva uslijed udara električne struje u ostalim industrijskim granama, gdje su zaposleni uglavnom radnici koji znaju vrlo malo ili gotovo ništa o opasnostima od električne struje, ili pak u poljoprivredi, gdje su zaposleni uglavnom nekvalificirani radnici. Teško je i zamisliti koliki je tek broj nesretnih slučajeva uslijed udara električne struje u kućanstvima, gdje je vrlo veliki broj odraslih osoba i djece, koji baš ništa ne znaju o takvim opasnostima. Potpuno eliminirati nesretne slučajeve od udara električne struje gotovo je nemoguće, jer bi za to bila nužna:

— visoka tehnička kultura
— stalna opreznost prilikom rada i rukovanja električnim postrojenjima i aparatima i
— stalna i trajna potpuna ispravnost električnih postrojenja i aparata.

Gotovo je nemoguće uskladiti sva tri uvjeta za potpunu sigurnost, pa čak i onda ako bi prvi i osnovni uvjet, visoka tehnička kultura, bio uvijek ispunjen. Kod raznih uzbuđenja ili dugotrajnog neprekidnog rada (umor) opreznost čovjeka se znatno smanjuje. Imati stalnu i trajnu potpunu ispravnost električnih postrojenja i aparata je nemoguće, jer se oni tokom eksploatacije kvare, njihova izolacija stari, pa postaju opasni bez obzira na njihovo savjesno održavanje.

Mada se nesretni slučajevi uzrokovani udarom električne struje, uz sav trud i želje, ne mogu potpuno eliminirati, njihov broj se može i mora osjetno smanjiti. Da se to postigne morali bi se svi stručni kadrovi više angažirat u objašnjavanju opasnosti od električne struje i maksimalno založiti na strogoj provedbi i primjeni zaštitnih mjera, kao i što kvalitetnijem obavljanju radova na montaži, remontu i održavanju električnih postrojenja, instalacija i aparata.

Naslov pisaca: Ivan Cvitan, dipl. ing.; Marija Fiala, dipl. ing., »Elektra« — Sisak

»Na osnovi Amandmana XXI i XXII na Ustav SFRJ i Amandmana VI i VII na Ustav SRH osnovne organizacije udruženog rada:

1. OOUR-a — »ELEKTRA« — BJELOVAR
2. OOUR-a — »ELEKTRA« — ČAKOVEC
3. OOUR-a — »ELEKTRA« — KOPRIVNICA
4. OOUR-a — »ELEKTRA« — KRIŽEVCI
5. OOUR-a — »ELEKTRA« — KRIŽ
6. OOUR-a — »ELEKTRA« — VARAŽDIN
7. OOUR-a — »ELEKTRA« — ZABOK
8. OOUR-a — »ELEKTRA« — ZAGREB

udružile su se 10. siječnja 1973. u poduzeće 'ELEKTRA — ZAGREB', Gundulićeva 32«.

ELEKTROENERGETIKA U SSSR-u 1973.

Proizvodnja i potrošnja električne energije u Sovjetskom Savezu u znatnom je porastu, što dolazi do izražaja naročito u usporedbi s porastom u ostalim visokorazvijenim zemljama. Ta golema zemlja površine 22.402.200 km² s oko 250 milijuna satnovnika izgrađuje gigantski elektrosistem od Lenjingrada do Vladivostoka.

Povećanje snaga elektrana i proizvodnje električne energije kretalo se od 1970. do 1973. kako je navedeno u tablici 1.

Tablica 1

	Godine			
	1970.	1971.	1972.	1973.
Snaga elektrana GW	166,2	175,4	186,2	196,6
Proizvodnja u 1000 GWh	740,9	800,4	857,4	915,0

Porast proizvodnje u tri promatrana godišnja razdoblja, 1970. do 1973, iznosio je 24%.

Interesantno je navesti da je 1960. proizvodnja električne energije u SSSR-u predstavljala 12,4%, a 1972. već 15% ukupne svjetske proizvodnje električne energije.

Od 1971. do 1973. izgrađeno je 30.000 MW novih turboagregata. Većinom su to kondenzacione turbine veličine 200 do 300 MW. U istom razdoblju nalazi se u gradnji 45 većih termo i nuklearnih elektrana.

U termoelektranama Ministarstva energetike SSSR-a bili su krajem 1973. u pogonu turboblokovi veličine prema tablici 2.

Tablica 2

800 MW	2 komada
500 MW	1 komad
300 MW	116 komada
250 MW	3 komada
200 MW	107 komada
150—160 MW	85 komada

Sovjetski Savez poznat je po velikim hidroelektranama, no udio hidroelektrana u sovjetskoj proizvodnji električne energije razmjerno je malen, što se vidi iz tablice 3.

Tablica 3

Godina	Snaga		Godišnja proizvodnja	
	TE %	HE %	TE %	HE %
1960.	77,8	22,2	82,6	17,4
1965.	80,7	19,3	83,9	16,1
1970.	81,1	18,9	83,2	16,8
1971.	80,9	19,1	84,2	15,8
1972.	81,3	18,7	85,7	14,3
1973.	82,0	18,0	86,6	13,4

Kao u većini država Evrope, tako je i u SSSR-u udio hidroelektrana u proizvodnji električne energije sve manji. U 1973. tek 13,4%.

Sovjetska se energetika sve više orijentira na velike elektrane što se vidi iz tablice 4.

Tablica 4

Veličina elektrana MW	Broj svih elektrana	TE	HE
Svega	1304	861	443
Više od 1000	46	40	6
600 do 1000	25	17	8
400 do 600	30	28	5
200 do 400	91	79	12
100 do 200	83	64	19
50 do 100	62	42	20
25 do 50	82	41	41
12 do 25	96	76	20
5 do 12	92	48	44
do 5	694	426	268

Proizvodnja elektroenergije u SSSR-u pretežno je danas temeljena na ugljenu, no zastupani su i ostali nosioci primarne energije. Udio ugljena pada, a raste udio tekućeg goriva i plina, što se vidi iz tablice 5, gdje je prikazana u postocima proizvodnja električne energije iz različitih nosilaca primarne energije.

Tablica 5

Nosilac primarne energije	% proizvodnje električne energije iz različitih nosilaca				
	1960.	1965.	1970.	1971.	1972.
Ugljen	57,3	51,6	41,5	40,1	40,7
Treset, drvo	6,4	3,6	2,5	2,5	2,3
Mazut	4,5	7,9	17,9	19,5	21,6
Plin	10,7	18,5	19,4	20,4	19,1
Ostalo	—	—	0,5	0,5	0,9
Hidroenergija	21,1	18,4	18,2	17,0	15,4
Ukupno:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Iskorištenje sviju elektrana Ministarstva energetike, a posebno termo i hidroelektrana dano je u tablici 6.

Tablica 6

	Iskorištenje elektrana sati god.			
	1960.	1965.	1970.	1973.
Termoelektrane	6000	5805	5425	5572
Hidroelektrane	3853	3842	4142	3495
Sve elektrane	5377	5308	5136	5135

Budući da su najveće hidroelektrane svijeta upravo u SSSR-u, neka bude poimenično navedeno 12 najvećih sovjetskih hidroelektrana.

Tablica 7

Elektrana	Rijeka	Snaga MW	Proizvodnja GWh/g
1. Krasnogorska HE, 50-godišnjice SSSR	Jenisej	6000	21.460,2
2. Bratska HE, 50-godišnjice Oktobra	Angara	4100	22.956,6
3. Volžna HE, XXII kongresa KPSS	Volga	2541	8.330,4
4. Volžna HE, V. I. Lenjina	Volga	2300	6.991,9
5. Volžna HE, Lenjinskog Komsomola	Volga	1360	3.840,2
6. Vodhinska HE	Kama	1000	2.153,7
7. Nurekška HE	Vahš	900	1.055,1
8. Pljavinska HE V. I. Lenjina	Zap. Drina	825	1.002,1
9. Buhtarminska HE	Irtiš	675	3.028,4
10. Irkutska	Angara	662	4.385,4
11. Dnjeprovska V. I. Lenjina	Dnjepar	650	2.922,3
12. Kremenčugska	Dnjepar	625	1.158,0

Danas Sovjetski Savez još nema jedinstveni elektroenergetski sistem, što je, između ostalog, cilj sovjetske elektroenergetike, već ima 4 sistema od kojih je najveći Objedinjeni sistem SSSR-a što objedinjuje 8 podsistema. Snaga elektrana, proizvodnja električne energije i maksimalna snaga kretali su se u 1972. godini kako slijedi:

Tablica 8

Elektroenergetski sistem	Snaga elektrana MW	Proizvodnja GWh	Maksimum snaga MW
1. Objedinjeni energetski sistem SSSR-a	127.330	637.445	102.623
Od čega el. sistem			
1.1. Centra	25.817	130.681	24.473
1.2. Srednje Volge	11.514	54.619	8.597
1.3. Urala	22.699	128.603	19.092
1.4. Sjeverozapada	15.222	68.757	11.581
1.5. Juga	35.570	178.245	27.273
1.6. Sjevernog Kavkaza	3.794	20.547	3.690
1.7. Zakavkazja	7.713	30.064	4.937
1.8. Sjevernog Kazahstana	5.001	25.928	3.850
2. Objedinjeni energetski sistem Sibirije	24.464	117.620	16.771
3. Objedinjeni energetski sistem Srednje Azije	8.573	36.204	6.294
4. Objedinjeni energetski sistem Dal. istoka	4.581	17.917	3.190
Ukupno:	164.948	809.186	—

Valja spomenuti da su ovim pregledom obuhvaćene samo elektrane koje su pod upravom Ministarstva za energetiku, dok tablica 1 npr. obuhvaća sve elektrane.

Sovjetski Savez je bio vrlo jak partner u razmjeni električne energije. Kao jak izvoznik električne energije najviše je izvozio u zemlje SEV-a, a nešto malo i u Nordijske zemlje. Uvoz je bio ili beznačajan ili jednak nuli s iznimkom Rumunjske, koja je jedina izvezla nešto veće količine električne energije u SSSR (1972).

Tablica 9

SSSR izvozi u		SSSR uvozi iz	
Norvešku	76 GWh	Norveške	— GWh
Finsku	498 GWh	Finske	— GWh
Poljsku	1873 GWh	Poljske	1 GWh
Čehoslovačku	2601 GWh	Čehoslovačke	— GWh
Madžarsku	3831 GWh	Madžarske	— GWh
Rumunjsku	32 GWh	Rumunjske	1565 GWh
Bugarsku	2424 GWh	Bugarske	— GWh
Ukupno:	10335 GWh	Ukupno:	1566 GWh

Kao što se vidi najveći je izvoz u Čehoslovačku i Madžarsku. Premda je izvoz električne energije velik, ipak gledajući relativno u postocima prema ukupnoj proizvodnji zemlje on je neznatan i iznosi 1,1%. Naprotiv postotak uvezene energije je u postocima, prema nacionalnoj proizvodnji Čehoslovačke i Madžarske, vrlo velik.

S obzirom na svoju veličinu Sovjetski Savez ima vrlo veliku mrežu sve do najviših naponskih nivoa. Razvoj prijenosne mreže od napona 110 kV na više prikazan je u tablici 10.

Tablica 10

Napon kV	Dužina vodova u km po godinama 1960.	1965.	1970.	1973.
±400	—	475	475	475
750	—	—	88	837
400—500	4.404	8.284	13.188	17.307
330	1.108	7.276	14.188	17.273
220	15.573	35.247	50.247	61.114
154	1.975	5.105	5.808	6.739
110	64.584	128.108	185.847	220.581

Dužina voda ±400 kV odnosi se na istosmjerni prijenos Volgograd — Donbas, a vod napona 750 kV u 1970. na pokusnu dionicu Konakovo — Moskva, a zatim na dio koji je u gradnji Donbas — Ukraina. Napon 500 kV uveden je u SSSR-u 1956, a 500 kV u 1957. godini.

(Prema podacima *Informenergo* — Moskva)

B. Markovčić

SOVJETSKI SAVEZ POVEĆAVA CIJENE NAFTE SOCIJALISTIČKIM ZEMLJAMA

Sovjetski Savez planira znatno povećanje cijena nafte zemljama članicama SEV. Obavijest o povećanju bit će uskoro objavljena u službenom biltenu SEV. Nove cijene bit će dvostruko veće od starih i približit će se cijenama na svjetskom tržištu. Do sada je Sovjetski Savez prodavao naftu zemljama SEV po cijeni koja je iznosila oko trećine cijene na svjetskom tržištu, koja iznosi oko 10 dolara za barel. Na osnovi novih aranžmana cijene nafte povećat će se za manje od 3 dolara za barel na više od 6 dolara za barel odnosno sa 15 rubalja po metričkoj toni na 30 rubalja (sa 19,5 na 46,40 dolara za tonu po zvaničnom kursu od 1,30 dolara za rublju).

SOVJETSKI SAVEZ GRADI VELIKE NUKLEARNE ELEKTRANE

Sovjetski Savez će u toku slijedećeg petogodišnjeg plana (1976. do 1980) izgraditi nuklearne elektrane snage 30.000 MW. To je izjavio predsjednik državnog komiteta za elektroenergiju Petrosjan. U vremenskom razdoblju 1971. — 1975. bit će izgrađeno i stavljeno u pogon 6.000 MW u nuklearnim elektranama. Tu su uključene elektrane na poluotoku Koli i Magadena. Krajem lipnja 1974. slavila se 20. godišnjica stavljanja u pogon prve nuklearne elektrane na svijetu u okrugu Kaluga. U usporedbi s današnjim elektranama, snaga joj je bila vrlo mala, svega 5 MW. No iskustva koja su prikupljena imala su veliki značaj za razvoj na tom polju. Mnogo su je posjećivali različiti stručnjaci, pa je kroz nju prošlo oko 6000 osoba.

Posebna se pažnja poklanja nuklearnim elektranama koje rade na principu brzih brider-reaktora. Takav se uređaj nalazi na istočnoj obali Kaspijskog mora, čiji se dio energije upotrebljava za odsoljavanje morske vode. Druga je mirnodopska primjena nuklearne energije u SSSR-u u gradnji ledolomaca. Pomoću ledolomca »Lenjin« uspjelo je u sjevernim vodama produžiti navigaciono razdoblje na jedan mjesec.

Uz pomoć SSSR-a izrađeno je više nuklearnih elektrana u prijateljskim zemljama.

(Elektrie 1974. br. 12)

B. M.

REZERVE I PROIZVODNJA NAFTE I PRIRODNOG PLINA NA SJEVERNOM MORU

Prema posljednjim procjenama raspoložive rezerve nafte i prirodnog plina u podmorju Sjevernog mora povećavat će se na ovaj način (mlrd kub. metara u ekvivalentu nafte):

	Nafta	Prirodni plin	Ukupno
Velika Britanija	4,0	2,4	6,4
Norveška	2,2	1,3	3,5
Ostali	0,2	0,8	1,0
Ukupno	6,4	4,5	10,9

Proizvodnja nafte i prirodnog plina bit će, kako se predviđa, ovakva (dnevno u 000 kub. metara u ekvivalentu nafte):

	1975.	1980.	1985.
Velika Britanija			
Nafta	27,0	515,2	651,9
Prirodni plin	117,5	157,4	171,7
Norveška			
Nafta	41,3	254,4	391,1
Prirodni plin	—	130,4	178,1
Ostali (uključivo i proizvodnja u Holandiji, Danskoj i SR Njemačkoj)			
Nafta	69,9	888,5	1.079,6
Prirodni plin	132,0	356,2	434,1

(Petroleum Economist, II 1975)

V. B.

SVJETSKA PROIZVODNJA NAFTE U 1974. GODINI

Svjetska proizvodnja nafte u 1974. godini premašila je 2,87 mlrd tona, ali je za samo 0,8% bila veća od one u 1973. godini, kad je dosegla gotovo 2,85 mlrd tona.

Situacija na nekim kontinentima i u posljednje tri godine bila je ovakva (u mln tona):

	1972.	1973.	1974.	% Porast 1974/73.	% Učešće u 1974.
Zapadna Evropa	15,7	15,5	16,0	+ 3,2	0,6
SSSR i Istočna Evropa	422,6	449,8	480,1	+ 6,7	+16,7
Afrika	263,3	278,7	263,5	— 5,4	9,2
Bliski istok	915,9	1065,4	1094,2	+ 2,7	38,1
Daleki istok i Australija	263,3	159,9	177,3	+10,9	6,2
Istočna hemisfera	1739,8	1969,3	2031,1	+ 3,2	70,8
Sjeverna Amerika	637,7	637,6	618,9	— 3,0	21,6
Karibsko područje	185,6	193,5	173,7	—10,2	6,0
Latinska Amerika	41,1	47,5	46,6	— 4,2	1,6
Zapadna hemisfera	864,4	878,6	839,2	— 4,5	29,2
Ukupno	2604,2	2847,9	2870,3	+ 0,8	100,0

Uz ove podatke valja spomenuti:

— U svjetsku proizvodnju nafte nije uključena mala proizvodnja ostvarena u Afganistanu, Bangladešu, Kubi, Maroku, Mongoliji, Novom Zelandu, Tajlandu i Tajvanu, koja godišnje ne prelazi jedan milijun tona.

— Kod Kanade i Kine uračunata je proizvodnja i tzv. sintetske nafte dobivena preradom bituminoznih škriljaca i pješćara.

Kako se iz tablice vidi, proizvodnja nafte na istočnoj hemisferi iznosila je u 1974. godini 2031 mln tona i prema onoj u 1973. godini povećala se je za gotovo 62 mln tona, ili za 3,2%; u svjetskoj proizvodnji imala je udio od 70,8%.

Na zapadnoj hemisferi proizvodnja je pala za 4,5% i to od 879 mln tona u 1973. godini na 839 mln tona u 1974. godini ili za oko 40 mln tona. Udio u svjetskoj proizvodnji bio je 29,2%.

Nadalje, na istočnoj hemisferi je u svim područjima — osim u Africi — zabilježen veći ili manji, brojčano ili u postocima, porast proizvodnje, dok je na zapadnoj hemisferi u svim područjima zabilježen pad proizvodnje.

U Africi je došlo do pada proizvodnje intervencijom države u Alžiru i Libiji, a na Bliskom istoku iz istih razloga u Kuwaitu, Kvataru i Iraku i to kako se iz tablice vidi (u mln tona):

	1972.	1973.	1974.	Pad 1974/73. %	Učešće u 1974. %
Alžir	50,1	51,2	49,0	— 4,3	1,7
Libija	105,8	104,6	77,0	—26,4	2,7
Irak	72,4	99,4	95,0	— 4,4	3,3
Kuwait	151,1	138,3	112,0	—18,0	3,9
Kvatar	23,3	27,5	24,7	—10,2	0,9

Na zapadnoj hemisferi do pada proizvodnje intervencijom države došlo je u Venezueli, dok su u drugim zemljama uzroci pada proizvodnje bili geološko-tehnički uvjeti rada. U Venezueli je u 1974. godini bilo proizvedeno 156,0 mln tona nafte prema 175,4 mln tona ili za 11,2% manje.

Uslijed porasta proizvodnje nafte na istočnoj hemisferi, a postupnog pada proizvodnje na zapadnoj, mijenjao se je njihov udio u ukupnoj svjetskoj proizvodnji, kako se vidi za 1970. i 1974. godinu:

	1970. mln t	1970. %	1974. mln t	1974. %
Istočna hemisfera	1414,8	62,7	2031,1	70,8
Zapadna hemisfera	871,4	37,3	839,2	29,2
Ukupno — svjetska proizv.	2335,2	100,0	2870,3	100,0

Interesantno je spomenuti, da je u 1960. godini u svjetskoj proizvodnji od 1085 mln tona udio istočne hemisfere bio kraj proizvodnje od 485 mln tona 44,7%, a zapadne 55,3% uz proizvodnju od 600 mln tona.

Situacija u pet najvećih svjetskih proizvođača nafte bila je (redoslijed prema 1974. godini):

	1970. mln t	1970. učešće	1974. mln t	1974. učešće	Indeks 1974/70.
SAD	533,7	22,8	494,9	17,2	92,7
SSSR	352,7	15,1	457,0	15,9	128,6
Saudijska Arabija	176,9	7,6	412,0	14,5	232,9
Iran	191,7	8,2	301,0	10,5	157,0
Venezuela	193,2	8,3	156,0	5,4	80,7
Ukupno	1448,2	62,0	1820,9	63,5	125,7
Kuwait	137,4	5,9	112,0	3,9	81,5
Nigerija	53,4	2,3	112,0	3,9	209,7

Kao što se vidi, pet najvećih svjetskih proizvođača nafte već nekoliko posljednjih godina drži gotovo 65% svjetske proizvodnje nafte.

No, dok je proizvodnja na istočnoj hemisferi — tri — narasla od 721 mln tona u 1970. godini na 1170 mln tona u 1974. godini, to je kod onih na zapadnoj — dva — pala od 727 mln tona na 651 mln tona. Redoslijed po veličini proizvodnje bio je u 1970. godini nešto drugačiji nego u 1974. god. Naime, na trećem je mjestu bila Venezuela, a Saudijska Arabija na petom, dakle obrnuto nego u 1974. godini.

Na šestom mjestu su po proizvodnji nafte u svijetu i u 1974. god. Kuwait i Nigerija sa po 112 mln tona i s učešćem od 3,9%. No, Kuwait je na tom mjestu bio i u 1970. god., ali s proizvodnjom većom od 157 mln tona, a radi vladine politike proizvodnja nafte je do 1974. godine smanjena na 112 mln tona. Nigerija je u istom razdoblju svoju proizvodnju nafte više nego udvostručila, jer je u 1970. godini iznosila nešto više od 53,4 mln tona.

Svjetske raspoložive rezerve nafte iznosile su početkom 1974. godine 85,3 mlrd tona i ako se ne bi povećale, a uzimajući proizvodnju od 2,87 mlrd tona, kako je ostvarena u 1974. godini, tada bi te rezerve (kad se proizvodnja ne bi povećala) trajale oko 30 godina.

Kako rezerve nafte nisu raspoređene ravnomjerno, to bi situacija raspoloživosti bila ovakva (u mln tona):

	Rezerve početkom 1974.	Proizvodnja u 1974. g.	Raspoloživost rezervi god.	Ukupna proizvodnja 1975.
Zapadna Evropa	2100	16,0	131	216
SSSR i istočna Evropa	14000	480,1	29	6780
Afrika	9000	263,5	34	2664
Bliski istok	47800	1094,2	44	10994
Daleki istok i Australija	2100	177,3	12	1277
Zapadna hemisfera	75000	2031,1	9	21931
Sjeverna Amerika	5900	618,9	20	16219
Ostala Amerika	4400	220,3	12	6420
Zapadna hemisfera	10300	839,2	30	22639
U k u p n o	85300	2870,3		44570

Kako se vidi raspoložive rezerve nafte na istočnoj hemisferi mogle bi prema sadašnjoj proizvodnji trajati još 37 godina, a na zapadnoj hemisferi još samo 12 godina. Osim toga na istočnoj se hemisferi nalazi gotovo 88% svjetskih rezervi nafte, a na zapadnoj samo 12%.

Ukupna dosadašnja proizvodnja nafte na svijetu prekoračila je 44,5 mlrd tona, od toga je na istočnoj hemisferi dobiveno 21,9 mlrd tona, a na zapadnoj 22,6 mlrd tona.

U posljednjim se godinama veliki napori ulažu u otkrivanje i eksploataciju nafte u podmorju. Tamo otkrivene i raspoložive rezerve se cijene na više od 16 mlrd tona, ili gotovo 20% od ukupnih svjetskih raspoloživih rezervi nafte. Eksploatacijom podmorskih ležišta nafte u 1974. godini dobilo se više od 500 mln tona nafte, ili oko 17% ukupne svjetske proizvodnje.

Ako se promatra proizvodnja nafte u Evropi (bez SSSR) za prvih deset po veličini proizvodnje, tada je situacija ovakva (u mln tona):

	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	Razlika 1974/70. %
Rumunjska	13,4	13,8	14,1	14,2	14,2	+ 6,0
SR Njemačka	7,5	7,4	7,1	6,6	6,3	—16,0
Jugoslavija	2,9	3,0	3,2	3,4	3,5	+20,7
Austrija	2,8	2,5	2,5	2,6	2,3	—17,9
Albanija	1,2	1,7	1,9	2,1	2,4	+100,0
Madžarska	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	+ 5,2
Norveška	—	0,3	1,6	1,6	1,7	—
Španjolska	0,1	0,1	0,1	0,8	1,9	—
Holandija	1,9	1,7	1,5	1,4	1,6	—15,8
Italija	1,4	1,4	1,2	1,0	1,0	—28,6

Kako se vidi, proizvodnja nafte je naročito porasla u Norveškoj i Španjolskoj, ali se u obje zemlje kreće na oko dva milijuna tona. U ostalim zemljama Evrope (zapadne) proizvodnja osjetljivo opada, dok u zemljama istočne Evrope raste. Proizvodnja nafte u ostalim zemljama Evrope je gotovo beznačajna, jer se u 1974. godini kreće od 500.000 tona u Poljskoj do 90.000 tona u Velikoj Britaniji.

(Prema podacima u Petroleum Economist, I. 1975. i Kohle und Heizöl, XI. 1974).

V. B.

DOSTIGNUĆA SA SF_6 POSTROJENJIMA

Prvu blindiranu rasklopnicu s plinom SF_6, napona 765 kV, montirat će u TS Joy Creek u Virginiji (USA) francusko poduzeće DELLE-ALSTHOM tokom 1975. godine. Navedena TS je glavna rasklopnica istočnog dijela mreže poduzeća Electric Power.

Poduzeće Merlin & Gerin gradi u Madridu 245 kV podzemno rasklopno postrojenje s plinom SF_6, kao dio nove TS 245 kV. Transformatorska stanica se gradi na mjestu prijašnje TS 46 kV. Osim navedene 245 kV stanice izgradit će se na tisom prostoru neboder s parkom.

(Elektrie 12/74)

B. Mr.

NAPREDAK KINESKE PETROLEJSKE INDUSTRIJE

Usporedo s naglim povećanjem proizvodnje nafte, Kina je sagradila svoj prvi brod za podvodna istraživanja nafte, i naftovoda, za prijevoz nafte od najvećih petrolejskih polja u zemlji do morske obale.

U toku 1974. godine proizvodnja nafte u Kini se povećala za još 20 posto što čini porast više od 6 puta u odnosu na proizvodnju u 1965. godini. U toku protekle godine počela je eksploatacija novih petrolejskih polja a izgrađena je i nova instalacija za preradu nafte. Trenutni kapacitet prerade nafte u zemlji veći je za oko četiri puta u odnosu na 1965. godinu.

Izgradnja novog naftovoda velikog promjera dužine 1.152 kilometara završena je krajem 1973. godine. Naftovodom se prevozi nafta od petrolejskog polja Taching u sjeveroistočnoj kineskoj provinciji Heilungkiang, do kineske luke Chinhuangtao na sjeveru zemlje. Cijevi za naftovod proizvedene su u novootkrivenim tvornicama za proizvodnju čeličnih cijevi u Kini.

U izgradnji ovog broda učestvovale su mnoge tvornice iz Šangaja i drugih mjesta. Oprema za podvodno istraživanje nafte proizvedena je u Šangajskoj tvornici »Shangai Mine Drilling Equipment Plant« u kooperaciji sa više od 30 raznih poduzeća.

NOVA ISTRAŽIVANJA NAFTE U GRČKOJ

Grčka kompanija »Greek Petroleum Enterprises Sa«, koja je pod kontrolom Starvosa Niarhosa, zatražila je od grčke vlade dozvolu za istraživanje nafte oko rijeke Nestos u sjevernoj Grčkoj.

Iz pouzdanih izvora se saznaje da će grčko poduzeće istraživati naftu s francuskim koncernom »Cie Francaise Des Petroles« (CFP). Predviđa se da će, ako nafta bude pronađena, biti u vlasništvu grčke vlade, a da će zainteresirane kompanije imati pravo kupovine jednog dijela nafte po povoljnim cijenama.

FRANCUSKA VLADA ODOBRILA ISTRAŽIVANJE NAFTE U ATLANTIKU

Francuska vlada odobrila je istraživanje nafte u oblasti Atlantika, između Francuske zapadne obale i engleske oblasti Kornval. Dozvole će biti izdane krajem veljače, a istraživanje će početi za dva do tri mjeseca.

Francuske kompanije će rukovoditi većinom istraživačkih radova u ovoj oblasti, s kompanijom »Societe Nationale des Petroles d'Aquitaine« na čelu.

AMERIČKE REZERVE NAFTE I PLINA MANJE OD ZVANIČNIH PROCJENA

Grupa američkih znanstvenika izjavila je u svom izvještaju nacionalnom vijeću za istraživanja, da su rezerve nafte i prirodnog plina SAD, znatno manje nego što vladini proračuni pokazuju.

Znanstvenici kažu, da prema njihovom istraživanju, u SAD ima još oko 113 milijardi barela sirove nafte, koju još valja otkriti, uključujući Aljasku i podvodna nalazišta. Geološka istraživanja američkog ministarstva za unutrašnje poslove pokazale su, međutim, da se rezerve sirove nafte i plina kreću od 200 do 400 milijardi barela.

LIBIJA PONUDILA FRANCUSKOJ DUGOROČNE UGOVORE ZA NAFTU

Prema izvještajima francuske štampe iz Tripolisa, libijska vlada ponudila je francuskoj dugoročne ugovore za isporuku nafte, uključujući i kredite, po cijenama koje bi odredile dvije strane. Saznaje se da je ova ponuda načinjena francuskom ministru za vanjsku trgovinu, Segardu.

Osim toga, Libija se ponudila da francuskoj dodijeli zajam i pomogne joj u uravnoteženju deficitarne platne bilance.

VEĆE ZALIHE NAFTE U SVIJETU

Prema procjenama »Esso Italiana SpA«, filijale kompanije »Exxon Corp.« krajem prošle godine su ispitane rezerve nafte u svijetu iznosile 98 milijardi tona, što je za 14 posto više u odnosu na poznate količine u 1973. godini.

Ove rezerve mogle bi zadovoljiti svjetske potrebe za 35 godina, ili 4 godine više u odnosu na proračune krajem 1973. godine. Najveći porast rezervi zabilježen je u Evropi, zahvaljujući otkrivanju nalazišta u Sjevernom moru. One trenutno iznose 3,53 milijardi tona, što je za 61 posto više u odnosu na proračunate rezerve u 1973. godini.

Rezerve u Aziji (osim Srednjeg istoka) povećale su se u odnosu na prošlu godinu za 35 posto, na 2,88 milijardi tona, a zalihe na Srednjem istoku veće su za 15 posto i iznose 55,31 mlijardu tona.

POTROŠNJA PRIRODNOG PLINA U ZAPADNOJ NJEMAČKOJ

Potrošnja prirodnog plina u Zapadnoj Njemačkoj u 1974. godini iznosila je 43 milijarde kubnih metara, odnosno za 23 posto više nego u 1973. godini.

Udio prirodnog plina u energetskoj bilanci za 1974. godinu iznosio je 12 posto. Da bi učešće plina i elektrobalansa 1975. godine iznosilo 18 posto, prema proračunima stručnjaka, potrebne su dopunske isporuke od 14,5 milijardi kubnih metara godišnje.

VEĆA POTROŠNJA SIROVE NAFTE U AUSTRIJI U OVOJ GODINI

Očekuje se da će potrošnja nafte u Austriji iznositi u ovoj godini oko 11 milijuna tona, dok je u protekloj godini iznosila 10,3 milijuna.

Domaća proizvodnja sirove nafte iznosit će u ovoj godini oko 2 milijuna tona. Državna petrolejska kompanija »OMV« uvest će 3,8, a internacionalne petrolejske kompanije oko 5,2 milijuna tona sirove nafte, uključujući 2 milijuna tona derivata.

SMANJENA POTROŠNJA NAFTE I DERIVATA U ŠVICARSKJ

Prema podacima objavljenim u časopisu »Petrole Informations« u 1974. godini potrošnja naftnih derivata je u Švicarskoj opala za 11,3 posto u odnosu na prethodnu godinu. Najviše je opala potrošnja mazuta za potrebe kućanstava (14 posto). Potrošnja benzina za automobilska vozila je opala za 3,9 posto a prodaja dizel-goriva za 13.5. Što se tiče potrošnje kerozina za potrebe avijacije, ona je gotovo nepromijenjena. Opadanje za 1,2 posto je uvjetovano smanjenim brojem letova na početku godine.

SPORAZUM ZAMBIJE I ZAIRA O GRADNJI NAFTOVODA

Zambija i Zair su sklopili ugovor o izgradnji naftovoda kojim će biti isporučivana nafta zambijskoj kompaniji »Copoerbelt« iz Južnog Zaira.

Naftovod će se zvati Zambijsko-zairski naftoavod i ići će od mjesta Lumubashi do Ndole, gdje Zair već ima rafineriju koja će prerađivati sirovu naftu.

UVOZ PRIRODNOG PLINA U FRANCUSKU

Prema zaključenim ugovorima, Francuska će 1980. godine dobijati 1,5 puta više prirodnog plina nego 1975. godine.

Ona će 1980. godine dobiti ukupno 32,0 milijardi kubnih metara prirodnog plina. Iz domaćih nalazišta 47,5 milijardi kubnih metara. Iz Holandije 11, iz Alžira 7, i iz Ekofiska (u norveškom sektoru Sjevernoga mora) 2,5 milijardi kubnih metara.

CIJENA SUNČANE I NUKLEARNE ENERGIJE

Prema američkim podacima troškovi izgradnje TE sa sunčanom energijom kao medijem procjenjuje se na 1000—3000 $ po instaliranom kW; cijena instaliranog kW u NTE iznosi 500 $.

Očekuje se smanjenje investicija pri izgradnji STE, ali ne toliko da bi, što se troškova investicija tiče, i uz malene pogonske troškove, ugrozila izgradnju NTE.

Izgradnja velikih sunčanih postrojenja za proizvodnju električne energije za sada, dakle, još ne dolazi u obzir.
(ETZ A 11/1974)

B. Mr.

NOVE NUKLEARNE ELEKTRANE U HOLANDIJI

Izgradnjom tri NTE od 1000 MW iznosit će instalirana snaga NTE u Holandiji 1985. god. 3500 MW.
(Elektrizitätswirtschaft 1974/25)

B. Mr.

RAZVLAČENJE UŽETA DALEKOVODA POMOĆU HELIKOPTERA

Po prvi puta je u sjevernoj SR Njemačkoj razvučeno uže 380 kV voda pomoću helikoptera. Vod je 140 km dug. Izgradnja je započela u ožujku 1974. god., a bit će završena 3. rujna 1975. Do sada su u Njemačkoj razvlačili užad dalekovoda samo u brdovitim krajevima. Na polaganje užadi dalekovoda su se ovaj put odlučili, jer je trasa voda ispresjecana rijekama, potocima, kanalima i barama.
(Elektrizitätswirtschaft 1974/25)

B. Mr.

Ispravak

U broju 1—2 otisnut je članak: O informacijskom sistemu distributivnog poduzeća. Kao pisac članka naveden je samo Nikola Čupin, dipl. ing., a izostavljeno je ime drugog pisca, inž. ĐENE JURIŠIĆA.

Domaće vijesti

DERIVATI NAFTE

Ako se ostvare prognoze planera u ovoj godini, »INA«-trgovina, isporučit će domaćem tržištu naftnih derivata u količini koja se ocijenjuje s oko 3,6 milijuna tona.

Prema prijedlogu plana, promet motornih benzina u ovoj godini porast će u prosjeku za osam posto u odnosu na prošlu godinu. Porast se predviđa i u prometu dizel-goriva, kojim je, kako se predviđa, potrebno snabdijevati znatno veći broj traktora i teretnih vozila. Prošle godine bilo je 193.000 traktora prema 153.000 u 1973. godini.

U ukupnoj strukturi prodaje značajno mjesto zauzimaju i loživa ulja, kod kojih se također planira određeni porast prometa s obzirom na ostvarenje u prošloj godini.

INTERESNA ZAJEDNICA ZA NAFTU IZ ŠKRILJACA

Republička privredna komora Srbije i rudarsko industrijski kombinat u Aleksincu pokrenuli su inicijativu za osnivanje interesne zajednice za proizvodnju nafte i drugih derivata iz škriljaca čija su bogata nalazišta otkrivena u okolini Aleksinca. Generalni direktor aleksinačkog kombinata Božidar Lakić je izjavio da je koordinaciono tijelo komore predložilo da se u interesnu zajednicu učlani više zainteresiranih instituta, poslovnih udruženja, vanjsko trgovinskih organizacija, radnih organizacija i banaka.

Jugoslavija je druga zemlja u Evropi poslije Švedske koja ima mogućnosti da uljne škriljce koristi za naftu. Procjenjuje se da nalazište kraj Aleksinca raspolaže rezervama škriljaca iz kojih se može dobiti 200 milijuna tona kvalitetne nafte.

Potpredsjednik republičke privredne komore ing. Slobodan Milivojević potvrdio je da predstoji formiranje interesne zajednice za eksploataciju aleksinačkih škriljaca, kao i da konačnoj odluci o značajnim investicijama prethode temeljna znanstvena istraživanja o ekonomičnoj proizvodnji nafte iz ove sirovine.

ISTRAŽIVAČKI RADOVI U HRVATSKOJ

Planeri ekonomskog razvoja Hrvatske predviđaju da će se pojačati istraživački radovi na otkrivanju novih nalazišta nafte i plina tako da će u toku narednih godina biti usmjereni u tri bazena: na Panonski bazen, na područje jadranskog podmorja i na područje Dinare. Predviđena ulaganja u istraživačke radove za naftu i plin u razdoblju od 1976. do 1980. godine trebala bi iznositi oko 2 milijarde dinara od čega na geološke i geofizičke radove otpada oko 20 posto, a na istraživačka bušenja oko 80 posto.

Predviđanja stručnjaka Republičkog zavoda za planiranje svode se prvenstveno na to da će na osnovi zacrtanog programa istraživanja proizvodnja nafte u razdoblju od 1976. do 1979. godine rasti po prosječnoj stopi od 8 posto, dok se u 1980. godini očekuje pad proizvodnje, za 1,6 posto. Takvim rastom, proizvodnja nafte dostigla bi 3,3 milijuna tona u 1980. godini, a plina za oko milijardu kubnih metara.

Međutim, predviđene potrebe nafte i plina u zemlji znatno premašuju mogućnost proizvodnje, pa će stoga za podmirenje potreba u 1980. godini biti potrebno uvesti oko 9 milijuna tona nafte i jedne milijarde kubnih metara plina. Takav razvoj proizvodnje i potrošnje zahtijeva širenje sadašnjeg transportno-distributivnog sistema i njegovo uključivanj u međunarodnu naftovodnu i plinovodnu mrežu.

Nove knjige

H. Edelmann — K. Theilsiefje: OPTIMALER VERBUNDBETRIEB IN DER ELEKTRISCHEN ENERGIEVERSORGUNG. Izdavač Springer - Verlag, Berlin — Heidelberg — New York 1974; 58 slika, 164 strane. Broširano DM 48.—, US Dolar 19,60.

Knjiga ove dvojice poznatih njemačkih stručnjaka bavi se problemom optimizacije sistema pomoću elektroničkog računala.

Djelo ima ukupno 6 poglavlja. Uvodno se daje pregled o značenju pogona sistema i planiranja optimalnog pogona u opskrbi električnom energijom. U drugom je poglavlju obrađen pogon termoelektrana. Iznesene su krivulje troškova različitih vrsta termoelektrana i njihovih dijelova. Ispitan je apsolutni minimum troškova bez uzimanja u obzir gubitaka u mreži i sa gubicima. Nadalje su obuhvaćeni troškovi transporta snage u mreži, Newtonov postupak za rješenje jednadžbi optimizacije i proračun diferencijalnih gubitaka iz podataka o mreži i toku snaga. Na kraju poglavlja dan je način proračuna optimalne termičke raspodjele snaga pomoću dinamičkog programiranja.

Treće se poglavlje bavi pogonom hidroelektrana u sistemu. Tu su obuhvaćene akumulacione hidroelektrane i njihov optimalni pogon. Obrazložen je nadalje postupak za optimalni izbor strojeva za pogon i iznesena primjena dinamičkog programiranja kod hidroelektrana. Poglavlje završava problemom optimalnog uključivanja hidroelektrana u sistem.

U četvrtom je poglavlju obrađena sigurnost napajanja potrošača, vjerojatnost ispada, utjecaj veličine bloka, utvrđivanje rezervne snage i pouzdanost napajanja pojedinih čvorova mreže.

Planiranju izgradnje elektroenergetskih objekata posvećeno je kratko peto poglavlje. Dana je samo osnovna problematika.

Šesto i posljednje poglavlje predstavlja neke vrste dodatak djelu, budući da tumači pojedine matematske funkcije, postupke i principe potrebne u računu optimiranja i pouzdanosti.

Na kraju knjige priložen je opširan pregled literature.

Knjiga je pisana pregledno, kondenziranim stilom i daje lijep i koristan pregled problematike optimizacije elektroenergetskog sistema.

Ona će biti vrlo korisna za elektroenergetičare koji se bave problemima optimalnog vođenja pogona i izgradnje.

B. Markovčić

HIDROFORI »RADE KONČAR«

Primjena

Primjena hidroforskih postrojenja je svestrana. Hidrofori s kotlovima zapremine 90, 130 i 180 litara upotrebljavaju se za opskrbu vodom manjih stambenih zgrada i pojedinih domaćinstava, iz bunara, cisterne, odnosno kada je tlak u cjevovodu prenizak. Mogu povući vodu iz dubine do 7 metara ispod ulaznog otvora pumpe.

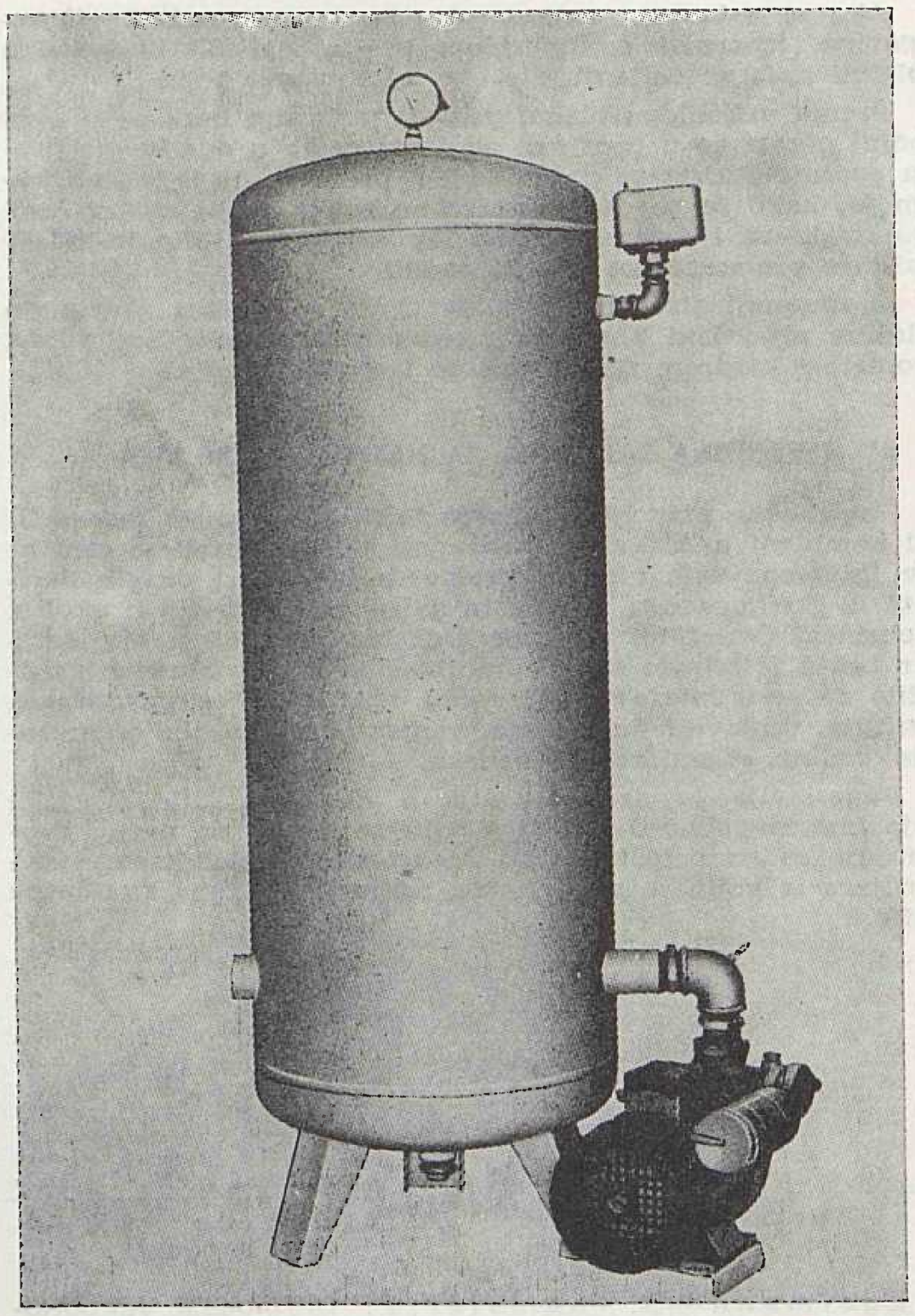
Opis

Hidroforska postrojenja izrađena su prema standardu JUS M. E2.100. Sastoje se od tlačnog kotla s odgovarajućom opremom (tlačna sklopka i manometar) pumpnog agregata (vrtložna pumpa i elektromotor). Tlačni kotao je izrađen od čeličnog lima, a s unutrašnje i vanjske strane presvučen je tankim slojem plastične mase. Plastificiranje je najnoviji postupak, gdje je unutrašnja i vanjska dekorativna zaštita ujedno zaštita protiv korozije, a otporna je i na razne kemijske sastojke koji se nalaze u vodi.

Svi hidrofori navedeni u tablici imaju pumpe projektirane i ispitane u Elektrotehničkom institutu »Rade Končar«. Tehničke i eksploatacione karakteristike su prilagođene potrebama domaćeg i inozemnog tržišta.

Karakteristike agregata su:

— mala težina, male dimenzije,
— osiguravaju normalan rad i dobavu vode i kod sniženog napona i do 170 V,
— mogućnost rada na mjestima s mnogo prašine, vlage kao i na otvorenom prostoru,
— dozvoljena temperatura vode je 80°C, pa čak i više. Kod više temperature opada usisna visina.



Izbor hidrofora

Izbor odgovarajućeg tipa hidrofora ovisi o postojećoj električnoj mreži i naponu mreže (trofazna mreža 3 × 380 V ili 3 × 220 V, ili jednofazna mreža 220 V), o prosječnoj dnevnoj potrošnji vode i o potrebnoj manometarskoj visini (visini dizanja vode).

Tehničke karakteristike hidrofora

Tip hidrofora	Zapremina lit.	Gabarit		Najveći dozvoljeni tlak AT	Protok lit/min	Visina dizajna H M V'ST	Vrsta struje[1]	Snaga KW	Težina kp
		Visina H mm	Promjer D mm						
HMV1-90	90	880	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	43
HMV2-90	90	880	400	4	20—60	50—15	jednofaz.	0,75	46
HTV2-90	90	880	400		20—60	50—15	trofazna	0,75	46
HMV1-130	130	1210	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	51
HMV2-130	130	1210	400		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	54
HTV2-130	130	1210	400	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	54
HMV3-130	130	1210	400		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	55
HTV3-130	130	1210	400		42—78	30—10	trofazna	1,1	55
HMV1-180	180	1310	450		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	59
HMV2-180	180	1310	450		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	62
HTV2-180	180	1310	450	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	62
HMV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	63
HTV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	trofazna	1,1	63

[1] Pumpni agregati VPM imaju jednofazne motore za napon 220 V, 50 Hz
Pumpni agregati VPT imaju trofazne motore za napon 3×380 V (prespojivi na 3×220 V) 50 Hz

GOD. 24 (1975) energija BROJ 5 — 6

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

TEMELJNE KARAKTERISTIKE SISTEMA FINANCIRANJA PROŠIRENE REPRODUKCIJE U ELEKTROPRIVREDI U RAZDOBLJU OD 1965. DO 1974. GODINE

Jure Šimović, Zagreb

Autor raspravlja o temeljnim karakteristikama sistema financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede u razdoblju od 1965. do 1974. godine, tj. u razdoblju nakon donošenja mjera privredne reforme u 1965. godini. Uz to autor daje i kraći osvrt na karakteristike sistema financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede u razdoblju do 1965. godine.

DK 621.311.1.003

1. UVOD

Problemi investiranja i financiranja u elektroprivredi nastaju uvijek nanovo jer treba stalno zadovoljavati povećane potrebe za električnom energijom, bilo zbog općeg privrednog rasta, bilo zbog sve šire primjene električne energije u svakodnevnom životu. Poznat je zakon udvostručavanja potrošnje električne energije u 10 godina, koji vrijedi za elektroprivredu, a koji se jedva može i smije spomenuti za druge privredne grane.

Upravo zbog te činjenice i zbog visokog stupnja tehničke opremljenosti rada u elektroprivredi, koji zahtijeva velika ulaganja s relativno sporim opticajem — što govori o velikom intenzitetu i težini kapitala koji angažira elektroprivreda za svoj razvoj — pitanje financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi predstavlja permanentno temeljni problem elektroprivrede.

Pojam intenziteta kapitala označava se činjenicom da je u procesu proizvodnje elektroprivrede kapital relativno zastupljeniji faktor proizvodnje nego kod ostalih industrijskih grana, dok se težina investiranog kapitala ogleda u relativno sporom opticaju.

S druge strane, potrebne investicije za proširenje elektroprivrednih kapaciteta proizvodnje, prijenosa, razvoda i distribucije električne energije objektivno su dana veličina na koju sama elektroprivreda ne može bitnije utjecati.

Investicije elektroprivrede posljedica su stalnog proširenja područja primjene električne energije, te porasta njezine potrošnje, koji je uzročno vezan s razvojem industrije, ostale privrede, standarda stanovništva i svih ostalih društvenih aktivnosti.

Upravo zbog veličine investicionih ulaganja i zbog posebnih karakteristika i uloge koju elektroprivreda ima kao privredna grana, organizacija, planiranje i financiranje razvoja elektroprivrede predmet su većeg društvenog interesa i reguliranja i u našoj i u drugim zemljama.

2. KARAKTERISTIKE SISTEMA FINANCIRANJA PROŠIRENE REPRODUKCIJE ELEKTROPRIVREDE U RAZDOBLJU DO 1965. GODINE

S obzirom na uvjete u kojima se financirala izgradnja elektroenergetskih objekata, poslijeratno razdoblje do 1965. godine može se podijeliti u tri dijela:

— razdoblje od 1947. do 1952,
— razdoblje od 1953. do 1963,
— razdoblje od 1963. do 1965.

Razdoblje od 1947. do 1952. karakteristično je po tome što su investicione odluke u elektroprivredi donosili centralni organi savezne administracije, a izgradnja se financirala isključivo iz budžeta federacije, i to bespovratno. Jedino su u slučajevima financiranja lokalne elektrifikacije neznatnim dijelom sudjelovale niže društveno-političke zajednice, a sama elektroprivreda u ovom razdoblju nije sudjelovala u financiranju svog razvoja.

Razvoj elektroprivrede u razdoblju od 1953. do 1963. godine finacirao se iz sredstava Općeg investicionog fonda. Sredstva za financiranje nisu više dodjeljivana bespovratno, nego su se iz Općeg investicionog fonda odobravali krediti s relativno povoljnim uvjetima (rok otplate 50 godina uz 2% kamata).

Do 1956. godine kredite iz Općeg investicionog fonda odobravala je Narodna banka, a od 1956. do 1963. Jugoslavenska investiciona banka.[1]

I za ovo razdoblje karakteristično je da elektroprivreda nije sudjelovala vlastitim sredstvima u financiranju svog razvoja.

Razdoblje od 1963. do 1965. godine karakteristično je po tome što se prvi put iz centralnih budžeta i fondova ne financiraju u cijelosti investicije u elektroprivredi. Godine 1963. Savezno izvršno vijeće je donijelo odluku prema kojoj udio Općeg investicionog fonda u financiranju pojedinih investicionih objekata u elektroprivredi treba iznositi:

— za hidroelektrane 90%,
— za termoelektrane 70%,
— za mrežu 220 kV 80%,
— za mrežu 110 kV 20%,

a kreditni uvjeti dobivanja ovih sredstava po objektima bili su različiti.

Nepokriveni dio potrebnih financijskih sredstava za ove objekte te potrebna financijska sredstva za financiranje investicija razvoda i distribucije električne energije elektroprivredna su poduzeća kao investitori morala osigurati iz:

— vlastitih sredstava,
— budžeta i fondova društveno-političkih zajednica područja na kojem djeluju
— Fonda za razvoj nerazvijenih područja,
— kredita banaka.

Iako u ovom razdoblju dolazi do stanovite decentralizacije financiranja razvoja elektroprivrede, a elektroprivreda se prvi put javlja kao sudionik u financiranju svog razvoja, ipak je temeljna karakteristika i ovog razdoblja pretežno centralističko raspoređivanje sredstava namijenjenih za financiranje proširene reprodukcije u elektroprivredi.

Prema tome, financiranje razvoja elektroprivrede u cijelom razdoblju od 1947. do 1965. godine, ima iste karakteristike i odraz je načina planiranja razvoja elektroprivrede, a posebno načina izbora i izgradnje objekata te donošenje investicionih odluka u elektroprivredi.

3. TEMELJNE KARAKTERISTIKE SISTEMA FINANCIRANJA PROŠIRENE REPRODUKCIJE ELEKTROPRIVREDE POSLIJE 1965. GODINE

Ovo razdoblje sistema financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede počinje mjerama privredne reforme iz 1965. godine i donošenjem Osnovnog zakona o elektroprivredi.[2]

U ovom razdoblju nastaju krupne promjene u samom pristupu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi.

Ukidaju se društveno-investicioni fondovi namijenjeni financiranju proširene reprodukcije u elektroprivredi, a u skladu s principima privredne reforme elektroprivredna poduzeća putem vlastitih i kreditnih sredstava postaju osnovni nosioci investicione aktivnosti u elektroprivredi.

Svakako da jedan ovako nagli preokret u samom pristupu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi nije mogao biti uveden odmah, nego se već i u Osnovnom zakonu o elektroprivredi računalo s prijelaznim razdobljem. To prijelazno razdoblje trebalo je trajati do 1971. godine.

Međutim, činjenica je da elektroprivreda još ni danas nema potpuno razrađen sistem financiranja proširene reprodukcije, koji je u osnovnim postavkama bio postavljen već mjerama privredne reforme. Svakako da su posljedice neriješenog sistema financiranja proširene reprodukcije dovele do zastoja razvoja elektroprivrede, što se najbitnije osjetilo općom nestašicom električne energije potkraj 1973. godine. Iste posljedice treba očekivati i u nekoliko slijedećih godina.

Da bi se dao odgovor na pitanje zašto elektroprivreda nema ni do danas razrađen sistem financiranja proširene reprodukcije, potrebno se prethodno osvrnuti na temeljne postavke sistema financiranja proširene reprodukcije u prijelaznom razdoblju, izvršiti analizu pritjecanja sredstava po pojedinim izvorima, te upozoriti na uzroke zbog kojih de facto prijelazno razdoblje uvođenja novog sistema još traje. Također se treba posebno osvrnuti na problem financiranja proširene reprodukcije elektrodistributivnih poduzeća, a posebno na problem financiranja proizvodno-prijenosnih poduzeća elektroprivrede.

Postavljeni problemi, razmotrit će se analizom pojedinih izvora financijskih sredstava namijenjenih za financiranje razvoja elektroprivrede u prijelaznom razdoblju.

Već u ovom razdoblju financiranje proširene reprodukcije elektrodistributivnih poduzeća bilo je u cijelosti prepušteno njihovoj nadležnosti. Izvori sredstava za financiranje proširene reprodukcije elektrodistributivnih poduzeća bili su:

— vlastita sredstva elektrodistributivnih poduzeća (slobodni dio amortizacije i izdvajanja u fondove poduzeća);
— krediti poslovnih banaka;
— udio potrošača;
— sredstva Fonda za nerazvijena područja, ali samo za ona elektrodistributivna poduzeća koja su na tim područjima locirana.

Dopunska sredstva za financiranje investicija u elektroprivredi koja su se formirala obveznim izdvajanjem u visini od 2% i 4% na investiciona ulaganja, koja su plaćali svi investitori u razdoblju

[1] Jugoslavenska investiciona banka osnovana je 1956. godine sa svrhom da preuzme od Narodne banke Jugoslavije poslove dugoročnog financiranja investicija.

[2] »Službeni list SFRJ« 17/1965.

od 1968. do 1970. godine, kao i sredstva udjela federacije u visini od 20% od vrijednosti ugovorenih objekata, koja su se koristila putem Jugoslavenske investicione banke, nisu se odnosila i na financiranje investicija elektrodistributivnih poduzeća, nego samo za financiranje investicija proizvodno-prijenosnih poduzeća.

Izvori za financiranje izgradnje proizvodno-prijenosnih objekata u prijelaznom razdoblju do 1970. godine sastojali su se od:

— vlastitih sredstava proizvodno-prijenosnih poduzeća (slobodni dio amortizacije i izdvajanja u fondove);

— sudjelovanja federacije putem Jugoslavenske investicione banke u iznosu od 20% ugovorenih vrijednosti objekata;

— zajedničkih ulaganja elektroprivrednih i privrednih organizacija;

— kredita banaka;

— dopunskih sredstava koja su se formirala obveznim izdvajanjem u visini od 2% i 4% na investiciona ulaganja koji su plaćali svi investitori na temelju zakonskih propisa.[3]

3.1. Vlastita sredstva elektroprivrednih poduzeća i politika cijena električne energije

Udio vlastitih sredstava elektroprivrede u financiranju proširene reprodukcije nije ostvaren u onom opsegu kojim se računalo mjerama privredne reforme.

Razloga za to ima više:

— zbog inflacije, odnosno zbog porasta cijena proizvoda i usluga koje elektroprivreda upotrebljava kao elemente reprodukcije u svom proizvodnom procesu porastao je udio troškova poslovanja u ukupnom prihodu, a izostalo je povećanje cijena električne energije kojim bi se pokrili povećani troškovi,

— zbog revalorizacije osnovnih sredstava;

— zbog novih fiskalnih obveza povećano je izdvajanje iz dohotka za tu namjenu;

— zbog interne politike raspodjele dohotka;

— zbog otežanih uvjeta kreditiranja permanentno je smanjivan slobodni dio sredstava amortizacije.

Takvo kretanje osnovnih elemenata ukupnog prihoda nužno je dovelo do pada akumulativnosti elektroprivrede, što je rezultiralo i smanjenim udjelom elektroprivrede u financiranju njene proširene reprodukcije, manjim nego je to bilo projektirano mjerama privredne reforme iz 1965. godine.

Temeljni uzrok takvom neželjenom kretanju treba tražiti u defektno postavljenoj politici cijena električne energije u 1965. godini. Kao baza za donošenje novih cijena električne energije u 1965. godini poslužili su normativi troškova elektroprivrednih poduzeća iz 1964. godine, a poznato je da su ti normativi troškova bili odraz starih, vrlo povoljnih uvjeta kreditiranja.

Posebna defektnost projekta cijena električne energije za privrednu reformu ogleda se u tome što nije uzeta u obzir revalorizacija osnovnih sredstava koja je provedena godinu dana kasnije. Naime, u projektiranju mjera privredne reforme zauzeto je stajalište da revalorizacija osnovnih sredstava ne treba prethoditi donošenju novih cijena proizvoda jer su nove cijene utvrđene prema međunarodnim tržnim cijenama.

Svakako da se na proizvode onih privrednih grana čije su cijene utvrđene na temelju nekih međunarodnih tržnih cijena efekti revalorizacije nisu smjeli odraziti povećanjem cijena tih proizvoda, jer međunarodne tržne cijene sadrže u sebi ukalkuliranu realnu amortizaciju i realno izražene ostale troškove proizvodnje. Revalorizacijom osnovnih sredstava kod tih privrednih grana izmijenit će se samo kvaliteta proporcija u okviru njihovih cijena.

Posve druga stvar javlja se kod onih privrednih grana za čije proizvode su cijene formirane sistemom »zidanja« cijene zavisno o nabavnoj vrijednosti osnovnih sredstava, kakav slučaj je s elektroprivredom. Za takve privredne grane revalorizacija osnovnih sredstava morala je prethoditi fazi donošenja novih cijena.[4]

Provedena revalorizacija osnovnih sredstava također je utjecala na daljnje odljevanje dohotka elektroprivrednih poduzeća kroz povećano izdvajanje na ime kamata na poslovni fond. Zbog velikog poslovnog fonda koji ima svako elektroprivredno poduzeće, odlijevanje sredstava elektroprivrede kroz povećana izdvajanja na ime kamata na poslovni fond predstavljalo je značajne iznose.[5]

Kao jedan od razloga zbog kojih nije ostvaren udio elektroprivrede u financiranju svog razvoja u onom opsegu s kojim se računalo mjerama privredne reforme svakako treba spomenuti neadekvatno ponašanje elektroprivrednih organizacija u području raspodjele dohotka. Iako se tom raspodjelom nisu odlila značajna sredstva, ona su u proteklim godinama često bila zapreka da nadležni organi probleme financiranja razvoja elektroprivrede objektivno spoznaju i adekvatno riješe. Takvo ponašanje elektroprivrede u području raspodjele dohotka stvaralo je konfliktnu situaciju između elektroprivrede te privrede i društva.

Svi navedeni razlozi imali su za posljedicu da su se smanjila izdvajanja sredstava elektroprivrednih poduzeća u poslovni fond. Međutim, zbog izmijenjenih, odnosno otežanih uvjeta kreditiranja

[3] Zakon o financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata do 1970. godine (Narodne novine 28/1968) i Zakon o izgradnji i financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata do 1970. godine (Narodne novine 17/1968).

[4] Vidi Jure Šimović: »Ekonomski značaj revalorizacije osnovnih sredstava u elektrodistribuciji«, »Energija« 7-8/1971.

[5] Vidi Jure Šimović: »Temeljne značajke fiskalne politike Jugoslavije u razdoblju od 1965. do 1972. godine i utjecaj njenih instrumenata na raspodjelu dohotka u elektrodistributivnim poduzećima SR Hrvatske«, »Energija« 5-6/1973.

Jugoslavenske investicione banke i posebno zbog teških uvjeta za vraćanje sredstava proklamiranih Zakonom o financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata (rok otplate 10 godina uz kamatnu stopu od 6%) i ostatak amortizacije namijenjen za financiranje proširene reprodukcije postojao je iz godine u godinu sve manji.

3.2. Bankarski sistem i novi uvjeti kreditiranja

U svojoj kreditnoj politici banke se moraju rukovoditi osnovnim principima bankarskog i kreditnog poslovanja, a to znači da trebaju voditi brigu o sigurnosti plasmana svojih sredstava, o likvidnosti svojih komitenata i o rentabilnosti plasiranih kredita. Banka je za privredu utoliko interesantnija ukoliko je ponuda njezinih kredita veća. U uvjetima kada je potražnja za kreditima veća od ponude, banke teže da svoja kreditna sredstva plasiraju sa što kraćim rokom vraćanja sredstava i većom kamatnom stopom. Time se automatski daje prednost onim investicijama u privedi koje u kraćem roku mogu osloboditi ta investiciona sredstva.

Zbog specifičnosti odnosa između banaka i radnih organizacija kod nas banku čak ne interesira da li se kratkoročne investicije vraćaju iz dobitka kreditirane investicije ili iz ostalih investicionih sredstava investitora. Taj moment utječe i na to da poslovne banke, prilikom odobravanja investicionog kredita, traže maksimalni udio investitora, što na financijskom tržištu dovodi u prednost one privredne grane koje svojim poslovanjem mogu osigurati veća vlastita sredstva. Zbog takve situacije naše banke ne procjenjuju danas, prilikom odobravanja investicionih kredita, rentabilnost predviđenih investicija (ili im bar ne poklanjaju dovoljnu pažnju) u toku cjelokupnog njihova radnog vijeka, jer je poslovni interes banke zadovoljen otplatom investicionog kredita.

Radna organizacija gleda rentabilnost svoje investicije u toku njezina ukupnog radnog vijeka. To je osnovni kriterij investiranja radne organizacije. Prilikom izbora investicione varijante poduzeće će se opredijeliti za onu koja u ukupnom radnom vijeku osigurava najveću rentabilnost uloženih sredstava. Međutim, taj kriterij privredne organizacije ne poklapa se s bankarskim kriterijima, u kojima je primarna solventna sposobnost poduzeća da kreditna sredstva otplati u što je moguće kraćem roku.

Ta suprotnost interesa banaka i privrednih organizacija naročito je došla do izražaja u toku realizacije mjera privredne reforme. Poslovne i kreditne banke, s minimalnim kreditnim potencijalom, nastoje sva kreditna sredstva plasirati u manje investicije privrede, odnosno u investicije s kraćim rokovima otplate i sa što većom kamatnom stopom.

Financijska sredstva poslovnih banaka i poštanske štedionice (sredstva financijskih organizacija) imala su u 1966. i 1967. godini ovu strukturu ulaganja:[6]

Tablica 1

	1966. milijarde dinara	%	1967. milijarde dinara	%
— Kratkoročno kreditiranje	40,3	33	39,5	30
— Potrošački krediti	4,8	4	5,8	4
— Investicioni krediti	23,3	19	28,7	21
Stambena izgradnja	12,5	10	13,0	10
Ukupno	80,9	66	87,0	
— Fondovi za kreditiranje političkih zajednica	41,5	34	46,0	35
Sveukupno	122,4	100	133,0	100

Iz tih podataka strukture ulaganja bankarskih sredstava vidi se da na investicione kredite otpada samo jedna petina ukupnih financijskih sredstava. Osim toga, zbog restriktivne kreditne politike u postreformskim godinama poslovne banke su pokušale da nastalu disproporciju između traženja i ponude na području kratkoročnog kreditiranja pokriju investicionim sredstvima. Time se sposobnost banaka na području investicionog kreditiranja još više smanjila.

Takve prilike na našem tržištu kapitala posebno se loše odražavaju na financiranje elektroprivrede i drugih grana privredne infrastrukture, čije su investicije najvećim dijelom dugoročnog karaktera i čija sredstva imaju veoma spori koeficijent obrtaja. Kondicije kreditnih sredstava poslovnih i kreditnih banaka posljednjih godina bile su na financijskom tržištu takve da ih platežna sposobnost elektroprivrede nije mogla iskoristiti za financiranje proširene reprodukcije.

3.3. Dopunska sredstva s naslova obveznog oročavanja

Pritjecanje dopunskih sredstava koja su se formirala obveznim izdvajanjem u visini od 2% na investiciona ulaganja, koja su plaćali svi investitori u razdoblju od 1. I 1966. do 31. XII 1970. godine, na temelju odredbi Zakona o financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata do 1970. godine,[7] jedino je u potpunosti ostvareno.

Međutim, sredstva određena Zakonom imala su kreditni karakter, a elektroprivreda ih je morala vratiti u roku od 10 godina uz 6% kamata, što je vrlo nepovoljno s obzirom na to da su investirana u osnovna sredstva čiji rok amortizacije iznosi od 20 do 40 godina.

Neostvarivanje projektiranog priliva sredstava za financiranje proširene reprodukcije iz drugih izvora (vlastitih, bankarskih i ostalih izvora) do-

[6] Izvor podataka: Dr. Dimitrije Dimitrijević »Izvori i mehanizam mobilizacije finanacjskih sredstava«, Savjetovanje ekonomista Jugoslavije, Kragujevac 1969.
[7] »Narodne novine 28/1966.

velo je do toga da je u SR Hrvatskoj početkom 1968. godine donesen i Zakon o izgradnji i financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata do 1970. godine,[8] kako bi se bar djelomično ostvario predviđeni priliv sredstava i kako bi se ujedno poboljšala situacija financiranja izgradnje novih elektroenergetskih objekata čija je izgradnja ozbiljno kasnila.

3.4. Sredstva zajedničkih ulaganja privrede i elektroprivrednih poduzeća

Pritjecanje ovih sredstava nije dalo očekivane rezultate u prijelaznom razdoblju, iako je ovakav način prikupljanja sredstava za financiranje proširene reprodukcije elektroprivrede u svijetu vrlo raširen.

Za njega bi posebno morali biti zainteresirani veliki potrošači električne energije. Dominantan motiv za zajednička ulaganja morala bi biti garancija elektroprivrednog poduzeća za sigurnu i kvalitetnu isporuku električne energije takvim potrošačima, kao i motivi ekonomske naravi — velika sigurnost ulaganja i mogućnost stjecanja dohotka iz takvog zajedničkog ulaganja.

Dugogodišnji tretman električne energije kod nas kao »općeg dobra«, dostupnog uvijek u dovoljnim količinama i po niskim cijenama, uvjetovali su kod nas sasvim suprotna kretanja. Naime, građeni su i takvi industrijski objekti koji su u jednogodišnjem procesu proizvodnje zahtijevali i po nekoliko desetaka milijuna kWh električne energije a da prethodno nisu tražili energetsku suglasnost o priključenju na elektroenergetsku mrežu.

Nezainteresiranost privrede za zajednička ulaganja proizlazi također iz činjenice što su elektroprivredna poduzeća bila dugo vremena zatvorena, uglavnom vertikalno povezana, dok je teritorijalna povezanost elektroprivrede s privredom područja izostala. No, u posljednjim godinama i u tom procesu učinjen je značajan zaokret.

3.5. Sredstva Jugoslavenske investicione banke

U razdoblju poslije 1965. godine federacija je sa sredstvima namijenjenim za investicije u privredi sudjelovala u izgradnji proizvodno-prijenosnih objekata u iznosu od 20% od vrijednosti pojedinog objekta.[9] Ova sredstva federacija je doznačivala kreditnom fondu Jugoslavenske investicione banke, a ova je odobravala kredite za pojedine objekte. Jugoslavenska investiciona banka je zakonom bila obvezna da sudjeluje u izgradnji objekata samo pod uvjetom ako su ti objekti predstavljali najekonomičnije rješenje za privredu u cjelini. Svi objekti koji su u SR Hrvatskoj građeni u razdoblju od 1966. do 1970. godine nisu ispunjavali taj uvjet (He Orlovac), pa tako učešće sredstava federacije preko Jugoslavenske investicione banke za te objekte nije ni ostvareno.

4. KRITIČKI OSVRT NA SISTEM FINANCIRANJA PROŠIRENE REPRODUKCIJE ELEKTROPRIVREDE POSLIJE 1965. GODINE

Uzroci koji su izazvali poteškoće u kontinuitetu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi u razdoblju poslije 1965. godine mogli bi se svrstati u dvije grupe:

— uzroke koji su ugrađeni, odnosno koji proizlaze iz samog sistema,

— subjektivne uzroke, vezane za sam rad i poslovanje elektroprivrednih poduzeća.

4.1. Neadekvatnosti sistema financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede u razdoblju poslije 1965. godine

Neadekvatnosti sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi u prijelaznom razdoblju ogleda se prije svega u tome što, usporedo s povezivanjem elektroprivrede s potrošačima električne energije i društveno-političkim zajednicama, one nisu preuzele prema elektroprivredi i dio obveza i odgovornosti kako bi se realizirale pretpostavke na kojima se temeljio razvoj elektroprivrede. To je, s jedne strane, dovelo do autonomnog ponašanja elektroprivrednih poduzeća, što je rezultiralo i određenim subjektivnim slabostima u ponašanju elektroprivrednih poduzeća, kako u tekućoj raspodjeli, tako i u području planiranja i financiranja razvoja. S druge strane, sve se to događalo u uvjetima kad priliv sredstava za financiranje proširene reprodukcije u elektroprivredi ionako nije bio dovoljan.

Zbog činjenice da danas električna energija zadire u sve pore privrednog i društvenog života danas se kroz sistem financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi prelamaju tri, u nekim elementima moglo bi se reći, suprotna interesa:

— prvi, koji bi se mogao definirati kao elektroprivredni interes, nastoji da se kroz sistem cijena električne energije postigne takva samostalnost elektroprivrede koja će joj u nekim situacijama omogućiti njezin autonomni razvoj;

— drugi, socijalno-politički interes, koji suprotno od prvog nastoji da se putem sistema financiranja razvoja elektroprivrede, posebno putem cijena električne energije, vodi određena socijalna politika, kao da je električna energija »opće dobro« koje treba biti svakom dostupno u dovoljnim količinama i po niskim cijenama, zanemarujući ili dovoljno ne uzimajući u obzir posljedice koje iz toga proizlaze;

[8] »Narodne novine« 17/1968.

[9] Vidi: Zakon o izgradnji i financiranju izgradnje elektroprivrednih objekata od 1966. do 1970. godine (»Službeni list SFRJ« 56/1965)

— treći, narodno-privredni interes, koji nastoji da se ostvari potreban razvoj elektroprivrede, ali na način koji najbolje odgovara interesima privrede, odnosno potrošača električne energije i ostalih društvenih faktora.

Svakako da bi sistem financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede u samoupravnim društveno-ekonomskim odnosima morao uvijek biti postavljen tako da na prvom mjestu bude uvijek zastupljen narodno-privredni interes. Zapravo, narodno-privredni interes uključuje u sebi i elektroprivredni i socijalnopolitički interes, ali samo u onoj mjeri koliko to u određenom prostoru i vremenu dopuštaju narodno-privredni interesi.

Kada se ukazalo na interese koji se javljaju kroz sistem financiranja razvoja elektroprivrede, potrebno je ukratko upozoriti na to koji su se od tih interesa reproducirali kroz sistem financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede u našoj zemlji u proteklom razdoblju.

Ako se ostvarene investicije elektroprivrede u pojedinim godinama stave u odnos prema ukupnim investicionim ulaganjima privrede i industrije, onda se vidi da je udio investicija elektroprivrede u pojedinim godinama iznosio:[10]

	Udio investicija ukupne elektroprivrede u investicijama	
	privrede	industrije
1962.	6,8	17,8
1963.	5,6	15,5
1964.	7,0	19,5
1965.	8,7	23,9
1966.	9,1	23,2
1967.	10,8	27,1
1968.	11,6	29,0
1969.	9,5	27,2
1970.	9,7	23,4
1971.	5,9	18,4
1972.	5,6	17,2
1973.	8,8	17,8

Podaci svakako pokazuju da udio investicija elektroprivrede u ukupnim investicijama privrede i industrije Jugoslavije jako varira iz godine u godinu, što pokazuje veliku nestabilnost sistema financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede. Osim toga, razvoj potrošnje električne energije i opći privredni razvoj zahtijevali su da udio investicija elektroprivrede u istom razdoblju iznosi u ukupnim privrednim investicijama oko 11% ili oko 28% u investicijama industrije.[11]

Navedeni podaci također pokazuju da je u promatranom razdoblju nužno moralo doći do zaostajanja razvoja elektroprivrede za općeprivrednim razvojem, jer instrumenti na kojima se temeljilo financiranje razvoja elektroprivrede nisu osiguravali potreban priliv financijskih sredstava.[12]

»Najveće zaostajanje od postavki Srednjoročnog plana odnosi se na ulaganja u energetiku. Do toga je došlo zbog usporenog dovršavanja kapaciteta izgradnje kojih je započela u prethodnom periodu, a istovremeno nije započeta izgradnja novih kapaciteta krajem prethodnog, odnosno na početku novog perioda. Do sada poduzete mjere na nivou federacije i socijalističkih republika za koncentraciju potrebnih sredstava za investicije nisu bile dovoljne da osiguraju povećanje udjela investicija elektroprivrede u ukupnim investicijama industrije. Osim toga, dinamika zaključivanja inozemnih zajmova za izgradnju novih kapaciteta za proizvodnju i prijenos elektroenergije kasni, što istovremeno utječe na utvrđivanje definitivne konstrukcije financiranja pojedinih objekata. Takvo stanje investiranja na sektoru elektroprivrede dovest će do toga da u 1974—1975. godine neće biti ostvarena predviđena dinamika proizvodnje, a isto tako ugrožen je i kontinuitet proizvodnje poslije 1975. godine«.[13]

Zaostajanje priliva financijskih sredstava za realizaciju plana izgradnje elektroenergetskih objekata ilustrativno također pokazuju podaci o potrebnim planiranim financijskim sredstvima i njihovu ostvarenju u elektroprivredi SR Hrvatske u razdoblju od 1971. do 1974. godine.

Prema Rebalansu plana izgradnje elektroenergetskih objekata u razdoblju od 1971. do 1975. godine, proizvodno-prijenosna poduzeća SR Hrvatske ostvarila su tek 55%, a elektrodistributivna poduzeća 45% planiranih sredstava.[14]

Očito je da ovakav priliv sredstava nije zadovoljavao potrebe i da se ponovno pojavio problem zaostajanja izgradnje elektroenergetskih objekata za razvojem potrošnje električne energije, kako kod djelatnosti proizvodnje i prijenosa, tako i kod djelatnosti distribucije električne energije. Umjesto da je u godinama 1971—1974. došlo do sanacije elektroenergetskih objekata zbog neadekvatnog razvoja u prethodnim razdobljima, zaostajanje razvoja elektroprivrede za razvojem potrošnje električne energije, a time i za razvojem privrede i društva u cjelini, i dalje je nastavljeno.

Navedeni podaci svakako pokazuju da se kroz sistem financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi u razdoblju poslije 1965. godine u prvom redu reproducirao socijalno-politički inte-

[10] Vidi: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede: »Statistički godišnjak elektroprivrede Jugoslavije za 1973. godinu«, Beograd, str. 16.

[11] Vidi: Dr Pavle Knežević: »Sistem i metodi financiranja izgradnje elektroenergetskih objekata«, VIII savjetovanje ekonomista elektroprivrede Jugoslavije, Portorož 1974, str. 44.

[12] Veći udio investicija elektroprivrede u ukupnim privrednim, odnosno investicijama industrije u 1967, 1968, 1969. i 1970. godini rezultat je prije svega međudržavnih obveza Jugoslavije u vezi s izgradnjom hidroelektrane »Đerdap«, nego određenog sistema financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede. Naime, u tim godinama su iz budžeta federacije isplaćena značajna sredstva za izgradnju ovog objekta.

[13] Vidi: Savezni zavod za društveno planiranje: »Razvoj energetskih, sirovinskih, poljoprivrednih i šumarskih djelatnosti u periodu 1971. — 1975. godine sa predlogom mera«, Beograd, marta 1973, str. 6. i 7.

[14] Vidi: Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske: »Informacija o stanju u elektroprivredi SR Hrvatske« Zagreb 1974, str. 86, 124. i 125.

res, pa zatim elektroprivredni, a narodnoprivredni interes, koji je inače morao biti na prvom mjestu, bio je zapostavljen.

4.2. Subjektivni razlozi vezani za poslovanje elektroprivrednih poduzeća

Kada se govori o subjektivnim uzrocima koji su jednim dijelom izazvali, odnosno potencirali poteškoće u kontinuitetu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi, onda se pri tome misli prije svega na ponašanje elektroprivrednih organizacija u području raspoređivanja dohotka na osobne dohotke i fondove i na problem koncentracije i udruživanja financijskih sredstava namijenjenih za financiranje proširene reprodukcije.

Da bi se dokazalo da je ponašanje elektroprivrednih organizacija u području raspoređivanja dohotka na osobne dohotke i fondove jednim dijelom potenciralo poteškoće u financiranju proširene reprodukcije, dovoljno je spomenuti da su se elektroprivredne organizacije uvijek nalazile među onim granama i grupacijama na koje su se odnosile mjere o zamrzavanju osobnih dohodaka koje je društvo poduzimalo poslije 1965. godine.[15] Međutim, potrebno je naglasiti da sami efekti koji su se neadekvatnim ponašanjem elektroprivrednih organizacija u oblasti raspodjele dohotka odlili u osobne dohotke nisu toliko značajni koliko je ovakvo ponašanje elektroprivrednih organizacija stvaralo nepovoljna reagiranja u javnosti i utjecalo da su nadležni organi donosili sa zakašnjenjem ili samo djelomične mjere kojima su se trebali riješiti nagomilani problemi financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi.

U razdoblju poslije 1965. godine potrebno je posebno upozoriti na problem udruživanja i koncentracije sredstava, i to posebno za elektrodistributivna, a posebno za proizvodno-prijenosna poduzeća.

Specifičnost investicionih ulaganja elektrodistributivnih poduzeća ogleda se u tome što su ona mnogobrojna, a istovremena i prostorno rasprostranjena po cijelom području. Karakter istovremenosti uz prostornu rasprostranjenost nalaže potrebu da na svakom užem području elektrodistributivna poduzeća moraju voditi investicionu aktivnost, kako bi bila u stanju priključiti na mrežu nove industrijske i ostale potrošače. To zapravo znači da je koncentraciju financijskih sredstava namijenjenih za financiranje proširene reprodukcije elektrodistributivnih poduzeća potrebno izvršiti na nivou društveno-političkih zajednica područja na kojem djeluju elektrodistributivna poduzeća, što je de facto u promatranom razdoblju bilo i napravljeno.

Međutim, sasvim drukčiji problem javlja se kod proizvodno-prijenosnih elektroprivrednih poduzeća. Nužnost koncentracije financijskih sredstava namijenjenih za financiranje proširene reprodukcije proizlazi zbog specifičnosti izgradnje proizvodnih objekata, kao i zbog veličine instaliranih kapaciteta.

Ekonomičnost izgradnje proizvodnih objekata zahtijeva da jedinice koje se grade imaju što veće kapacitete. To zahtijeva veća financijska sredstva, odnosno udruživanje raspoloživih financijskih sredstava.

Upravo neizvršena koncentriranost financijskih sredstava proizvodno-prijenosnih poduzeća u razdoblju poslije 1965. godine dovela je do istovremene izgradnje više proizvodnih objekata, što je uzrokovalo produženje rokova izgradnje svih objekata, povećanje troškova izgradnje, zakašnjenje puštanja u pogon, kao i nemogućnost da se kapaciteti izvođača angažiraju na jednom mjestu kako bi se skratili rokovi izgradnje. U uvjetima kad su financijska sredstva ionako bila nedovoljna njihovo istovremeno angažiranje na više objekata nije moglo dati ni inače očekivane rezultate. Sve je to upućivalo na nužnost donošenja društvenog dogovora o zajedničkom planiranju i financiranju razvoja proizvodno-prijenosnih poduzeća, koji je na žalost, donesen s velikim zakašnjenjem.

5. ZAKLJUČAK

1. Temljena karakteristika sistema financiranja razvoja elektroprivrede sve do 1963. godine jest u tome što su se investicije elektroprivrede u cijelosti financirale iz centralnih budžeta i fondova, a sama elektroprivreda nije sudjelovala u financiranju svog razvoja. Iako u razdoblju od 1963. do 1965. godine dolazi do stanovite decentralizacije financiranja razvoja elektroprivrede, pa iako se elektroprivreda u ovom razdoblju prvi put javlja kao sudionik u financiranju svog razvoja, ipak se može reći da je temeljna karakteristika i ovog razdoblja pretežno centralističko raspoređivanje sredstava namijenjenih za financiranje proširene reprodukcije u elektroprivredi.

2. Mjerama privredne reforme iz 1965. godine i donošenjem Osnovnog zakona o elektroprivredi (1965. godine) dolazi i do krupnih promjena u pristupu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi. Dolazi do ukidanja društveno-investicionih fondova namijenjenih za financiranje proširene reprodukcije u elektroprivredi, a u skladu s principima privredne reforme, elektroprivredna poduzeća postala su nosioci investicione aktivnosti u elektroprivredi.

Tako nagli preokret u pristupu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi doveo je i do određenih poteškoća u kontinuitetu financi-

[15] Donošenjem Općeg društvenog dogovora o raspoređivanju dohotka i raspodjeli sredstava za osobne dohotke (Narodne novine 17/1972) i Samoupravnog sporazuma o uvjetima za stjecanje dohotka i za raspodjelu sredstava za osobne dohotke u elektroprivredi SR Hrvatske ovaj problem nije više tako naglašen.

ranja proširene reprodukcije poslije 1965. godine. Nastale poteškoće samo su jednim dijelom rezultat neizgrađenosti sistema, a drugim su dijelom rezultat neostvarenih pretpostavki na kojima se temeljio sistem financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede.

Uzroci koji su izazvali poteškoće u kontinuitetu financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede poslije 1965. godine mogli bi se sintetizirati u dvije grupe:

— uzroci koji su ugrađeni, odnosno koji proizlaze iz samog sistema financiranja proširene reprodukcije,

— subjektivni uzroci vezani za sam rad i poslovanje elektroprivrednih poduzeća.

3. Neostvareni priliv potrebnih sredstava za financiranje razvoja elektroprivrede govori u prilog činjenici da se je sistemom financiranja poslije 1965. godine reproducirao prije svega socijalno-politički interes, zatim, kroz subjektivne slabosti rada i poslovanja elektroprivrednih poduzeća, i elektroprivredni interes, dok je narodno-privredni interes koji je inače morao biti na prvom mjestu bio zapostavljen.

4. Ostvarenje socijalno-političkog interesa kroz sistem financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede ogleda se prije svega u tome što se sredstva za razvoj elektroprivrede nisu ostvarila ni po volumenu ni po zadovoljavajućoj strukturi. Podaci o ostvarenim investicijama pokazuju da su investicije elektroprivrede u razdoblju poslije 1965. godine činile 16—22% investicija industrije, odnosno 7—9% ukupnih privrednih investicija, dok su rast potrošnje električne energije i opće privredni razvoj zahtijevali da udio investicija elektroprivrede iznosi oko 11% u investicijama privrede, odnosno oko 28% u investicijama industrije.

5. Zbog neizgrađenosti sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi poslije 1965. godine, svoje mjesto je našao i elektroprivredni interes, iako se na prvi pogled čini da se elektroprivredni i socijalno-politički interesi ne mogu zajedno ostvariti. Ostvarenje elektroprivrednog interesa ogleda se prije svega u neracionalnom ponašanju elektroprivrednih organizacija u raspodjeli dohotka na osobne dohotke i fondove, te u neracionalnom ponašanju u izgradnji elektroenergetskih objekata (npr. u istovremenoj izgradnji više proizvodnih objekata, a racionalnost i raspoloživa sredstva zahtijevali su da se raspoloživa sredstva najprije usmjere u jedan, pa drugi objekt i tako redom.

6. Iako elektroprivredni interes u razdoblju poslije 1965. godine nije bio zastupljen u razvoju elektroprivrede u onom obliku kao socijalno-politički, on je bitan zbog posljedica koje su zbog njega nastupile.

Društveno-političke zajednice koje su morale poduzeti mjere i donijeti takve instrumente da se umjesto socijalno-političkog interesa u sistemu financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede ugradi narodno-privredni interes, uzimale su subjektivne slabosti ponašanja elektroprivrednih organizacija kao razlog zbog kojeg to ne žele učiniti, i u javnosti se sve više stvarao dojam o konfliktu između elektroprivrede te privrede i društva.

Neriješeni problemi financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi imali su za posljedicu već poznatu opću nestašicu električne energije potkraj 1973. godine, koja se u ne manjem opsegu očekuje i u nekoliko idućih godina.

LITERATURA

1. Dimitrijević dr. D.: »Izvori i mehanizam mobilizacije financijskih sredstava«, Savjetovanje ekonomista Jugoslavije, Kragujevac 1969.
2. Knežević dr P : »Sistem i metodi financiranja izgradnje elektronergetskih objekata«, VIII Savjetovanje ekonomista Jugoslavije«, Portorož 1974.
3. Šimović J.: »Ekonomski značaj revalorizacije osnovnih sredstava elektrodistribucije«, »Energija« 7-8/1971.
4. Šimović J.: Temeljne značajke fiskalne politike Jugoslavije u razdoblju 1965—1972. godine i utjecaj njezinih instrumenata za raspodjelu dohotka u elektrodistributivnim poduzećima SR Hrvatske«, »Energija« 5-6/1973.
5. Savezni zavod za društveno planiranje, »Razvoj energetskih, sirovinskih, poljoprivrednih i šumarskih delatnosti u periodu 1971—1975. godine s predlogom mera«, Beograd 1973.
6. Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, »Statistički godišnjak elektroprivrede Jugoslavije za 1973. godinu«, Beograd 1974.
7. Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija elektroprivrede SR Hrvatske: »Informacija o stanju u elektroprivredi SR Hrvatske«, Zagreb 1974.
8. Osnovni zakon o elektroprivredi, Službeni list SFRJ 17/1965.
9. Zakon o financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata do 1970. godine, Narodne novine 28/1968.
10. Zakon o izgradnji i financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata od 1966. do 1970. godine, Službeni list SFRJ 56/1965.

Naslov pisca: mr. Jure Šimović, »Elektra«, Zagreb

AUTOMATIZACIJA U TERMOELEKTRANAMA

(2. dio)

SISTEM VOĐENJA BLOKA

Josip Lakota, Zagreb

U prvom dijelu ovog rada (koji je prvobitno bio zamišljen u dva dijela, Energija br. 11/12, 1974. god.) bile su obuhvaćene osnovne definicije, osnovna podjela na tzv. automatizaciju procesa i automatizaciju nadzora procesa, kao i pregled svrsishodnih osnovnih rješenja iz područja automatizacije procesa i automatizacije nadzora procesa. Bilo je planirano da se u drugom dijelu nešto detaljnije obrade rješenja automatizacije procesa. Pokazalo se, međutim, da je ta materija i uza sva nastojanja da se prikaže što sažetije preopsežna za okvire jednog članka. Tako se u ovom dijelu daju samo principi rješenja za sistem vođenja bloka (tzv. uređaj za vođenje bloka i uređaji za nadzor termičkih naprezanja kotla i turbine), a principi automatskog upravljanja funkcionalnim grupama (decentralizirana rješenja s fiksnim ožičenjem i slobodnim programiranjem) bit će obrađeni u trećem dijelu.

DK 621.311.22-52

5. NAČELNA RJEŠENJA AUTOMATIZACIJE PROCESA U TERMOELEKTRANI

Kao što je rečeno u 1. dijelu, automatizacija procesa u termoelektrani uključuje (izuzevši neovisni sistem zaštite, koji je velikim dijelom područje za sebe i ovdje se neće obuhvaćati) dva osnovna dijela:

— tzv. sistem vođenja bloka,
— automatizaciju upravljanja funkcionalnim grupama.

Zadaci koji su se sa strane pogona elektroenergetskog sistema dosad postavljali na pogon termoelektrane (što za pogon termoelektrana kod nas najvećim dijelom vrijedi još i danas) ograničavali su se na što je moguće točnije održavanje snage koju zahtijeva dispečer, kao i na što brži prijelaz na novu snagu pri promjeni zadane snage od dispečera.

Povećanje udjela termoelektrana u ukupno proizvedenoj električnoj energiji, povećanje jediničnih snaga blokova, kao i uvođenje nuklearnih elektrana (koje se iz ekonomskih razloga moraju držati u pogonu kao temeljne elektrane) dovode do sve veće potrebe da i termoelektrane sve češće ulaze i izlaze iz pogona i češće i u širim granicama mijenjaju teret. Sve češće se i veće termojedinice uključuju u tzv. sekundarnu regulaciju frekvencije i snage razmjene i tako uz hidroelektrane sudjeluju u pokrivanju promjenljivog tereta mreže.

Za češće ulaske i izlaske iz pogona bloka, kao i za veće i brže promjene tereta bez većeg rizika da bi se oštetila osnovna postrojenja bloka bitna je opsežnija automatizacija procesa bloka.

5.1. Sistem vođenja bloka

Osnovne funkcije sistema vođenja bloka, nabrojane već u točki 2.1 prvog dijela ovog članka, uglavnom obuhvaćaju:

— zadavanje snage bloka,
— određivanje moguće snage bloka na temelju pogonske spremnosti pomoćnih postrojenja bloka,
— koordinirano upravljanje onim dijelom automatiziranih funkcionalnih grupa čije je upuštanje — zaustavljanje uključeno u automatsko vođenje procesa,
— nadzor termičkih naprezanja turbine i kotla,
— vođenje najvažnijih regulacionih veličina turbine i kotla tako da se ne prekorače dozvoljena naprezanja materijala turbine i kotla.

Te funkcije realiziraju se danas najčešće zasebnim uređajima, a neke od njih (npr. nadzor termičkih naprezanja kotla ili koordinirano upravljanje automatiziranim funkcionalnim grupama) susreću se ostvarene i u okviru procesnog računala, za koje su takve funkcije uglavnom dodatne funkcije funkcijama nadzora za koje se računalo primarno predviđa. Za pojedinosti vidi točku 2.3 i tablicu 1. u prvom dijelu članka.

Kao primjer dalje ćemo navesti principe na kojima počiva jedno od rješenja sistema vođenja bloka. Radi se o rješenju čiju smo strukturnu shemu dali na slici 2. Kod tog se rješenja sve funkcije vođenja bloka, izuzevši nadzora termičkih naprezanja turbine i kotla, koji se obavlja zasebnim uređajima, realiziraju u okviru tzv. uređaja za vođenje bloka (L 26). Postoje npr. i rješenja kod kojih je veći ili manji dio funkcija uređaja za vođenje bloka integriran u rješenje elektrohidrauličkog regulatora turbine. Ovdje ćemo prikazati načela na kojima počivaju uređaji realizirani na osnovi analognih i logičkih elemenata industrijskih elektroničkih sklopova i fiksnog ožičenja. Na više-manje istim principima počivaju, međutim, i rješenja pojedinih funkcija (npr. nadzor termičkih naprezanja kotla) kada se one realiziraju u okviru procesnog računala (L 12).

5.1.1. Uređaj za vođenje bloka

U suradnji s uređajima za nadzor termičkih naprezanja turbine i kotla te automatskim upravljanjem funkcionalnih grupa ovaj uređaj omogućuje najveće moguće brzine promjene tereta bloka, kao i najveće moguće brzine ulaska u pogon i izlaska iz pogona.

Kod odgovarajuće automatiziranog bloka komanda za ulazak u pogon bloka dovodi preko uređaja za vođenje kotao na minimalnu snagu u najkraćem mogućem vremenu. Pri tome se snaga vatre povisuje do najvećeg iznosa, pri kojem naprezanja materijala kotla ostaju još u dozvoljenim granicama. Ta se naprezanja ograničavaju uz pomoć uređaja za nadzor termičkih naprezanja kotla. Kada su postignuti potrebni parametri pare i ispunjeni svi uvjeti za pokretanje turbine, upravljanje funkcionalnih grupa dovodi do pokretanja turboagregata sve do sinhrone brzine i uklopa na mrežu. Nakon toga uređaj za vođenje bloka preuzima i vođenje turbine (povisuje njezinu izlaznu snagu tako dugo dok turbina ne preuzima svu proizvedenu paru), odnosno taj uređaj dovodi kotao i turbinu do opterećenja koje odgovara unaprijed zadanoj snazi bloka. Pri tom se proces opterećenja turbine provodi uz nadzor termičkih naprezanja turbine. Stvarna brzina opterećenja bloka određena je pri ovoj (kao i pri svakoj drugoj) promjeni pogonskog režima onim dijelom postrojenja (turbinom ili kotlom) koji je u dotičnoj situaciji u pogledu termičkih naprezanja kritičniji ili se pak ta promjena vrši s manjim gradijentom, ukoliko je takav manji gradijent udešen.

Pri normalnim promjenama tereta uređaj za vođenje bloka radi kao i pri pokretanju. Potrebno je samo zadati novu vrijednost snage bloka. Stvarna promjena snage bloka događa se opet automatski: ili s udešenim gradijentom ili s nižim gradijentom od udešenog, ovisno o tome jesu li dosegnuta dozvoljena naprezanja kotla ili turbine ili nisu.

Pri zaustavljanju dovoljna je komanda za zaustavljanje. Uređaj za vođenje bloka dovest će automatski do rasterećenja turbine bilo s udešenim gradijentom, bilo s gradijentom koji uređaj za nadzor termičkih naprezanja maksimalno dozvoljava. Upravljanje funkcionalnim grupama dovest će (ovisno o stupnju i opsegu automatizacije bloka) više ili manje automatski blok do punog ili djelomičnog obustavljanja.

Uređaj za vođenje bloka vrši također određene zahvate pri smetnjama. Npr., pri ispadu jednog od pomoćnih pogona, koji se ne može nadomjestiti automatskim preklopom na rezervu, uređaj za vođenje bloka dovest će do redukcije snage bloka do iznosa, koji se još može postići. Za slučaj kvara u elektroenergetskom sistemu, koji ima za posljedicu odjeljivanje generatora od mreže, uređaj za vođenje bloka zadržava proizvodnju pare na prijašnjem iznosu ili je reducira do neophodnog iznosa. Pri tome vodeća veličina za regulaciju turbine slijedi stvarnu snagu turbine. Pri vraćanju na mrežu uređaj za vođenje bloka podiže vodeću vrijednost za turbinu u skladu s dozvoljenim termičkim naprezanjima turbine, sve dok ona ne preuzmu punu količinu proizvedene pare. Daljnje opterećenje zbiva se kao i kod normalnih promjena tereta.

Te funkcije uređaj za vođenje bloka vrši određivanjem, odnosno zadavanjem vodećih vrijednosti. Vodeće vrijednosti služe za vođenje automatskih regulacija turbine i kotla; uz signal koji odgovara zahtijevanoj snazi bloka one također omogućuju jednoznačno izvođenje kriterija na temelju kojih se daju komande na upravljanje pojedinim funkcionalnim grupama.

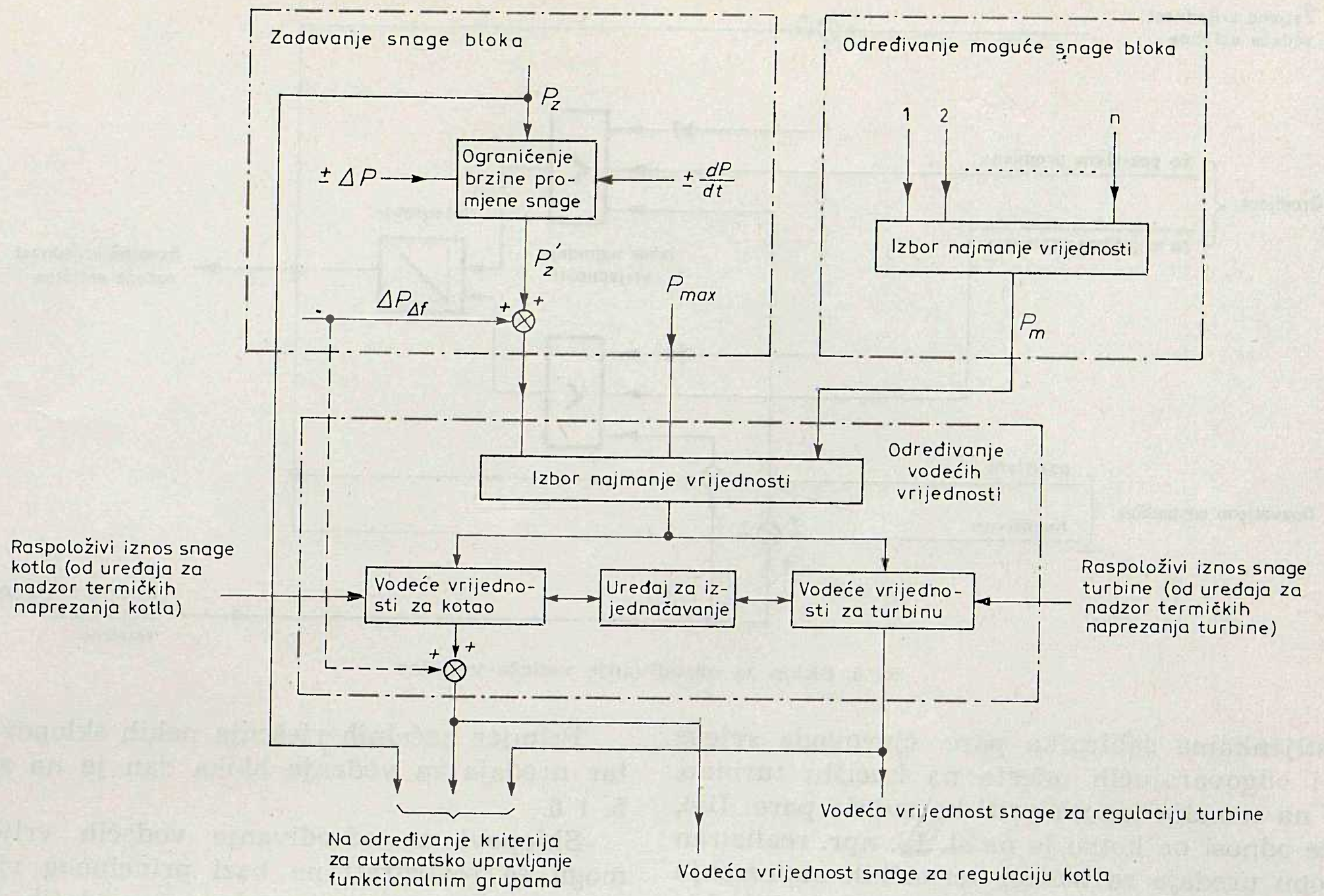
Načelno rješenje uređaja za vođenje bloka dano je na sl. 4. Tu se signali obrađuju kroz tri glavna dijela (L 26):

— dio za zadavanje snage bloka,
— dio za određivanje moguće snage bloka,
— dio za određivanje vodećih vrijednosti.

Radi davanja pogonskom osoblju sažete informacije o stvarnom pogonskom stanju bloka, kao i dozvoljenim promjenama tereta bloka ovakav uređaj za vođenje bloka normalno je dopunjen specijalnim instrumentom. Na ovom su npr. vidljivi iznosi zadane vrijednosti snage bloka i stvarne vrijednosti snage bloka, kao i područja dozvoljene promjene snage bloka nagore i nadolje. Dalje, tu se signalizira i dio postrojenja koji za slučaj da su mogućnosti promjene snage bloka ograničene dovodi do tih ograničenja.

Z a d a v a n j e s n a g e b l o k a. Zahtijevana (zadana) vrijednost snage bloka (P_z) udešava se ili neposredno ili daljinski (iz udaljenog dispečerskog centra). Normalno postoji mogućnost zadavanja jedne osnovne snage i opsega unutar kojeg blok može sudjelovati u tzv. sekundarnoj regulaciji frekvencije i snage razmjene mreže. Za promjene snage, npr. prema zadanom voznom redu, postoji mogućnost zadavanja željene brzine promjene snage ($\frac{dP}{dt}$, odnosno mogućnost ograničenja brzine promjene snage što ju je zadao dispečer (ili sistem sekundarne regulacije frekvencije). Rezultat je po gradijentu ograničena zahtijevana snaga bloka (P'_z). Blok može sudjelovati u tzv. primarnoj regulaciji frekvecije s ograničenim ili neograničenim udjelom. Kod neograničenog udjela signal za promjenu snage ($\Delta P_{\Delta f}$), određen odstupanjem frekvencije, vodi se izravno na regulacije kotla (turbinski regulator obično sadrži sam ovaj utjecaj po frekvenciji). Kod ograničenog udjela signal $\Delta P_{\Delta f}$ uvodi se prije ulaska u uređaj za određivanje vodećih vrijednosti. U tom se slučaju ograničava udio u primarnoj regulaciji ukoliko dolazi do ograničenja od uređaja za nadzor termičkih naprezanja turbine ili kotla. Dalje postoji mogućnost zadavanja (ograničenja) maksimalne snage bloka (P_{max}).

O d r e đ i v a n j e m o g u ć e s n a g e b l o k a. Broj raspoloživih pomoćnih agregata za pokrivanje dijela opterećenja (npr. mlinova za ugljen, pumpi za pojnu vodu, gorionika, uljnih pumpi i slično), uklopno stanje sistema za napajanje vlastitog potroška, kao i određeni pogonski uvjeti (npr. prenizak tlak rashladnog vodika generatora) ili ograničenja zbog dimenzioniranja mogu ograničavati željeno povišenje snage u konkretnoj pogonskoj



P_z — zahtijevana (zadana) vrijednost snage bloka

P'_z — po gradijentu ograničena zahtijevana snaga bloka

$\pm \frac{dP}{dt}$ — zadavanje gradijenta promjene snage bloka (ograničenje gradijenta)

P_{max} — zadavanje maksimalne snage bloka (ograničenje snage)

$\Delta P_{\Delta f}$ — utjecaj po odstupanju frekvencije

$\pm \Delta P$ — opseg dozvoljenih promjena snage bloka

P_m — moguća snaga bloka s obzirom na stanje pomoćnih pogona i druge uvjete

1, 2, . . . n — signali ograničenja snage bloka zbog neraspoloživih pomoćnih pogona i drugih ograničenja, kao: crpki za pojnu vodu, loženja (broj raspoloživih gorionika, mlinova, . . .), uljnih crpki, dijela kotlovskog postrojenja za rad s reduciranim teretom, propusne moći ventila, . . .

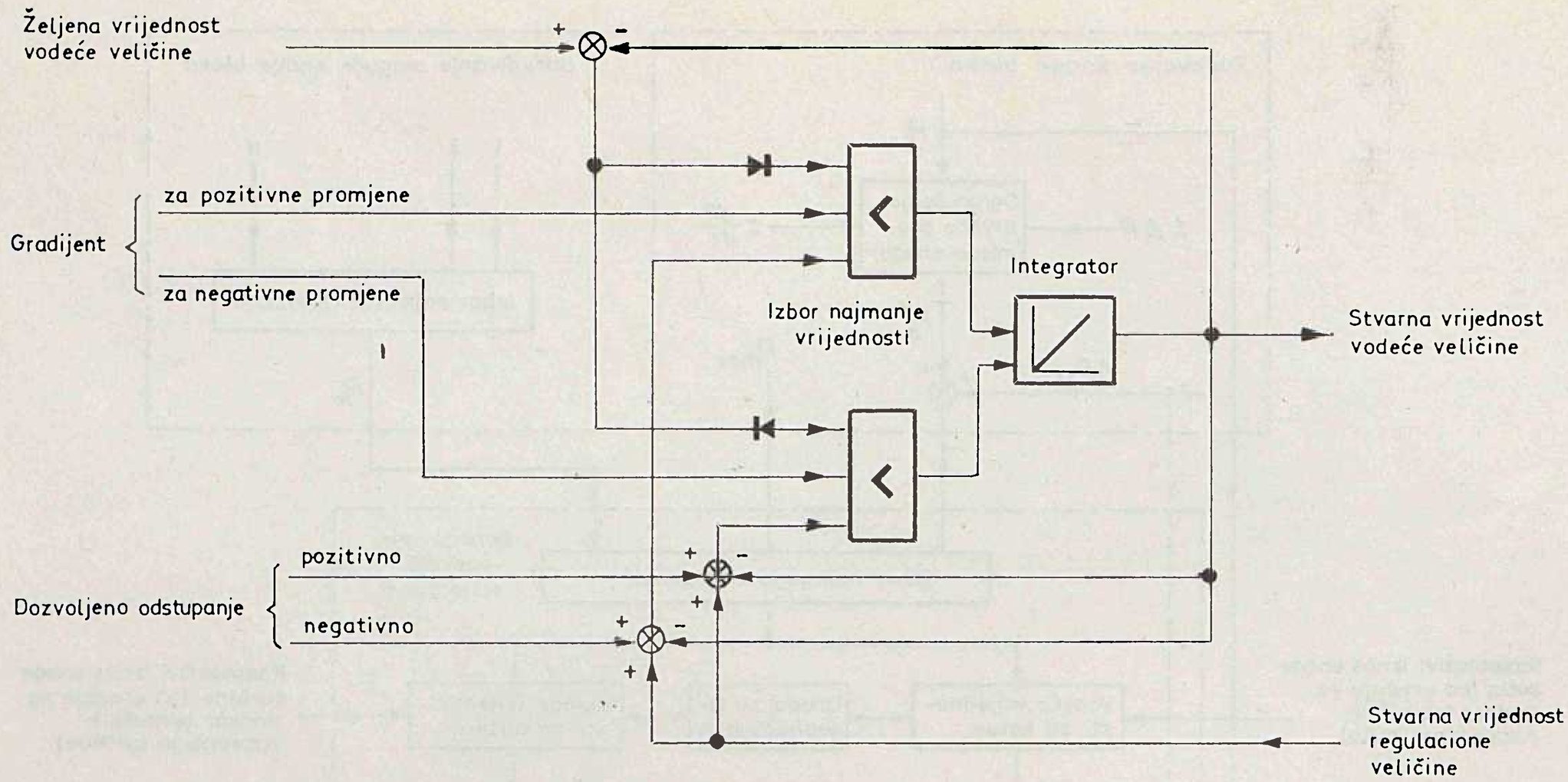
Sl. 4. Primjer principnog rješenja uređaja za vođenje bloka

situaciji. Kvar na kotlovskom postrojenju za reducirani teret (npr. sistem dodatne cirkulacije) može opet postaviti ograničenje u smislu dozvoljenog sniženja snage.

Na temelju informacije o pogonskoj spremnosti, odnosno uklopnom stanju spomenutih dijelova postrojenja određuje se moguća snaga bloka (P_m).

Za slučaj smetnji (npr. ispad pomoćnih agregata, kod kojeg je potrebno sniziti snagu bloka na iznos niži od momentane vrijednosti zadane snage bloka) uređaj za vođenje bloka preko izbora manje vrijednosti automatski ograničava snagu bloka na iznos koji se dade realizirati reduciranim brojem pomoćnih agregata. Ta se redukcija snage bloka provodi s gradijentom koji odgovara karakteru smetnje i mogućim posljedicama za postrojenje. Taj gradijent može biti znatno viši od gradijenata normalnih promjena snage bloka. Nakon otklanjanja ograničenja, odnosno smetnje uređaj za vođenje bloka dovodi blok automatski na višu snagu s dozvoljenim gradijentom, ako je takva viša snaga još uvijek zadana.

O d r e đ i v a n j e v o d e ć i h v r i j e d n o s t i. U dijelu za određivanje vodećih vrijednosti najprije se izabire najmanja ulazna vrijednost između više njih. U primjeru na slici 4. to su signali maksimalne snage P_{max}, po gradijentu ograničene zahtijevane snage P'_z (s utjecajem ili bez utjecaja po odstupanju frekvencije $\Delta P_{\Delta f}$) i snage P_m, koja se može postići s obzirom na stanje pomoćnih pogona i druga ograničenja. Najmanji od spomenutih signala dovodi se na ulaz sklopova za određivanje vodećih vrijednosti kotla i turbine. Brzina promjene tog signala ograničava se ovisno o termičkim naprezanjima kotla, odnosno turbine, a tu se uvode i druga ograničenja. Npr., pri prekoračenju dozvoljenih regulacionih odstupanja za temperaturu pare ograničava se daljnja promjena snage ili se snaga ograničava nadolje da se ne ugase gorionici. Detaljnije vidi L 27. Rezultat su vodeće vrijednosti snage za turbinu i kotao. Iz vodeće vrijednosti snage kotla izvode se kasnije vodeće vrijednosti za pojedine najvažnije regulacije kotla (kao regulacije privoda goriva i zraka te pojne vode), a također i tzv. veličine smetnji, npr. za regulaciju temperature svježe pare i druge regulacije kotla, L 28. (Određivanje vodeće vrijednosti za temperaturu svježe pare, posebno važno u režimu pokretanja bloka, vrši se zasebno, na temelju mjerenja vrijednosti temperaturnih razlika u masiv-



Sl. 5. Sklop za određivanje vodeće veličine

nim stijenkama sabirnika pare, cjevovoda svježe pare i odgovarajućih mjesta na kućištu turbine, kao i na temelju iznosa pritiska svježe pare. Dio, koji se odnosi na kotao je na sl. 13. npr. realiziran u sklopu uređaja za nadzor termičkih naprezanja kotla). Vodeća vrijednost za snagu turbine direktno vodi regulator snage turbine.

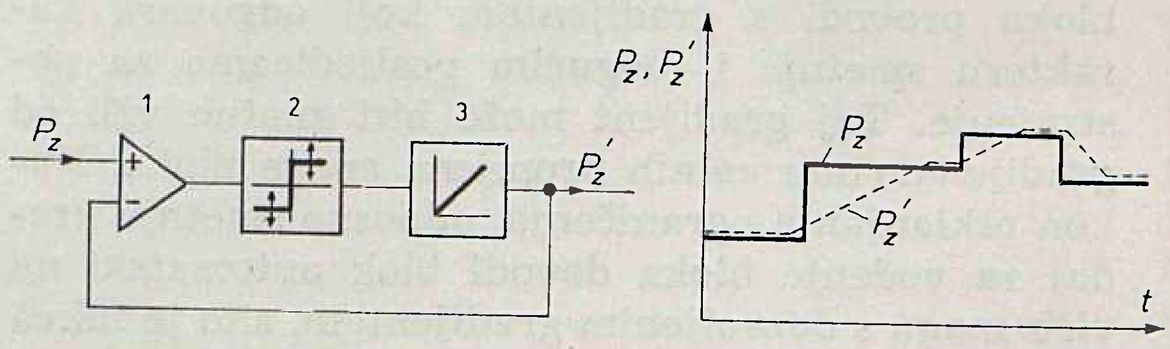
Uređaji za nadzor termičkih naprezanja javljaju uređaju za vođenje bloka iznose dozvoljenih gradijenata ili pak tzv. raspoložive iznose snage, zasebno za turbinu, zasebno za kotao (vidi dalje, točka 5.1.2). Ovisno o veličini tih raspoloživih iznosa snage dozvoljavaju se do jednog određenog iznosa npr. brze promjene snage, a iznad tog iznosa ograničava se brzina promjene. Za brzinu promjene snage mjerodavan je pri tome ili kotao ili turbina. U normalnom pogonu to znači da je potrebno da vodeća vrijednost za dio koji bi sam za sebe dozvolio veće brzine promjene (npr. turbina) slijedi vodeću vrijednost kritičnijeg dijela (u tom slučaju kotla). To se realizira uređajem za izjednačavanje. Taj uređaj osim toga isključuje međusobni utjecaj vodećih vrijednosti za turbinu i kotao za vrijeme pokretanja i, nakon što je postignuta minimalna snaga kotla, njegovu vodeću vrijednost zadrži na istom iznosu tako dugo dok turbina ne preuzme svu količinu proizvedene pare. Kod smetnji koje zahtijevaju izbacivanje generatora iz mreže uređaj za izjednačavanje treba da omogući što bržu sinhronizaciju i ponovno opterećenje. U tu svrhu on drži kotao na prijašnjoj snazi, ako se ona još može postići, ili snižava snagu kotla na mogući iznos s gradijentom prilagođenim dotičnoj smetnji. Istovremeno se vodeća vrijednost za turbinu prilagođava stvarnoj pogonskoj situaciji turbine. Kod ponovnog vraćanja u prijašnje pogonsko stanje uređaj za izjednačavanje samo utječe na vodeću vrijednost regulacija turbine sve dok se ne dostigne snaga kotla, vodeći pri tome računa o izlazu uređaja za nadzor termičkih naprezanja turbine.

Primjer načelnih rješenja nekih sklopova unutar uređaja za vođenje bloka dan je na slikama 5. i 6.

Sklopovi za određivanje vodećih vrijednosti mogu se realizirati na bazi principnog rješenja, slika 5. Ono omogućuje zadavanje vodećih veličina s promjenljivim gradijentom, koji npr. određuju uređaji za nadzor termičkih naprezaja turbine ili kotla. Vidi L 27. Za svaki od smjerova promjene vodeće veličine (pozitivni i negativni smjer, odnosno smjer povišenja i smjer sniženja) postoji zaseban kanal. Svaki kanal sadrži sklop za izbor najmanje vrijednosti s više ulaza. Izlazi za izbor najmanje vrijednosti vode se na ulaz jednog integratora. Na ulaze sklopova za izbor najmanje vrijednosti dovodi se:

— jedan signal ili više signala za gradijent. To mogu biti npr. signali koji odgovaraju željenom gradijentu i dozvoljenom (ograničenom) gradijentu. Sklop za izbor najmanje vrijednosti propušta najmanji od tih signala na ulaz integratora. Time se promjena vodeće veličine uvijek provodi brzinom koja odgovara najmanjem gradijentu.

— razlika između željene (zadane) i stvarne vrijednosti vodeće veličine (ova posljednja odgovara izlazu integratora). Time se sprečava daljnja promjena vodeće veličine nakon što je postignuta željena vrijednost vodeće veličine.



1 - pojačalo s visokim pojačanjem
2 - udesivo ograničenje (udešavanje gradijenta $\frac{dP}{dt}$)
3 - integrator
P_z, P_z' - kao u slici 4

Sl. 6. Primjer sklopa za ograničenje brzine promjene snage

— razlika između sume stvarne vrijednosti regulacione veličine i dozvoljenog odstupanja i signala stvarne vrijednosti vodeće veličine. Time se postiže da vodeća veličina ne može odstupati za iznos veći od dozvoljenog odstupanja od stvarne vrijednosti regulacione veličine. Ovo je posebno važno kad regulaciona veličina ne može slijediti vodeću veličinu zahtijevanom brzinom.

Sklop za ograničenje brzine promjene snage može se realizirati na principu slike 5. ili npr. na principu koji daje slika 6. Na slici 6. signal koji odgovara zahtijevanoj snazi (P_z), kao izlazni signal sklopa (P'_z) dovode se na ulaz pojačala s visokim pojačanjem. Ograničeni izlaz ovog pojačala dovodi se na integrator koji predstavlja izlazni element sklopa. Podešavanjem iznosa pozitivnog i negativnog ograničenja može se neovisno mijenjati gradijent promjene izlaznog signala nagore i nadolje. Zbog visokog pojačanja spomenutog pojačala gradijent promjene izlaznog signala (P'_z) praktički je neovisan o veličini promjene ulaznog signala (P_z).

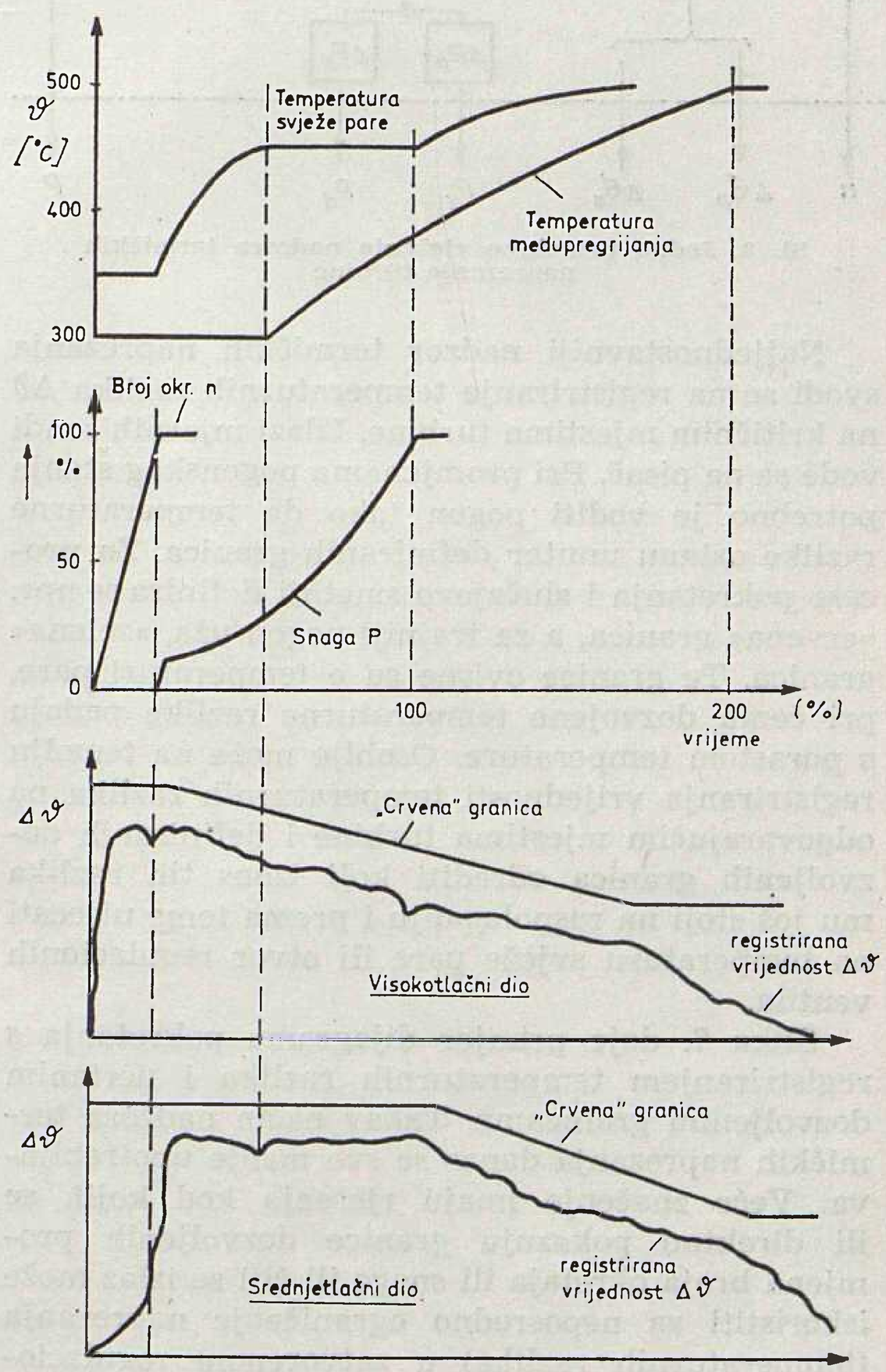
Pri promjenama snage bloka potrebno je izvesti određene promjene pogonskog stanja, odnosno dati komande na pojedine funkcionalne grupe radi prilagođenja njihova uklopnog stanja zahtijevanoj snazi bloka (npr. uklop odgovarajućih podgrupa). Pri promjeni zadane vrijednosti snage bloka dolazi do razlike između te vrijednosti i stvarnih vodećih vrijednosti snage za turbinu i kotao. Na temelju iznosa i predznaka ovih razlika dade se jednoznačno odrediti koje komande i kada treba dati na upravljanje funkcionalnim grupama.

5.1.2. Uređaji za nadzor termičkih naprezanja turbine i kotla

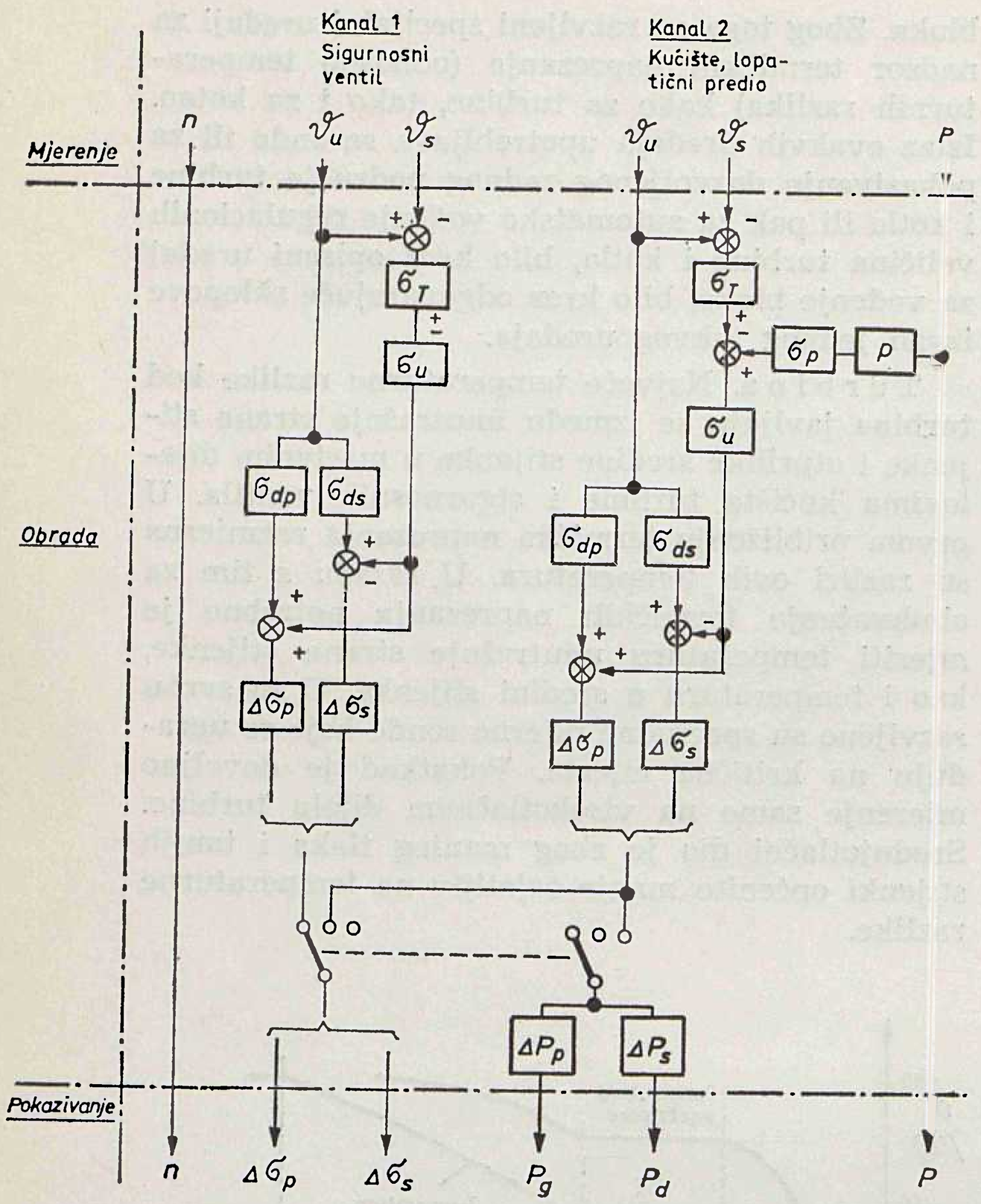
U nestacionarnom pogonu dijelovi turbine i kotla podvrgnuti su promjenama temperature i tlaka. Promjene temperature dovode do temperaturnih razlika kako unutar presjeka stijenki (pogotovo onih masivnijih), tako i između pojedinih dijelova međusobno. Temperaturne razlike imaju za posljedicu termičke dilatacije. Za slučaj da do dilatacija ne može doći, tj. da su one spriječene, javljaju se dodatna mehanička naprezanja, tzv. termička naprezanja. Različite srednje temperature pojedinih dijelova dovode do različitih slobodnih dilatacija koje mogu kod turbine dovesti do opasnog smanjenja zračnosti između pokretnih i nepokretnih dijelova, kao i do deformacija i opasnih oscilacija. Termička naprezanja za slučaj spriječenih dilatacija mogu poprimiti iznose koji su višestruki od mehaničkih naprezanja u stacionarnom pogonu.

Da bi se osigurala zadovoljavajuća životna dob, neophodno je procese pokretanja — zaustavljanja i promjena tereta voditi tako da ne budu prekoračene određene granične vrijednosti termičkih naprezanja. S druge strane, ekonomično je dozvoljene granice naprezanja iskoristiti što više da bi se postigla mala vremena promjena pogonskog stanja bloka. Zbog toga su razvijeni specijalni uređaji za nadzor termičkih naprezanja (odnosno temperaturnih razlika) kako za turbine, tako i za kotao. Izlaz ovakvih uređaja upotrebljava se onda ili za pokazivanje dozvoljenog radnog područja turbine i kotla ili pak za automatsko vođenje regulacionih veličina turbine i kotla, bilo kroz opisani uređaj za vođenje bloka, bilo kroz odgovarajuće sklopove izvan jednog takvog uređaja.

T u r b i n a. Najveće temperaturne razlike kod turbina javljaju se između unutrašnje strane stijenke i otprilike sredine stijenke u masivnim dijelovima kućišta turbine i sigurnosnih ventila. U prvom približenju termička naprezanja razmjerna su razlici ovih temperatura. U skladu s tim za obuhvaćenje termičkih naprezanja potrebno je mjeriti temperaturu unutrašnje strane stijenke, kao i temperaturu u sredini stijenke. U tu svrhu razvijene su specijalne mjerne sonde koje se ugrađuju na kritična mjesta. Pokatkad je dovoljno mjerenje samo na visokotlačnom dijelu turbine. Srednjotlačni dio je zbog manjeg tlaka i tanjih stijenki općenito manje osjetljiv na temperaturne razlike.



Sl. 7. Primjer dijagrama pokretanja jedne turbine s međupregrijanjem i registriranjem temperaturnih razlika



Sl. 8. Jedno principno rješenje nadzora termičkih naprezanja turbine

Najjednostavniji nadzor termičkih naprezanja svodi se na registriranje temperaturnih razlika $\Delta\vartheta$ na kritičnim mjestima turbine. Izlazi mjernih sondi vode se na pisač. Pri promjenama pogonskog stanja potrebno je voditi pogon tako da temperaturne razlike ostanu unutar definiranih granica. Za procese pokretanja i slučajeve smetnji definira se npr. »crvena« granica, a za trajniji pogon uža, »zelena« granica. Te granice ovisne su o temperaturi pare, pri čemu dozvojene temperaturne razlike padaju s porastom temperature. Osoblje može na temelju registriranja vrijednosti temperaturnih razlika na odgovarajućim mjestima turbine i definiranih dozvoljenih granica odrediti koji iznos tih razlika mu još stoji na raspolaganju i prema tome utjecati na temperaturu svježe pare ili otvor regulacionih ventila.

Slika 7. daje primjer dijagrama pokretanja s registriranjem temperaturnih razlika i ucrtanim dozvoljenim granicama. Takav način nadzora termičkih naprezanja danas se sve manje upotrebljava. Veće značenje imaju rješenja kod kojih se ili direktno pokazuju granice dozvoljenih promjena broja okretaja ili snage ili čiji se izlaz može iskoristiti za neposredno ograničenje naprezanja (temperaturnih razlika) u zatvorenom regulacionom krugu (L 28, L 30).

Na slici 8. dan je princip rješenja jednog uređaja za nadzor termičkih naprezanja turbine. Razlikuju se tri dijela:

— mjerni dio,
— dio za obradu mjernih signala,
— dio za pokazivanje rezultata.

Nadzor se u ovom primjeru vrši za visokotlačni dio kućišta turbine (lopatični predio) i za sigurnosni ventil. U skladu s tim postoje dva kanala mjerenja i obrade. Uređaj se temelji na ovim principima:

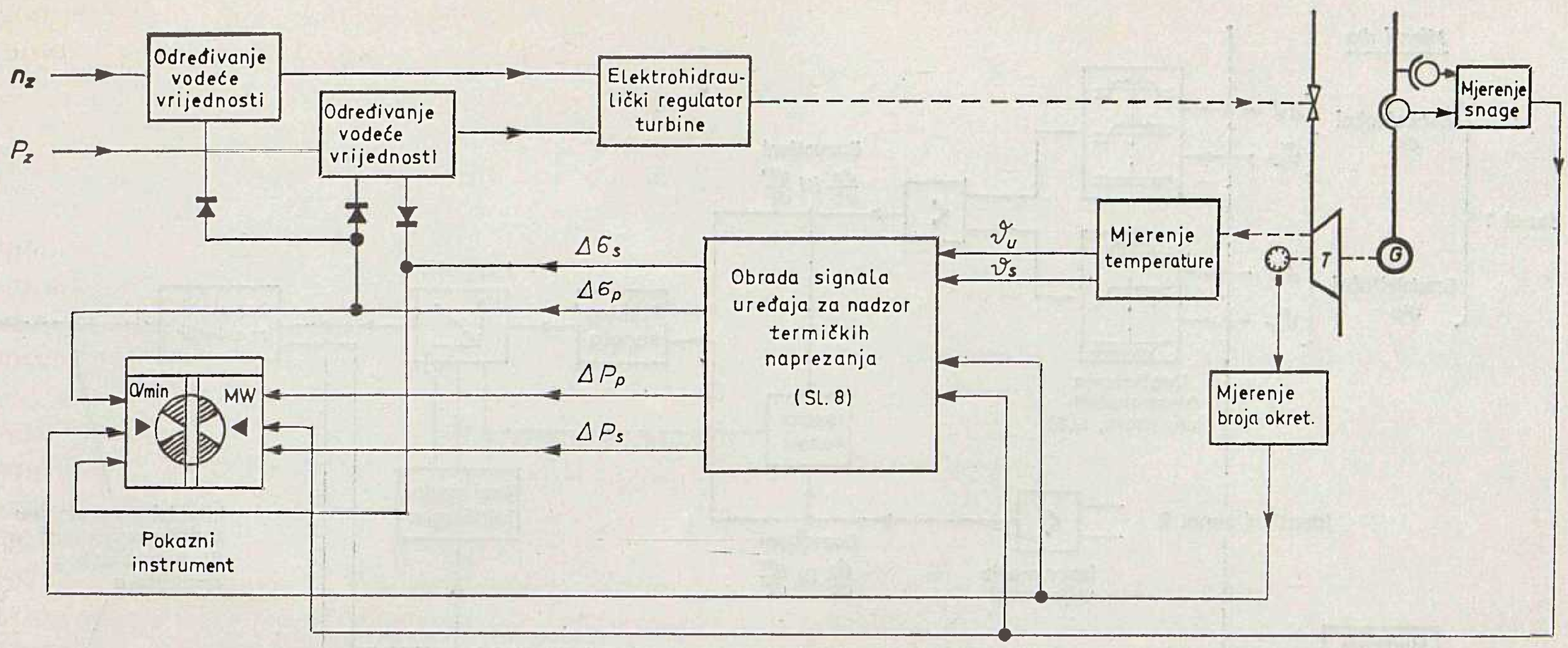
Na temelju razlike između temperature ϑ_u vlakana unutrašnje strane stijenke i temperature sredine stijenke ϑ_s određuje se termičko naprezanje σ_T. Iz vrijednosti temperature ϑ_u određuje se i dozvoljeno naprezanje σ_d za dani materijal. Pri tome se određuju zasebno dozvoljena naprezanja u smislu sniženja i povišenja temperature (σ_{ds}, σ_{dp}).

Superpozicijom termičkog naprezanja σ_T i naprezanja izazvanog tlakom pare σ_p dobije se ukupno naprezanje σ_u. Pri tome se mora uzeti u obzir promjenljiv predznak naprezanja σ_T, koje za procese zagrijavanja odgovara tlačnom, a za procese hlađenja vlačnom naprezanju. (Tlak u lopatičnom prostoru p, koji je potreban za određivanje naprezanja σ_p, i razvijena snaga P stoje u čvrstom funkcionalnom odnosu. To omogućava da se σ_p odredi na temelju mjerenja snage, tj. pritisak u lopatičnom prostoru ne mora se mjeriti.) Ukupno naprezanje σ_u uspoređuje se s dozvoljenim naprenjima σ_{ds} i σ_{dp}, a razlika odgovara takozvanim raspoloživim iznosima naprezanja ($\Delta\sigma_p$, $\Delta\sigma_s$). Vrijedi da je $\Delta\sigma_p = \sigma_{dp} + \sigma_u$; $\Delta\sigma_s = \sigma_{ds} - \sigma_u$.

Ti iznosi pokazuju se na instrumentu ili služe za izračunavanje tzv. raspoloživih iznosa snage (ΔP_p, ΔP_s).

Opisani postupak vrijedi kako za kanal koji odgovara kućištu lopatičnog prostora, tako i za kanal kućišta brzozatvarajućeg ventila. Za ovaj posljednji često se naprezanje ovisno o tlaku pare i ne mora uzeti u obzir (sl. 8).

Specijalni pokazni instrument (vidi sl. 9) služi za pokazivanje granica unutar kojih se turbina može voziti bez vremenskih ograničenja. Na njemu se prikazuju u vrijeme pokretanja broj okretaja n i raspoloživi i granični raspoloživi iznosi naprezanja u smislu povišenja i sniženja, $\Delta\sigma_p$ i $\Delta\sigma_s$, po izboru za jedan ili drugi kanal. Ako se za vrijeme pokretanja dostigne iznos dozvoljenog naprezanja, npr. sigurnosnog ventila (raspoloživi iznos naprezanja za dotični kanal $\Delta\sigma_p = 0$), potrebno je spriječiti daljnji porast naprezanja. To se može postići sniženjem temperature svježe pare ili sniženjem protoka pare. Ako se to dogodi za kućište turbine, kanal 2, može se porast naprezanja spriječiti promjenom otvora regulacionog ventila ili jednom pravovremenom promjenom temperature svježe pare. Npr., ako se za kanal 2 kod pokretanja dosegne raspoloživi iznos $\Delta\sigma_p =$



Sl. 9. Uključivanje uređaja za nadzor termičkih naprezanja turbine, sl. 8 u krugove automatske regulacije turbine

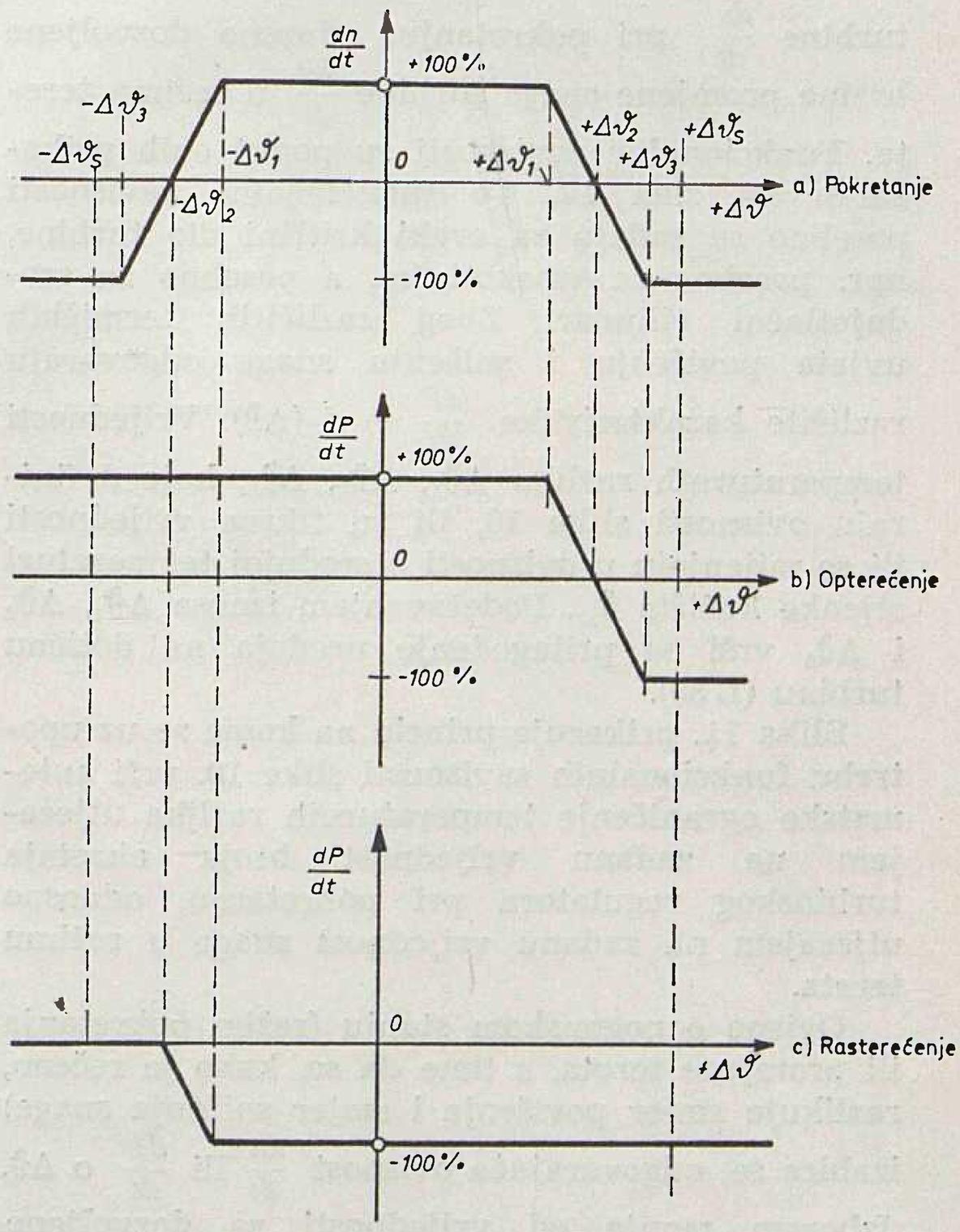
= 0 kp/mm², treba spriječiti daljnje otvaranje regulacionog ventila tako dugo dok se ne pokaže raspoloživi iznos naprezanja koji dozvoljava daljnje otvaranje. Ako se, naprotiv, dosegne raspoloživi granični iznos od 0 kp/mm², to znači da je već dosegnut opasan iznos naprezanja i da treba aktivirati brzo zatvaranje turbine da bi se ova opasna naprezanja što prije razgradila.

Pod teretom se na pokaznom instrumentu prikazuje stvarna snaga, kao i donja i gornja granica dozvoljene snage (P_d, P_g). Pri tome je priključen samo kanal 2 (sl. 8). Međutim, postoji stalna mogućnost preklopa na kanal 1 radi kontrole naprezanja sigurnosnog ventila. Gornja i donja granica raspoložive snage izračunava se iz raspoloživih iznosa snage u smislu povišenja i sniženja (ΔP_p, ΔP_s). Ti iznosi izračunavaju se relativno komplicirano iz iznosa $\Delta\sigma_p$, $\Delta\sigma_s$. Pri tome se mora uzeti u obzir i vremensko kašnjenje termičkih naprezanja u odnosu prema razlikama temperatura, kao i vremensko ponašanje dozvoljenog naprezanja koje ovisi o temperaturi unutrašnje stijenke.

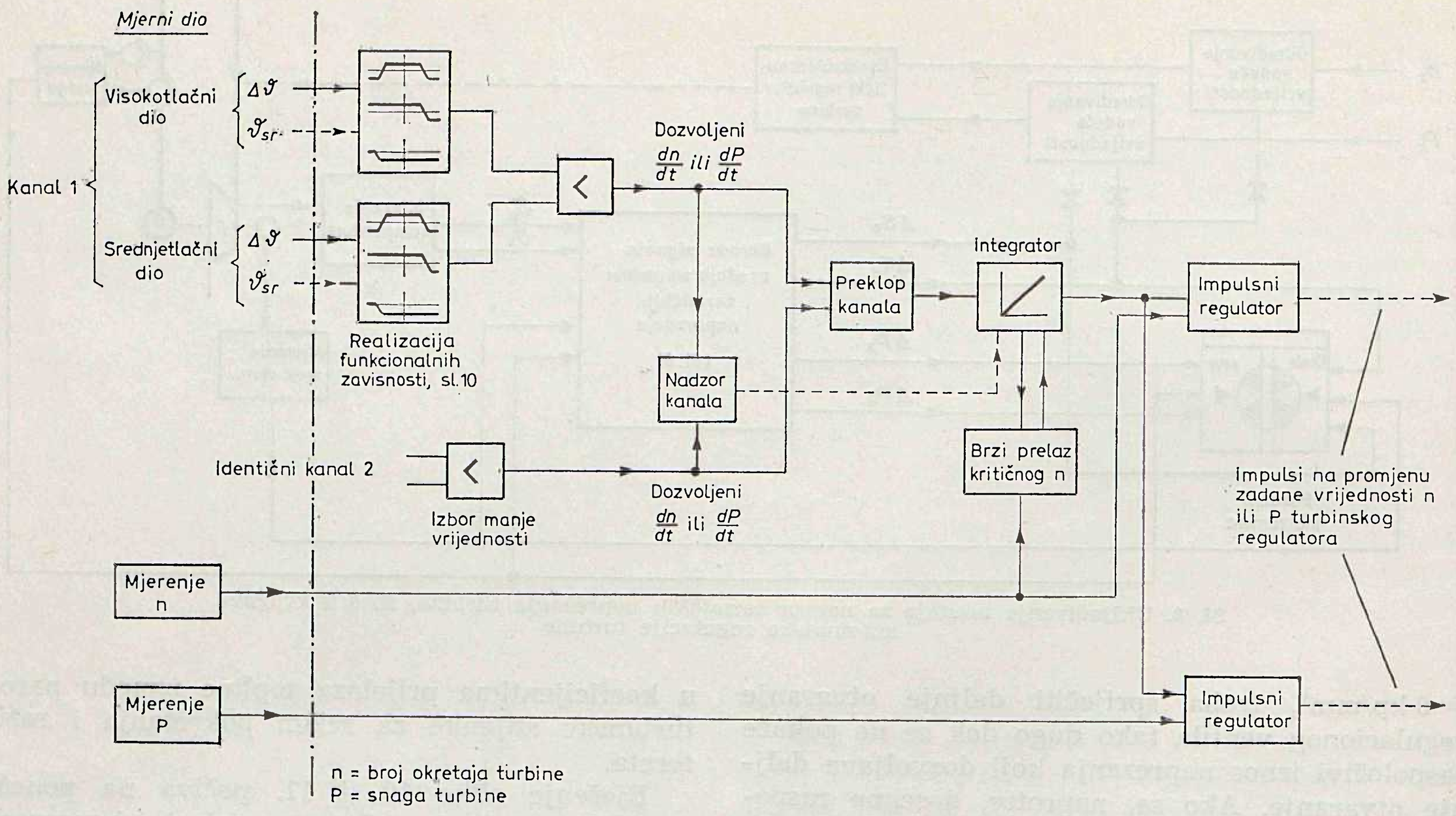
Opisani uređaj omogućuje i automatsko ograničavanje termičkih naprezanja turbine, bilo u vezi s prije opisanim uređajem za vođenje bloka kao i u slučaju da takav uređaj nije predviđen (sl. 9).

Zadane vrijednosti broja okretaja n_z, odnosno snage P_z, dovode se na ulaz uređaja za određivanje vodećih vrijednosti. Pri tome se gradijenti za promjenu broja okretaja odnosno snage određuju na temelju raspoloživih iznosa naprezanja $\Delta\sigma_s$ i $\Delta\sigma_p$. Zbog različitih dinamičkih svojstava regulacionih staza za broj okretaja i snagu daje se uređaju za određivanje vodeće vrijednosti za broj okretaja čist integralni, a onom za snagu proporcionalno-integralni karakter. Integraciona vremena obaju uređaja određuju se s obzirom na termičko ponašanje turbinske stijenke. Pri tome se integraciona vremena razlikuju zbog razlike u koeficijentima prijelaza topline između pare i turbinske stijenke za režim pokretanja i režim tereta.

Rješenje slike 10. i 11. počiva na ponešto drugačijem principu. I tu se polazi od mjerenja razlike temperature $\Delta\vartheta$ između unutrašnje strane stijenke i mjesta na određenoj dubini stijenke (mjerenje specijalnim sondama). Svakoj određenoj



Sl. 10. Zavisnost dozvoljenih brzina promjene broja okretanja i dozvoljenih brzina promjene snage dP/dt o temperaturnim razlikama Δ dn/dt.
Pozitivni iznosi Δ dn/dt odgovaraju padu temperature od unutrašnje prema vanjskoj stijenki zida kućišta.



Sl. 11. Automatsko ograničenje temperaturnih razlika turbine na principu sl. 10

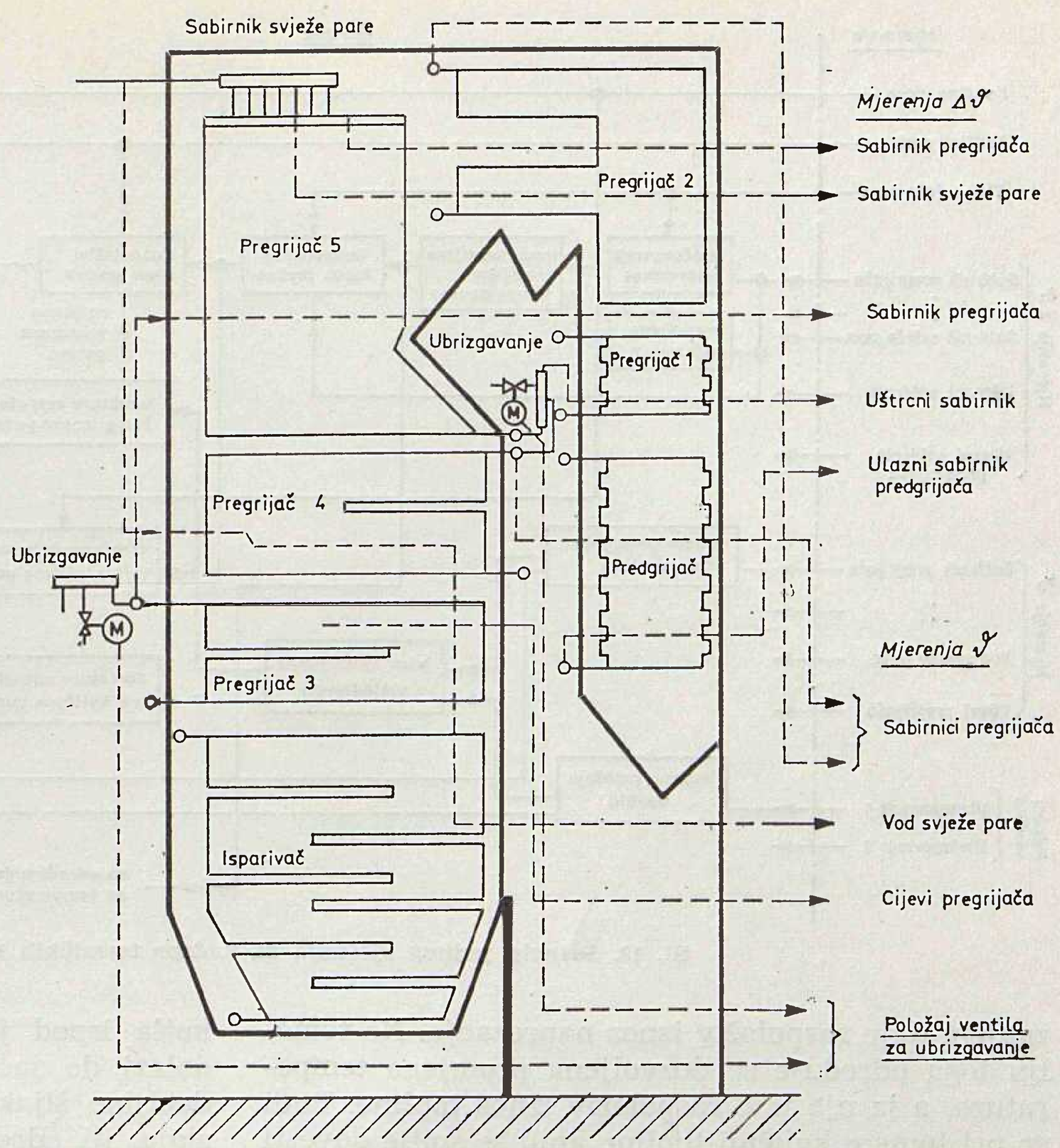
vrijednosti $\Delta\vartheta$ dodaje se jedna određena vrijednost dozvoljene brzine promjene broja okretaja turbine $\frac{dn}{dt}$ pri pokretanju, odnosno dozvoljene brzine promjene snage turbine $\frac{dP}{dt}$ u režimu tereta. Funkcionalne zavisnosti su poput onih prikazanih na slici 10. Te funkcionalne zavisnosti posebno se zadaju za svaki kritični dio turbine, npr. posebno za visokotlačni, a posebno za srednjotlačni cilindar. Zbog različitih termičkih uvjeta povišenju i sniženju snage odgovaraju različite karakteristike $\frac{dP}{dt} = f(\Delta\vartheta)$. Vrijednosti temperaturnih razlika $\Delta\vartheta_1$, $\Delta\vartheta_2$, $\Delta\vartheta_3$, koje definiraju ovisnosti slike 10, ili su fiksne vrijednosti ili se mijenjaju u ovisnosti o srednjoj temperaturi stjenke kućišta ϑ_{sr}. Podešavanjem iznosa $\Delta\vartheta_1$, $\Delta\vartheta_2$ i $\Delta\vartheta_3$ vrši se prilagođenje uređaja na dotičnu turbinu (L 30).

Slika 11. prikazuje princip na kome se uz upotrebu funkcionalnih zavisnosti slike 10. vrši automatsko ograničenje temperaturnih razlika utjecajem na zadanu vrijednost broja okretaja turbinskog regulatora pri pokretanju, odnosno utjecajem na zadanu vrijednost snage u režimu tereta.

Ovisno o pogonskom stanju (režim pokretanja ili promjene tereta, s time da se, kako je rečeno, razlikuje smjer povišenja i smjer sniženja snage) izabire se, odgovarajuća ovisnost $\frac{dn}{dt}$ ili $\frac{dP}{dt}$ o $\Delta\vartheta$. Izborom manje od vrijednosti za dozvoljene brzine promjene broja okretaja ili snage onaj dio, kod kojeg su iznosi temperaturnih razlika kritičniji (tj. visokotlačni ili srednjotlačni cilindar) određuje stvarnu brzinu promjene. Da bi se povisila pogonska sigurnost, predviđaju se obično dva zasebna nezavisna kanala. Na slici 11. dvostruko su predviđene sonde za mjerenje $\Delta\vartheta$, kao i termoelementi za mjerenje srednje temperature ϑ_{sr}, te sklopovi za realizaciju funkcionalnih zavisnosti, slika 10, i sklopovi za izbor manje vrijednosti. Izlazi obaju kanala se nadziru i kod prekoračenja dozvoljene razlike u izlazima kanala blokira se svaka promjena snage ili broja okretaja. Ako dozvoljena razlika nije prekoračena, jedan od signala koji odgovara dozvoljenom $\frac{dn}{dt}$ ili $\frac{dP}{dt}$ prosljeđuje se na integrator, koji sa svoje strane preko impulsnih regulatora vrši promjenu zadane vrijednosti broja okretaja ili snage turbinskog regulatora.

Kako se vidi, uređaj osigurava pokretanje i promjene tereta turbine s gradijentima koji se određuju mjerenjem stvarnih temperaturnih uvjeta u turbini, a mjerodavan je dio koji dozvoljava manje brzine promjene. Predviđen je brz prijelaz kritičnih brojeva okretaja. Taj prijelaz vrši se većom brzinom od one koja odgovara funkcionalnoj zavisnosti, slika 10. a. Taj se prijelaz omogućava, međutim, samo u području temperaturnih razlika $\Delta\vartheta < \Delta\vartheta_2$. Za slučaj da temperaturna razlika prijeđe iznos $\Delta\vartheta_s$, koji odgovara već opasnom termičkom naprezanju, uređaj daje signale na sistem automatskog upravljanja, koji dovodi do brzog zatvaranja pare. Iz mjernih vrijednosti sondi izvode se i drugi binarni signali neophodni za funkcije automatskog upravljanja u okviru ogovarajućih funkcionalnih grupa.

K o t a o. Slično kao i turbina, i kotao je pri promjenama pogonskog stanja izvrgnut termičkim naprezanjima. Za nadzor takvih naprezanja realizirani su uređaji koji dijelom rade na istom principu kao i oni turbine. Ti uređaji imaju veliku vrijednost za jedinice namijenjene za nestacionarni rad, a posebno za one u režimu čestih pokretanja — zaustavljanja. Kod takvih jedinica komanda za promjenu pogonskog stanja treba da ide istovremeno na turbinu i kotao. Često je kotao onaj koji pri pokretanju ili pri promjeni tereta ograničava brzinu promjene. To je pogotovo slučaj kod rada s tzv. promjenljivim parametrima svježe pare, kao i kod kotlova koji su predviđeni za rad s malovrijednim gorivom. Statistika kvarova na kotlovima upućuje na velik broj kvarova uvjetovan upravo prekoračenjem dozvoljenih termičkih naprezanja. Veća redukcija broja kvarova i štete od njih moguća je samo ako se osigura jednostavna i sažeta informacija o dozvoljenom radnom području kotla u svakom radnom režimu ili se pak termička naprezanja automatski ograniče. Brze promjene tereta i brza pokretanja ne daju se provoditi bez ovakve informacije, a da se pri tome ne povećava rizik od oštećenja. Ovakav pogon zahtijeva visok stupanj automatizacije kotla, a visok stupanj automatizacije kotla može se, pak, realizirati tek na bazi dalekosežnih informacija o stvarnom naprezanju kotla.



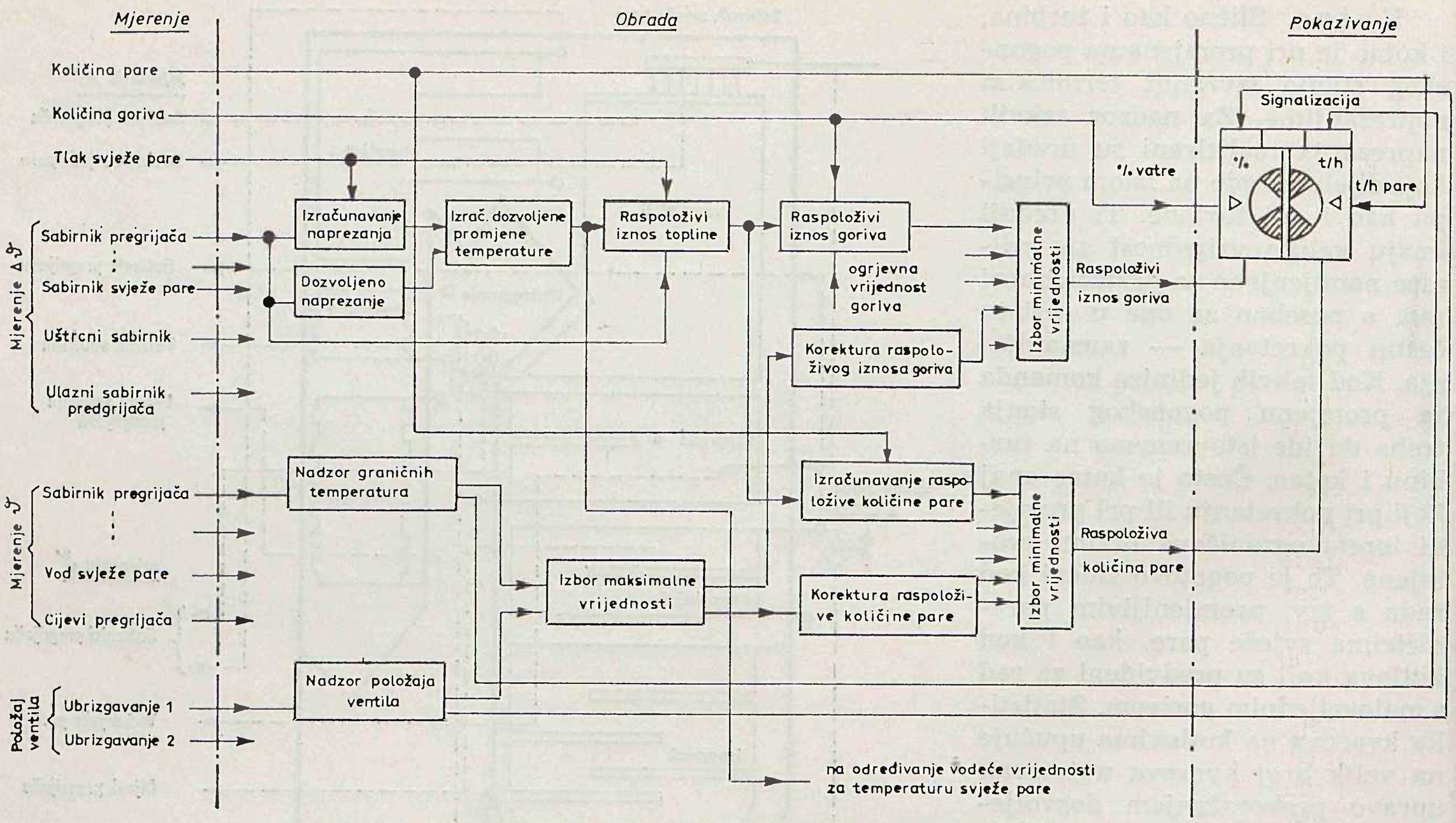
Sl. 12. Primjer mjernih mjesta na kotlu radi nadzora termičkih naprezanja ϑ = apsolutna temperatura, Δϑ = razlika temperature između sredine i unutrašnje strane stijenke

Najveća termička naprezanja javljaju se i kod kotla u dijelovima s najdebljim stijenkama, npr. kod sabirnika pare, na vodu svježe pare ili u cijevima s masivnim stijenkama. Za kotao je karakterističan relativno velik broj mjesta na kojima treba mjeriti temperaturne razlike, a i to da se mjesta na kojima se javljaju velika termička naprezanja mijenjaju ovisno o jačini vatre, odnosno opterećenju kotla. Da bi se obuhvatila termička naprezanja, potrebno je zbog toga opremiti sve sabirnike koji se nalaze između većih ogrjevnih površina mjerenjem temperaturnih razlika Δϑ. Mjerenjem se obuhvaćaju onda i opasne razlike u temperaturama, do kojih može doći zbog nedovoljnog protoka i time nedovoljnog hlađenja površina pregrijača pri pokretanju iz hladnog stanja.

Osim mjerenja razlika temperatura, obično je potrebno kod kotla mjeriti apsolutne temperature na kritičnim mjestima. Ogrijevne površine kotla izrađene su iz različitih čelika, ovisno o maksimalnoj temperaturi koja se očekuje. Kod upuštanja i promjena tereta lako se mogu prekoračiti granične vrijednosti za dozvoljenu temperaturu, unatoč tome što se računa s određenim sigurnosnim razlikama pri dimenzioniranju. Da bi se to prekoračenje spriječilo, mjere se srednje apsolutne temperature stijenki, koje se zatim i koriste za ograničenje jačine vatre.

Pri naglim promjenama jačine vatre može se dogoditi da regulacija temperature pare uštrcavanjem vode ne može održati temperaturu pare u dozvoljenim granicama nadolje ili nagore. Opasno stanje, do kojeg dolazi pri prekoračenju ovih granica za kotao, cjevovode i turbinu, sprečava se nadzorom položaja ventila za uštrcavanje. U blizini krajnjih položaja u smislu otvaranja ili zatvaranja ventila treba spriječiti daljnju promjenu vatre u kritičnom smjeru tako dugo dok se ponovno ne uspostavi regulaciona sposobnost odgovarajućom promjenom količine pojne vode, tj. dok regulacioni ventil izađe iz područja krajnjeg položaja.

Slika 12. daje primjer mjernih mjesta na kotlu u svrhu nadzora termičkih naprezanja. Na slici 13. vidi se načelna shema uređaja za nadzor termičkih naprezanja kotla (L 31). Usporedba izračunatih vrijednosti za naprezanje s dozvoljenim napre-



Sl. 13. Princip jednog rješenja za nadzor termičkih naprezanja kotla

zanjem daje raspoloživ iznos naprezanja. Na temelju toga određuje se dozvoljena promjena temperature, a iz nje tzv. raspoloživ iznos topline. Radi se pri tome o količini topline koju se smije dovesti ili odvesti a da se dozvoljena termička naprezanja ne prekorače. Iz raspoloživog iznosa topline određuju se raspoloživi iznosi goriva (odnosno dozvoljena promjena jačine vatre) i raspoloživi iznosi pare nagore i nadolje. Ti se rezultati iskorištavaju ili za određivanje vodećih veličina, npr. preko uređaja za vođenje bloka, ili se pak pokazuju na instrumentu sličnom onom kod uređaja za nadzor termičkih naprezanja turbine i upotrebljavaju se za »ručno« vođenje kotla. Na takvom instrumentu (sl. 13) pokazuju se pri pokretanju raspoloživi iznosi jačine vatre u postocima, a pod teretom raspoloživi iznos količine pare, odnosno granice unutar kojih je dozvoljeno izvršiti promjenu. Račun se provodi za svaki sabirnik pare posebno, a na izlaz se preko izbora minimalne vrijednosti dovodi rezultat za najkritičniji. Za slučaj da apsolutna temperatura materijala cijevi ili sabirnika dosegne kritični iznos korigira se raspoloživ iznos goriva, odnosno pare. Takva korektura provodi se i pri krajnjim položajima ventila za uštrcavanje. Spomenuti iznos dozvoljene promjene temperature služi još za vođenje temperature svježe pare. Vodeća vrijednost za ovu temperaturu dobiva se sumiranjem vrijednosti temperature svježe pare i ove dozvoljene promjene temperature.

Kod kotlova koji se lože ugljenom brzina upuštanja mora se ograničiti u ovisnosti o debljini naslage šljake u prostoru za izgaranje. U tu svrhu može se automatski brojiti broj pogonskih sati kotla ispod jednog određenog tereta, kod kojeg dolazi do jačeg stvaranja sloja šljake (mjerenje debljine šljake — po principu mjerenja debljine sloja, ili određivanjem prelaza topline — smatra se manje pouzdanim od brojenja pogonskih sati).

Slika 13. upućuje na relativno opsežnu obradu neophodnu pri nadzoru termičkih naprezanja kotla. Velik broj mjernih signala, relativno složene obrade nad tim signalima i karakter tih obrada (velikim dijelom aritmetičke i logičke operacije) odgovaraju upravo mogućnostima procesnog računala. Zbog toga se sve češće te funkcije realiziraju takvim računalom, kako je već rečeno uz druge funkcije, od kojih su primarne funkcije nadzora.

LITERATURA UZ 1. I 2. DIO

1. B. Schmid: Automatischer Betrieb von Wärmekraftwerken. Siemens — Z., 1969, H. 2, S. 3.
2. U. Cleve, U. Sauerbeck: Automatisierung in Wärmekraftwerken. Brown Boveri Mitt., März 1964, S. 121.
3. F. Bergmann: Stand und Tendenzen der Kraftwerksautomatisierung. Mitt. der VGB, 1970, H. 1, S. 22.
4. G. Eifert, ... Begriffsbestimmungen für die Steuerungstechnik in Wärmekraftwerken. Elektrizitätswirtschaft, 1971, H. 24, S. 691.
5. H. Handschuh, M. Jung: Erfahrungen mit automatischen Steuerungen in Wärmekraftwerken. Elektrizitätswirtschaft, 1969, H. 12, S. 785.
6. E. Bussinger: Die Blockautomatik im Kraftwerk Ingolstadt. Mitt. VGB. 1967, H. 111, S. 364.
7. H. Kegel: Das Automatisierungskonzept und die ersten Erfahrungen mit der automatischen Fahrweise eines ölgefeuerten 150 MW — Blockes im Kraftwerk Irsching der Isar — Amperwerke AG. Mitt. der VGB 1971, H. 5, S. 366.
8. H. Martens: Betriebserfahrungen mit dem vollautomatischen 150 MW — Schnellstart- und Spitzenlastdampfblock des HEW — Kraktwerks Hafen. VGB Kraftwerkstechnik, 1973, H. 5, S. 283.

9. J. Kantowsky, . . . Die Automatisierungstechnik im Kraftwerk Gustav Knepper. Siemens Z., 1971, H. 11, S. 865.
10. M. W. Jerwis: On line computers in power stations. Proc. IEE, IEE Reviews, Vol. 119, No. 8 R, August 1972, p. 1052.
11. J. Sterff, M. Werner: Leittechnik in 600-MW-Blöcken. VGB Kraftwerkstechnik, 1973, H. 12, S. 845.
12. K. Schunk, H. Wölfel: Leittechnische Funktionen des Prozessrechners im Kraftwerk Elverlingsen. Siemens Z., 1973, H. 11, S. 780.
13. H. Chaffoin, H. Ragage: Automatismes et régulations à la Centrale de St-Ouen. Mesures, Novembre et Décembre 1964.
14. La Spezia Steam Power Plant. Publikacija ENEL.
15. J. Lakota: O automatizaciji u elektroenergetskom sistemu. Energija, 1973, br.. 7-8, S. 224.
16. E. A. Falkenberg, H. G. Schwarz, A. Stoll: Erhöhung der Verfügbarkeit von Dampfkraftwerken durch Datenverarbeitungsanlagen. Siemens Zeitschrift, 1967, H. 2, S. 100.
17. H. Marx: Einsatz eines Prozessrechners für die Messwertverarbeitung im Kraftwerk Ingolstadt. Elektrizitätswirtschaft, 1968, H. 6, S. 136.
18. W. Müller, H. Scheibengraf: Das Prozessüberwachungssystem Multidat. BBC Prozessdatenverarbeitung, S. 97 Sonderheft, BBC 1264)
19. Systeme zur Automatisierung. Referenzliste Datenerfassung, Datenverarbeitung. BBC GJA 60370.
20. Prozessrechneranlagen. Referenzen, Stand Februar 1972. Siemens AG, Bestell Nr. A 130/1102.
21. The Improved PEIR System. A Computer-Based Data Aquisition and Control System for the Power Industry. Foxboro, Bulletin N-13 7.5 M 1/72.
22. A. Stoll: Schutzeinrichtungen und Langzeitüberwachung in Wärmekraftwerken. Vortrag auf der 7. Betriebsleitertagung der Allianz am 16. Mai 1968 in München
23. J. Lakota: Nestacionarni rad velikih blokova termoelektrana. II. dio. Automatizacija parnih blokovskih jedinica. Institut za elektroprivredu, Zagreb 1973.
24. B. Jäger: Turbinen- und Blockregelung bei Gleitdruckfahrweise von Dampfkraftwerken im Verbundbetrieb. Elektrizitätswirtschaft, 1969, H. 24, S. 780.
25. K. Buchwald: Neuere Erkentnisse auf dem Gebiet der zulässigen Anfahr- und Laständerungsgeschwindigkeiten von Dampfturbinen. Mitt. der VGB. 1972, H. 5, S. 416.
26. E. Brehmer, P. Haack: Das Blockleitgerät, ein weiterer Schritt zum rationellen Kraftwerkbetrieb. BWK, 1968. Nr. 10, S. 460.
27. A. Fischer, W. Friedewald: Sollwertführungeseinrichtungen für Blockleistung, Dampferzeuger- und Turbinenleistung in Dampfkraftwerken. Siemens Z., 1968, H. 9, S. 741.
28. R. Loreck: The Wall-stress Evaluator — Design and Operating Experience. Siemens Rev. XXXIII (1966) pp. 406—410.
29. Dampferzeugungs — Führungsregelung. Knjiga: »Automatisierung in der Prozesstechnik«. Siemens AG, Karlsruhe 1973, S. 192.
30. Automatisierung von Dampfturbogruppen. BBC-Druckschrift 3841 D.
31. Stoll A., Hähle E., Fischer A.: Stress-consistent Operation of Large Steam Generators with the Aid of a Load Capability Computer. Siemens Rev. XXXV (1968) pp. 223 to 227

Naslov pisca: Josip Lakota, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb

TEP

TVORNICA ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA, ZAGREB - VRAPČE

Proizvodi:

— KABELSKE GLAVE I SPOJNICE DO 35 kV,

— NISKONAPONSKE RAZVODNE UREĐAJE,

— S SVJETILJKE,

— S INSTALACIONI MATERIJAL I SIGNALNE UREĐAJE,

— INSTALACIONI MATERIJAL INDUSTRIJSKE NAMJENE.

TELEFONI:

CENTRALA: 573-099
PRODAJA: 573-414
NABAVA: 573-336
TELEX: 21-361

TEP — Zagreb, Vrapče
Oranički odvojak 18

UTVRĐIVANJE STANJA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA U POGONU NA TEMELJU MJERENJA POJEDINIH VELIČINA

Milan Šodan, Zagreb

Prikazan je matematski model i praktički primjeri za proračun tokova snaga koji su danas najčešće razrađeni u stručnoj literaturi, a zatim je iznijet problem utvrđivanja stanja elektroenergetskog sistema na temelju poznavanja ustrojstva sistema i određenog broja mjernih podataka kakvi se u praksi mogu sakupiti. Na kraju je iznijeta primjena metoda utvrđivanja stanja (State estimation).

DK 621.31

1. Uvod

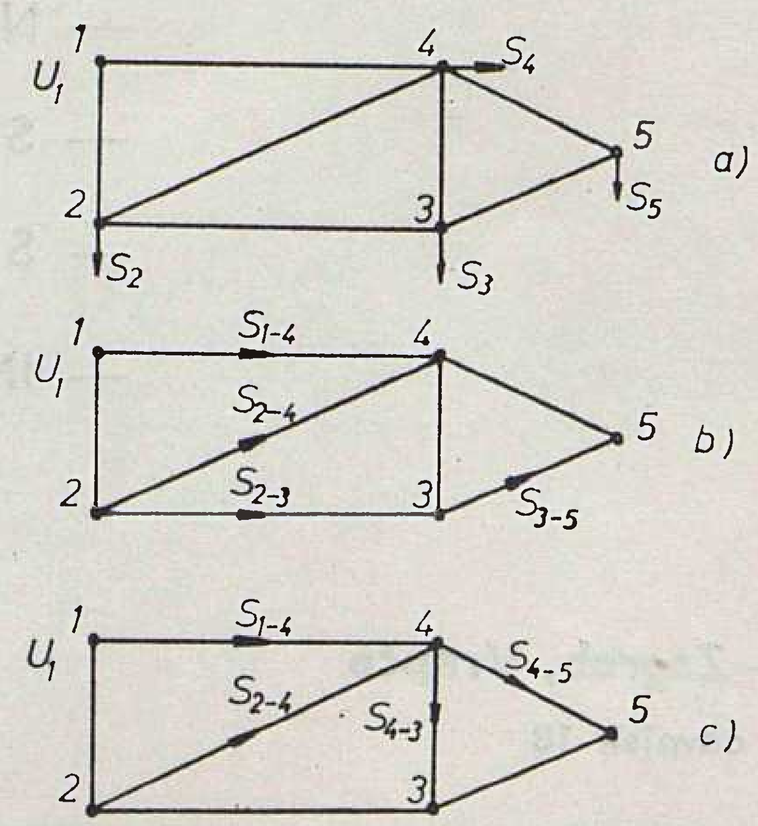
Kao što je poznato kod analize elektroenergetskog sistema polazi se redovno od zadanih snaga čvorova. Potrebno je zadati snage u svim čvorovima osim u onom u kojem je zadan napon. Onda se odrede naponi u svim čvorovima, a zatim i snage i gubici u svim granama, kao i sve druge veličine. Tada govorimo o proračunu tokova snaga. Tom prilikom neke veličine, kao npr. jalove snage u nekim čvorovima (proizvodnim) ne moraju biti a priori zadane, ali se onda zada određeni kriterij po kojem se one prethodno utvrde (npr. minimum gubitaka).

Želi li se u pogonu utvrditi stanje sistema, može se poći istim putem kao kod proračuna tokova snaga, s tom razlikom što će se sada snage čvorova i napon potencijalnog čvora mjeriti i uređajima za daljinski prijenos podataka dostaviti procesnom računalu, koje će izvršiti proračun napona čvorova i ostalih veličina. S promjenom mjerenih veličina mijenjali bi se i rezultati. Rezultati, odnosno proračunate vrijednosti odgovarale bi stanju sistema u momentu »očitavanja« mjernih vrijednosti. Ako je vrijeme proračuna dovoljno kratko, govorimo o proračunu stanja sistema u stvarnom (realnom) vremenu.

Međutim, ovakav postupak je nepraktičan za pogonske svrhe a proračun redovno dugo traje. Činjenica što moraju biti mjerene točno određene veličine (snage čvorova) znači nepraktičnost. Naime, stanje sistema sa n čvorova može se odrediti, ako se raspolaže sa n polaznih podataka, u ovom slučaju $n - 1$ snaga čvorova i napon potencijalnog čvora. Izostanak samo jednog podatka, odnosno jednog mjerenja, onemogućuje proračun. Na Sl. 1 a) shematski je prikazan ovakav postupak. Međutim, stanje sistema se može odrediti, ako su poznate, tj. ako se mjere, snage u nekim granama, npr. kao na Sl. 1 b), gdje grane u kojima se mjere snage predstavljaju jedno stablo mreže. Ako je poznat napon U_1 onda se napon U_2 jednostavno odredi pridodavanjem pada napona u grani 1—4 naponu U_1. Pad napona u grani 1—4 određen je mjerenom snagom grane S_{1-4} i otporom grane. Slično se brzo dolazi do napona U_2, pa U_3 i konačno napona U_5. Pri tome je pretpostavljeno mjerenje snaga grana S_{2-4}, S_{2-3} i S_{3-5}. Kada su tako određeni naponi u svim čvorovima sve je gotovo riješeno. Izbor grana u kojima se obavljaju mjerenja prilično je slobodan. Još jedan mogući izbor prikazan je na Sl. 1 c), a ima ih i više. Minimalno potrebni broj mjerenja jednak je broju čvorova, ali ih valja tako rasporediti da grane u kojima se vrše mjerenja čine jedno potpuno stablo mreže. Kada se radi o izmjeničnoj mreži potrebno je raspolagati sa $2n$ mjerenja, jer se radi o mjerenju kompleksnih veličina. Potrebno je mjeriti djelatnu i jalovu snagu, odnosno iznos i kut napona.

Nameće se ideja mjeriti napon u svim čvorovima i tako proračun još više skratiti. Međutim, nije moguće ekonomično mjeriti u današnjem momentu kutove napona, pa se ta ideja mora odbaciti. Naravno, napon potencijalnog čvora će se mjeriti, i to samo njegov modul, dok će se uzeti kut jednak nuli, jer nas interesiraju samo relativni odnosi.

Uzmu li se mjerenja snaga grana jednog stabla mreže kao polazni podaci, izostanak samo jednog mjerenja i opet će onemogućiti proračun. Stoga će svakako broj mjerenja biti veći od n (zapravo $2n$ radi kompleksnih veličina). Ako je broj mjerenja m veći od broja čvorova n, nije moguće egzaktno riješiti m jednadžbi, jer je sistem jednadžbi preodređen. Želi li se riješiti sistem jednadžbi potrebno je smanjiti njihov broj na n



Sl. 1. Raspored mjerenja

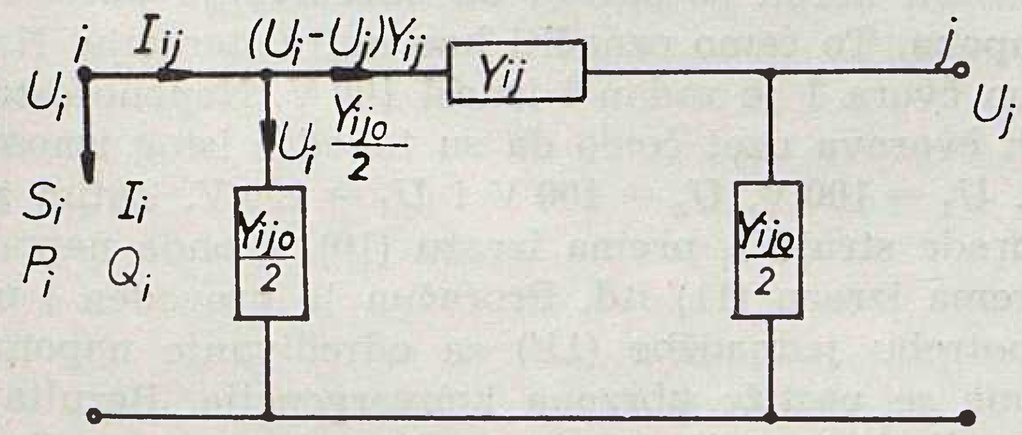
odbacivanjem pojedinih mjerenja. Slično, kad neko mjerenje izostane npr. zbog kvara na mjernim uređajima, trebalo bi uzeti u obzir novi slog od n mjerenja. Ovome valja još dodati da među mjerenjima ima i netočnih, ponekad veoma pogrešnih. Ako u n odabranih, između m raspoloživih mjerenja, postoji jedno ili više s nenormalno velikom pogreškom i rezultat će biti pogrešan, a to nije moguće utvrditi. Činjenica je, da su sva mjerenja unekoliko pogrešna, ali kad su te pogreške unutar određenih granica zadovoljavamo se rezultatom mjerenja. Poznato je da se ponavljanjem mjerenja, odnosno istovremenim mjerenjem različitim instrumentima, dobivaju točniji rezultati. Najvjerojatnija, pa prema tome i najtočnija vrijednost jest aritmetička sredina takvih mjerenja. Stoga će se i ovdje iskoristiti sva raspoloživa mjerenja ($m > n$) i iz njih metodom teorije grešaka i računom izjednačenja dobiti najvjerojatnije rješenje. Osim toga, određenim kriteriima utvrdit će se da li je neki podatak izrazito pogrešan, pa ako jest, odbacit će ga se i stanje sistema utvrditi bez njega.

2. Proračun tokova snaga

Razvijen je niz različitih metoda za proračun tokova snaga, kao što su: Gauss-Seidel, Gaus--Southwel (metoda relaksacije), Newton, Newton--Raphson, metoda optimizacije i druge [1]. Radi uvoda u razmatrani problem procjene stanja prikazat će se dvije najčešće spominjane metode i to: Newtonova metoda i Gauss-Seidelova metoda. Zbog zornijeg prikaza riješit će se jedan jednostavni primjer mreže ovim metodama.

Element mreže odnosno elektroenergetskog sistema redovno se predstavlja četvoropolom u obliku π-sheme, kao na Sl. 2. Snaga čvora i, koja u njega ulazi ili iz njega izlazi, jednaka je izrazu:

$$P_i + j\,Q_i = -\sum_{\substack{j=1\\ j\neq 1}}^{n} U_i\, I_{ij}^* = -\,U_i \sum_{\substack{j=1\\ j\neq 1}}^{n} I_{ij}^* = U_i\, I_i^*. \qquad (1)$$



Sl. 2. Ekvivalentna π-shema elemenata mreže

Oznake su vidljive iz Sl. 2. a treba jedino dodati da je uzet pozitivan predznak za snage i struje koje izlaze iz čvora, dok * označava konjugirano kompleksne veličine. Iz jednadžbe (1) se vidi da je izvršena supstitucija

$$I_i = -\sum_{\substack{j=1\\ j\neq 1}}^{n} I_{ij} \qquad (2)$$

što predstavlja struju čvora. Struja grane može se izraziti i ovako:

$$I_{ij} = (U_i - U_j)\,Y_{ij} + U_i\,\frac{Y_{ijo}}{2}, \qquad (3)$$

pa ako se uvrsti (3) u (1) dobije se:

$$P_i + j\,Q_i = -\,U_i \sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} \left[\left(U_i - U_j\right)^* y_{ij}^* + U_i^*\,\frac{y_{ijo}^*}{2}\right] =$$

$$= -\,U_i \sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} U_i^* \left(y_{ij} + \frac{y_{ijo}}{2}\right)^* + U_i \sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} U_j^*\, y_{ij}^* =$$

$$= -\,U_i\, U_i^* \sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} \left(y_{ij} + \frac{y_{ijo}}{2}\right)^* + U_i \sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} U_j^*\, y_{ij}^*. \qquad (4)$$

Izvrši li se supstitucija

$$y_{ii} = -\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} \left(y_{ij} + \frac{y_{ijo}}{2}\right), \qquad (5)$$

jednadžba (4) prelazi u kraći oblik

$$P_i + j\,Q_i = U_i \sum_{j=1}^{n} U_j^*\, y_{ij}^* = U_i\, I_i^*, \qquad (4')$$

što se još kraće piše u matričnom obliku

$$\mathbf{S} = \mathbf{U}_{diag}\, \mathbf{Y}^*\, \mathbf{U}^* = \mathbf{U}_{diag}\, \mathbf{I}^*, \qquad (4'')$$

gdje je **S** vektor prividnih snaga čvorova sa $n-1$ elemenata, $\mathbf{U}_{diag}$ diagonalna matrica napona čvorova sa $n-1$ redaka i stupaca, **Y** matrica admitancija mreže dimenzija $(n-1)(n-1)$, dok je **U** vektor napona čvorova sa $n-1$ elemenata, a **I** vektor struja čvorova također sa $n-1$ elemenata. Naime, dimenzija $n-1$ je posljedica obveznog postojanja potencijalnog čvora [1].

Snaga u grani i-j kod čvora i može se na temelju prethodnog izraziti kao:

$$P_{ij} + j\,Q_{ij} = U_i\, I_{ij}^* = U_i\,[U_i^* \left(y_{ij} + \frac{y_{ijo}}{2}\right)^* - U_j^*\, y_{ij}^*] =$$

$$= U_i\,(U_i^* - U_j^*)\, y_{ij}^* + U_i\, U_j^* \frac{y_{ijo}^*}{2} = U_i\, U_i^* \left(y_{ij}^* + \frac{y_{ijo}^*}{2}\right) -$$

$$-\,U_i\, U_j^*\, y_{ij}^*, \qquad (6)$$

a njena konjugirana vrijednost

$$P_{ij} - j\,Q_{ij} = U_i^* U_i \left(y_{ij} + \frac{y_{ijo}}{2}\right) - U_i^* U_j\, y_{ij}. \qquad (7)$$

a) *Metoda Gauss-Seidel*

U jednadžbi (4′), koju pišemo ponovo

$$P_i + j\,Q_i = U_i\, I_i^*,$$

nepoznati su naponi čvorova. Moguće je napisati $n-1$ takvih jednadžbi, tj. za sve čvorove osim potencijalnog. To su nelinearne jednadžbe, pa ih nije moguće neposredno riješiti, već će se primijeniti metoda približavanja, tj. iterativni postupak [1].

Kao prvo odredi se struja iz jednadžbe (4′) pretpostavivši napon čvora, pa slijedi:

$$I_i^* = \frac{P_i + j\,Q_i}{U_i}, \tag{8}$$

odnosno

$$I_i = \frac{P_i - j\,Q_i}{U_i^*}. \tag{8'}$$

Kao početna vrijednost napona čvorova može se uzeti nazivni napon, ali u principu može se uzeti bilo koji drugi iznos napona. Fazni kut napona uzme se jednak nuli, ali je moguće pretpostaviti i drugu vrijednost. Pomoću ovako dobivenih struja, kojih je vrijednost približna, odrede se naponi pojedinih čvorova prema jednadžbi (4′), koja glasi

$$U_i \sum_{j=1}^{n} U_j^* y_{ij}^* = U_i I_i^*.$$

Gornji se izraz može preurediti, kako je niže pokazano:

$$\sum_{j=1}^{n} U_j^* y_{ij}^* = I_i^*$$

$$\sum_{j=1}^{n} U_j y_{ij} = I_i$$

$$U_i y_{ii} + \sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} U_j y_{ij} = I_i$$

$$U_i = (I_i - \sum_{\substack{j=1\\ j=i}}^{n} U_j y_{ij}) \frac{1}{y_{ii}}. \tag{9}$$

Dakle, uvrstivši u jednadžbu (9) struju prema (8′) a za napone U_j pretpostavljene vrijednosti, dobije se napon U_i. Slično se odrede i naponi svih ostalih čvorova osim potencijalnog, koji je zadan. S tako dobivenim naponima računa se ponovo struja prema izrazu (8′), a onda s tim novim strujama ponovo naponi prema jednadžbi (9). Račun se ponavlja sve dotle, dok razlika napona između dva uzastopna koraka za svaki pojedini čvor ne bude manja od unaprijed zadanog dovoljno malog iznosa.

Označi li se broj koraka iteracije sa μ, može se izraze (8′) i (9) prikazati i na ovaj način:

$$I_i^{(\mu)} = \frac{P_i - j\,Q_i}{U_i^{*(\mu-1)}} \tag{10}$$

$$U_i^{(\mu)} = (I_i^{(\mu)} - \sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} U_j^{(\mu-1)} y_{ij}) \frac{1}{y_{ii}}. \tag{11}$$

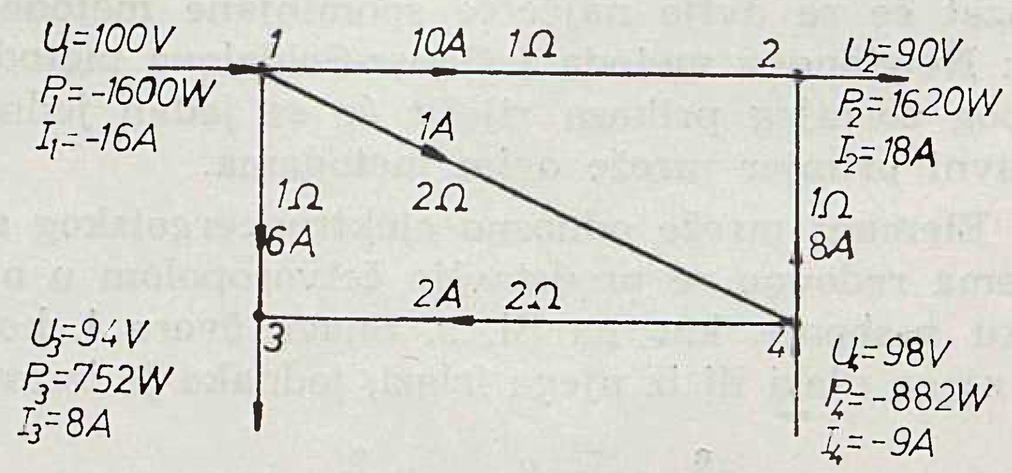
Pokazalo se je, a to je lako uvidjeti, da se proračun osjetno ubrza, tj. konvergencija je bolja, ako se u izrazu (11) kod izračunavanja napona $U_i^{(\mu)}$ umjesto vrijednosti $U_j^{(\mu-1)}$ uvrste vrijednosti $U_j^{(\mu)}$, naravno za one j za koje je $U_j^{(\mu)}$ u tom iteracionom koraku već izračunat, tj. za sve $j < i$. Za ostale j uvrštava se napon $U_j^{(\mu-1)}$. U tom slučaju jednadžba (11) prelazi u oblik

$$U_i^{(\mu)} = (I_i^{(\mu)} - \sum_{j=1}^{i-1} U_j^{(\mu)} y_{ij} - \sum_{j=(i+1)}^{n} U_j^{(\mu-1)} y_{ij}) \frac{1}{y_{ii}}. \tag{11'}$$

Radi zornosti primjene ove metode riješit će se jednostavan primjer mreže prema Sl. 3. Pretpostavlja se mreža istosmjerne struje radi izbjegavanja računanja sa kompleksnim brojevima. Stvarno stanje mreže prikazano je na slici. Pretpostavimo sada da je zadan napon u čvoru 1 i snage čvorova 2, 3 i 4, kao i otpori svih grana mreže. Zadane vrijednosti se vide iz slike, a zatim su još jednom navedene, i to:

$U_1 = 100$ V $\quad y_{11} = -2{,}5$ S $\quad y_{21} = 1$ S
$P_2 = 1620$ W $\quad y_{12} = 1$ S $\quad y_{22} = -2$ S
$P_3 = 752$ W $\quad y_{13} = 1$ S $\quad y_{23} = 0$
$P_4 = -882$ W $\quad y_{14} = 0{,}5$ S $\quad y_{24} = 1$ S

$y_{31} = 1$ S $\quad y_{41} = 0{,}5$ S
$y_{32} = 0 \quad y_{42} = 1$ S
$y_{33} = -1{,}5$ S $\quad y_{43} = 0{,}5$ S
$y_{34} = 0{,}5$ S $\quad y_{44} = -2$ S



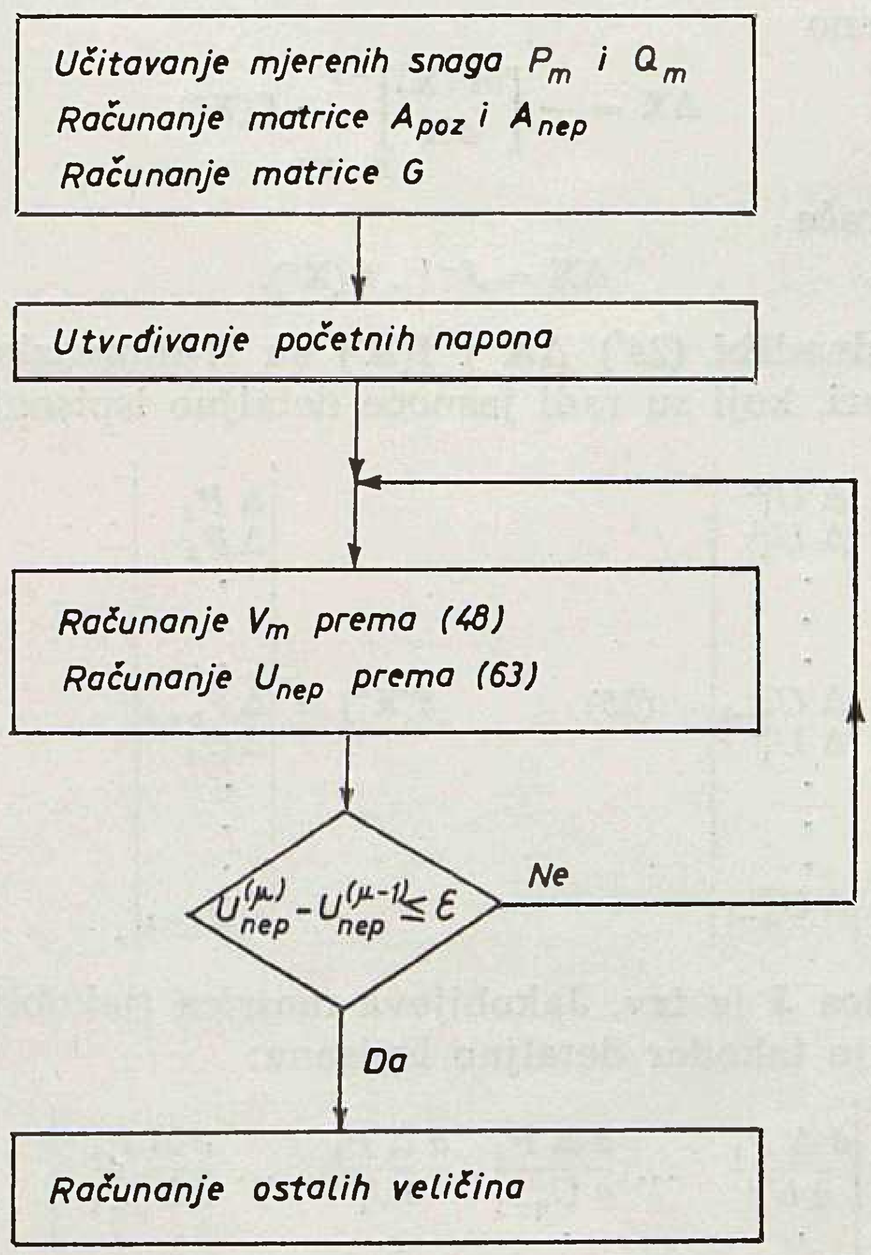
Sl. 3. Primjer mreže

Početni korak se sastoji od određivanja početnih napona. To ćemo označiti kao nultu iteraciju. Napon čvora 1 je zadan i iznosi 100 V. Napone ostalih čvorova uzet ćemo da su također istog iznosa, tj. $U_2 = 100$ V, $U_3 = 100$ V i $U_4 = 100$ V. Zatim se odrede struje I_i prema izrazu (10), a onda naponi prema izrazu (11) itd. Proračun je proveden i uz upotrebu jednadžbe (11′) za određivanje napona, čime se postiže ubrzana konvergencija. Rezultati pojedinih iteracija obaju načina proračuna prikazani su u Tablici 1. Iz tablice se vidi da je u prvom slučaju, tj. uz primjenu jednadžbe (11) bilo moguće prekinuti proračun nakon osme iteracije, a u drugom slučaju, tj. uz primjenu jednadžbe (11′) nakon pete iteracije. Kriterij za prekid proračuna je bio

$$\Delta U_i = U_i^{(\mu)} - U_i^{(\mu-1)} \leq 0{,}1 \text{ V}.$$

Tablica 1.

Red. br. iter.	Prema (10) i Prema (11)						Prema (10) i Prema (11')					
	I_2	I_3	I_4	U_2	U_3	U_4	I_2	I_3	I_4	U_2	U_3	U_4
0	—	—	—	100,0	100,0	100,0	—	—	—	100,0	100,0	100,0
1	16,20	7,52	−8,82	91,90	95,00	104,41	16,20	7,20	−8,82	91,90	95,0	99,11
2	17,62	7,91	−8,36	93,40	96,20	98,80	17,62	7,92	−8,89	90,75	94,3	98,39
3	17,35	7,82	−8,93	20,75	94,40	100,20	17,85	7,98	−8,97	90,27	94,2	98,17
4	17,85	7,96	−8,70	91,18	94,80	98,32	17,93	7,98	−8,98	90,12	94,0	98,05
5	17,75	7,93	−8,97	90,28	94,20	98,74	17,97	8,00	−9,00	90,00	94,0	98,00
6	17,95	7,99	−8,93	90,39	94,30	98,15						
7	17,92	7,97	−8,98	90,12	94,00	98,16						
8	17,95	8,00	−8,99	90,10	94,00	98,07						



Sl. 4. Dijagram toka proračuna po metodi Gauss-Seidel

Kada su na ovaj način određeni naponi čvorova, jednostavnim se računom dobiju struje grana, snage grana, gubici, itd. što ovdje nije potrebno brojčano pokazivati. Čitav je postupak još jednom zorno prikazan u obliku dijagrama toka na sl. 4.

b) *Newtonova metoda*

I sad se polazi od jednadžbe (4'), koja je još jednom napisana:

$$P_i + Q_i = U_i \sum_{j=1}^{n} U_j^* y_{ij}^*.$$

Naponi i admitancije se mogu prikazati i na slijedeći način:

$$U_i^* = U_i^{\perp} - j\, U_i^{\shortparallel} \tag{12}$$

$$y_{ij} = G_{ij} - j\, B_{ij}, \tag{13}$$

gdje je $U_i^{\perp}$ realna, a $U_i^{\shortparallel}$ imaginarna komponenta napona U_i, dok je G_{ij} realna a B_{ij} imaginarna komponenta admitancije y_{ij}. Uvrštenjem (12) i (13) u (4') dobije se

$$P_i + jQ_i = (U_i^{\perp} + jU_i^{\shortparallel}) \sum_{j=1}^{n} (U_j^{\perp} - jU_j^{\shortparallel})(G_{ij} - jB_{ij}) =$$

$$= \sum_{j=1}^{n} [U_i^{\perp}(U_j^{\perp} G_{ij} - U_j^{\shortparallel} B_{ij}) + U_j^{\shortparallel}(U_j^{\perp} B_{ij} + U_j^{\shortparallel} G_{ij})] +$$

$$+ j \sum_{j=1}^{n} [U_i^{\shortparallel}(U_j^{\perp} G_{ij} - U_j^{\shortparallel} B_{ij}) - U_i^{\perp}(U_j^{\perp} B_{ij} + U_j^{\shortparallel} G_{ij})] \tag{14}$$

Razdvajanjem realnog i imaginarnog dijela dobiju se izrazi za djelatnu i jalovu snagu:

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} [U_i^{\perp}(U_j^{\perp} G_{ij} - U_j^{\shortparallel} B_{ij}) + U_i^{\shortparallel}(U_j^{\perp} B_{ij} + U_j^{\shortparallel} G_{ij})] \tag{15}$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^{n} [U_i^{\shortparallel}(U_j^{\perp} G_{ij} - U_j^{\shortparallel} B_{ij}) - U_i^{\perp}(U_j^{\perp} B_{ij} + U_j^{\shortparallel} G_{ij})]. \tag{16}$$

U jednadžbama (15) i (16) nepoznati su naponi Stave li se za napone vrijednosti koje se razlikuju od stvarnih, pojavit će se razlika između lijeve i desne strane, a koja iznosi:

$$\Delta P_i = P_i - \sum_{j=1}^{n} [U_i^{\perp}(U_j^{\perp} G_{ij} - U_j^{\shortparallel} B_{ij}) + U_i^{\shortparallel}(U_j^{\perp} B_{ij} + U_j^{\shortparallel} G_{ij})] \tag{17}$$

$$\Delta Q_i = Q_i - \sum_{j=1}^{n} [U_i^{\shortparallel}(U_j^{\perp} G_{ij} - U_j^{\shortparallel} B_{ij}) - U_i^{\perp}(U_j^{\perp} B_{ij} + U_j^{\shortparallel} G_{ij})]. \tag{18}$$

Radi lakšeg daljnjeg razmatranja umjesto napona $U_1^{\perp}, U_2^{\perp}, \cdots, U_{n-1}^{\perp} \cdots, U_1^{\shortparallel}, U_2^{\shortparallel}, \cdots, U_{n-1}^{\shortparallel}$, tj. umjesto realnih i imaginarnih komponenti napona svih čvorova osim potencijalnog (ovdje n-tog), stavit će se $x_1, x_2, \ldots, x_N$ ($N = 2n - 2$), što predstavlja N-dimenzionalni vektor **x**. Jednadžbe (17) i (18) za pojedine čvorove sada glase:

$$\begin{aligned} \Delta P_1 &= f_1(\mathbf{X}) \\ \Delta P_2 &= f_2(\mathbf{X}) \\ &\vdots \\ \Delta P_{n-1} &= f_{n-1}(\mathbf{X}) \\ \Delta Q_1 &= f_n(\mathbf{X}) \\ &\vdots \\ \Delta Q_{n-1} &= f_N(\mathbf{X}) \end{aligned} \tag{19}$$

ili skraćeno

$$\Delta(P, Q) = f(\mathbf{X}) \tag{19'}$$

Označi li se sa $\hat{\mathbf{X}} = (\hat{x}_1, \hat{x}_2, \ldots, \hat{x}_N)$ točka u kojoj $\Delta P = 0$ i $\Delta Q = 0$, tj. točka rješenja, može se pisati za okoliš te točke

$$\begin{aligned} \Delta x_1 &= x_1 - \hat{x}_1 \\ \Delta x_2 &= x_2 - \hat{x}_2 \\ &\vdots \\ \Delta x_N &= x_N - \hat{x}_N \end{aligned} \tag{20}$$

ili skraćeno

$$\Delta\mathbf{X} = \mathbf{X} - \hat{\mathbf{X}}. \tag{20'}$$

Za okoliš točke $\hat{\mathbf{x}}$ može se pisati Taylorov razvoj jednadžbe (19)

$$\begin{aligned} f_1(\hat{\mathbf{X}} + \Delta\mathbf{X}) &= f_1(\hat{\mathbf{X}}) + \left[\frac{\partial f_1(\mathbf{X})}{\partial x_1}\right]_{\mathbf{X}=\hat{\mathbf{X}}} \cdot \Delta x_1 + \ldots + \left[\frac{\partial f_1(\mathbf{X})}{\partial x_2}\right]_{\mathbf{X}=\hat{\mathbf{X}}} \cdot \\ &\cdot \Delta x_2 + \left[\frac{\partial f_1(\mathbf{X})}{\partial x_N}\right] \cdot \Delta x_N \\ &\vdots \\ f_N(\hat{\mathbf{X}} + \Delta\mathbf{X}) &= f_N(\hat{\mathbf{X}}) + \left[\frac{\partial f_N(\mathbf{X})}{\partial x_1}\right]_{\mathbf{X}=\hat{\mathbf{X}}} \cdot \Delta x_1 + \ldots + \left[\frac{\partial f_N(\mathbf{X})}{\partial x_2}\right]_{\mathbf{X}=\hat{\mathbf{X}}} \cdot \\ &\cdot \Delta x_2 + \left[\frac{\partial f_N(\mathbf{X})}{\partial x_N}\right]_{\mathbf{X}=\hat{\mathbf{X}}} \cdot \Delta x_N, \end{aligned} \tag{21}$$

gdje su zanemareni svi članovi reda većeg od 1, i na taj način izvršena linearizacija nelinearnih jednadžbi (19). Jednadžbe (21) se mogu skraćeno pisati

$$\mathbf{f}(\hat{\mathbf{X}} + \Delta\mathbf{X}) = \mathbf{f}(\hat{\mathbf{X}}) + \left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{X})}{\partial \mathbf{X}}\right]_{\mathbf{X}=\hat{\mathbf{X}}} \cdot \Delta\mathbf{X}. \tag{21'}$$

Slično se može pisati za okolinu neke druge točke npr. $\mathbf{X}^\circ$

$$\mathbf{f}(\mathbf{X}^\circ + \Delta\mathbf{X}) = \mathbf{f}(\mathbf{X}^\circ) + \left[\frac{\partial \mathbf{f}\,\mathbf{X}}{\partial \mathbf{X}}\right]_{\mathbf{X}=\mathbf{X}'} \cdot \Delta\mathbf{X}. \tag{22}$$

Pošto je $\hat{\mathbf{X}}$ nepoznat pretpostavit će se za $\mathbf{X}$ približna vrijednost $\mathbf{X}^\circ$, kako je i učinjeno u jednadžbi (22). Rješenje ove jednadžbe se dobije, ako se stavi za lijevu stranu vrijednost nula. To ustvari znači da su svi ΔP_i i ΔQ_i jednaki nuli. Dakle vrijedi

$$\mathbf{f}(\mathbf{X}^\circ) + \left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{X})}{\partial \mathbf{X}}\right]_{\mathbf{X}=\mathbf{X}^\circ} \cdot \Delta\mathbf{X} = 0 \tag{23}$$

odnosno

$$\Delta\mathbf{X} = -\left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{X})}{\partial \mathbf{X}}\right]^{-1}_{\mathbf{X}=\mathbf{X}^\circ} \cdot \mathbf{f}(\mathbf{X}^\circ), \tag{24}$$

ili kraće

$$\Delta\mathbf{X} = J^{-1} \,.\, \mathbf{f}(\mathbf{X}^\circ). \tag{24'}$$

U jednadžbi (24′) $\Delta\mathbf{X}$ i $\mathbf{f}(\mathbf{X}^\circ)$ su N-dimenzionalni vektori, koji su radi jasnoće detaljno ispisani:

$$\Delta\mathbf{X} = \begin{vmatrix} \Delta U_1^{\perp} \\ \Delta U_2^{\perp} \\ \vdots \\ \Delta U_{n-1}^{\perp} \\ \Delta U_1^{\parallel} \\ \vdots \\ \Delta U_{n-1}^{\parallel} \end{vmatrix} \tag{25} \qquad \mathbf{f}(\mathbf{X}^\circ) = \begin{vmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta P_2 \\ \vdots \\ \Delta P_{n-1} \\ \Delta Q_1 \\ \vdots \\ \Delta Q_{n-1} \end{vmatrix}. \tag{26}$$

Matrica $\mathbf{J}$ je tzv. Jakobijeva matrica (jakobijana), koja je također detaljno ispisana:

$$J = -\begin{vmatrix} \frac{\partial \Delta P_1}{\partial U_1^{\perp}} & \cdots & \frac{\partial \Delta P_1}{\partial U_{n-1}^{\perp}} & \frac{\partial \Delta P_1}{\partial U_1^{\parallel}} & \cdots & \frac{\partial \Delta P_1}{\partial U_{n-1}^{\parallel}} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \Delta P_{n-1}}{\partial U_1^{\perp}} & \cdots & \frac{\partial \Delta P_{n-1}}{\partial U_{n-1}^{\perp}} & \frac{\partial \Delta P_{n-1}}{\partial U_1^{\parallel}} & \cdots & \frac{\partial \Delta P_{n-1}}{\partial U_{n-1}} \\ \frac{\partial \Delta Q_1}{\partial U_1^{\perp}} & \cdots & \frac{\partial \Delta Q_1}{\partial U_{n-1}^{\perp}} & \frac{\partial \Delta Q_1}{\partial U_1^{\parallel}} & \cdots & \frac{\partial \Delta Q_1}{\partial U_{n-1}^{\parallel}} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \Delta Q_{n-1}}{\partial U_1^{\perp}} & \cdots & \frac{\partial \Delta Q_{n-1}}{\partial U_{n-1}^{\perp}} & \frac{\partial \Delta Q_{n-1}}{\partial U_1^{\parallel}} & \cdots & \frac{\partial \Delta Q_{n-1}}{\partial U_{n-1}^{\parallel}} \end{vmatrix}. \tag{27}$$

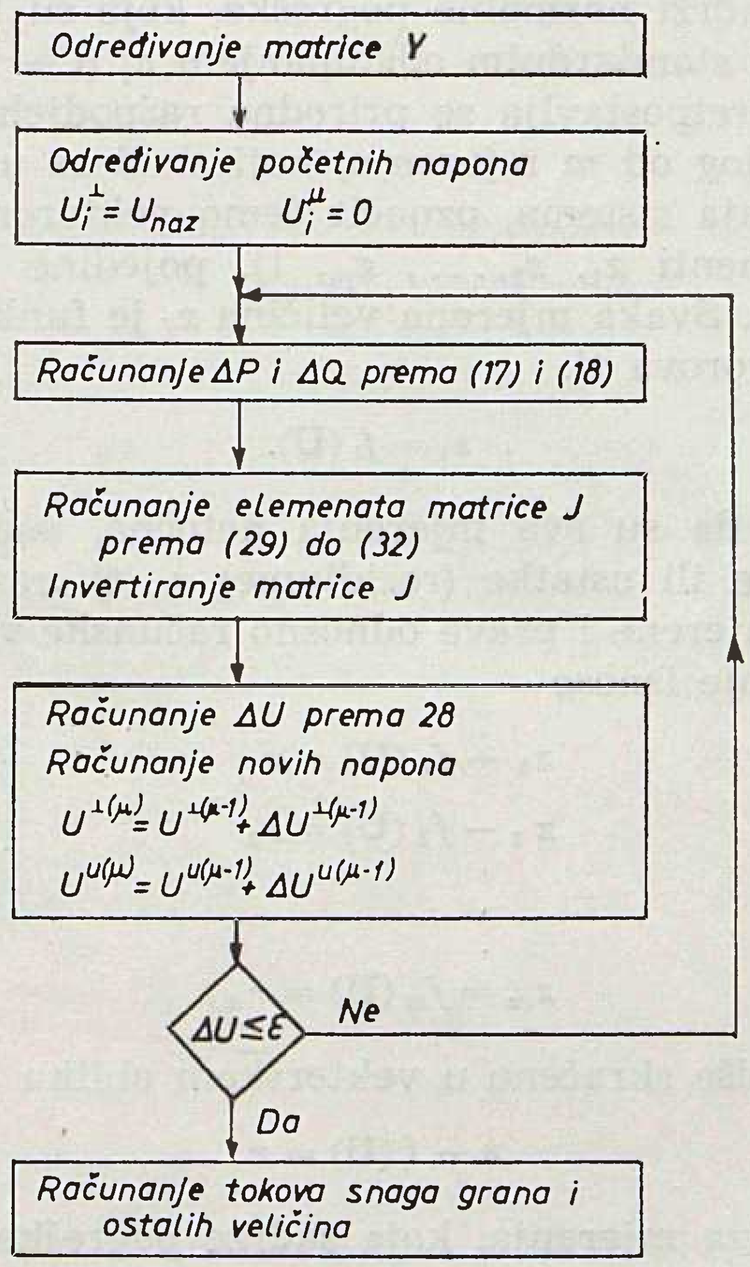
Uvrštavanjem (25), (26) i (27) u (24′) dobije se konačni oblik

$$\begin{vmatrix} \Delta U_1^{\perp} \\ \vdots \\ \Delta U_{n-1}^{\perp} \\ \hline \Delta U_1^{\parallel} \\ \vdots \\ \Delta U_{n-1}^{\parallel} \end{vmatrix} = -\left[\begin{array}{ccc|ccc} \frac{\partial \Delta P_1}{\partial U_1^{\perp}} & \cdots & \frac{\partial \Delta P_1}{\partial U_{n-1}^{\perp}} & \frac{\partial \Delta P_1}{\partial U_1^{\parallel}} & \cdots & \frac{\partial \Delta P_1}{\partial U_{n-1}^{\parallel}} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \Delta P_{n-1}}{\partial U_1^{\perp}} & \cdots & \frac{\partial \Delta P_{n-1}}{\partial U_{n-1}^{\perp}} & \frac{\partial \Delta P_{n-1}}{\partial U_1^{\parallel}} & \cdots & \frac{\partial \Delta P_{n-1}}{\partial U_{n-1}^{\parallel}} \\ \hline \frac{\partial \Delta Q_1}{\partial U_1^{\perp}} & \cdots & \frac{\partial \Delta Q_1}{\partial U_{n-1}^{\perp}} & \frac{\partial \Delta Q_1}{\partial U_1^{\parallel}} & \cdots & \frac{\partial \Delta Q_1}{\partial U_{n-1}^{\parallel}} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \Delta Q_{n-1}}{\partial U_1^{\perp}} & \cdots & \frac{\partial \Delta Q_{n-1}}{\partial U_{n-1}^{\perp}} & \frac{\partial \Delta Q_{n-1}}{\partial U_1^{\parallel}} & \cdots & \frac{\partial \Delta Q_{n-1}}{\partial U_{n-1}^{\parallel}} \end{array}\right]^{-1} \cdot \begin{vmatrix} \Delta P_1 \\ \vdots \\ \Delta P_{n-1} \\ \hline \Delta Q_1 \\ \vdots \\ \Delta Q_{n-1} \end{vmatrix}. \tag{28}$$

Izvrši li se podjela (particioniranje) vektora i matrice, kako je crtkano naznačeno u jednadžbi (28) može se kraće pisati

$$\begin{vmatrix} \Delta \mathbf{U}^{\perp} \\ \Delta \mathbf{U}^{\mu} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \mathbf{J}_{11} & \mathbf{J}_{12} \\ \mathbf{J}_{21} & \mathbf{J}_{22} \end{vmatrix}^{-1} \cdot \begin{vmatrix} \Delta \mathbf{P} \\ \Delta \mathbf{Q} \end{vmatrix}. \tag{28'}$$

Vrijednosti za pojedine ΔP i ΔQ odrede se pomoću jednadžbe (17) i (18), uvršćujući za napone početne vrijednosti, npr. za sve napone iznos nazivnog napona s faznim kutom jednakim nuli. Poznavajući elemente matrice **J** (kako se odrede bit će riječi kasnije) mogu se izračunati iznosi pojedinih ΔU, koje onda treba dodati pretpostavljenim naponima, što će dati nove, točnije, vrijednosti napona čvorova. Sa novodobivenim naponima odrede se novi iznosi pojedinih ΔP i ΔQ, kao i novi elementi matrice **J**. Postupak se nastavlja sve dok razlika napona ΔU ne bude manja od unaprijed utvrđenog malog iznosa. Postupak proračuna prikazan je na Sl. 5 u obliku dijagrama toka [1, 2].



Sl. 5. Dijagram toka proračuna po metodi Newton

Elementi matrice **J**, odnosno podmatrica $\mathbf{J}_{ij}$ dobiju se deriviranjem jednadžbi (17) i (18) po odgovarajućem naponu.

Dijagonalni elementi podmatrice $\mathbf{J}_{11}$ odrede se prema izrazu

$$\frac{\partial \Delta P_i}{\partial U_i^{\perp}} = -2\, U_i^{\perp} G_{ii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} (U_j^{\perp} G_{ij} - U_j^{\perp} B_{ij}), \tag{29}$$

a vandijagonalni članovi prema izrazu

$$\frac{\partial \Delta P_i}{\partial U_i^{\perp}} = -U_i^{\perp} G_{ij} - U_i^{\mu} B_{ij}. \tag{29'}$$

Dijagonalni elementi podmatrice $\mathbf{J}_{12}$ odrede se prema izrazu

$$\frac{\partial \Delta P_i}{\partial U_i^{\mu}} = -2\, U_i^{\mu} G_{ii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} (U_j^{\perp} B_{ij} + U_j^{\mu} G_{ij}), \tag{30}$$

a vandijagonalni članovi prema izrazu

$$\frac{\partial \Delta P_i}{\Delta P_j^{\mu}} = U_i^{\perp} B_{ij} - U_i^{\mu} G_{ij}. \tag{30'}$$

Dijagonalni elementi podmatrice $\mathbf{J}_{21}$ odrede se prema izrazu

$$\frac{\partial \Delta Q_i}{\partial U_i^{\perp}} = 2\, U_i^{\perp} B_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} (U_i^{\perp} B_{ij} + U_j^{\mu} G_{ij}), \tag{31}$$

a vandijagonalni elementi prema izrazu

$$\frac{\partial \Delta Q_i}{\partial U_i^{\perp}} = -U_i^{\mu} G_{ij} + U_i^{\perp} B_{ij}. \tag{31'}$$

Dijagonalni elementi podmatrice $\mathbf{J}_{22}$ odrede se prema izrazu

$$\frac{\partial \Delta Q_i}{\partial U_i^{\mu}} = 2\, U_i^{\perp} B_{ii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} (U_j^{\perp} G_{ij} - U_j^{\mu} B_{ij}), \tag{32}$$

a vandijagonalni članovi prema izrazu

$$\frac{\partial \Delta Q_i}{\partial U_i^{\mu}} = U_i^{\perp} G_{ij} + U_i^{\mu} B_{ij}. \tag{32'}$$

Isti primjer kao i prije, tj. onaj iz Sl. 3. riješit će se i ovom metodom. Neka su zadani isti podaci kao kod primjera za metodu Gauss-Seidel.

Prema jednadžbi (17) mogu se napisati izrazi za određivanje ΔP i to

$$\begin{aligned} \Delta P_2 &= P_2 - U_2 (U_1 y_{21} + U_2 y_{22} + U_3 y_{23} + U_4 y_{24}) \\ \Delta P_3 &= P_3 - U_3 (U_1 y_{31} + U_2 y_{32} + U_3 y_{33} + U_4 y_{34}) \\ \Delta P_4 &= P_4 - U_4 (U_1 y_{41} + U_2 y_{42} + U_3 y_{43} + U_4 y_{44}). \end{aligned} \tag{33}$$

Prema jednadžbama (29) do (32) odrede se elementi matrice **J** i to

$$\frac{\partial \Delta P_2}{\partial U_2} = -(U_1 y_{21} + 2U_2 y_{22} + U_3 y_{23} + U_4 y_{24})$$

$$\frac{\partial \Delta P_2}{\partial U_3} = -U_2 y_{23}$$

$$\frac{\partial \Delta P_2}{\partial U_4} = -U_2 y_{24}$$

$$\frac{\partial \Delta P_3}{\partial U_2} = -U_3 y_{32}$$

$$\frac{\partial \Delta P_3}{\partial U_3} = -(U_1 y_{31} + U_2 y_{32} + 2U_3 y_{33} + U_4 y_{34})$$

$$\frac{\partial \Delta P_3}{\partial U_4} = - U_3 y_{34} \tag{34}$$

$$\frac{\partial \Delta P_4}{\partial U_2} = - U_4 y_{42}$$

$$\frac{\partial \Delta P_4}{\partial U_3} = - U_4 y_{43}$$

$$\frac{\partial \Delta P_4}{\partial U_4} = - (U_1 y_{41} + U_2 y_{42} + U_3 y_{42} + U_3 y_{43} + 2U_4 y_{44}).$$

I sada će se poći od početnih napona čvorova jednakih 100 V, pa se može napisati

$$\mathbf{U}^\circ = \begin{vmatrix} 100 \\ 100 \\ 100 \end{vmatrix}$$

Uvrštavanjem vrijednosti za napone i admitancije u jednadžbe (33) i (34), dobiju se elementi vektora $\Delta\mathbf{P}$ i matrice $\mathbf{J}$ i to

$$P = \begin{vmatrix} 1620 \\ 752 \\ -880 \end{vmatrix}$$

$$J = \begin{vmatrix} -200 & 0 & 100 \\ 0 & -150 & 50 \\ 100 & 50 & -200 \end{vmatrix}$$

Uvrsti li se ove vrijednosti u jednadžbu

$$\Delta\mathbf{U} = \mathbf{J}^{-1} \cdot \Delta\mathbf{P},$$

dobiju se iznosi za $\Delta\mathbf{U}$ i to

$$\Delta U_2^{(1)} = - 9{,}1825 \text{ V}$$

$$\Delta U_3^{(1)} = - 4{,}357 \text{ V}$$

$$\Delta U_4^{(1)} = - 2{,}78 \text{ V},$$

odnosno nove vrijednosti napona

$$U_2^{(1)} = 90{,}8175 \text{ V}$$

$$U_3^{(1)} = 95{,}643 \text{ V}$$

$$U_2^{(2)} = 97{,}22 \text{ V}.$$

Cijeli se proračun ponavlja s novim vrijednostima za napone i na kraju druge iteracije se dobije

$$U_2^{(2)} = 90{,}25 \text{ V}$$

$$U_3^{(2)} = 94{,}31 \text{ V}$$

$$U_4^{(2)} = 97{,}9 \text{ V}.$$

Vidi se da su rezultati već nakon druge iteracije vrlo dobri. Po potrebi mogu se provesti i daljnji koraci.

U svakom koraku valja ponovo računati matricu $\mathbf{J}$ i invertirati je. Pokazalo se je, međutim, da to nije neophodno, već da se može upotrijebiti početna matrica $\mathbf{J}$, čime se znatno smanjuje vrijeme proračuna. Ovako dopunjena metoda naziva se Newton-Raphson-ova metoda. Kod proračuna većih mreža, za što je potrebno nešto više iteracija, dobro je npr. nakon svake treće iteracije proračunati «svježu« matricu $\mathbf{J}$.

3. Utvrđivanje stanja (State Estimation)

Stanje elektroenergetskog sistema određeno je, ako su poznati naponi svih čvorova. Naime, tada je proračun svih ostalih veličina vrlo jednostavan. Napone svih čvorova označit ćemo vektorom napona $\mathbf{U}$ čiji su elementi $U_1, U_2, \ldots, U_n$, tj. naponi pojedinih čvorova. Taj vektor zvat ćemo vektorom stanja, jer određuje stanje elektroenergetskog sistema. Za utvrđivanje stanja sistema koristit će se rezultati pogonskih mjerenja, koja su neprekidna, pa kako se mijenja stanje sistema mijenjaju se i rezultati mjerenja. Tih će mjerenja uvijek biti osjetno više od minimalno potrebnog broja i to radi netočnosti mjerenja i radi mogunosti ispada pojedinih mjerenja. Broj mjerenja m je dakle veći od broja čvorova n, a omjer m/n označuje se kao redundantnost mjerenja. Kod izmjeničnih mreža provodi se ustvari $2m$ mjerenja, jer se radi o mjerenju kompleksnih veličina. U principu mjeriti se mogu bilo koje veličine u sistemu, ali u pravilu su to djelatne i jalove snage čvorova i grana, te moduli napona, ali to mogu biti i struje grana odnosno čvorova. Svako mjerenje sadrži normalne pogreške, koje su karakterizirane standardnim odstupanjem σ_i ($i = 1, 2, \ldots, m$), a pretpostavlja se prirodna raspodjela pogrešaka. Slog od m mjerenja, koji služi za utvrđivanje stanja sistema, označit ćemo vektorom $\mathbf{z}$, čiji su elementi $z_1, z_2, \ldots, z_m$, tj. pojedine mjerene veličine. Svaka mjerena veličina z_i je funkcija napona čvorova tj.

$$z_i = f_i(\mathbf{U}). \tag{35}$$

Budući da su sva mjerenja netočna, ona sadrže pogreške ili ostatke (rezidiume) r_i, tj. razlike između mjerene i prave odnosno računske vrijednosti, a koje iznose

$$\begin{aligned} z_1 - f_1(\mathbf{U}) &= r_1 \\ z_2 - f_2(\mathbf{U}) &= r_2 \\ &\vdots \\ z_m = f_m(\mathbf{U}) &= r_m, \end{aligned} \tag{36}$$

što se piše skraćeno u vektorskom obliku

$$\mathbf{z} - \mathbf{f}(\mathbf{U}) = \mathbf{r}. \tag{36'}$$

Iz niza mjerenja, koja sadrže pogreške, dobije se najtočniji, bolje reći najvjerojatniji rezultat, ako je suma kvadrata pogrešaka minimalna. Pojedina su mjerenja različte točnosti, tj. imaju različito standardno odstupanje σ_i, pa ih prema tome valja uzeti u obzir sa različitim težinama [12]. Težina W_i pojedinog mjerenja proporcionalna je recipročnoj vrijednosti varijance σ_i^2. Stoga sumu kvadrata pogrešaka valja odrediti »vaganjem« pojedinih pogrešaka.

Označimo li sumu vaganih kvadrata pogrešaka sa $F(\mathbf{U})$, jer je to funkcija napona čvorova, možemo pisati

$$F(\mathbf{U}) = \sum_{j=1}^{m} r_j^2 W_j = \sum_{j=1}^{m} [z_j - f(\mathbf{U})]^2 W_j, \qquad (37)$$

ili u matričnom obliku

$$\mathbf{F}(\mathbf{U}) = [\mathbf{z} - \mathbf{f}(\mathbf{U})]^T \cdot \mathbf{W}[\mathbf{z} - \mathbf{f}(\mathbf{U})]. \qquad (37')$$

Iz ove jednadžbe valja odrediti **U** uz uvjet da $F(\mathbf{U})$ bude minimalna. Tako dobiveni **U** neće biti sasvim točan, ali će biti najvjerojatniji, a time i najtočniji. Minimum funkcije $F(\mathbf{U})$ dobije se, ako se derivacija $F(\mathbf{U})$ po **U** izjednači s nulom. Pošto je **U** vektor potrebno je $F(\mathbf{U})$ parcijalno derivirati po pojedinom naponu čvora U_i. Pri deriviranju $F(\mathbf{U})$ pretpostavit će se da je vektor **z** neovisan o naponu. Deriviranjem jednadžbe (37) po U_i dobije se

$$\frac{\partial F(\mathbf{U})}{\partial U_i} = 2 \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial f_j(\mathbf{U})}{\partial U_i} W_j \cdot [z_j - f_j(\mathbf{U})] = 0. \qquad (38)$$

a parcijalnu derivaciju valja provesti za $i = 1, 2, \ldots, n$. Prethodni izraz u matričnom obliku će glasiti

$$\frac{\partial \mathbf{F}(\mathbf{U})}{d\mathbf{U}} = 2 \left[\frac{d\mathbf{f}(\mathbf{U})}{d\mathbf{U}}\right]^T \mathbf{W} \cdot [\mathbf{z} - \mathbf{f}(\mathbf{U})] = 0, \qquad (38')$$

odnosno

$$\left[\frac{d\mathbf{f}(\mathbf{U})}{d\mathbf{U}}\right]^T \cdot \mathbf{W}[\mathbf{z} - \mathbf{f}(\mathbf{U})] = 0. \qquad (38'')$$

Vektori i matrice iz jednadžbe (38) detaljno su ispisane:

$$\frac{d\mathbf{F}(\mathbf{U})}{d\mathbf{U}} = \begin{vmatrix} \frac{\partial F(\mathbf{U})}{\partial U_1} \\ \vdots \\ \frac{\partial F(\mathbf{U})}{\partial U_n} \end{vmatrix} \quad (39) \qquad [\mathbf{z} - \mathbf{f}(\mathbf{U})] = \begin{vmatrix} [z_1 - f_1(\mathbf{U})] \\ \vdots \\ [z_m - f_m(\mathbf{U})] \end{vmatrix} \qquad (39')$$

$$\mathbf{W} = \begin{vmatrix} \frac{1}{\sigma_1^2} & \cdots & 0 \\ \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{1}{\sigma_m^2} \end{vmatrix} \quad (39'') \qquad \frac{d\mathbf{f}(\mathbf{U})}{d\mathbf{U}} = \begin{vmatrix} \frac{\partial f_1(\mathbf{U})}{\partial U_1} & \cdots & \frac{\partial f_1(\mathbf{U})}{\partial U_n} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial f_m(\mathbf{U})}{\partial U_1} & \cdots & \frac{\partial f_m(\mathbf{U})}{\partial U_n} \end{vmatrix} \quad (39''')$$

Valja napomenuti da je matrica kovarijancije **W** dijagonalna samo onda kada su pojedina mjerenja međusobno neovisna. Jednadžba (38) napisana opširnije i jasnije glasi

$$\frac{\partial F(\mathbf{U})}{\partial U_1} = \frac{\partial f_1(\mathbf{U})}{\partial U_1} W_1 [z_1 - f_1(\mathbf{U})] + \frac{\partial f_2(\mathbf{U})}{\partial U_1} W_2 [z_2 - f_2(\mathbf{U})] + \ldots + \frac{\partial f_m(\mathbf{U})}{\partial U_1} W_m [z_m - f_m(\mathbf{U})] = 0$$

$$\frac{\partial F(\mathbf{U})}{\partial U_2} = \frac{\partial f_1(\mathbf{U})}{\partial U_2} W_1 [z_1 - f_1(\mathbf{U})] + \frac{\partial f_2(\mathbf{U})}{\partial U_2} W_2 [z_2 - f_2(\mathbf{U})] + \ldots + \frac{\partial f_m(\mathbf{U})}{\partial U_2} W_m [z_m - f_m(\mathbf{U})] = 0 \qquad (38''')$$

$$\vdots$$

$$\frac{\partial F(\mathbf{U})}{\partial U_n} = \frac{\partial f_1(\mathbf{U})}{\partial U_n} W_1 [z_1 - f_1(\mathbf{U})] + \frac{\partial f_2(\mathbf{U})}{\partial U_n} W_2 [z_2 - f_2(\mathbf{U})] + \ldots + \frac{\partial f_m(\mathbf{U})}{\partial U_n} W_m [z_m - f_m(\mathbf{U})] = 0.$$

U jednadžbe (38''') valja uvrstiti vrijednosti za funkcije $f_i(\mathbf{U})$. Ako funkcija $f_i(U)$ označava snagu čvora (z_i znači mjerenu snagu istog čvora) ona ima oblik jednadžbe (15), ako se radi o djelatnoj snazi, odnosno oblik jednadžbe (16), ako se radi o jalovoj snazi. Ako funkcija $f_i(U)$ označava snagu grane (z_i znači mjerenu snagu iste grane) ona ima oblik jednadžbe (6), ali ako se radi o prividnoj snazi. Razdvajanjem realnog i imaginarnog dijela lako se dolazi do izraza za funkciju koja predstavlja djelatnu, odnosno jalovu snagu dotične grane. U jednadžbu (38''') valja uvrstiti i vrijednosti za parcijalne derivacije tih funkcija po svakom naponu. Izvrši li se takva supstitucija dobit će se n nelinearnih jednadžbi, koje se ne mogu neposredno riješiti. Linearizacija Taylorovim razvojem ne bi uspjela, jer su jednadžbe (38''') 3 reda. Stoga se postupa na slijedeći način. Prije formiranja funkcije $F(\mathbf{U})$ izvrši se linearizacija funkcija $\mathbf{f}(\mathbf{U})$ i to kako slijedi:

$$\mathbf{f}(\mathbf{U}) = \mathbf{f}(\mathbf{U}^\circ) + \mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{U}, \qquad (40)$$

gdje je $\mathbf{U}^\circ$ vektor pretpostavljenih napona, **J** jacobijeva matrica data izrazom (39'''), a $\Delta\mathbf{U}$ vektor promjene napona za koju vrijedi

$$\Delta \mathbf{U} = \mathbf{U} - \mathbf{U}^\circ. \qquad (41)$$

Sada se formira funkcija $F(\mathbf{U})$, koja glasi

$$F(\mathbf{U}) = \sum_{j=1}^{m} [z_j - f_j(\mathbf{U}^\circ) - \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial f_i(\mathbf{U})}{\partial U_i} \Delta U_i] W_j [z_j - f_j(\mathbf{U}^\circ) - \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial f_j(\mathbf{U})}{\partial U_i}] \qquad (42)$$

što se u matričnom obliku piše jednostavno kao

$$F(\mathbf{U}) = [\mathbf{z} - \mathbf{f}(\mathbf{U}^\circ) - \mathbf{J}\Delta\mathbf{U}]^T \mathbf{W} [\mathbf{z} - \mathbf{f}(\mathbf{U}^\circ) = \mathbf{J}\Delta\mathbf{U}]. \qquad (42'$$

Minimum te funkcije se dobije, ako se njena derivacija izjednači sa nulom, tj.

$$\frac{d\mathbf{F}(\mathbf{U})}{d\mathbf{U}} = -2\mathbf{J}^T \mathbf{W} [\mathbf{z} - \mathbf{f}(\mathbf{U}^\circ) - \mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{U}] = \mathbf{0}, \qquad (43)$$

odnosno

$$\mathbf{J}^T \mathbf{W} [\mathbf{z}_z - \mathbf{f}(\mathbf{U}^\circ)] = \mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J} \Delta \mathbf{U}, \qquad (43')$$

ili

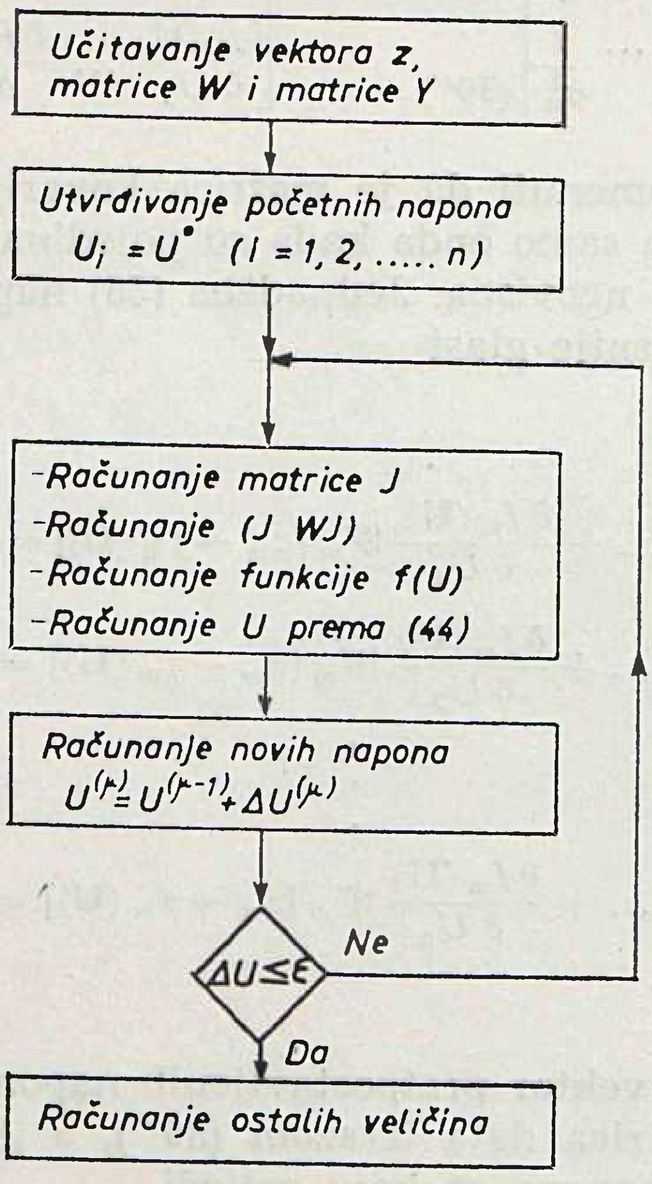
$$\Delta \mathbf{U} = (\mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J})^{-1} \mathbf{J}^T \mathbf{W} [\mathbf{z} - \mathbf{f}(\mathbf{U}^\circ)], \qquad (44)$$

što predstavlja rješenje po $\Delta\mathbf{U}$.

Sada se mogu odrediti novi naponi prema izrazu

$$\mathbf{U} = \mathbf{U}^\circ + \Delta \mathbf{U}. \qquad (45)$$

Zbog linearizacije funkcija $f(\mathbf{U})$, taj će rezultat biti samo približno točan, pa je potrebno provesti nekoliko iteracionih koraka, dok se ne postigne željena točnost. Naime, potrebno je iznova odrediti matricu $\mathbf{J}$ za dobivene vrijednosti napona, kao i funkcije $f(\mathbf{U})$ za nove napone pa prema (44) odrediti nove $\Delta\mathbf{U}$, itd. Tok proračuna je prikazan u obliku dijagrama na Sl. 6 [3, 5, 6, 11].



Sl. 6. Dijagram toka utvrđivanja stanja po metodi minimuma sume kvadrata pogrešaka

Primjena ove metode utvrđivanja stanja zorno će se prikazati na prijašnjem primjeru iz Sl. 3. U toj mreži sa 4 čvora ($n = 4$) neka se obavi 8 mjerenja ($m = 8$) i to

Napon u čvoru 1.	$z_1 = 100$ V	$\sigma_1 = 1$ V
Snaga čvora 2.	$z_2 = 1500$ W	$\sigma_2 = 10$ W
Snaga čvora 3.	$z_3 = 800$ W	$\sigma_3 = 10$ W
Snaga čvora 4.	$z_4 = -850$ W	$\sigma_4 = 10$ W
Snaga grane 1—4.	$z_5 = -100$ W	$\sigma_5 = 10$ W
Snaga grane 1—3	$z_6 = 650$ W	$\sigma_6 = 10$ W
Snaga grane 2—4	$z_7 = -800$ W	$\sigma_7 = 10$ W
Snaga grane 4—3	$z_8 = 200$ W	$\sigma_8 = 10$ W.

Može se lako uočiti da se mjerenja u nekim slučajevima razlikuju od stvarnih vrijednosti i do 10%, tj. da se račun provodi sa prilično netočnim mjerenjima.

S obzirom na topologiju mreže, funkcije $f(\mathbf{U})$ za pojedine veličine koje se mjere, glasit će

Napon u čvoru 1. $f_1(\mathbf{U}) = U_1$
Snaga čvora 2. $f_2(\mathbf{U}) = U_2(U_1 y_{21} + U_2 y_{22} + U_4 y_{24})$
Snaga čvora 3. $f_3(\mathbf{U}) = U_3(U_1 y_{31} + U_3 y_{33} + U_4 y_{34})$
Snaga čvora 3. $f_4(\mathbf{U}) = U_4(U_1 y_{41} + U_2 y_{42} + U_3 y_{43} + U_4 y_{44})$
Snaga grane 4—1 $f_5(\mathbf{U}) = U_4(U_4 - U_1) y_{41}$
Snaga grane 1—3 $f_6(\mathbf{U}) = U_1(U_1 - U_3) y_{13}$
Snaga grane 2—4 $f_7(\mathbf{U}) = U_2(U_2 - U_4) y_{24}$
Snaga grane 4—3 $f_8(\mathbf{U}) = U_4(U_4 - U_3) y_{43}$.

Ako se u gornje jednadžbe uvrste poznate vrijednosti za y_{ij} onda vrijedi

$$\begin{aligned}
f_1(\mathbf{U}) &= U_1 \\
f_2(\mathbf{U}) &= U_1 U_2 - 2U^2_2 + U_2 U_4 \\
f_3(\mathbf{U}) &= U_1 U_3 - 1{,}5U^2_3 + 0{,}5U_3 U_4 \\
f_4(\mathbf{U}) &= 0{,}5U_1 U_4 + U_2 U_4 + 0{,}5 U_3 U_4 - 2 U^2_4 \\
f_5(\mathbf{U}) &= -0{,}5 U_1 U_4 + 0{,}5 U^2_4 \\
f_6(\mathbf{U}) &= U^2_1 - U_1 U_3 \\
f_7(\mathbf{U}) &= U^2_2 - U_2 U_4 \\
f_8(\mathbf{U}) &= -0{,}5 U_3 U_4 + 0{,}5 U^2_4.
\end{aligned} \qquad (46)$$

Sada se jednadžbe (46) lineariziraju saglasno jednadžbi (40) i dobije se

$$\begin{aligned}
f_1(\mathbf{U}) &= f_1(\mathbf{U}^0) + \Delta U_1 \\
f_2(\mathbf{U}) &= f_2(\mathbf{U}^0) + U^0_2 \Delta U_1 + (U^0_1 - 4 U^0_2 + U^0_4) \Delta U_2 + U^0_2 \Delta U_4 \\
f_3(\mathbf{U}) &= f_3(\mathbf{U}^0) + U^0_3 \Delta U_1 + (U^0_1 - 3 U^0_3 + 0{,}5 U^0_4) \Delta U_3 + 0{,}5 U^0_3 \Delta U_4 \\
f_4(\mathbf{U}) &= f_4(\mathbf{U}^0) + 0{,}5 U^0_4 \Delta U_1 + U^0_4 \Delta U_2 + \\
f_4(\mathbf{U}) &= f_4(\mathbf{U}^0) + 0{,}5 U^0_4 \Delta U_1 + U^0_4 \Delta U_2 + \\
&\quad + 0{,}5 U^0_4 \Delta U_3 + (0{,}5 U^0_1 + U^0_2 0{,}5 U^0_3 - 4 U^0_4 \\
f_5(\mathbf{U}) &= f_5(\mathbf{U}^0) - 0{,}5 U^0_4 \Delta U_1 + (-0{,}5 U^0_1 + U^0_4) \Delta U_4 \\
f_6(\mathbf{U}) &= f_6(\mathbf{U}^0) + (2 U^0_1 - U^0_3) \Delta U_1 - U^0_1 \Delta U_3 \\
f_7(\mathbf{U}) &= f_7(\mathbf{U}^0) + (2 U^0_2 - U^0_4) \Delta U_2 - U^0_2 \Delta U_4 \\
f_8(\mathbf{U}) &= f_8(\mathbf{U}^0) - 0{,}5 U^0_4 \Delta U_3 + (-0{,}5 U^0_3 + U^0_4) \Delta U_4.
\end{aligned} \qquad (47)$$

Uvrste li se u jednadžbe (47) početne vrijednosti napona, u ovom slučaju uzima se 100 V, i uvrste li se izračunate vrijednosti za $\mathbf{f}(\mathbf{U}^\circ)$, dobije se

$$\begin{aligned}
f_1(\mathbf{U}) &= 100 + \Delta U_1 \\
f_2(\mathbf{U}) &= 100 \Delta U_1 - 200 \Delta U_2 + 700 \Delta U_4 \\
f_3(\mathbf{U}) &= 100 \Delta U_1 - 150 \Delta U_3 + 50 \Delta U_4 \\
f_4(\mathbf{U}) &= 50 \Delta U_1 + 100 \Delta U_2 + 50 \Delta U_3 - 200 \Delta U_4 \\
f_5(\mathbf{U}) &= -50 \Delta U_1 + 50 \Delta U_4 \\
f_6(\mathbf{U}) &= 100 \Delta U_1 - 100 \Delta U_3 \\
f_7(\mathbf{U}) &= 100 \Delta U_2 - 100 \Delta U_4 \\
f_8(\mathbf{U}) &= -50 \Delta U_3 + 50 \Delta U_4
\end{aligned}$$

Sada se može formirati funkcija $F(\mathbf{U})$ prema jednadžbi (42), što će biti kvadratna funkcija. Zatim se ta jednadžba derivira po $\mathbf{U}_i$ i izjednači sa nulom. Na taj se način dobiju 4 linearne jednadžbe sa 4 nepoznanice, koje se onda riješe po $\Delta\mathbf{U}$. Te 4 linearne jednadžbe su:

$$\begin{aligned}
-2675 &= -351 \Delta U_1 + 150 \Delta U_3 + 225 \Delta U_3 - 25 \Delta U_4 \\
4650 &= 150 \Delta U_1 - 600 \Delta U_2 - 50 \Delta U_3 + 500 \Delta U_4 \\
2375 &= 225 \Delta U_1 - 50 \Delta U_2 - 375 \Delta U_3 + 200 \Delta U_4 \\
-4450 &= -25 \Delta U + 500 \Delta U + 200 \Delta U - 675 \Delta U.
\end{aligned}$$

Njihovo rješenje glasi

$$\Delta U_1 = -0{,}01$$
$$\Delta U_2 = -8{,}45$$
$$\Delta U_3 = -5{,}98$$
$$\Delta U_4 = -1{,}44,$$

tako da su novi naponi

$$U_1^{(1)} = 99{,}99 \text{ V}$$
$$U_2^{(1)} = 91{,}55 \text{ V}$$
$$U_3^{(1)} = 94{,}02 \text{ V}$$
$$U_4^{(1)} = 98{,}56 \text{ V}$$

Ponavljanjem računa za drugu i treću iteraciju dobiju se naponi:

$$U_2^{(1)} = 100{,}15 \qquad U_1^{(3)} = 100{,}16 \text{ V}$$
$$U_2^{(2)} = 90{,}75 \text{ V} \qquad U_2^{(1)} = 90{,}74 \text{ V}$$
$$U_3^{(2)} = 93{,}87 \text{ V} \qquad U_3^{(3)} = 93{,}87 \text{ V}$$
$$U_4^{(2)} = 98{,}32 \text{ V} \qquad U_4^{(3)} = 98{,}32 \text{ V}.$$

Iz rezultata se vidi da je kod utvrđivanja stanja na ovaj način pogreška manja od 1%, mada su polazni rezultati bili znatno netočniji.

Jedna druga metoda procjene stanja elektroenergetskog sistema polazi od mjerenja snaga u granama, iz čega rezultira računski postupak koji se pokazao kao vrlo brz i stabilan, pa prema tome i veoma pogodan za primjenu u praksi.

Za pad napona u grani koja se nalazi između čvora i i čvora j može se prema Sl. 2. pisati

$$V_{ij} = \left(\frac{S_{ij} - U_i U_i^* \frac{y_{ijo}^*}{2}}{U_i}\right) \frac{1}{y_{ij}} = \left(\frac{S_{ij}^*}{U_i^*} - U_i \frac{y_{ijo}}{2}\right) \frac{1}{y_{ij}} =$$
$$= \left(\frac{P_{ij} - jQ_{ij}}{U_i^*} - U_i \frac{y_{ijo}}{2}\right) \frac{1}{y_{ij}} \qquad (48)$$

Sve oznake su poznate odprije osim V_{ij}, što označuje pad napona u grani i-j. Ako u jednadžbu (48) za djelatnu i jalovu snagu uvrstimo mjerene vrijednosti tih snaga, dobit ćemo pad napona u razmatranoj grani, koji možemo nazvati mjerenim padom napona, i označiti ga sa V_{mij}. Taj napon nije direktno mjeren, ali je određen indirektno mjerenjem. Pri tome će se, naravno pretpostaviti napon čvora U_i, tj. uzet će se približna vrijednost. Na taj će se način izraziti padovi napona u svim granama u kojima se vrši mjerenje snaga, kojih neka ima m, a sve te veličine označimo sa vektorom mjerenih napona grana $\mathbf{V}_m$.

S druge strane iz topologije mreže je poznato da se napon grane (pad napona grane) može izraziti sa

$$V_{ij} = U_i - U_j. \qquad (49)$$

Izraze li se naponi svih grana u kojima se vrši mjerenje snaga prema jednadžbi (49) dobit će se vektor napona grana kao funkcija napona čvorova $\mathbf{V}(\mathbf{U})$, za koji se može pisati

$$\mathbf{V}(\mathbf{U}) = \mathbf{A}\,\mathbf{U}, \qquad (50)$$

gdje $\mathbf{A}$ znači matricu incidencije grana u kojima se vrše mjerenja i čvorova mreže. Broj redaka matrice $\mathbf{A}$ jednak je broju mjerenja m, a broj stupaca jednak je broju čvorova n. Element matrice $\mathbf{A}$ imat će vrijednost 1 ako je grana u kojoj se vrši mjerenje, a kojoj pripada određeni redak vezana na čvor, kojem pripada određeni stupac, a pri tome se mjerenje nalazi na strani dotičnog čvora, a vrijednost -1 će imati ako se mjerenje ne nalazi na strani dotičnog čvora. U ostalim će slučajevima elemnt matrice imati vrijednost 0.

Budući da su neki naponi čvora poznati, a mora biti poznat najmanje napon jednog čvora, vektor napona će se podijeliti na poznati i nepoznati dio

$$U = \begin{vmatrix} U_{poz} \\ U_{nep} \end{vmatrix}, \qquad (51)$$

a isto tako i matrica $\mathbf{A}$ na dio koji pripada čvorovima s poznatim naponima i na dio koji pripada čvorovima s nepoznatim naponima, tj.

$$\mathbf{A} = |\,\mathbf{A}_{poz}\ \mathbf{A}_{nep}\,|. \qquad (52)$$

Sada će jednadžba (50) poprimiti oblik

$$\mathbf{V}(\mathbf{U}) = \mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz} + \mathbf{A}_{nep}\,\mathbf{U}_{nep}. \qquad (53)$$

Jednadžbom (48) i (53) izražene su iste veličine, tj. naponi grana, jedanput pomoću mjerenih snaga, a drugi put pomoću napona čvorova. Razlika između jednog i drugog izraza predstavlja pogrešku indirektnog mjerenja. Označivši pogreške svih mjerenja vektorom $\mathbf{r}$ može se pisati

$$\mathbf{r} = \mathbf{V}(\mathbf{U}) - \mathbf{V}_m, \qquad (54)$$

odnosno pomoću (53)

$$\mathbf{r} = \mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz} + \mathbf{A}_{nep}\,\mathbf{U}_{nep} - \mathbf{V}_m. \qquad (55)$$

Vektor $\mathbf{r}$ je dakle funkcija nepoznatih napona $\mathbf{U}_{nep}$. Najvjerojatnije, a prema tome i najtočnije rješenje po $\mathbf{U}_{nep}$ bit će ako suma kvadrata pogrešaka bude minimalna. Suma kvadrata pogrešaka vektorski izražena je

$$\mathbf{r}^T\mathbf{r} = (\mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz} + \mathbf{A}_{nep}\,\mathbf{U}_{nep} - \mathbf{V}_m)^T(\mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz} +$$
$$+ \mathbf{A}_{nep}\,\mathbf{U}_{nep} - \mathbf{V}_m). \qquad (56)$$

Suma kvadrata pogrešaka će biti minimalna kada bude

$$\frac{d\,\mathbf{r}^T\mathbf{r}}{d\,\mathbf{U}_{nep}} = 0. \qquad (57)$$

odnosno, ako se izvrši deriviranje (56), kada bude

$$\left(\mathbf{A}_{nep}^T - \frac{d\mathbf{V}_m^T}{d\,\mathbf{U}_{nep}}\right)(\mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz} + \mathbf{A}_{nep}\,\mathbf{U}_{nep} - \mathbf{V}_m) = 0. \qquad (58)$$

Izvrše li se algebarske operacije, a onda izraz sredi dobije se

$$\mathbf{A}_{nep}^{T}\,\mathbf{A}_{nep}\,\mathbf{U}_{nep} = \mathbf{A}_{nep}^{T}\,\mathbf{V}_{m} - \mathbf{A}_{nep}^{T}\,\mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz} - \frac{d\mathbf{V}_{m}^{T}}{d\,\mathbf{U}_{nep}}\,(\mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz} + \mathbf{A}_{nep}\,\mathbf{U}_{nep} - \mathbf{V}_{m}) \qquad (59)$$

odnosno

$$\mathbf{U}_{nep} = (\mathbf{A}_{nep}^{T}\,\mathbf{A}_{nep})^{-1}\,[\mathbf{A}_{nep}^{T}\,(\mathbf{V}_{m} - \mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz}) - \frac{d\mathbf{V}_{m}}{d\mathbf{U}_{nep}}\,(\mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz} + \mathbf{A}_{nep}\,\mathbf{U}_{nep} - \mathbf{V}_{m})]. \qquad (60)$$

Izraz na kraju u zagradi $\mathbf{A}_{poz}\mathbf{U}_{poz} + \mathbf{A}_{nep}\mathbf{U}_{nep} - \mathbf{V}_{m}$ jednak je **r**. Pošto se pretpostavlja prirodna raspodjela pogrešaka vektor **r** teži k nuli, pa ga možemo u iteracionom postupku izjednačiti s nulom, tako da jednadžba (60) glasi

$$\mathbf{U}_{nep} = (\mathbf{A}_{nep}^{T}\,\mathbf{A}_{nep})^{-1}\,\mathbf{A}_{nep}^{T}\,(\mathbf{V}_{m} - \mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz}). \qquad (61)$$

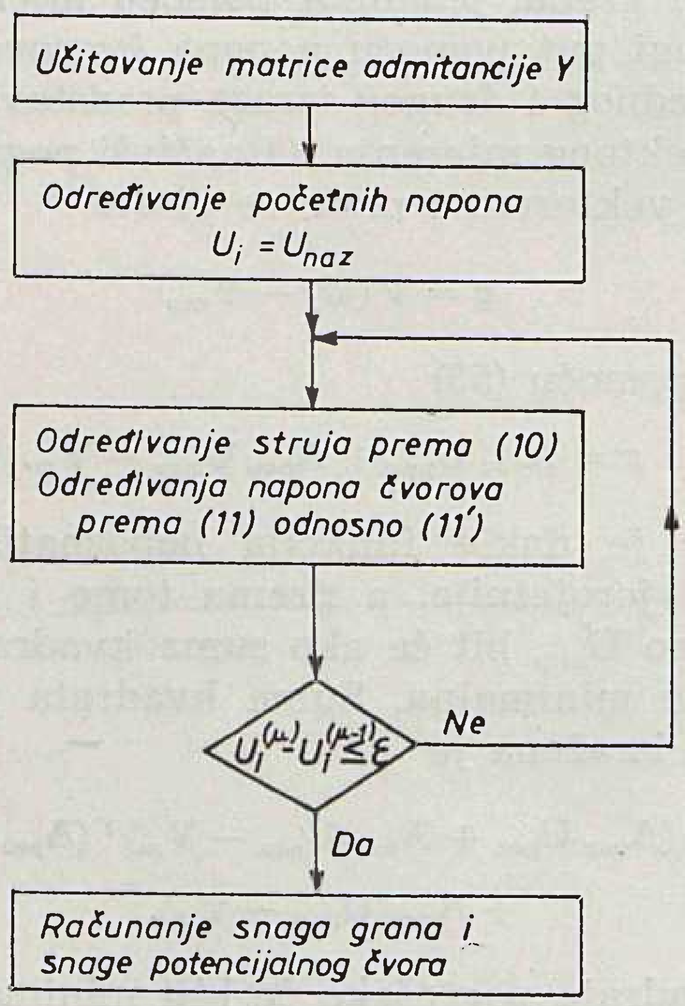
Izvršivši supstituciju

$$\mathbf{G} = (\mathbf{A}_{nep}^{T}\,\mathbf{A}_{nep})^{-1}\,\mathbf{A}_{nep}^{T} \qquad (62)$$

jednadžba (61) glasit će

$$\mathbf{U}_{nep} = \mathbf{G}\,(\mathbf{V}_{m} - \mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz}), \qquad (63)$$

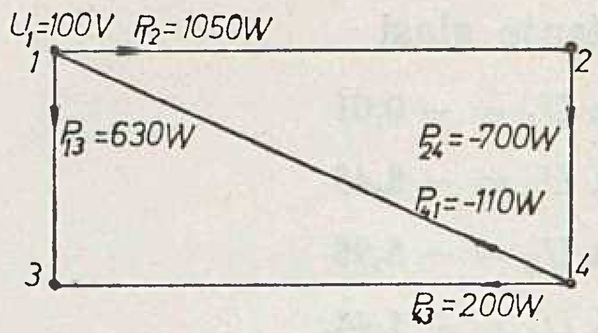
što predstavlja rješenje za nepoznate napone čvorova. Time je prvi iteracioni korak završen. Sada je potrebno s novodobivenim naponima odrediti nove $\mathbf{V}_{m}$ prema (48), pa prema jednadžbi (63) odrediti nove napone, itd., sve dok se ne postigne željena točnost. Na Sl. 7. prikazan je tok proračuna [4, 10].



Sl. 7. Dijagram toka utvrđivanja stanja sistema na temelju mjerenja snaga grana

Radi potpunosti riješit će se i po ovoj metodi primjer iz Sl. 3. Neka se mjere snaga u granama 1-2, 1-3, 4-1, 2-4, 4-3 i napon čvora 1. Neka mjerenja iznose

$$P_{12} = 1050 \text{ W}$$
$$P_{13} = 630 \text{ W}$$



Sl. 8. Primjer mjerenja

$$P_{41} = -110 \text{ W}$$
$$P_{24} = -700 \text{ W}$$
$$P_{43} = 200 \text{ W}$$
$$U_{1} = 100 \text{ V}$$

Na Sl. 8 prikazan je raspored mjerenja, međutim prvi indeks uz snagu također označuje kod kojeg se čvora vrši mjerenje. Matrica **A**, $\mathbf{A}_{poz}$ i $\mathbf{A}_{nep}$ imaju ovaj oblik:

$$\mathbf{A} = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{A}_{poz} = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{A}_{nep} = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{vmatrix}.$$

U matrici **A** reci odgovaraju redom granama, kako su navedene mjerene snage, a stupci čvorovima po rednom redu naznačenom u Sl. 8. Za matricu **G** dobije se

$$\mathbf{G} = \frac{1}{8}\begin{vmatrix} -5 & -1 & 2 & 3 & 1 \\ -1 & -5 & 2 & -1 & -3 \\ -2 & -2 & 4 & -2 & 2 \end{vmatrix}.$$

Za napone $\mathbf{U}_{poz}$ i $\mathbf{U}_{nep}$ vrijedi

$$\mathbf{U}_{poz} = |U_1| = |\,100 \qquad \mathbf{U}_{nep} = \begin{vmatrix} U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{vmatrix}$$

Vektor $\mathbf{A}_{poz}\mathbf{U}_{poz}$ je

$$\mathbf{A}_{poz}\,\mathbf{U}_{poz} = \begin{vmatrix} 100 \\ 100 \\ -100 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}.$$

Početni naponi za $\mathbf{U}_{nep}$ se odabiru svi jednaki, 100 V.

$$\mathbf{U}_{nep}^{(o)} = \begin{vmatrix} 100 \\ 100 \\ 100 \end{vmatrix}.$$

Naponi grana na temelju mjerenih snaga, napona čvorova i otpora grana su

$$V_{m12} = \frac{1050}{100} \cdot 1 = 10{,}5 \text{ V}$$

$$V_{m13} = \frac{630}{100} \cdot 1 = 6{,}3 \text{ V}$$

$$V_{m41} = -\frac{110}{100} \cdot 2 = -2{,}2 \text{ V} \qquad \text{ili } \mathbf{V}_m = \begin{vmatrix} 10{,}5 \\ 6{,}3 \\ -2{,}2 \\ -7{,}0 \\ 4{,}0 \end{vmatrix}$$

$$V_{m24} = \frac{700}{100} \cdot 1 = -7{,}0 \text{ V}$$

$$V_{m43} = \frac{200}{100} \cdot 2 = 4{,}0 \text{ V}$$

Nepoznati naponi čvorova slijede iz jednadžbe (63) i iznose

$$U_2^{(1)} = 89{,}975 \text{ V}$$

$$U_3^{(1)} = 93{,}575 \text{ V}$$

$$U_4^{(1)} = 95{,}45 \text{ V.}$$

U drugoj se iteraciji izračunaju naponi grana na temelju novodobivenih napona

$$V_{m12} = \frac{1050}{100} \cdot 1 = 10{,}5 \text{ V}$$

$$V_{m13} = \frac{630}{100} \cdot 1 = 6{,}3 \text{ V}$$

$$V_{m41} = \frac{110}{95{,}45} \cdot 1 = -2{,}305 \text{ V}$$

$$V_{m24} = -\frac{700}{89{,}975} \cdot 1 = -7{,}8 \text{ V}$$

$$V_{m43} = \frac{200}{95{,}45} \cdot 2 = 4{,}19 \text{ V,}$$

pa su novi naponi

$$U_2^{(2)} = 89{,}763 \text{ V}$$

$$U_3^{(2)} = 93{,}578 \text{ V}$$

$$U_4^{(2)} = 97{,}45 \text{ V.}$$

Slično se za treću iteraciju dobije

$$U_2^{(3)} = 89{,}67 \text{ V}$$

$$U_3^{(3)} = 93{,}558 \text{ V}$$

$$U_4^{(3)} = 97{,}65 \text{ V,}$$

a za četvrtu iteraciju

$$U_2^{(4)} = 89{,}67 \text{ V}$$

$$U_3^{(4)} = 93{,}625 \text{ V}$$

$$U_4^{(4)} = 97{,}625 \text{ V.}$$

I ovdje se može konstatirati da se iz mjerenja s pogreškama i do 10% dobilo stanje sistema s pogreškama ispod 1%.

U ovom primjeru nije primijenjeno vaganje pogrešaka, jer se željelo skratiti proračun.

4. Zaključak

Prikazane su osnove dviju metoda utvrđivanja stanja elektroenergetskog sistema, koje su najviše razrađene u stručnoj literaturi.

Pitanje otkrivanja izrazito pogrešnih podataka, kako onih među mjerenim veličinama, tako onih koji se odnose na topologiju mreže, uveliko se istražuje. Objavljeni postupci daju prihvatljive mogućnosti za otkrivanje izrazito krivih mjerenja, dok za otkrivanje topoloških grešaka zasada ne postoji efikasna metoda [3, 4, 8].

Opisani se postupci odnose na statičko, odnosno kvazistatičko stanje sistema. U razmatranju su i metode za provedbu i dinamičke procjene stanja [7, 9].

LITERATURA

1. F. Schultheiss u. K. D. Wessnik: Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze. VEB Verlag, Leipzig, 1968. Band II.
2. W. F. Tinney a. C. E. Hart: Power Flow Solution by Newton's Method. IEEE Trans. 1967. P. 1449—1460.
3. F. C. Schweppe a. J. Wildes: Power System Static State Estimation. IEEE Trans. 1970. P. 120—135.
4. J. F. Dopazo, O. H. Klitin, G. W. Stag a. L. S. Van Slyck: State Estimation of Power System from Line Flow Measurement. IEEE Trans. 1970, P. 1698—1708.
5. R. E. Larson, W. F. Tiney: State Estimation in Power System. IEEE Trans. 1970, P. 345—363.
6. O. J. M. Smith: Power System State Estimation. IEEE Trans. 1970, P. 363—379.
7. R. D. Masiello a. F. C. Schweppe: A Tracking State Estimation. IEEE Trans. 1971, P .1025—1033.
8. H. M. Merrill a. F. C. Schweppe: Bad Data Suppression in Power System Static State Estimation. IEEE Trans. 1971, P. 2718—2725.
9. K. Srinivasan a. X. Robichaud: A Dynamic Estimation for Complex Bus Voltage Determination. IEEE Trans. 1974. Winter Power Meeting.
10. K. Relchet, E. Handschin, J. Caneel u. H. Asai: On-line Lastflussberechnung (State Estimation) in elektrischen Energieversorgungssystemen. ETZ-A 1974, S. 86—91.
11. L. Werner: Praktische Beiträge zur Zustandserkennung (State Estimation) elektrischer Netze. OZE, 1974, S. 109.
12. N. Čubranić: Teorija pogrešaka sa računom izjednačenja. Tehnička knjiga, Zagreb, 1966.

Naslov pisca: Milan Šodan, dipl. ing., Elektrotehnički fakultet, Zagreb

NAPREDNI TERMALNI REAKTOR „FUGEN“

Vladimir Knapp, Zagreb

UVOD

Kao što se vidi iz podataka o rezervama urana, i o tipičnoj potrošnji u lakovodnim reaktorima, ovi reaktorski sistemi ne mogu osigurati dugoročnu perspektivu nuklearne energije. Prema raznim procjenama rezerve urana prve kategorije bile bi brzo iscrpljene. Procjena M.A.A.E. predviđa da bi se to trebalo dogoditi za oko 15 godina. (Detaljnije vidi, na primjer, ref. 1).

Srednjoročna perspektiva nuklearne fisione energije, tj. perspektiva kroz iduća tri desetljeća ovisna je o mogućnosti boljeg iskorištenja energije urana ili pak o mogućnosti korištenja skupljih kategorija urana.

Problem, naravno, nije nov, i vrlo je malo zemalja koje ga ne uključuju u svoje programe razvoja nuklearne energetike. Jedno od mogućih rješenja, koje dominira u najrazvijenijim nuklearnim zemljama (vidi pregled ref. 1) su takozvani oplodni reaktori, FBR (Fast Breeder Reactor). Posebno intenzivni su programi razvoja oplodnih reaktora u Sovjetskom Savezu i u SAD. Oplodni reaktori su rješenje koje se, međutim, ne može prihvatiti bez ozbiljnog razmatranja.

Tehnički i tehnološki oplodni reaktor je mnogo teži zadatak nego termalni reaktori, što proizlazi iz njegovih osnovnih karakteristika.

Osim toga, količina i koncentracija plutonija u reaktorskoj jezgri mora biti predmet znatne pažnje. Gorivo koje u svježem stanju sadrži oko 20% Pu predstavlja nesigurnost u transportu, jer se mogućnost krađe ili otmice ne može isključiti (ref. 2).

Pu, koji je izvanredno toksičan, nalazi se u reaktoru s tipičnom koncentracijom snage, 10 puta većom nego kod termalnih lakovodnih reaktora, a okružen natrijem, materijalom kemijski veoma aktivnim i neugodnim (kod oplodnih reaktora hlađenih tekućim natrijem koji dominiraju u razvoju).

Pitanje koje je ne samo vrijedno razmatranja, nego se mora i razmotriti, jeste postoje li alternative i kakve izglede one pružaju na srednji i duži rok. Čak ako se i pretpostavi da će fuzija stajati na raspolaganju za 30 godina, ostaje razdoblje od barem 15 godina koje se mora prebroditi uz bolje korištenje urana nego što to mogu pružiti lakovodni termalni reaktori. Čak i ako se pokaže da je bojazan od oplodnih reaktora pretjerana, ako se oni pokažu sigurnima, još uvijek može biti povoljnijih rješenja za jugoslavenske prilike. U najmanju ruku sa stajališta jednostavnije tehnologije, koja se može u većoj mjeri i u kraće vrijeme usvojiti.

Razlozi zbog kojih zemlje kao što su SAD i SSSR tako intenzivno razvijaju oplodne reaktore su dosta specifični. U tim zemljama u sadašnjoj fazi dominiraju lakovodni reaktori koji su najmanje racionalni potrošači urana, pa je za njih pitanje osiguranja dugoročne perspektive posebno aktualno. Lakovodni reaktor je daleko osjetljiviji na porast cijene urana od njegovog teškovodnog konkurenta. Velike, najprije vojne instalacije za obogaćenje urana diktirale su orijentaciju tih zemalja na lakovodne reaktore s obogaćenim uranom.

Obogaćeni uran kao gorivo predstavljao je također prednost u razvoju kompaktnih pogonskih reaktora za nuklearne podmornice.

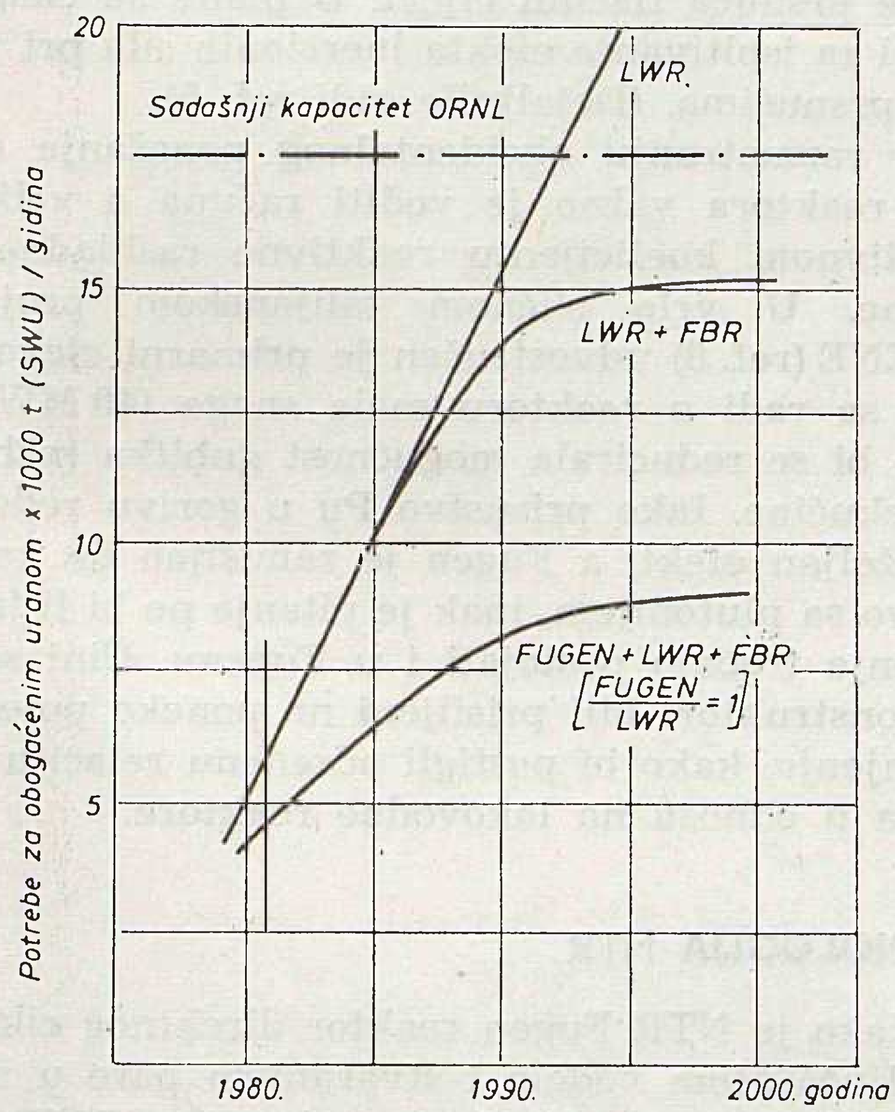
Opsežno tehnološko iskustvo stečeno u vojnom programu pružalo je i temelj za razvoj mirnodopske primjene, ali je time tu primjenu usmjerilo u određenom pravcu. Razvojni pravac koji od vojno orijentirane nuklearne energetike vodi na lakovodne reaktore, a zatim na oplodne reaktore ima svoje opravdanje i logiku, no to ne treba da obvezuje zemlju koja je orijentirana isključivo na mirnodopsku primjenu nuklearne energije. Dakako, ogromna ulaganja tih dviju zemalja u razvoj te linije, imaju za posljedicu da se LWR - FBR linija širi i u mnoge druge zemlje. No, ne općenito. U nizu zemalja radi se i na razvoju drugih rješenja. Izrazit primjer nacionalne orijentacije na teškovodne reaktore s prirodnim uranom pruža Kanada oslobođena onih razloga i uvjeta koji su SAD i SSSR opredijelili za LWR - FBR razvojnu liniju.

Indijski nacionalni program također polazi od neobogaćenog urana i teškovodnih reaktora. Iako u kasnijim fazama predviđa uvođenje oplodnih reaktora, pitanje je u kojoj će se mjeri i kada ta perspektiva ostvariti.

Napredni termalni reaktor »Fugen«, koji je predmet ovog prikaza, je teškovodni reaktor koji se razvija u programu japanske nuklearne energetike. Uvozom američke nuklearne tehnologije japanska nuklearna energetika je gotovo isključivo orijentirana na lakovodne reaktore. Iznimku čini prvi reaktor tipa Magnox što su ga izgradili Britanci.

Budući da posjeduje samo ograničene rezerve urana (ukupno oko 8.000 tona) Japan mora vrlo ozbiljno razmatrati pitanje slijedećeg reaktorskog sistema. Dugoročna perspektiva vidi se u

oplodnim reaktorima, pa Japan ide po liniji LWR - FBR. Kao što je poznato, gradnja japanskog oplodnog reaktora, hlađenog natrijem, snage 50 MW(th) nalazi se u završnoj fazi. Gradnja drugog, znatno većeg reaktora istog tipa, snage 300 MW(e) »Monju« treba započeti u 1974. godini. No, za Japan ova linija, s obzirom na male zalihe urana i nedostatak instalacija za obogaćenje urana, predstavlja znatan rizik u slučaju da se uvođenje oplodnih reaktora iz bilo kojeg razloga pomakne na kasnije vrijeme.

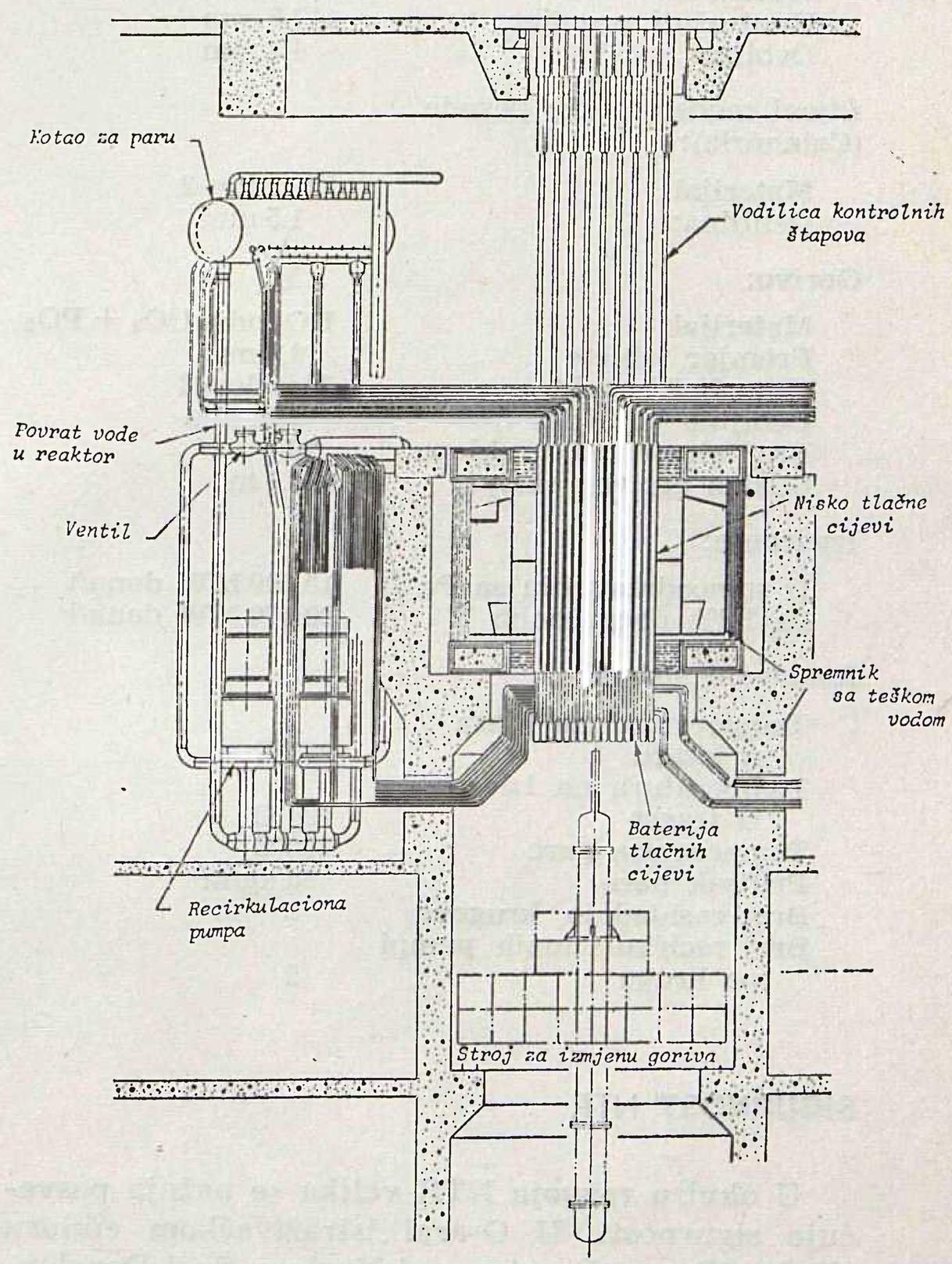


Sl. 1. Potrebe za obogaćenim uranom u Japanu u zavisnosti o tipovima nuklearnih elektrana u energetskom sistemu (ref. 3)

Razvoj naprednog termalnog reaktora predstavlja izvjesno osiguranje protiv takvog rizika, odnosno predstavlja razvoj reaktora koji može reducirati potrebe za obogaćenim uranom, i za uranom (vidi graf. 1, efekt uvođenja NTR za potrebe Japana u kapacitetima za obogaćenje urana). U Japanu NTR nije zamišljen kao alternativa za oplodne reaktore, no on taj potencijal posjeduje i kao takav predmet je ovog prikaza. Prototip naprednog termalnog reaktora »Fugen«, kao i oplodne reaktore, razvija državna institucija »Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation« (PNC), kojoj su povjereni najbitniji zadaci nuklearno-energetskog razvoja u Japanu (reaktorski razvoj, obogaćenje urana, prerada goriva). Razvoj naprednog reaktora obavlja se u istraživačkim i razvojnim laboratorijima PNC-a Tokai i O-arai, dok je lokacija gradnje prototipa »Fugen« na zapadnoj obali Honšua, u blizini nuklearne elektrane Tsuruga. Reaktor »Fugen« treba doći u stanje kritičnosti krajem 1975. godine.

KARAKTERISTIKE REAKTORA »FUGEN«

»Fugen« je prototip reaktora sa teškom vodom kao moderatorom, a kipućom lakom vodom kao rashladnim sredstvom. Nominalna snaga mu je 165 MW(e). Osnovna konstrukciona karakteristika mu je korištenje tlačnih cijevi. Po svojim općim karakteristikama on dolazi u grupu s kanadskim CANDU - BLW reaktorom, britanskim SGHWR reaktorom, te talijanskim CIRENE projektom. U detaljnijim tehničkim karakteristikama odražavaju se specifičnosti koncepcija, na primjer, samosnabdijevanje plutonijem u japanskom prototipu. Shema reaktora prikazana je na slici 2. Kontrolne



Sl. 2.

šipke nalaze se iznad reaktorske jezgre, dok se gorivo izmjenjuje s donje strane. Kroz posudu s teškom vodom prolazi 224 tlačnih cijevi, a u svakoj od njih se nalazi gorivi sklop od 28 elemenata.

Kao posebno protupotresno osiguranje sredinom moderatorske posude prolazi ploča za podržavanje tlačnih cijevi.

Najvažnije tehničke karakteristike reaktora »Fugen«:

Snaga:	
Termička	557 MW
Električna (ukupna)	165 MW
Jezgra	
Visina	3.700 mm
Promjer	4.060
Razmak centara tlačnih cijevi	240
Broj tlačnih cijevi	224
Količina goriva	36 t
Količina moderatora D_2O	86 t
Tlačne cijevi:	
Materijal	Zr - 2,5% Nb
Unutrašnji promjer	117,8 mm
Debljina	4,3 mm
Cijevi moderatorske posude (Calandria):	
Materijal	Zircaloy-2
Debljina:	1,5 mm
Gorivo:	
Materijal:	UO_2 odn. $UO_2 + PO_2$
Promjer tablete	14,5 mm
Materijal košuljice	Zircaloy-2
Debljina košuljice	0,84 mm
Broj elemenata u sklopu	28
Dužina gorivog sklopa	4,4 m
Izgaranje:	
U samoodržavanju sa Pu	10.000 MW dana/t
Sa 1,5% obogaćenim U	20.000 MW dana/t
Rashladni sistem:	
Temperatura na ulazu u jezgru	277°C
Temperatura na izlazu iz jezgre	285°C
Temperatura pare	280°C
Pritisak pare	65 kg/m²
Broj rashladnih krugova	2
Broj recirkulacionih pumpi po krugu	2

SIGURNOST NTR

U okviru razvoja NTR velika se pažnja posvećuje sigurnosti. U O-arai istraživačkom ciklusu NPC-a (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) završena je 1970. instalacija za ispitivanje sigurnosti NTR reaktora (Full scale safety experimental facility).

U stvarnoj veličini i u simulaciji reaktorskih uvjeta ispituju se efekti prsnuća tlačnih cijevi, cijevi u primarnom rashladnom sistemu u odvodu pare i u povratnom dijelu, te efektivnost sistema za hlađenje jezgre u ovim situacijama (ECCS).

Ispitivanja su opsežna, i dakako od znate važnosti za objektivnu procjenu sigurnosti sistema i adekvatnu formulaciju kriterija za konstrukciju sistema za hlađenje jezgre u slučaju kvara. Iako je struktura reaktorske jezgre kompleksnija nego kod reaktora sa tlačnom posudom, sistem s tlačnim cijevima u principu je privlačniji, ukoliko se prsnuće tlačne reaktorske posude ne može s punom sigurnošću isključiti. No, to je pitanje predmet diskusije. Ima istaknutih reaktorskih stručnjaka (na primjer Sir Alan Cottrell, ref. 4) koji smatraju da prsnuće tlačne posude lakovodnih reaktora nije isključeno. No, prednost sistema s tlačnim cijevima ovisna je o postojanju mogućnosti propagacije prsnuća tlačnih cijevi u reaktorskoj jezgri. Jedan od rezultata ispitivanja u O-arai centru jeste, da nema opasnosti od propagacije prsnuća tlačnih cijevi. U planu su eksperimenti za ispitivanje efekta inercionih sila pri velikim prsnućima. (Detaljnije vidi ref. 5).

U razmatranju akcidentalnog ponašanja ovog tipa reaktora važno je voditi računa o velikom negativnom koeficijentu reaktivne rashladne tekućine. U vrlo sličnom talijanskom projektu CIRENE (ref. 6) udvostručen je primarni cjevovod, iako se radi o reaktoru male snage (40 MW(e)), kako bi se reducirala mogućnost gubitka rashladne tekućine. Iako prisustvo Pu u gorivu reducira nepoželjan efekt, a Fugen je zamišljen da koristi gorivo sa plutonijem, ipak je pitanje ne bi li takvo rješenje trebalo postojati i u Fugenu. Čini se da su konstruktori bili prisiljeni na poneko pojednostavnjenje, kako bi postigli određenu relaciju troškova u odnosu na lakovodne reaktore.

TEHNOLOGIJA NTR

Kako je NTR Fugen reaktor direktnog ciklusa, sa ključajućom vodom i stvaranjem pare u reaktorskoj jezgri, on dijeli sa reaktorima BWR tipa prednosti odsustva parogeneratora, koji su čest i neugodan izvor kvarova u reaktorima s vodom pod pritiskom (PWR), osim što su tehnički i tehnološki zamršen dio reaktorskog sistema. Međutim, kod lakovodnih reaktora tipa BWR prednosti jednostavnijeg direktnog ciklusa dijelom se gube zbog potrebe za većom reaktorskom posudom. Tlačne posude reaktora od 600 ili više MW(e) su vrlo težak tehnički zadatak, koji se izbjegava kod reaktora s tlačnim cijevima, kao što je NTR. Može se reći, da se kod NTR Fugena prednosti direktnog ciklusa iskorištavaju u većoj mjeri. U odnosu na izradu tlačnih reaktorskih posuda, izrada reaktorskih tlačnih cijevi ne predstavlja poseban problem. Cijevi se proizvode po već ustaljenoj tehnologiji, a njihove dimenzije (promjer) ne ovise o veličini reaktora, tako da već sada postoji znatna standardizacija.

Što se tiče gorivih elemenata, kao na primjer košuljice, oprobana lakovodna tehnologija prenosi se i na NTR, kod kojega u rashladnom sistemu nema razlika prema BWR reaktoru. Gorivo sa malim postotkom plutonija također je dobro ispitivano, i ne unosi promjenu u odnosu na normalno gorivo lakovodnih reaktora.

ZAKLJUČAK

U zaključku se može reći, da je NTR Fugen, odnosno reaktor toga tipa veoma privlačan za zemlje s relativno malim tehničkim mogućnostima, odnosno s ograničenim ulaganjem u razvoj.

Zaključak se temelji na osnovnoj konstrukciji reaktora u kojoj se koriste tlačne cijevi, te na lakovodnoj tehnologiji u rashadnom krugu s direktnom proizvodnjom pare.

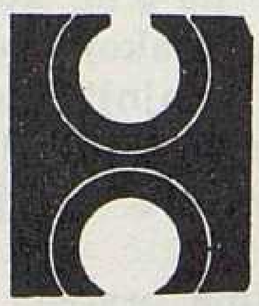
Sa znatnom elastičnošću u pogledu goriva koje se može koristiti, reaktor ovog tipa može se prilagoditi nizu situacija koje mogu nastupiti u opskrbi gorivom. Osim mogućnosti korištenja efektivno neobogaćenog urana, u režimu samoopskrbe sa Pu, reaktor se može prikladno uklopiti u sistem lakovodnih reaktora i kao gorivo koristi neobogaćeni uran s dodatkom Pu iz ostalih reaktora u sistemu. U svakom slučaju, uvođenje ovog reaktora reducira potrebe za obogaćenim uranom, kao uvoznim gorivom.

Uz gradnju elektrana sa snagama u području 300—500 MW(e), usvajanje najvećeg dijela proizvodnje ovakvog reaktora je u okviru mogućnosti industrije. Jedinice te snage bile bi prikladne za niz lokacija u unutrašnjosti inače neprikladnih, zbog nedostatka vodnih tokova za tipične današnje lakovodne reaktore. Naravno, na lokacijama gdje je to moguće, blokovi od više jedinica pružili bi niz ušteda u konstrukciji i izvedbi.

LITERATURA

1. V. Knapp:
   Oplodni reaktori i perspektiva nuklearne energije
   Energija
2. WASH — 1147
   Proceedings of the AEC Symposium on Safeguards Research and Developments
   LASL, October 17 — 29, 1969.
3. T. Takekoshi, S. Sawai:
   Use of Plutonium in Heavy Water Moderated Bailing Light Water Cooled Reactor
   Paper presented at FAST International Conference
   Milano, December 14 — 16, 1972
4. First report from the Select Committee on Science and Technology
   The Choice of Reactor System
   Session 1973 — 74
   Hause of Commons
5. M. Tokumitsu, PNC
   Full scale safety experiments of Fugen
   Crest specialist meeting on ECCS for light water reactors
   Munich 18 — 20 October 1972
6. Silvestri et al.
   The CIRENE project
   Proceedings of the Fourth International Conference
   Geneva, 6 — 16 September 1971, Vol. 5.

Naslov pisca: Vladimir Knapp, dr prof., Elektrotehnički fakultet, Zagreb



Hidroelektra

GRAĐEVNO PODUZEĆE

ZAGREB, LESKOVAČKA 10, TEL. 512-122

IZVODI SVE VRSTE NISKOGRADNJE I INDUSTRIJSKE GRADNJE

Od osnutka 1. IV 1946. do danas izvodilo je u SR Hrvatskoj slijedeća energetska postrojenja:

- HIDROELEKTRANA »NIKOLA TESLA« (VINODOL)
- HIDROELEKTRANA »OZALJ II«
- HIDROELEKTRANA »ZAVRELJE« (MLINI)
- HIDROELEKTRANA »GOJAK«
- HIDROELEKTRANA »SPLIT I« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »SENJ« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »RIJEKA«
- HIDROELEKTRANA »ORLOVAC« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »VARAŽDIN« (U TOKU)
- TERMOELEKTRANA-TOPLANA ZAGREB (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA SISAK (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA PLOMIN (SUDJELOVANJE)

OBELEŽAVANJE ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA KOJA MOGU PREDSTAVLJATI PREPREKE ZA VAZDUŠNU PLOVIDBU

Kiril A. Tropin, Beograd

Iznesen je način obeležavanja visokih elektroprivrednih objekata (npr. dimnjaka i stupova) koji bi mogli predstavljati zapreku vazdušnim plovilima. Dane su osnovne smernice za izvedbu oznaka i ugradnju signalne rasvete.

DK 621.311.1

1. PREPREKE ZA VAZDUŠNU PLOVIDBU

»Pravilnik o načinu obeležavanja poletno-sletnih i drugih staza civilnih aerodroma i postavljanju znakova orijentacije na objekte u zoni civilnih aerodroma« (»Sl. list SFRJ« br. 24/1966) — u daljem tekstu »Pravilnik« — sadrži u svom IV poglavlju odredbe u pogledu obeležavanja objekata, koji mogu predstavljati opasnost za vazdušnu plovidbu, odnosno predstavljati prepreke u užoj ili široj zoni aerodroma, ili pak prepreke u pravcima vazdušnih putova.

U red takvih objekata spadaju neka elektroenergetska postrojenja (na primer dimnjaci termoelektrana, dalekovodni stubovi u blizini aerodroma, na prelazima širokih reka, itd.), koja mogu da se kvalifikuju kao prepreke u široj zoni aerodroma, ako se nalaze u poluprečniku do 15 km od osovine poletno-sletne staze, ili kao prepreke u pravcima vazdušnih putova.

»Pravilnik« propisuje obeležavanje prepreka za uočavanje danju i noću, ali ne objašnjava tehniku izvođenja obeležavanja. Isto tako u našoj stručnoj literaturi još manjkaju odgovarajuća uputstva i preporuke u pogledu samog izvođenja obeležavanja prepreka u vazdušnom saobraćaju.

Popunjavanje ove praznine bi doprinelo i bezbednosti vazdušne plovidbe, i neprekidnom snabdevanju potrošača električnom energijom.

2. OBELEŽAVANJE PREPREKA ZA UOČAVANJE DANJU

Bezbednost vazdušne plovidbe pri dnevnoj svetlosti se ostvaruje na taj način, što se na objektima koji mogu predstavljati prepreke za vazdušni saobraćaj postavljaju naročiti znaci ili se na određeni način izvodi bojenje delova površina objekta.

Obeležavanje prepreka za uočavanje danju prvenstveno se zasniva na njihovom sjaju i kontrastu prema pozadini, na upadljivosti i lakom uočavanju zbog svojih neobičnih, pravilnih geometrijskih oblika postavljenih znakova i jarkih, istaknutih boja pojedinih površina, koji se ne sreću u prirodi.

2.1. Obeležavanje dimnjaka termoelektrana i drugih dimnjaka za uočavanje danju

Dimnjaci termoelektrana i industrijskih preduzeća, kao i drugi objekti koji predstavljaju prepreke u široj zoni aerodroma ili prepreke u pravcima vazdušnih putova moraju da se obeleže za uočavanje danju (bojenje).

Obeležavanje dimnjaka za uočavanje danju, kao i drugih objekata visine preko 100 m, mora da zadovolji sledeće zahteve:

a) obeležavanje za uočavanje danju se izvodi počev od visine najviše 75 m od nivoa temeljnog tla (dimnjaci, itd.), ako ova visina nije uslovljena pre početka izgradnje objekta;

b) obeležavanje za uočavanje danju se izvodi u vidu grupa horizontalnih prstena narandžaste (ili crvene) i bele boje širine po 5 m, koji se naizmenično redaju, s tim da u svakoj grupi mora biti tri ili pet prstena, a da krajnji prsteni u grupi budu narandžaste (crvene) boje. Broj grupa prstena se određuje u zavisnosti o usvojenim razmacima između grupa;

c) razmaci između grupa prstena obeležavanja za uočavanje danju ne smeju da prelaze 30 m za prepreke u široj zoni aerodroma, odnosno 50 m za prepreke u pravcima vazdušnih putova;

d) prsteni obeležavanja za uočavanje danju moraju da se stavljaju na 3—6 m ispod nivoa izlaznog otvora (usta) dimnjaka da bi se obojeni prsten manje prljao od primesa, koje sadrže dimni gasovi.

Prsteni obeležavanja za uočavanje danju na dimnjacima bele boje, koji su sagrađeni od belih opeka ili cementnog betona svetlog tona mogu da se nanose samo narandžastom (crvenom) bojom. Dimnjaci od crvenih opeka, koji se dobro uočavaju na pozadini, ne mora da imaju obeležavanje za oučavanje danju.

Dimnjaci visine do 100 m se obeležavaju za uočavanje danju počev od najviše tačke do na jednu trećinu visine, imajući u vidu napomenu iz tač. d.

2.2. Obeležavanje dalekovodnih stubova za uočavanje danju

Za obeležavanje dalekovoda, žičara i drugih nadzemnih vodova radi uočavanja danju »Pravilnik« predviđa nizove lopta, čije su polusfere obojene u dve boje.

Lopte su dvodelne i postavljaju se neposredno na zaštitno uže ili fazni provodnik.

U nas se takve lopte ne izrađuju.

Lopte za upozorenje stranog porekla su napravljene npr. od poliestera ojačanog staklenim vlaknima. Prema želji mogu da budu narandžaste ili crvene boje; prečnika su 600 mm; debljina zidova oko 2,5 mm; težina oko 4,5 kg.

Izrađuju se u vidu dve polulopte, koje se međusobno vezuju pomoću spojnica od sintetičkog materijala, a opremaju se graničnicima koji sprečavaju klizanje lopte po užetu (faznom ili zaštitnom), na koje se direktno postavljaju. Najveći prečnik užeta je 18 mm². Spojnice se stežu pomoću 4 zavrtnja galvanizirana navruće.

Njihove su odlike: mala težina, otpornost prema koroziji, a boja je postojana.

Probna ispitivanja su pokazala da lopte podnose 60 miliona vibracija bez oštećenja i da dalje ostaju spremne za upotrebu.

Pa ipak naša iskustva pokazuju da su lopte od plastične mase lomljive i da proizvođači moraju pružiti veće garancije u pogledu njihovog kvaliteta (čvrstoća, fiksiranje itd.).

Na dalekovodima ZEPS-a praktično više nije ostalo čitavih signalnih lopti.

Na osnovu odredbi »Pravilnika« organi našeg vazduhoplovstva zahtevaju da se dalekovodni stubovi, koji predstavljaju prepreke u vazdušnoj plovidbi, oboje narandžasto (ili crveno) i belo u pojasevima širine od po 4 m, s tim da gornji pojas uvek bude narandžast, odnosno crven.

Međutim može da se postavi pitanje da li je uopšte potrebno izvoditi posebno obeležavanje za uočavanje po danu dalekovoda i drugih nadzemnih vodova, čiji su stubovi obojeni aluminijum bronzom i daju veoma izražen kontrast prema pozadini svih tonova u svako doba dana tako, da se jasno uočavaju stubovi na obe strane od mesta nadletanja voda. Ovo naročito važi za dalekovodne stubove sa jače razvijenom glavom, a tim pre za portalne stubove, koji se skoro isključivo koriste na području SR Srbije. Zbog toga zahtev u pogledu obeležavanja dalekovoda za uočavanje danju verovatno bi mogao da se svede na zahtev da se svake godine za vreme redovnih godišnjih remonata vrši obavezno bojenje bronzom glava stubova, odnosno celih stubova, koji predstavljaju prepreke u široj zoni aerodroma ili prepreke u pravcima vazdušnih putova.

Bojenje stubova u vidu pojaseva narandžaste (crvene) i bele (srebrnaste) boje, koje se naizmenično ređaju, s tim da gornji pojas uvek bude narandžast, odnosno crven, ne bi se moglo preporučiti za čelično-rešetkaste stubove, jer male narandžaste površine vrhova stubova koji nose zaštitnu užad, a i na glavi i trupu stuba manje su uočljive od površina obojenih srebrnasto zbog slabijeg kontrasta prema pozadini.

3. OBELEŽAVANJE PREPREKA ZA UOČAVANJE NOĆU

Bezbednost vazdušne plovidbe po mraku i lošoj vidljivosti se ostvaruje na taj način, što se na visokim objektima izvodi osvetljenje za obeležavanje prepreka.

Orijentaciona svetla treba da budu tako raspoređena na preprekama da je prepreka, odnosno njen opšti oblik, uočljiv iz svih uglova horizontalnih ravni.

Broj orijentacionih svetala se određuje zavisno o visini i obliku prepreke tako, da se što jasnije ocrta oblik prepreke.

Osvetljenje za obeležavanje prepreka se izvodi specijalnim svetiljkama, koje mogu da se koriste kao orijentaciona svetla npr. svetiljke tipa MS nepromočive izrade proizvodnje »Rade Končar«. Za sijalice do 100 W, koje se opremaju zaštitnim staklom crvene boje, nepromočive svetiljke tipa SVSM-1 za sijalice do 200 W proizvodnje »Elektrokovina«, koje bi mogle da se koriste sa crvenim sijalicama, i neke druge svetiljke inostrane proizvodnje.

Isto tako mogu da se koriste neonske sijalice.

Prednosti neonskih sijalica sastoje se u tome što se mogu izraditi za direktni priključak na razne napone, a pošto je spiralna cev velike dužine to se dobija velika svetleća površina, pri čemu jačina svetlosti zadovoljava zahteve bezbednosti vazdušne plovidbe (iznosi preko 10 crvenih kandela). Pri velikom svetlosnom iskorišćenju neonske sijalice imaju veliki vek trajanja (oko 30—50000 časova gorenja).

Sijalice sa usijanim vlaknom za orijentaciona svetla treba da su izrade otporne na vibracije (brodska izrada).

Prema međunarodnim normama maksimalna jačina svetlosti orijentacionih svetala mora da iznosi najmanje 70 crvenih kandela, dok u granicama potrebnih uglova zračenja treba da je najmanje 10 crvenih kandela. »Pravilnik« ne propisuje vrednosti jačine svetlosti, već određuje snagu sijalice orijentacionog svetla, koja mora da iznosi najmanje 40 W, pri čemu nije propisana vrsta sijalice (sa usijanim vlaknom, na bazi pražnjenja u parama metala većeg ilim anjeg pritiska, itd.). Zbog toga treba da se orijentiše na međunarodni propis, tim pre što se za orijentaciona svetla mogu da koriste svetlosni izvori različitog iskorištenja, na primjer neonske sijalice ispunjene svetlećim gasom (crvene boje).

Pojasevi orijentacionih svetala se postavljaju na preprekama, koje moraju da se obeleže za uočavanje noću i to:

— ako je prepreka visine do 100 m — počev od gornje tačke do na jednu trećinu visine prepreke, računajući od nivoa temeljnog tla prepreke,
— ako je prepreka visine preko 100 m — počev od gornje tačke do visine najviše 75 m, računajući od nivoa temeljnog tla prepreke, ako ovo rastojanje nije uslovljeno pri izgradnji objekta.

3.1. Obeležavanje dimnjaka termoelektrana i drugih visokih dimnjaka za uočavanje noću

Dimnjaci termoelektrana (i fabrički dimnjaci) kao i svi drugi visoki objekti, predstavljaju prepreke u vazdušnom saobraćaju i u zavisnosti od položaja, mogu se smatrati preprekama u široj zoni aerodroma ili preprekama u pravcima vazdušnih putova.

Pojasevi (nizovi) orijentacionih svetala postavljaju se na dimnjacima i drugim visokim objektima, koji predstavljaju prepreke u široj zoni aerodroma, počev od gornje tačke objekta i dalje nadole na svakih 20—30 m, dok na dimnjacima i drugim visokim objektima, koji predstavljaju prepreke u pravcima vazdušnih putova — na svakih 50 m, sve do već pomenutog nivoa.

Gornji pojas orijentacionih svetala obično se postavlja na 3—6 m ispod gornje tačke (usta) dimnjaka, da nečistoća iz dimnih gasova manje prlja svetiljke, koje služe kao orijentaciona svetla.

Ako dimnjak stoji na uzvišenosti, koja dominira okolinom, onda se visina dimnjaka računa od položaja uzvišenosti.

Dimnjaci se opremaju stepenicama sa štitnicima od pada i podestima radi održavanja orijentacionih svetala i drugih delova instalacije osvetljenja za obeležavanje prepreka.

U jednom pojasu (redu) mora da budu najmanje dva orijentaciona svetla, s tim da se svetlosni signal na svakom nivou uočava iz svih pravaca približavanja vazduhoplova.

Preporučuje se da se u svakom pojasu postave najmanje po tri-četiri orijentaciona svetla s obzirom na teškoću održavanja instalacije osvetljenja za obeležavanja prepreke izrađene na visokim dimnjacima, kao i potrebu da se orijentaciona svetla vide iz svih pravaca. Svrsishodno je da se na visokim dimnjacima polože rezervni vodovi s rezervnim grupama orijentacionih svetala, s tim da se uključuju sijalice rezervnih orijentacionih svetala, ako pregore sijalice osnovne grupe orijentacionih svetala. Takva šema izvođenja osvetljenja za obeležavanje prepreka je pogodnija za eksploataciju instalacije.

Preporučuje se da se svetiljke, koje služe kao orijentaciona svetla, pričvršćuju u vertikalnom položaju na ograde podesta tako, da zaštitna stakla svetiljke budu okrenuta nagore. Ovim se dobija bolje uočavanje svetiljke iz svih pravaca.

Instalacija osvetljenja za obeležavanje prepreka se napaja iz instalacije radnog osvetljenja termoelektrane, odnosno industrijskog preduzeća.

Po spoljnoj površini dimnjaka vertikalno se polaže kabl s izolacijom od gume, plastične mase ili slabije impregniranog papira. Kabl se pričvršćuje za konstrukciju stepenica. Napojni oklopni kabl mora na prilazu dimnjaku da se položi direktno u zemlju (u rovu) najmanje na dužini od 10 m.

Ogranci za pojedina orijentaciona svetla mogu da se izvedu izolovanim provodnicima u čeličnim cevima položenim po podestima.

Upravljanje osvetljenjem za obeležavanje prepreke na dimnjacima vrši se po pravilu iz prostorije komande elektrane, gde se stalno nalazi dežurno pogonsko osoblje. Osvetljenje za obeležavanje prepreka se uključuje za celu noć, čim se smrkne, a isto tako i po danu, ako se vreme pogorša iz bilo kojih razloga (magla, kiša, sneg itd.), pa se vidljivost smanji.

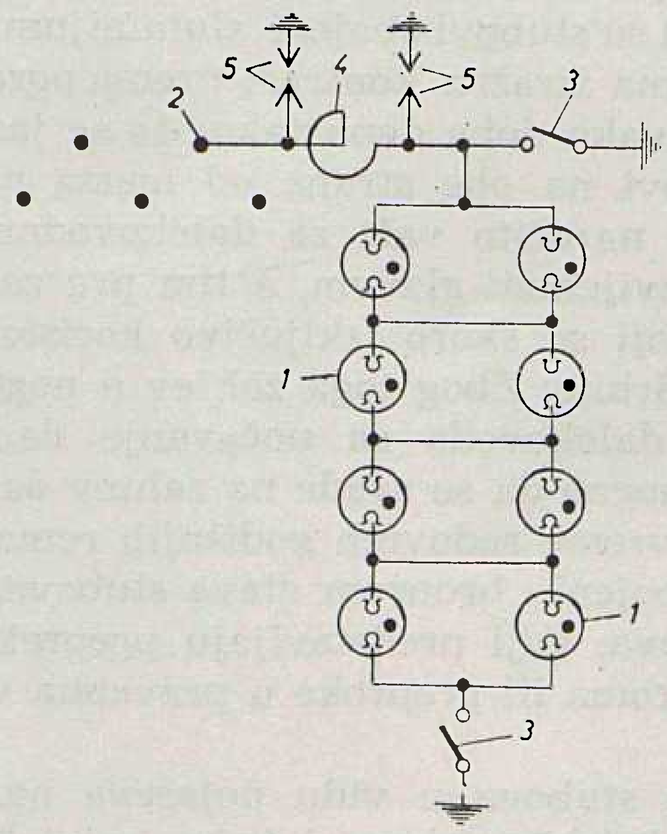
Navedene preporuke u pogledu osvetljenja za obeležavanje prepreka, koje se izvodi na dimnjacima, mogu da se proširе i na druge visoke objekte elektrana, koji moraju da se opreme osvetljenjem za obeležavanje prepreka.

3.2. Obeležavanje dalekovodnih stubova za uočavanje noću

Osvetljenje za obeležavanje prepreka, koje se postavlja na visokim dalekovodnim stubovima na prelazima reka i u blizini aerodroma može da se napaja iz lokalnih električnih mreža obližnih naselja ili aerodroma.

Kao izvor napajanja može da se koristi i kapacitivno oduzimanje energije sa dalekovoda. U tu svrhu na deonici, gde se postavljaju orijentaciona svetla, skida se uzemljenje sa zaštitne užadi.

U ovom slučaju kao svetlosni izvori mogu da se koriste i sijalice sa usijanim vlaknom (u svetiljkama naprimer tipa MS), i neonske sijalice (crvene boje).



Sl. 1. Šema napajanja neonskih sijalica orijentacionih svetala: 1 — neonske sijalice; 2 — uže; 3 — rastavljač; 4 — prigušnica; 5 — varničar

U prvom slučaju šema veza sijalica sa usijanim vlaknom predviđa da se postavi transformator za smanjenje napona (transformator male snage višeg napona 3—10 kV, merni naponski transformator itd.), a u drugom slučaju neonske sijalice se priključuju bez transformatora za smanjenje napona prema šemi sl. 1. Korišćenje neonskih sijalica je perspektivnije, jer se time pojednostavljuje šema napajanja instalacije osvetljenja za obeležavanje prepreka.

Ova šema predviđa da se postavi dvostruki broj neonskih sijalica, s tim da se rezervne sijalice pale samo, ako otkažu sijalice osnovne grupe. Prema ovoj šemi neonske sijalice stalno su uključene i svetle.

Za paljenje i gašenje osvetljenja za obeležavanje prepreka može da se koristi komandni automat sa fotoćelijama, koji uključuje sijalice kada počne da se smrkava ili se pogorša vidljivost (sneg, magla, kiša itd.).

Napajanje pomenutog komandnog automata se vrši iz naponskog transformatora. Ovo komplikuje šemu, ali primenom automata povećava se vek trajanja sijalica, jer se one isključuju kada se razvidni.

Komandni automat povećava investiciona ulaganja u instalaciju osvetljenja za obeležavanje prepreka. Zbog toga je njegova primena opravdana, ako treba da se uključuje i isključuje osvetljenje za obeležavanje prepreka, montirano na više dalekovodnih stubova na prelazima reka, koji su u neposrednoj međusobnoj blizini, tj. kada je instalisan veći broj neonskih sijalica.

Obeležavanje dalekovoda za uočavanje noću izvodi se u inostranstvu specijalnim uređajima sa neonskim sijalicama crvene boje. Ovi uređaji se vešaju direktno na fazni provodnik dalekovoda.

U tu svrhu se u SAD koristi specijalna svetiljka, koja se sastoji od aluminijumskog kaveza, u kome su montirane dve neonske sijalice crvene boje za napon 1,8 kV, od kojih je jedna rezervna. Sijalice su od cevi dužine 2,7 m i prečnika oko 16 mm, koja je, savijena u obliku cik-cak linije. Vek trajanja sijalica je oko 80.000 časova. Težina svetiljke iznosi 23 kg. Napajanje sijalica se vrši putem induktivne veze s faznim provodnikom dalekovoda preko rednog transformatora.

U Francuskoj se u iste svrhe koriste uređaji Balizor.

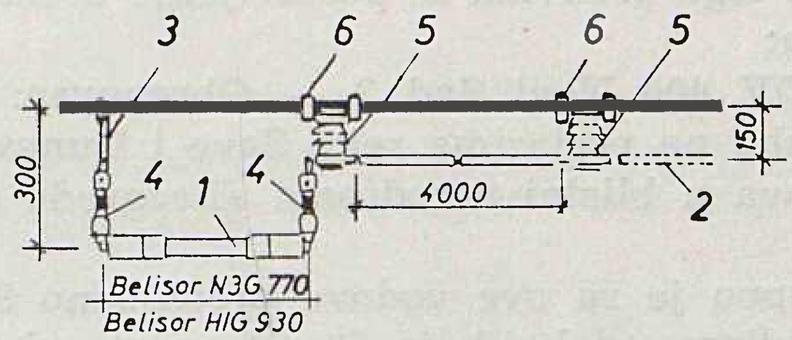
Uređaj Balizor radi na principu kapacitivnog oduzimanja snage, koje se ostvaruje na taj način, što se u blizini faznog provodnika dalekovoda paralelno postavi izolovani vod. Električno polje industrijske učestanosti oko faznog provodnika stvara između faznog provodnika i pomoćnog voda osetnu potencijalnu razliku dovoljnu da napaja pogodno odabrani svetlosni izvor.

Uređaji Balizor se izrađuju za nazivne napone dalekovoda od 60 do 750 kV. Uređaj se sastoji od tri osnovna sklopa:

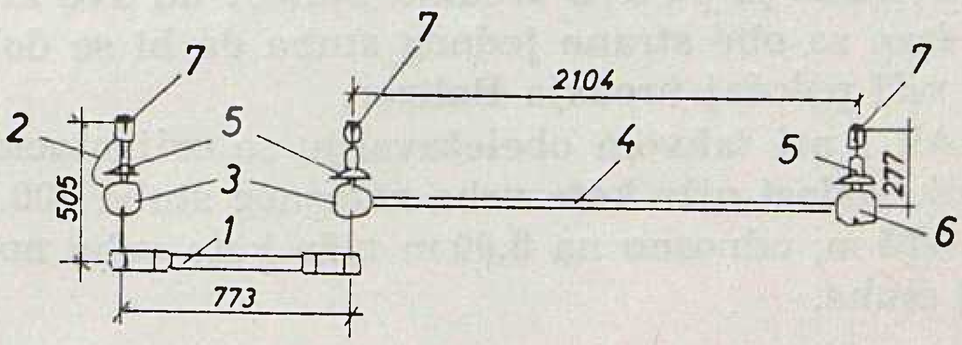
1. Neonske sijalice izrađene od cevi prečnika 5 do 7 mm dužine 2,2 m i savijene u svetleću spiralu dužine 28 cm. (Koriste se neonske sijalice s povećanim intenzitetom svetlosti izrađene od cevi dužine 4,4 m savijene u svetleću spiralu dužine 53 sm.) Spirala ima dve glavne elektrode, a smeštena je u zaštitni cilindrični omotač ∅ 50 m od Pajreks stakla ispunjen amortizacionom tečnošću. Na oba kraja zaštitnog omotača predviđeni su otpori, vezani na red s neonskom sijalicom. Oni sprečavaju prolaz visokofrekventne struje.

2. Vešaljki za učvršćenje na faznom provodniku (sl. 2), odnosno na odstojniku (sl. 3), ako su fazni provodnici u snopu, pri čemu se jedna od vešaljki koristi za priključak jednog kraja neonske sijalice na fazni provodnik dalekovoda, a drugi kraj je spojen s pomoćnim vodom.

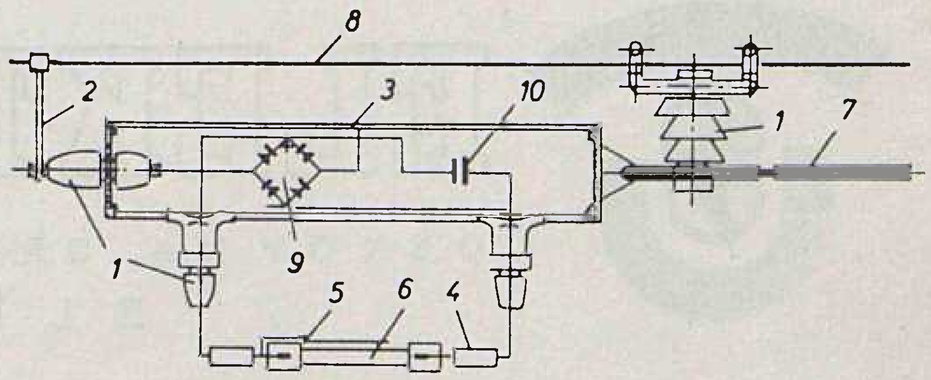
3. Pomoćnog voda, koji se sastoji od redno vezanih kapacitivnih elemenata postavljenih na rastojanju 150 mm, odnosno 505 mm od faznih provodnika dalekovoda nazivnog napona od 60 do 220 kV i, respektivno, od 380 do 750 kV. Broj kapacitivnih elemenata iznosi za dalekovode 60 kV — 1, 90 — 4, 150 kV — 2, od 220 do 750 kV — 1. Prema tome pri određenoj jačini svetlosti neonske



Sl. 2. Skica uređaja Balizor sa nepromenljivim svetljenjem (za dalekovode napona od 60 do 220 kV): 1 — sijalica Balizor (tip N3G dužine 770 mm za vodove 60, 90 i 150 kV; tip HIG dužine 930 mm za vodove 220 kV); 2 — pomoćni vod; 3 — krajnja vešaljka; 4 — gibljiva vešaljka; 5 — izolator sa obujmicama; 6 — stezaljka za učvršćenje na fazni provodnik



Sl. 3. Skica uređaja Balizor sa nepromenljivim svetljenjem za dalekovode napona 380 kV (do 750 kV): 1 — sijalica Balizor tip B 380; 2 — pletenica; 3 — vešaljka; 4 — pomoćni vod; 5 — stakleni izolator; 6 — krajnja vešaljka; 7 — čeljusna stezaljka za učvršćenje na odstojnik



Sl. 4. Šema uređaja Balizor sa treperljivim svetljenjem: 1 — izolator; 2 — vešaljka; 3 — omotač; 4 — otpornost; 5 — traka za olakšanje paljenja sijalice; 6 — neonska sijalica; 7 — pomoćni vod; 8 — fazni provodnik dalekovoda; 9 — ispravljači; 10 — kondenzator

sijalice dužina pomoćnog voda je obratno srazmerna nazivnom naponu dalekovoda.

Sijalice Balizor mogu da se opreme uređajima za treperavu svetlost da bi se povećala daljina njihovog uočavanja (sl. 4). Mogu da se koriste sijalice Balizor nepromenljivog svetljenja u kombinaciji sa sijalicama opremljenim uređajem treperave svetlosti. Na ovaj način izvedeno je obeležavanje za uočavanje dalekovoda 90 kV u zoni aerodroma Orli.

U nas se kraće vreme koriste uređaji Balizor nepromenljivog svetljenja, kojima su obeleženi vodovi 110 i 220 kV u okolini grada Beograda na prelazima reka i u blizini aerodroma »Beograd« u Surčinu:

— DV 141 Beograd 3 — Bančevo 1 (II vod): na dva stuba na prelazu reke Dunav;

— DV 228 Beograd 5 — Obrenovac (I vod): na dva stuba na prelazu reke Save i na 13 stubova u blizini aerodroma »Beograd«, ukupno na 15 stubova;

— DV 250 Beograd 5 — Obrenovac (II vod): isto kao na DV 228, tj. ukupno na 15 stubova;

— DV 253 Beograd 8 — Pančevo 2: na 4 stuba na prelazu reke Dunav.

Sem toga predviđa se postavljanje uređaja Balizor na:

— DV 406 Novi Sad 3 — Obrenovac: na po dva stuba na prelazima reke Save i Dunava i na 9 stubova u blizini aerodroma »Beograd« u Surčinu.

Ukupno je za ove vodove predviđeno 94 uređaja Balizor, od kojih je 68 u pogonu od 2 do 3 godine bez ikakvih neispravnosti.

Na svim ovim vodovima, za razliku od inostranstva, gde se uređaji Balizor postavljaju u sredini raspona na jednom faznom provodniku, predviđeno je po dva uređaja Balizor na dve krajne faze sa obe strane jednog stuba da bi se dobio što viši položaj uređaja Balizor.

Ali i pri takvom obeležavanju se orijentaciono svetlo nalazi niže kote vrha zateznog stuba 400 kV na 6,55 m, odnosno na 8,00 m niže kote vrha nosećeg stuba.

U pogledu orijentacionih svetala za obeležavanje dalekovoda opremljenih neonskim sijalicama ili sijalicama s usijanim vlaknom običnim ili s jodnim ciklusom, tj. sličnih orijentacionim svetlima na dimnjacima termoelektrana i drugim visokim dimnjacima, može se pretpostaviti da pri napajanju iz niskonaponske aerodromske električne mreže njihova pouzdanost ne bi bila manja od pouzdanosti koju pružaju uređaji Balizor, tim pre što se snabdevanju aerodroma električnom energijom na naponu 10—35 kV poklanja veća pažnja i što aerodromi raspolažu još i rezervnim agregatima.

Pri oceni pouzdanosti orijentacionih svetala treba imati u vidu još i to da uređaji Balizor ne svetle, kada dalekovod nije pod naponom (u toku izgradnje, za vreme ozbiljnijih kvarova, remonata ako se dalekovod ne uključuje svaki dan u predvečernjim časovima).

U tehničko-ekonomskim obrazloženjima izbora vrste orijentacionih svetala treba imati u vidu da današnja cena jednog uređaja Balizor iznosi uključivo montažu oko 5.000 dinara. Obrazloženja su potrebna, ako se obeležava više stubova na primer jednog dalekovoda u blizini aerodroma, tj. kada su niskonaponski vodovi relativno kratki, a napajanje pouzdano.

U ostalim slučajevima za primenu uređaja Balizor tehničko-ekonomsko obrazloženje nije potrebno.

LITERATURA

1. Koc A. Ja: Osvešćenije električeskih stancij i podstancij. »Energija«. Moskva 1973.
2. Pravilnik o načinu obeležavanja poletno-sletnih i drugih staza civilnih aerodroma i postavljanju znakova orijentacije na objekte u zoni civilnih aerodroma »Sl. list SFRJ«, br. 24/1966.
3. Balušević D. N.: Emkostnyj otbor mošćnosti ot linij elektro-peredači. Gosenergoizdat. 1959.
4. Volofkovič Ja. B.: Signalnyje svetiljniki na pzovodah LEP. »Električestvo za rubežom« br. 5/1960.
5. Koc A. J.: Svetovoje ograždenije vysokovoljtnyh linij elektroperedač Francii. »Svetotehnika«. Br. 10/1960.

Naslov pisca: Kiril A. Tropin, Beograd, ZEPS

ELEKTRA KRIŽEVCI

OSNOVNA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA
ELEKTRE ZAGREB

Trg kalničkih partizana 3 tel. 74-322, 74-074, 74-100

CIGRÉ 1974 — PROBLEMATIKA KABELA

1. Plastične izolacije kabela, kabelski pribor

Od posljednjeg zasjedanja CIGRÉ pitanje upotrebe polimera kao izolacije kabela je izgubilo na važnosti, jer se danas proizvode visokonaponski kabeli s izolacijom iz PE (polietilen) i UPE (umreženi polietilen). Težište ovog zasjedanja bilo je na osiguranju kvalitete putem odgovarajućih ispitivanja i primjena sintetskih izolacija kod visokonaponskih kabela.

1.1. UPE ili PE

Sve veća količina položenih kabela s izolacijom iz PE i UPE daje im onu važnost koju su doskora imali samo papirom izolirani kabeli.

U Švedskoj je od 1966. do danas u pogonu više od 150 km kabela s izolacijom iz UPE za napone 52—145 kV. U Francuskoj je položeno oko 712 km kabela s izolacijom iz PE za napone 45—225 kV (od toga 29 km 225 kV).

Razvoj u proizvodnji izolacije i tehnologija proizvodnje kabela dopuštaju sve veća opterećenja polja (6—9 kV/mm). Istovremena ekstruzija: unutrašnjeg vodljivog sloja — izolacije — vanjskog vodljivog sloja, znatno je poboljšala mehaničku i električnu kvalitetu kabela.

Za sada je teško dati prednost jednoj od izolacija (PE ili UPE). Uspjesi pojedinih proizvođača često su posljedica intenzivnijeg rada s određenim materijalom. U slučaju jednakih dielektričnih osobina prednost bi bila na materijalu s boljim termičkim kvalitetama, a to je danas UPE.

1.2. Ponašanje polimera

Danas je poznato da do proboja izolacija iz polietilena dolazi uslijed nečistoća izolacije, mjehurića i vlage.

Švedska i američka ispitivanja utvrdila su nečistoću izolacije kao uzrok proboja kabela. Prema ispitivanjima u Finskoj, nečistoće u izolaciji uzrokuju lokalno povećanje opterećenja polja, što dovodi do lokalnih oštećenja izolacije.

Teorija kvara još nije razjašnjena. Po jednima na mjestu nečistoće dolazi zbog Maxwell-ovih sila do pukotina uslijed umora materijala. Po drugima dolazi do parcijalnih pražnjenja (koja su tako malena da se ne daju mjeriti: 10^{-5} — 10^{-2} pC).

Dokazano je da šupljine u izolaciji skraćuju vijek izolacije. Proizvođači naročito paze da se ne stvaraju mikrošupljine, koje možda nastaju, nakon ekstruzije i umreženja, kao posljedica nepravilnog hlađenja, djelomične kristalizacije i stezanja. Zato se danas proces hlađenja izolacije kontrolira mini-računalima.

Ustanovljeno je da voda u krutim izolacijama kod polja iznad 2 kV/mm, stvara pukotine (oko 1 μm), koje izgledaju kao krošnja stabla. Ukoliko kanalići prolaze poprijeko preko cijele izolacije, dolazi do proboja. Te »krošnje« nestaju ako se izolacija osuši.

Kao posljedica vlage u PE izolaciji može doći do »elektrokemijskih krošnji«, tj. odlaganja Cu-iona u mikropukotinama.

Kod Al-vodiča može uslijed kemijske reakcije vode i Al doći do stvaranja vodika i povišenja tlaka u kabelu (izmjereno je 12 bara pretlaka na uzorku od 10 m).

Odgovarajućim postupcima u proizvodnji može se spriječiti nastajanje »krošnji«. Naročito valja paziti da se ne stvaraju šupljinice i da izolacija bude što čišća, a površine glatke. Radi sprečavanja prodora vlage kod kabela iznad 90 kV, a hlađenih vodom, valja kabel zaštititi vodonepropusnim slojem.

1.3. Ispitivanja

Mjerenje parcijalnih pražnjenja smatra se jednim od najvažnijih ispitivanja, iako još nije ustanovljena zakonitost između parcijalnih pražnjenja i vijeka trajanja izolacije. Parcijalna pražnjenja 64/110 kV kabela ispitanog sa 128 kV još su uvijek ispod 5 pC. Vrlo osjetljivim mjerenjima (0,1 pC) ustanovljene su neispravnosti kod izrade spojnica i kabelskih glava (hrapavost površine, u izolaciju umotane vlasi i niti tekstila).

Dugotrajna ispitivanja i statistika imaju za cilj da odrede vijek trajanja kabela. Proizvođači nastoje pronaći neke zakonitosti, a zasad se najčešće upotrebljava Weibull-ova teorija.

Na svaki način, ta su ispitivanja skupa. Elektroprivreda Francuske je prije odluke o upotrebi 225 kV PE kabela, kabele ispitivala 5000, odnosno 9000 h. Uzorci su bili dužine 100—200 m, priključeni na mrežu 225/$\sqrt{3}$ kV, a povremeno i 400/$\sqrt{3}$ kV bili su izloženi prenaponima i prolaznim pojavama mreže. Kabeli su normalno položeni i naizmjenično zagrijavani.

1.4. Kabelski pribor

Prema dosadašnjem iskustvu kabelske spojnice i kabelske glave za kabele s izolacijom iz PE i UPE za srednje napone (do 72 kV) rade se sa samovulkanizirajućim trakama. Takva izrada ne zahtijeva posebni alat, a sam rad je jednostavan i brz. Tako načinjena izolacija je 50—100% veća od izolacije kabela.

Kod kabela za 84 i 145 kV rade se kabelske spojnice i glave s PE trakama, stabilizatorima i peroksidom. Tako izrađena izolacija iz PE umrežuje se pod tlakom i temperaturom, a samo za 20% je veća od izolacije kabela.

2. Kabeli za najviše napone i izmjeničnu struju

2.1. Uljni kabeli

Od 1969. god. se u USA obavljaju ispitivanja za proizvodnju 550 kV uljnih kabela; dosadašnja iskustva garantiraju vijek trajanja takvog kabela od 40 godina. Izrada kabela zahtijeva izvanrednu čistoću i klimatizaciju prostorija u kojima se on proizvodi, radi održavanja optimalne i konstantne vlage.

Naponi od 400 kV i struje od 2000—3000 A ocjenjuju se danas kao granični za uljne kabele, radi gubitaka u dielektriku i problema hlađenja.

U proizvodnji kabela od 800 kV i više ispituje se primjena papirnih folija kao i folija u kombinaciji papira i plastičnih masa. Može se očekivati da će se 2000. god. proizvoditi uljni kabeli za 1000 kV.

U Njemačkoj su položeni, i u pogonu, prvi uljni kabeli za 400 kV prijenosne snage do 1160 MVA.

Za pravodobno utvrđivanje kvarova, na uljnim kabelima se primjenjuje metoda ispitivanja plinova (kao kod transformatora).

2.2. Plinski kabeli

Ocjenjuje se da su kabeli izolirani plinom nastavak razvoja uljnih kabela. Velika je prednost kabela izoliranih plinom što praktički nemaju gubitaka u dielektrikumu, a pogotovo problema odvoda topline; daljnja je prednost minimalno vlastito opterećenje jalovim snagama, što im daje velike prednosti u budućnosti. Sama proizvodnja je jednostavna, a zasad se isporučuju u dužinama od 20 m. U najbližoj budućnosti se može očekivati isporuka savitljivih 400 kV plinskih kabela u dužinama od nekoliko stotina metara.

Zasad su plinski kabeli u pogonu samo na nekoliko mjesta u svijetu, s naponom od 138—345 kV, u maksimalnim dužinama od 500 m.

Sve veća poteškoća pronalaženja trase za vodove prednost je plinskih kabela. Za prijenos približno istih snaga 2,2—2,7 GVA potreban je koridor od 36,0 m za zračne vodove od 420, odnosno 765 kV, dok je koridor za odgovarajući plinski kabel 0,9—2,0 m. Moguće je da u budućnosti plinski kabeli zamijene prijenosne vodove. Za sada se primjenjuju kod: ulaza prijenosnih vodova u rasklopna postrojenja, prijelaze rijeka, aerodroma, spojeva elektrona na rasklopnice.

3. Istosmjerni kabeli

Visokonaponski istosmjerni kabeli proizvode se nešto više od 20 god., a samo u 7 postrojenja položeno ih je oko 1000 km. Do sada su se pokazali vrlo dobrima u pogonu i sve više nalaze primjenu u prijenosu velikih snaga na veće udaljenosti.

3.1. Papirom izolirani istosmjerni kabel

Kod dimenzioniranja izolacije računa se s pogonskim opterećenjem polja 25—35 kV/mm, što omogućuje proizvodnju kabela istosmjernih napona do 750 kV.

Kako su struje nabijanja, a prema tome i akumulirana energija, kod kabela za istosmjerni napon četiri puta veći nego kod kabela za izmjenični napon, može kod pražnjenja doći do oštećenja kabela. Na svaki način, kabeli za istosmjerni napon osjetljivi su na prolazne pojave u mreži.

Kod hlađenja istosmjernih kabela izoliranih papirom pada tlak u dijelu dielektrikuma u nekim slučajevima i ispod atmosferskog, što uzrokuje parcijalna pražnjenja i oštećenja izolacije. Isto tako pada probojna čvrstoća papira s porastom temperature, pa može doći do »toplinskog proboja«. Da se to izbjegne, upotrebljava se papir velike gustoće opran u deioniziranoj vodi.

3.2. P.E. izolirani istosmjerni kabeli

Raspodjela polja kod PE izolacije i istosmjernih napona još nije razjašnjena, pa nema ni osnove za racionalno dimenzioniranje izolacije.

U Japanu su proizveli eksperimentalni 250 kV istosmjerni kabel s izolacijom iz UPE, koji je kod ispitivanja na starenje probijao već kod jakosti polja od 20 kV/mm, a da se tome nije našlo razloga.

Ipak se smatra da ekstrudirana izolacija ima prednosti pred papirnom (snabdijevanje uljem dielektrika kod većih dužina kabela).

3.3. Mehanički problemi kod istosmjernih podmorskih kabela

Mehanički problemi istosmjernih podmorskih kabela isti su kao i kod kabela za izmjenične struje. Kod polaganja su podmorski kabeli jako mehanički opterećeni zbog mase kabela (do 50 kg/m). Papirom izolirani kabeli dobro podnose radijalna opterećenja na kotačima mehanizacije prilikom polaganja. Neugodnija su smicanja između vodiča i opleta, jer se pomiču slojevi izolacionog papira, a može doći i do oštećenja izolacije. To se može izbjeći drugačijom konstrukcijom kabela i upotrebom odgovarajućeg uređaja za polaganje. Kao najbolja se je pokazala dvostruka armatura čeličnih žica s dodatnom Če trakom koja se preklapa.

Novi načini ribolova, kod kojih se teški predmeti vuku po dnu, a i teška sidra, povećavali su broj kvarova na podmorskim kabelima u pogonu.

4. Duboko hlađeni kabeli

Računi su pokazali da su supravodljivi kabeli (kod oko 4 K) rentabilniji od klasičnih kabela, ukoliko se radi s prijenosnim snagama većim od 3000 MVA. Ukoliko bi se upotrebljavali kabeli sa čvrstom izolacijom, napona 400 kV, bio bi supravodljivi kabel ekonomičan iznad 4000—5000 MVA.

Zasad još nije pronađena izolacija koja bi zadovoljavala na niskim temperaturama. Računa se da će se za 10—15 godina proizvoditi konkurentan, supravodljivi kabel prijenosne moći 2000—2500 MW.

5. Program istraživanja u USA

Veliki interes su pobudila američka istraživanja podzemnog prijenosa električne energije. Program predviđa niz sistematskih ispitivanja, kratkih, srednjih i dugoročnih, kako planira »Electric Research Council« (udruženje privatnih elektroprivrednih poduzeća i odgovarajućih državnih organa). Planirani troškovi za navedena istraživanja iznosili bi do 1984. g. 16,5 milijuna $, od toga za ispitnu stanicu ($9{,}0 \cdot 10^6$ $), razvoj duboko hlađenih kabela ($4{,}4 \cdot 10^6$ $), papirom i folijama izolirane kabele ($1{,}5 \cdot 10^6$ $) plinom izolirane kabele ($0{,}7 \cdot 10^6$ $), ekstrudirane izolacije ($0{,}5 \cdot 10^6$ $) i istosmjerne kabele ($0{,}2 \cdot 10^6$ $). Programi su mrežno planirani i mijenjaju se, po potrebi, svakih 12—18 mjeseci.

6. Zaključak

Glavna tema referata i diskusije bile su sintetske izolacije, naročito PE i UPE. Intenzivna istraživanja tih izolacija dala su odgovore na niz pitanja za koja se na prethodnom zasjedanju od prije 2 godine nije znalo odgovoriti.

Postoje još velike mogućnosti povećanja prijenosnih snaga poznatih kabelskih tipova. Pri tom će doći u obzir unutrašnji i vanjski sistem hlađenja.

Povećao se interes za kabele za istosmjerni napon, kabele izolirane plinom i za supravodljive kabele, koji će doći u obzir kod budućih velikih prijenosa.

(Elektrizitätswirtschaft 1974/26)

B. Mr.

GRIJANJE STANOVA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM U NORVEŠKOJ

Više od 60% kućanstava Norveške grije se električnom energijom, običnim grijalicama, dakle, bez termo-akumulacionih peći. Tako visoki postotak elektroenergijom grijanih kućanstava stavlja Norvešku na prvo mjesto na svijetu po broju elektrogrijanih stanova. Sigurno je, da za to postoje posebni razlozi, kao što je doskorašnje potpuno pomanjkanje bilo koje energetske baze osim hidroenergije, velika količina jeftine hidroenergije, relativno mali gradovi u blizini hidroelektrana, te kao posljedica toga suvišnost izgradnje prijenosnih vodova, specifična klima, tj. duge noći i duge zime, koje nisu pretjerano hladne, sretna tarifa koja potiče na potrošnju elektroenergije, te konačno, navike stanovnika Norveške.

Hidropotencijal Norveške procjenjuje se na 150 000 GWh. Cjelokupna proizvodnja Norveške je 1972. god. iznosila 67 800 GWh. Od te proizvodnje potrošila su kućanstva i javna rasvjeta oko 25 000 GWh (dakle, oko 19 000 kWh/kućanstvu godišnje). Uz pretpostavku godišnje potrošnje od 30 000 kWh/kućanstvu i 1,3 milijuna kućanstava, još uvijek bi godišnje potrebe kućanstava iznosile oko 38 000 GWh, dakle, svega 26% raspoloživog hidropotencijala, pa u Norveškoj ne može doći do pomanjkanja električne energije.

Treba istaći, da su količine oborina u Norveškoj gotovo tri puta veće nego u nas. Obala je duga oko 1 700 km, pa je teško da uz cijelu obalu dođe do suša, ukratko, hidroenergija je prilično sigurna.

Troškovi izgradnje hidroelektrana u Norveškoj iznose oko 4 200 d/kW, a to je po prilici cijena izgradnje termoelektrana u Evropi. Pri tom hidroelektrane imaju manje zaposlenih radnika i ne trebaju gorivo. Akumulacije se nalaze u pravilu na nenaseljenim i neobrađenim područjima. Visina akumulacije je na 1000—1500 m nadmorske visine, a u neposrednoj su blizini mora ili fjordova, pa su tlačni cjevovodi relativno kratki. Sve to čini izgradnju hidroelektrana jeftinom.

Norveški gradovi su maleni (Oslo 467 000 stanovnika, Trondheim 126 000), u neposrednoj su blizini elektrana, pa se potrebna električna energija može prenijeti 110 kV vodovima. Tek prije 15 godina izgrađena je zemaljska prijenosna mreža, jer prije nije bila potrebna.

Norveške obale oplakuje golfska struja, pa zime nisu tako oštre, ali su duge. Kuće su građene za zimu, drvene su ili od opeka, sa 10—15 cm toplinske izolacije iz mineralne vune. 75% kiše padne uz vjetar, koji kišne kapi »zabija« u zidove, opeke se namoče i tako mokre tri puta bolje toplinski izoliraju od suhih. Prozori su dvostruki i trostruki. Na ovo je sigurno utjecalo i 3200 sati godišnje, koliko treba grijati u Norveškoj. Napokon, dani su kratki. Zimi je rasvjeta stana ukopčana cijeli dan. Norvežani vole svjetlo i rasvjetljavaju čitavu kuću i okolicu. Tako su rasvjetljene i prostorije koje ne trebaju, pa rasvjeta po stanu iznosi 2—5 kW, što je već i nekakvo grijanje.

Prva norveška tarifa bila je paušalna. Plaćao se je fiksni godišnji iznos za snagu, a snaga je ograničavana limitatorima. Razumije se da su tako Norvežani iskorištavali električnu energiju po danu za rasvjetu, a po noći za grijanje vode. Tako su se pojavili bojleri kapaciteta 300—500 litara i snage 1—3 kW. Uz povoljnu cijenu električne energije počeli su se Norvežani preko dana grijati i običnim grijalicama. Specifične prilike Norveške dovele su do masovnog grijanja vode akumulacionim bojlerima i zagrijavanja prostorija običnim grijalicama, što je obrnuto od tendencija u Evropi, tj. da se voda zagrijava protočnim bojlerima od oko 20 kW, a grijanje stanova skupim, velikim i kompilicranim akumulacionim pećima u vrijeme noćne tarife.

Oštra klima i česta nevremena razlog su češćim kvarovima na vodovima, pa norveška domaćinstva imaju rezervna grijanja (nafta ili nešto slično), što koriste i kod izvanredno hladnih dana kao dopunsko zagrijavanje, da ne bi plaćali velike iznose za snagu (kod nas osnovna uplata). Norvežani, dakle, normalno koriste električnu energiju za grijanje prostorija, a ostale energetske izvore kao rezervne i dopunske, opet obrnuto nego ostali.

Sada oko 70% domaćinstava ima tarifu:

35,00 d/kW — osnovna uplata za snagu
0,09 d/kWh — bazne količine
0,50—0,70 d/kWh — više od temeljnih količina.

Takve su tarife odgojile Norvežanina kao potrošača, no, on zna što je to opterećenje i znade štedjeti električnu energiju. U slučaju da je ukopčao veći aparat, iskapča grijanje, ali zna da kratkotrajna opterećenja kućanskim aparatima (kuhalo za kavu, toaster, glačalo, mašina za pranje posuđa i rublja) ne utječu bitno na povećanje računa za električnu energiju i ne iskapča ih.

(Elektrizitätswirtschaft 3/1974)

B. Mr.

VODIK JEFTINIJI OD ELEKTRIČNE ENERGIJE

Prema američkim procjenama vodik je, kao energetska sirovina, prenošen odgovarajućim cjevovodima, šest puta jeftiniji od električne energije (uzimajući cijenu koksa iz 1971. god.).
(EZT b 1974/22)

B. M.

IZOLATORI OD UMJETNIH SMOLA

Na 25. zasjedanju CIGRÉ, što je održano u kolovozu 1974. god. u Parizu, bilo je riječi i o izolatorima za visokonaponske vodove iz umjetnih smola.

Upotreba umjetnih smola i staklene vune mijenja oblik i znatno smanjuje dimenzije i težinu izolatora za visokonaponske vodove. Takvi izolatori utječu na konstrukciju stupova i smanjuju potrebni koridor voda.

Ispitivanje parcijalnog pražnjenja izolatora unekoliko daje sliku o kvaliteti izolatora. Zasad nije moguće ispitati postoje li unutrašnje napetosti materijala, koje mogu dovesti do stvaranja pukotina, a time skraćenja vijeka trajanja. Općeniti je problem ispitivanje takvih izolatora, i ne postoje propisi za serijsko ispitivanje.

U zonama zasoljivanja pokazalo se mazanje silikonskim mastima izolatora iz umjetnih smola čak i štetnim.
(Elektrizitätswirtschaft 1974/26)

B. Mr.

NAJVEĆI TRANSFORMATOR GRAĐEN U TVORNICI ASEA

U laboratoriju Švedske tvornice ASEA upravo je ispitan i isporučen najveći transformator građen u toj tvornici. To je tronamotni trofazni transformator prijenosnog odnosa 400/220,5/18,6 kV, snage 1000/1000/300 MVA. On je ekvivalentan dvonamotnom transformatoru snage 1150 MVA, 50 Hz. Reaktancija između glavnih namota uzeta je 15%. U punom opterećenju transformator ima gubitke od 3,5 MW. Oba su namota ispitivana udarnim naponima 400 kV sa 1300 kV, a 220 kV sa 900 kV, a obje neutralne točke sa 550 kV.

Težina kompletnog transformatora s uljem iznosi oko 500 t. Transportne dimenzije iznose: visina 4,15 m, širina 3,25 m, a dužina 10,8 m. Transport je izvršen na novim željezničkim kolima tvrtke ASEA nosivosti 500 t.

Transformator će služiti u Švedskoj državnoj mreži kao veza mreža naponskog nivoa 400 kV i 220 kV.
(Asea Journal, No 6, 1974.)

B. M.

SVJETSKE REZERVE NAFTE

Svjetske raspoložive rezerve nafte povećale su se tokom 1974. godine za 11,4 mlrd tona, pa su početkom 1975. godine bile veće od 97 mlrd tona.

Situacija u pojedinim krajevima svijeta je ova (u mln tona):

	Stanje krajem 1973.	Stanje krajem 1974.	Porast %	Udio u 1974. %
Zapadna Evropa				
Italija	30	100		0.1
Norveška	550	1000		1.0
SR Njemačka	75	70		0.1
Vel. Britanija	1350	2150		2.2
Ostali	170	200		0.2
Ukupno	2175	3520	61,9	3.6
SSSR i Ist. Evropa				
SSSR	10700	11100		11.4
Ostali	400	450		0.5
Ukupno	11100	11550	4,0	11.9
Afrika				
Alžir	990	1000		1.0
Egipat	750	530		0.5
Gabon	200	240		0.3
Kongo	660	660		6.7
Libija	3360	3500		3.6
Nigerija	2720	2840		2.9
Ostali	370	380		0.4
Ukupno	9050	9151	1.1	9.4
Bliski Istok				
Abu Dhabi	2900	4000		4.1
Dubai	340	330		0.3
Irak	4200	4700		4.9
Iran	8100	9000		9.3
Katar	850	780		0.8
Kuwait	8800	10000		10.3
Neutralna zona	2500	2500		2.6
Oman	720	820		0.8
Saudi Arabija	18000	22300		23.0
Sirija	1400	250		0.3
Šarjak	200	200		0.2
Ostali	90	120		0.1
Ukupno	48100	55000	14.3	56.7
Daleki Istok				
Australija	300	300		0.3
Brunei-Mlajzija	220	340		0.3
Indonezija	1430	2000		2.1
Kina	2700	3400		3.5
Ostali	180	170		0.2
Ukupno	4830	6210	29,2	6.4
Istočna Hemisfera	72255	85430	18,2	88,0
Sjeverna Amerika				
Kanada	1270	1270		1.3
Meksiko	510	1900		2.0
SAD	4700	4760		4.9
Ukupno	6480	7930	22.3	8.2
Ostala Amerika				
Argentina	340	330		
Ekvador	770	330		
Kolumbija	200	130		
Peru	140	330		
Trinidad	320	360		
Venezuela	2000	2100		
Ostali	160	160		
Ukupno	3930	3740	—5,0	3.8
Zapadna Hemisfera	10410	11670	12,0	12,0
Sveukupno	85665	97100	13.4	100.0

Ukupne svjetske raspoložive rezerve nafte porasle su u 1974. g. za 13,4%; na Istočnoj hemisferi porasle su za 18,2%, tj. za nešto više od deset milijardi tona, i to od 75,3 mlrd tona na 85,4 mlrd tona. U postocima najveće povećanje ostvareno je u zapadnoj Evropi — za gotovo 62%, ali samo za 1,3 mlrd tona i to otkrivanjem novih rezervi nafte u norveškom i engleskom dijelu Sjevernog mora.

Na Dalekom Istoku raspoložive rezervne nafte porasle su od 4,8 mlrd tona na 6.2 mlrd tona ili za 29,2% i to povećanjem rezervi u Indoneziji i Kini. Na Bliskom Istoku rezerve su se povećale za sedam milijardi tona ili za 14,5% i to na račun povećanja u Abu Dhabi i Saudi Arabiji i u manjoj mjeri Iraka, Irana i Kuwaita.

Na Zapadnoj hemisferi rezerve nafte su se povećale za 1,2 mlrd tona na 11,7 mlrd tona ili za 12,0% i to prvenstveno uslijed otkrivanja novih rezervi nafte u Meksiku, gdje su raspoložive rezerve nafte tokom 1974. godine povećane od 510 mln tona na 1,9 mlrd. tona ili za gotovo četiri puta. U ostalim dijelovima Zapadne Hemisfere, ukoliko nema stagnacije u povećanju rezervi, zabilježen je slab pad, tako da je u svim zemljama osim Kanade i SAD zabilježen pad rezervi za gotovo 200 mlrd tona ili za 5.0%.

S obzirom na rasprostranjenost rezervi učešće Istočne hemisfere je 88%-tno, gdje Saudi Arabija ima udjel od 23,0%, SSSR 11,4% i Iran 10,3%. Na Zapadnoj Hemisferi samo SAD imaju udio od oko 5%, a ostale zemlje znatno manje.

Uzimajući u obzir, da je u 1974. godini bilo proizvedeno 2,87 mlrd tona nafte, stvarno bi povećanje rezervi iznosilo 14,3 mlrd tona ili 11,6%.
(Analiza načinjena prema podacima u Oel, II. 1975)

V. B.

OVISNOST O UVOZNOJ ENERGIJI U EVROPSKOJ EKONOMSKOJ ZAJEDNICI

Prema službenim statističkim podacima ukupna potrošnja energije u državama članicama Evropske ekonomske zajednice ovisi sa slijedećim postotkom o uvozu energije:

Belgija	82,8%	Holandija	45,6%	Luksemburg	99,5%
Danska	99,6%	Irska	81,0%	SR Njemačka	53,1%
Francuska	75,0%	Italija	81,0%	Vel. Britanija	49,7%

(Petroleum Economist, II. 1975.)

V. B.

KAPACITETI NUKLEARNIH TERMOELEKTRANA U ZAPADNOJ EVROPI

Kapaciteti nuklearnih termoelektrana bili su u prošloj godini ukupno 19.500 MW, a do 1990. godine povećat će se na 442.000 MW. Kapaciteti u pojedinim zemljama su ovi:

Zapadna Evropa	1974.	1990.
Francuska	2.900 MW	65.000 MW
Italija	600	35.000
SR Njemačka	3.400	90.000
Švicarska	1.000	10.000
Velika Britanija	11.400	45.000
Ostali	200	197.000
Ukupno	19.500	442.000

U tim godinama kapaciteti u SAD su 31.600 MW i 450.000 MW, a u Japanu 2.700 MW odnosno 100.000 MW.

Izgradnja tako velikih kapaciteta bit će skopčana s ovim problemima:

— opskrba gorivom uz ekonomske uvjete još nije na dulji rok osigurana
— još nema konačnog i zadovoljavajućeg rješenja za uklapanje velikih količina radioaktivnih otpadaka
— postoje mnogostruki i znatnim dijelom opravdani prigovori protiv gradnje novih nuklearnih elektrana
— brza gradnja nuklearnih termoelektrana bit će ugrožena mogućnostima strojogradnje
— nisu osigurana financijska sredstva ni za objekte ni za proizvodnju odnosno nabavku potrebnog goriva.

(Hohle und Heizöl, III 1975.)

V. B.

POTROŠNJA ENERGIJE U VELIKOJ BRITANIJI

Ukupna potrošnja energije u Velikoj Britaniji u 1974. godini premašila je 330 mln tona uvjetnog ugljena i bila je za 4,6% manja nego u prethodnoj godini. Struktura potrošnje primarnih nosilaca energije u 1973. i 1974. godini bila je (u mln tona uvjetnog ugljena):

Primarna energija	1973. mln t	1973. %	1974. mln t	1974. %	Razlika %
Ugljen	131,5	37,9	115,3	34,9	— 12,3
Nafta	159,7	46,1	149,3	45,1	— 6,5
Prirodni plin	43,5	12,5	52,1	15,8	+ 19,6
Hidroenergija	2,0	0,6	2,1	0,6	+ 4,7
Nuklearna energija	9,9	2,9	11,9	3,6	+ 20,3
Ukupno	346,6	100,0	330,7	100,0	— 4,6

Kako se vidi, potrošnja ugljena i nafte pala je količinski i udjelom u ukupnoj potrošnji, dok je za oko 20% porasla potrošnja prirodnog plina i nuklearne energije.

(Energy Trends, II 1975.)

V. B.

PROIZVODNJA PRIRODNOG PLINA U EEZ

Proizvodnja prirodnog plina u Evropskoj ekonomskoj zajednici iznosila je, prema podacima, 161 milijardu kubnih metara u prošloj godinia, prema 139,8 u 1973.

Za poboljšanje bilance »najzaslužnija« je Velika Britanija, u kojoj je proizvodnja prirodnog plina povećana u prošloj godini za 21 posto, i Holandija sa svojim povećanjem od 19 posto. Suprotno njima, u Francuskoj je zabilježeno smanjenje za 2, a u Italiji za 1 posto, što se objašnjava mjerama zaštite domaćih izvora energije. Oko polovicu ukupne potrošnje prirodnog plina u Evropskoj zajednici »pokriva« Holandija. Po prvi put njezin plin je »prodro« i na talijansko tržište, gdje trenutno podmiruje 9 posto njegove potrošnje.

Ugovor o ovim isporukama sklopljen je prije izbijanja energetske krize. Što se uvoza tiče, prošle godine je do Italije stigao sovjetski plin, a prestao je uvoz iz Libije. Prošlogodišnji uvoz sovjetskog, libanskog i alžirskog plina pokrio je samo 4 posto ukupne potrošnje u EEZ. Godinu dana ranije taj postotak je iznosio 3.

DOZVOLA FRANCUSKE VLADE ZA ISTRAŽIVANJE NAFTE U ZAPADNOM PRILAZU LA MANCHA

Prema vijestima francuskog Ministarstva za industriju, očekuje se da će francuska vlada odobriti istraživanje nafte u zapadnom prilazu La Mancha.

Dozvolu za istraživanje dobit će francuske kompanije »Societe Nationale des Petroles d'Acquitaine«, »Cie Francaise des Petroles«, i »Elf-Erap Group«, kao i francuske filijale inozemnih kompanija »British Petroleum«, »Royal Dutch-Group« i »Exxon Corp.«.

Radovi na bušenju počet će dva mjeseca nakon izdavanja dozvola.

IZVOZ PRIRODNOG PLINA IZ HOLANDIJE

Kompanija »Gazjuni« izvezla je prošle godine iz Holandije 41,4 milijarde kubnih metara prirodnog plina. Od ove količine izvezeno je u SR Njemačku 18,4 milijarde kubnih metara, Belgiju 11,6, Francusku — 9,5 i Italiju 0,9 milijardi kubnih metara.

SOVJETSKI SAVEZ VODEĆI PROIZVOĐAČ NAFTE U SVIJETU

Kako javljaju inozemne agencije, Sovjetski Savez je zamjenio SAD prošle godine na listi vodećeg svjetskog proizvođača nafte. On je prošle godine proizveo 458,2 milijuna metričkih tona sirove nafte i kondenzata, što predstavlja prosječnu proizvodnju od 9,16 milijuna barela dnevno, dok se ove godine planira produkcija od 500 milijuna tona.

Američka proizvodnja je, međutim, smanjena na 8,6 milijuna barela, što predstavlja četvrto uzastopno godišnje smanjenje.

Sovjetski Savez je u potpunosti nezavisan u pogledu energije, jer proizvodi dovoljne količine za svoje potrebe i čak izvozi, dok SAD imaju malo nade da postignu neovisnost o uvozu nafte.

Sovjetski stručnjaci planiraju povećanje proizvodnje nafte na 9,78 milijuna barela dnevno u ovoj godini, dok se u SAD očkuje nepromijenjena proizvodnja u odnosu na prošlu godinu.

Prema procjeni američkih stručnjaka Sovjetski Savez će nastaviti da povećava proizvodnju slijedećih pet godina, ali će poslije 1980. godine biti suočen s problemima u nastavku ovog trenda, ukoliko ne zamijeni djelomično zastarjelu opremu.

VEĆE DOKAZANE REZERVE NAFTE U BRITANSKOM SEKTORU SJEVERNOG MORA

Prema proračunima britanske vlade, dokazane rezerve sirove nafte u britanskom sektoru Sjevernog mora iznose 1,06 milijardu tona, umjesto ranijih proračuna od 895 milijuna tona.

Vladin izvještaj, također, iznosi da bi rezerve u oblastima koje trenutno pripadaju Britaniji mogle iznositi između 2,265 i 3,1 milijarde tona sirove nafte.

Prema najnovijim proračunima proizvodnja iz britanskih petrolejskih polja iznosit će ove godine između 1 i 2 milijuna tona.

Znatno manja proizvodnja je rezultat raznih teškoća, među ostalim teških uvjeta za rad, problema oko radne snage, kao i nedostatka materijala.

Britanska potrošnja sirove nafte iznosila je u prošloj godini 98,226.373 tone, za razliku od 104,715.596 tona koliko je iznosila potrošnja u 1973. godini.

(EKOS Tanjuga 39, 41, 45 i 46)

DOBRI IZGLEDI ZA PLINOFIKACIJU SRBIJE

Poslije petogodišnjih priprema ovog će proljeća plinofikacija Srbije nastaviti brzim tempom. Prema riječima Blagoja Milenovića, pomoćnika republičkog sekretara za privredu, pripreme vezane za posao na širem »frontu« su u završnoj fazi. Između ostalog, nabavljene su cijevi i neka druga oprema bez koje radovi ne mogu krenuti. Sada je jasno da će program plinofikacije Srbije stajati oko 38 milijardi dinara. Dakle, tri puta više nego što je predviđeno kada je polovinom 1969. godine osnovan inicijativni odbor za plinofikaciju. Poskupljenje je posljedica inflacije u zemlji i svijetu, znatnog »skoka« cijena cijevi, itd. Najvažnije je, ipak, da je »zatvorena« konstrukcija financiranja, a i da su u potpunosti usklađeni pogledi i mišljenja kada je riječ o većoj potrošnji plina u privredi republike. Kao što je poznato, sredstva zajednički osiguravaju novosadski »Naftagas«, Izvršna vijeća Vojvodine i Srbije, potrošači i Međunarodna banka.

Prva faza radova je plinofikacija do Paraćina. Svojevremeno se računalo da će potrošači u ovoj regiji koristiti prirodni plin već početkom slijedeće godine. Međutim, sada se zna da je 1977. krajnji rok za realizaciju prvog dijela projekta. U drugoj fazi otvorit će se put ovom ekonomičnom i vrsnom gorivu do Niša. Potrebno je još reći da će paralelno sa poslom u okviru prve faze Horgoš-Paraćin biti građen i krak Bagajnica — Loznica. Osnovana je pretpostavka da će se vremenom plinofikacija nastaviti od Loznice i Zvornika prema Bosni i od Niša na jug ka Makedoniji. Nepotrebno je naglašavati šta predstavlja veće učešće prirodnog plina u ukupnoj strukturi energetske potrošnje Srbije. Riječ je ne samo o odličnoj energiji, nego i sirovini toliko potrebnoj i za proizvodnju mineralnih gnojiva. Prednost plina je očigledna i s tehnološkog stanovišta u pojedinim granama — u industriji nemetala, naročito stakla, crnoj i obojenoj metalurgiji, itd.

Inače, postoje normalni preduvjeti za početak plinofikacije, jer bilansne rezerve dostižu 30 milijardi normalnih kubnih metara. Još desetak milijardi normalnih kubnih metara predstavljaju zalihe koje će se vjerojatno moći koristiti u dogledno vrijeme. Ipak, računa se da će u bližoj i daljoj budućnosti, oko 46 posto potreba morati podmiriti iz uvoza. Aranžmani u tom pogledu već se privode kraju. No, nije isključeno da će dalja geološka istraživanja dovesti do otkrivanja manjih ili većih nalazišta prirodnog plina. Ranije je bilo predviđeno da bi se mogao kombinirati prirodni i sintetski plin dobijen na osnovi lignita. Trenutno plinofikacija ugljena za ovu namjenu nije predviđena. U daljoj perspektivi će se vidjeti da li je to ekonomično i korisno.

Kada je riječ o geološkim istraživanjima, naglasio je pomoćnik republičkog sekretara za privredu Izvršnog vijeća Srbije Blagoje Milenović, neće se ona forsirati jedino zbog nafte i plina, nego i ostalog blaga — metala, nemetalnih sirovina, fosfata, itd. Niz koraka u tom pravcu već je poduzeto, a to znači da uskoro predstoje složeniji poslovi vezani za geološka istraživanja.

ISPRAVAK:

Prilikom štampanja članka S. Gehreckea: NEKI PROBLEMI ENERGETSKE STRUKTURE JUGOSLAVIJE došlo je do pogrešaka u naslovima tablica 2, 3, 4 i 5. Ispravni naslovi tih tablica glase:

Tablica 2: Utrošak nosilaca energije za proizvodnju sekundarne energije (Raščlanjivanje kolone 5 iz tablice 1)

Tablica 3: Varijanta bilance primarne i sekundarne energije (Vlastita potrošnja u energoprivrednim granama računata kao finalna potrošnja)

Tablica 4: Varijanta bilance primarne i sekundarne energije (Potrošnja svih energetskih medija u energoprivredi isključena iz finalne potrošnje)

Tablica 5: Bilanca finalne potrošnje energije.

ASTRA — MAŠINOIMPEX
OOUR IZVOZ — UVOZ

ZAGREB, VARŠAVSKA 9

Obavlja sve vanjskotrgovinske poslove izvoza i uvoza kompletnih objekata, strojeva, dijelova i alata za sve grane industrije.

U sastavu OOUR-a djeluje i specijalizirana radna jedinica za izvoz i uvoz tekstilnih strojeva, rezervnih dijelova i utenzilija.

U okviru posebne radne jedinice za energetiku, od vrlo značajnih energetskih objekata za našu zemlju, obrađuje se uvoz opreme za Nuklearnu elektranu Krško, kao i Termoelektranu Urinj kraj Rijeke.

Radna jedinica za energetiku pruža komercijalno-tehnički servis za investitore na području energetike, kao i na pripremi i realizaciji konstrukcija financiranja i kreditiranja izgradnje energetskih objekata.

Uz specijalizirane stručne kadrove, ASTRA-MAŠINOIMPEX ima i brojna predstavništva i poslovne baze u najvećim poslovnim centrima svijeta, kao što su: BEČ, BUKUREŠT, FRANKFURT, LONDON, MILANO, MOSKVA, NEW-YORK, PARIS, PRAG, SOFIJA, TOKYO, WARSZAWA i ZÜRICH. Naša kompleksna organizacija na području uvoza i izvoza predstavlja servis, koji ubrzava i olakšava realizaciju zadataka i zahtjeva investitora.

Telef. centrala: 417-011, Telegrami: MAŠINOIMPEX ZAGREB
TELEPRINTER: MASEX 21-177, 21-254

Vijesti iz elektroprivrede

DALEKOVOD 110 kV BENKOVAC — OBROVAC

Područje sjeverne Dalmacije, naročito kraj oko Bukovice, raspolaže bogatim nalazištima boksita, koji se iskorištava već godinama. Da bi se prirodna bogatstva boksita što ekonomičnije i bolje iskoristila, naša aluminijska industrija je odlučila izgraditi tvornicu glinice u obrovačkoj općini.

Za potrebe ovog postrojenja potrebno je osigurati dovoljne količine električne energije, pa je poduzeće »Elektroprenos« iz Splita u zajednici s poduzećima aluminijske industrije planiralo izgraditi dalekovod 2 × 110 kV Benkovac — Obrovac, u dužini oko 23,7 km. Radovi su počeli prošle godine i već je jedan dio završen — linija - istok. Radovi na liniji - zapad nastavljaju se u ovoj godini.

Vod se izvodi na čelično rešetkastim pocinčanim stupovima, s vodičima Al/Fe 150/25 mm². Zaštitno uže je čelično, presjeka 50 mm², izolatori porculanski kapasti K - 170/280 domaće proizvodnje. Ovjesni materijal isporučuje »Dalekovod«, kao i ostalu opremu, a obavlja i građevinske i montažne radove. Po završetku obje linije ovog dalekovoda on će biti priključen na transformatorsku stanicu u Zadru i u prvoj fazi raditi pod naponom 35 kV, dok se ne izgrade TS 220/110 kV u Benkovcu i Obrovcu.

U programu je da se na ovom području proširi mreža vodova 110 kV, a gradit će se i mreža 220 kV. Da bi tvornica glinice Obrovac raspolagala sa sigurnim i dovoljnim količinama električne energije Elektroprivreda Hrvatske priprema gradnju HE Obrovac, koja će koristiti, uglavnom, potencijal rijeke Zrmanje.

I. R.

RADOVI NA GRADNJI PTE JERTOVEC

Prema rebalansu plana izgradnje energetskih postrojenja u SR Hrvatskoj za 1974. i 1975. godinu u plan je uvrštena i gradnja plinsko-turbinskih elektrana u Jertovcu i Osijeku.

S obzirom na potrebe energetskog sistema sjeverozapadne Hrvatske i nakon rekonstrukcije TE Jertovec, koja se preorijentirala od ugljena na tekuće gorivo — mazut, odlučeno je da se hitno izgradi PTE Jertovec. Nova PTE Jertovec, instalirane snage 65 MW, prema projektima gradit će se u tzv. kombi-sistemu s rekonstruiranom starom TE Jertovec.

Glavni radovi na gradnji PTE Jertovec počeli su 15. studenog 1974. godine, i u sklopu su programa izgradnje naše prve nuklearne elektrane u Krškom. Prema ugovorima s inozemnim partnerima, uz gradnju i isporuku opreme za NE Krško američka tvrtka Westinghouse isporučila je za PTE Jertovec dva plinska turbo-agregata, svaki po 32,5 MW. Krajem prvog tromjesečja radovi na glavnim objektima ulaze u završnu fazu. Na betonskim temeljima montirana su oba plinska turbo-agregata. Preostaje još montaža nekih dijelova postrojenja.

U planu je, da ispušni plinovi plinskih turbina u dodatnim kotlovima, koji će biti montirani u prvom polugodištu 1976. godini, proizvode paru za rad dviju postojećih parnih turbina, snage po 12,5 MW. Upravo su u toku građevni radovi budućeg kotlovskog postrojenja. Kotlove će, kao i kompletnu opremu, isporučiti belgijska tvrtka »Cockerill«.

Kao pogonsko gorivo će PTE Jertovec upotrebljavati lako ulje, što će biti spremljeno u posebnim rezervoarima. Njihov je kapacitet po 6.500 m³. Radi se na montaži čeličnog plašta, cjevovoda za transport goriva i drugih uređaja u rezervoarima. Iz rezervoara cjevovodom se gorivo odvodi do specijalnih uređaja smještenih u crpnoj stanici za mazut. Iz crpne stanice se gorivo dovodi za pogon turbina.

Proizvodnja električne energije iz novoizgrađene elektrane predavat će se u mrežu proširenim dijelom sadašnjeg rasklopnog postrojenja 110 kV koje raspolaže s četiri slobodna polja. U prvoj fazi nova elektrana će koristiti dva polja 110 kV. Već su završeni temelji i zidovi za transformator. Pristupljeno je montaži generatora i druge elektroopreme. Izabrana su dva transformatora snage 45 MVA, što ih je isporučila tvrtka »Acec« — Charleroi iz Belgije. Opremu za prošireno rasklopno postrojenje isporučit će tvornica »Rade Končar« Zagreb.

Glavne radove izgradnje PTE Jertovec investitor je povjerio: građevni dio poduzeću »Hidroelektra« iz Zagreba, glavnu montažu strojne i elektro opreme »Industromontaži« i »Braći Kavurić«. U izgradnji postrojenja učestvuje još nekoliko specijaliziranih tehničkih organizacija iz republike.

Prema ocjeni i programu investitora »Elektroprivrede« iz Zagreba, nova elektrana Jertovec u lipnju ove godine ulazi u probni pogon. Potpunom izgradnjom prve plinske turbo-elektrane u našoj Republici, te uz postojeću TE Jertovec, koje će raditi u kombinaciji plinskih i klasičnih parnih turbina, elektrana će raspolagati instaliranom snagom 104 MW. Takvo postrojenje u energetskom sistemu sjeverozapadne Hrvatske, činit će značajan izvor električne energije jer je planirana proizvodnja električne energije do 700 GWh godišnje.

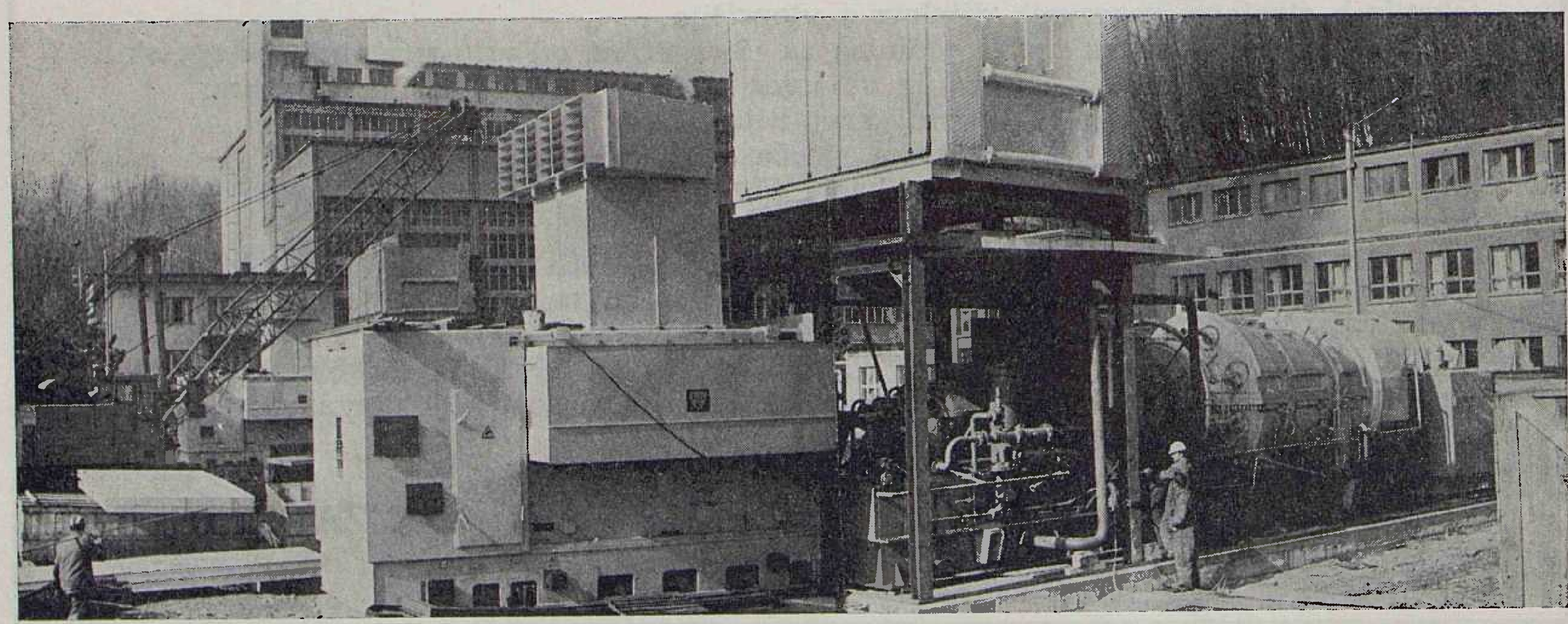
I. R.

GRADNJA NOVIH ELEKTRANA

Plan izgradnje elektroenergetskih objekata u 1975. godini obuhvatio je veći broj elektrana u svim našim republikama. Intenzivno će se nastaviti rad na izgradnji novih elektropostrojenja za koje su investitori osigurali potrebna financijska sredstva. Program izgradnje novih elektroenergetskih objekata po republikama je ovakav:

Na području SR Hrvatske priprema se gradnja HE Zakučac II, instalirane snage 260 MW, što predstavlja drugu fazu izgradnje HE Zakučac I. U toku godine organizirat će se radovi i na gradnji HE Obrovac, snage 115 MW. Radovi na izgradnji dvije plinske turbo-elektrane u Jertovcu i Osijeku su u toku i još će ove godine ući u pogon.

Pogled na plinski agregat u TE Jertovec



U slivu rijeke Drave otpočeli su pripremni radovi na HE Čakovec, snage 78 MW, s godišnjom proizvodnjom oko 430 GWh električne energije. Radi se na izvedbi pristupnih cesta, električne i vodovodne mreže, te montaži baraka za uskladištenje materijala na uređenju pomoćnih radionica i stanova za smještaj graditelja.

U Sloveniji se radi na izgradnji TE »Šoštanj IV«, snage 335 MW, i godišnjom proizvodnjom od oko 1800 GWh. Početkom ožujka počele su pripreme za gradnju HE »Srednja Drava«, u Forminu, snage 112 MW i godišnjom proizvodnjom od oko 580 GWh električne energije.

U planu je da HE »Srednja Drava« i TE »Šoštanj IV« do kraja 1977. godine uđu u redovan pogon.

Elektroprivreda Bosne i Hercegovine izvodi radove na izgradnji HE Bočac, s instaliranom snagom 110 MW. Nešto kasnije je predviđen početak radova na izgradnji HE Ugar, snage 400 MW. Obje ove hidroelektrane koristit će energetski potencijal rijeke Vrbas.

Nakon izvršenih priprema na HE Čapljina pristupljeno je izvedbi glavnih objekata. Završava se kompenzacioni bazen Svitana, a radi se na strojarnici, tlačnom cjevovodu i odvodnom kanalu.

Elektroenergetski sistem Srbije dobit će još jedan jak izvor električne energije proširenjem TE Kostolac. Početak gradnje TE Kostolac, snage 200 MW, godišnje proizvodnje od 1200 GWh električne energije, zabilježen je 8. veljače ove godine. Investitor nove termoelektrane je Industrijsko-energetski kombinat Kostolac.

U neposrednoj blizini Kičeva, SR Makedonija počela je gradnja termoelektrane Osmolej, koja će godišnje proizvoditi oko 660 GWh električne energije. Za ovu termoelektranu investitor je ugovorio opremu s proizvođačima strojogradnje i elektroopreme iz Poljske. Ugovoreno je da elektrana sredinom 1977. godine uđe u redovnu proizvodnju.

»DALEKOVOD« IZVODI RADOVE NA DV 380 kV U SLOVENIJI

I u ovoj godini zagrebačko poduzeće »Dalekovod« nastavlja opsežne radove na izgradnji prijenosnih postrojenja za potrebe elektroprivrede Slovenije. Glavni radovi odnose se na izgradnju dalekovodne mreže 380 kV. To su vodovi 380 kV koji su planirani programom »I. etape izgradnje osnovne 380 kV prijenosne mreže Jugoslavije«.

Između »Dalekovoda« i investitora »Dravske elektrane« Maribor ugovorena je izgradnja vodova:

DV 380 kV Maribor — Podlog, dužine 51,4 km, koji će se izgraditi na čelično-rešetkastim pocinčanim stupovima, s vodičima 490/65 mm² Al/Fe, zaštitno uže 120/70 mm² Al Mg 1/Fe, dok su stakleni izolatori proizvod tvornice Aranđelovac.

Drugi ugovoreni DV 380 kV je Maribor — Krško — granica SR Hrvatske, koji će se također izvesti na čelično-rešetkastim pocinčanim stupovima s vodičima 240/55 mm² Al/Fe i zaštitnim užetom 120/70 mm² Al Mg 1/Fe. Karakteristično je za ovaj vod da će biti izveden kao dvosistemski i jednosistemski. Dionica DV 380 kV Maribor — Mihovci, oko 20,4 km, i Krško — granica SRH — 16,6 km, dvosistemski, a druga dionica Mihovci — Krško, oko 51,4 km, kao jednosistemski.

Stručne ekipe »Dalekovoda« na oba ova voda organizirali su radilišta, tako da je veći dio građevnih radova završen i prešlo se na montažu stupova i opreme. Kompletan ovjesni materijal isporučuje »Dalekovod«. Prema ugovoru gradnja dalekovoda 380 kV treba da bude završena u drugoj polovini 1975. godine.

Uz ove radove za potrebe »Dravskih elektrana«, kolektiv »Dalekovoda« sklopio je ugovor i sa poduzećem »Savske elektrane« Ljubljana, o gradnji DV 380 kV Ljubljana — Podlog, oko 50 km. Tehnički podaci za vod su jednaki onima za prije spomenute vodove. Stupovi su čelično-rešetkasti pocinčani koje izrađuju u kooperaciji Energoinvest i Dalekovod.

Osim ovih radova na dalekovodnoj mreži 380 kV »Dalekovod« će raditi na rekonstrukciji mreže vodova 110 i 220 kV — u Sloveniji. Na dalekovodu 220 kV Kleče — Podlog rekonstrukcija obuhvaća dionicu Rašice — Beričevo, oko 9,8 km, radi uvoda i izlaza voda u TS 220/110 kV Beričevo.

Na mreži vodova 110 kV predviđena je rekonstrukcija dalekovoda 110 kV Trbovlje I — Trbovlje II, Laze — Beričevo, zatim Kleče — Domžale — Ljubljana, te dionice Klake — Pustovka.

U Slovenskom Primorju gradit će se DV 110 kV Koper — Izola — Lucija, koji će nakon izgradnje prve etape raditi pod naponom 35 kV. Radovi na rekonstrukciji dalekovodne mreže 110 i 220 kV trebaju biti završeni do kraja godine.

I. R.

PORAST PROIZVODNJE NAFTE

Domaći proizvođači sirove nafte planirali su proizvodnju u 1975. godini od 3,6 milijuna tona. Od planirane količine INA - Naftaplin ostvarit će oko 2,6 milijuna tona i to na starim naftonosnim poljima oko 2,4 milijuna tona, dok će 200.000 tona dati nova polja. Prema realnoj procjeni naftna polja u AP Vojvodini dat će oko 1 milijun tona nafte i oko 800 milijuna Nm³ zemnog plina.

Na naftonosnim poljima koje eksploatira INA - Naftaplin najveći proizvođač bit će Benčanci, kod Donjeg Miholjca, s oko 525.000 tona, Stružec sa 415.000 tona, zatim Žutica s 380.000 tona, Ivanić 270.000 tona i Šandrovac 250.000 tona sirove nafte. Od novih naftonosnih polja u prvi plan dolazi eksploatacija nafte na nalazištu Čađevica, područje Podravske Slatine. Nadalje je planirana realizacija od oko 750 milijuna m³ prirodnog plina. Bušači »Naftaplina« će u ovoj godini izbušiti oko 113.600 m eksploatacionih bušotina i obaviti 67.300 metara istražnih radova u panonskom području, a 3.800 metara u Dinaridima.

I. R.

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA
I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA
KARLOVAC

Obavlja kemijsku zaštitu (kotlovsku impregnaciju) svih vrsti željezničkih pragova, pragova za smještaj kranskih dizalica, stupova za TT i EV vodove, kocaka za hale, rudno drvo i ostali građevinski materijal od drveta.

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

IN MEMORIAM

Nakon kratke bolesti u 58. godini života umro je 24. travnja Ivan Brus, dipl. ek., glavni direktor i osnivač elektroprivrednog poduzeća »Dalekovod«. U »Dalekovodu« je bio direktor od njegovog osnutka, od 1. travnja 1949, a od 1946. do tada bio je direktor zagrebačke »Elektre«.

»Dalekovod« je osnovan sa zadatkom da projektira, gradi i montira dalekovode i transformatorske stanice najviših napona, jer se već tada osjećala potreba za poduzećem koje će se opredijeliti za bržu i uspješniju elektrifikaciju zemlje. Pod njegovim rukovodstvom poduzeće sa svega 120 radnika i s vrlo oskudnom mehanizacijom razvilo se u veliko specijalizirano poduzeće od 1800 radnika, s nekoliko velikih specijaliziranih radionica za izgradnju čeličnih konstrukcija, i za izradu spojnog i ovjesnog materijala za dalekovode. Uspjesi poduzeća na izgradnji visokonaponske mreže dalekovoda za prijenos električne energije na cijelom području Hrvatske, i djelomično na području drugih socijalističkih republika, postignuti su njegovim uspješnim rukovođenjem i njegovom sposobnošću i smislom za organizaciju.

IVAN BRUS

Njegovom inicijativom počela je akcija elektrifikacije naših otoka. Također je njegova zasluga integriranje s poduzećem »Srp i čekić« iz Vinkovaca, č su osposobljeni novi kapaciteti za izradu spojn ovjesnog materijala za dalekovode, što se ranijih dina uvozilo.

Smrt Ivana Brusa zatekla je njegov kolekti dosad najvećem i najopsežnijem poslu, izgradnji v konaponskog prstena napona 380 kV, dugog oko 3 km, za koje »Dalekovod« isporučuje kompletnu opr mu i izvodi sve građevinske i montažne radove. Valj naglasiti da je Ivan Brus i uz sve svoje redovne radn obveze i društvene dužnosti uspio diplomirati na Fakultetu ekonomskih nauka.

Bio je član Saveza komunista od 1945. godine i aktivni društveno-politički i sportski radnik. U kolektivu se zalagao za što šire samoupravljanje. Više puta je bio biran za člana Vijeća proizvođača Skupštine grada. Radio je u Općinskom komitetu SK Trnje i bio predsjednik nogometnog kluba »Metalac« i KK »Medveščak«. Za rad i zasluge na razvijanju socijalističkih odnosa odlikovan je Ordenom rada sa crvenom zastavom i Ordenom za zasluge sa zlatnim zracima.

Posljednjem ispraćaju Ivana Brusa prisustvovao je velik broj suradnika i prijatelja, te predstavnika društveno-političkih, elektroprivrednih, sportskih i drugih organizacija.

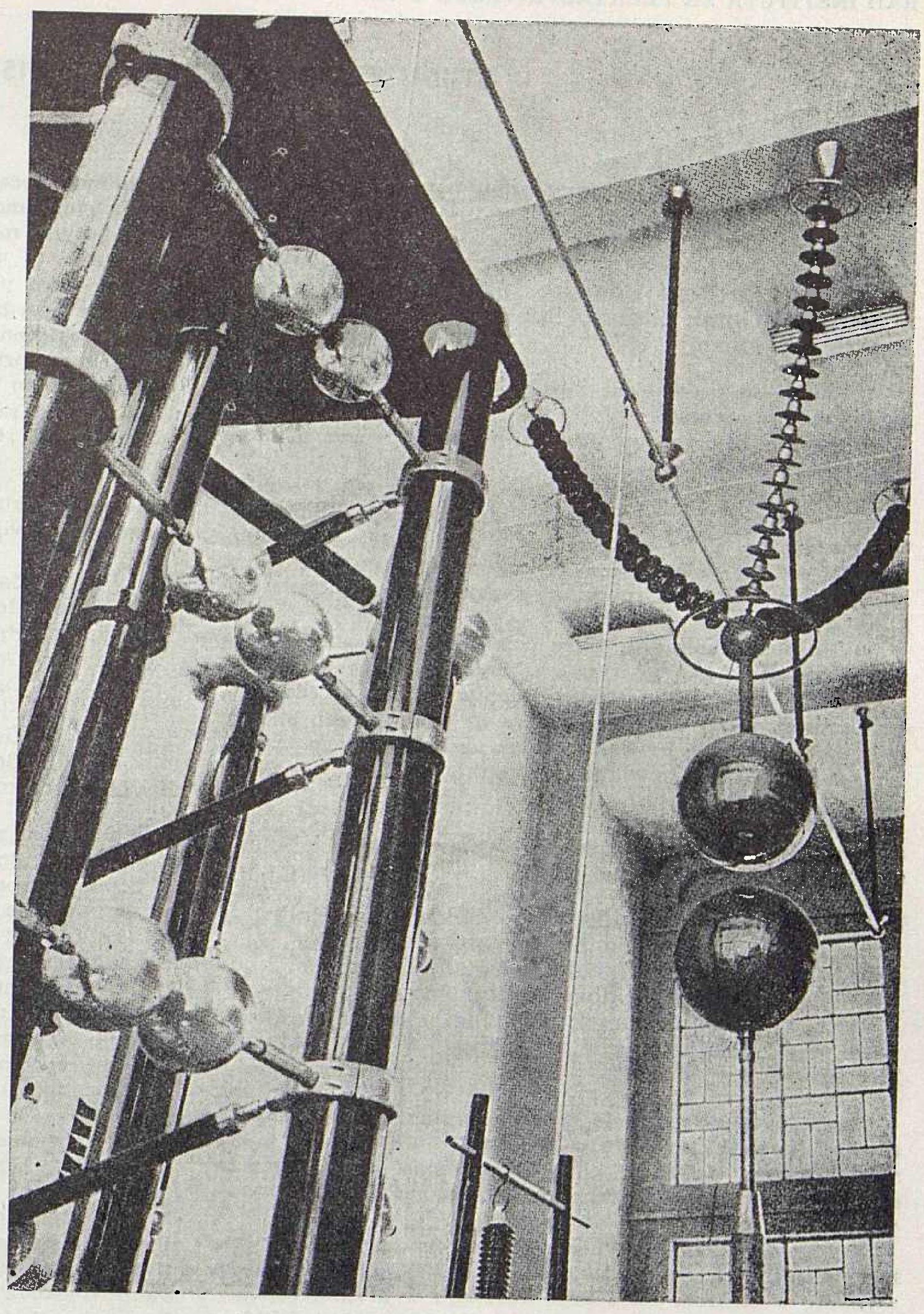
U ime kolektiva »Dalekovod« od preminulog direktora, Ivana Brusa, oprostio se tehnički direktor, Davor Smokvina. U oproštajnim riječima on je prikazao lik Ivana Brusa, kao uspješnog rukovoditelja i radnika na razvoju naše elektroprivrede, istaknutog društvenog radnika, i čovjeka uzornog karaktera. U ime elektroprivrednih organizacija Hrvatske od Ivana Brusa se dirljivim riječima oprostio drug Anđelko Marušić.

U ime poslovnog udruženja »Ingra« govorio je član upravnog odbora Milan Mašala, direktor »Juventa« iz Zagreba.

Posljednje riječi oproštaja uputili su Ivanu Brusu predsjednik Gradske konferencije SSSRH drug Vlado Podupsky, a zatim predstavnici mjesne zajednice »Anka Butorac« i sportskih klubova »Metalac« i »Medveščak«.

Brojni prijatelji i suradnici trajno će se sjećati Ivana Brusa kao dobrog druga, komuniste, uzornog čovjeka, vrijednog i ambicioznog stručnjaka u izgradnji naše elektroprivrede, i istinskog borca za ostvarenje principa samoupravljanja u našoj socijalističkoj zajednici.

I. R.



RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U 1974.

Institut za elektroprivredu u Zagrebu osnovan je sa zadatkom da znanstveno obrađuje probleme razvoja elektroprivrede i ostale energetike, i u tom području djeluje već više od dvadeset godina.

Svojim razvojem i afirmacijom Institut je postao nosilac obrade važnih problema jugoslavenske i hrvatske elektroprivrede i energetike uopće. Naročito valja istaknuti aktivnost Instituta na znanstvenim istraživanjima metoda bilanciranja energetskih sistema uspoređivanjem vrijednosti elektrana, stalni rad na studiji perspektivnog razvoja jugoslavenske mreže visokog i najvišeg napona, te rad na analizi potrošnje i drugim problemima razvoja razdjelnih mreža.

Osim rada na užoj problematici razvoja elektroenergetskog sistema, razvio je rad na tehnološkim elementima termoenergetike, te u tehnici visokog napona. U pojedinim specijalnostima ovih područja Institut je vodeća ustanova u zemlji. U posljednjih godinu dana ubrzano se razvija i djeluje i grupa za studij automatizacije u elektroprivredi.

Suradnici Instituta su također i priznati stručnjaci izvan Instituta, među kojima i nekoliko istaknutih sveučilišnih profesora.

Znanstveno istraživački rad se obavlja, prema unutarnjoj organizaciji, u osam posebnih grupa, od kojih svaka ima svoj zaokruženi djelokrug rada:

1. Studijska grupa za elektroenergetske sisteme
2. Studijska grupa za prijenosne mreže
3. Studijska grupa za razdjelne mreže
4. Studijska grupa za n. n. mreže i za projektiranje
5. Studijska grupa za automatizaciju i regulaciju
6. Studijska grupa za termoenergetske sisteme
7. Laboratorij za toplinska mjerenja
8. Laboratorij za visoki napon i jaku struju.

U daljnjem tekstu su prikazani važniji radovi iz djelovanja pojedinih grupa u 1974. godini.

STUDIJ ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

Analiza međusobnog utjecaja HE Zlatoličje i HE Varaždin

Naručitelj: Elektroprivreda Zagreb
Autori: Prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Dr Božo Udovičić, dipl. ing.
Goran Granić, dipl. ing.
Završeno u siječnju 1974.

U studiji su promatrane mogućnosti proizvodnje HE Varaždin uz pretpostavke:

a) HE Varaždin radi uz prirodni protok, tj. nema nikakve regulacije protoka.

b) HE Varaždin koristi regulirane vode iz HE Zlatoličje s tim da je rad HE Zlatoličje definirano lancem hidroelektrana na Dravi. U tom slučaju uzeto je u obzir trajanje putovanja vodnog vala od HE Zlatoličje do HE Varaždin (6 sati), ali uz mogućnost pomaka početka rada HE Zlatoličje s maksimalnom snagom.

c) HE Varaždin radi u lancu hidroelektrana na Dravi, što je moguće samo ako je izgrađena Srednja Drava II.

Rezultati dobiveni u studiji ukazuju da se najveća količina energije u HE Varaždin dobiva uz pretpostavku b), dok se energija najbolje kvalitete dobiva uz pretpostavku c).

Opseg: 35 strana, 4 tablice i 28 slika.

Analiza prilika u elektroenergetskom sistemu Hrvatske u 1975, 1976. i 1977. godini

Naručitelj: Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske, Zagreb
Autori: Prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Dr Božo Udovičić, dipl. ing.
Goran Granić, dipl. ing.
Slavko Alerić, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1974.

Svrha ovog elaborata je da prikaže stanje u elektroenergetskom sistemu Hrvatske u 1975, 1976. i 1977. godini s konačnim ciljem da bi se odredila potrebna snaga agregata s plinskim turbinama što bi ih u tim godinama valjalo izgraditi radi što bolje opskrbe potrošača.

Pri analizi prilika nije uzimana u obzir mogućnost nabave energije iz drugih područja Jugoslavije, jer se može smatrati, s obzirom na stanje izgradnje u drugim republikama, da će postojati samo slučajni viškovi, ovisni o hidrološkim prilikama, ali da se garantirani viškovi u drugim područjima neće u tim godinama pojavljivati. Slučajni viškovi mogu samo smanjiti potrošnju goriva u termoelektranama, ali ne mogu smanjiti potrebu izgradnje proizvodnih kapaciteta. U kritičnim situacijama, naime, takvi viškovi energije neće postojati, a baš su kritične situacije mjerodavne za određivanj potrebe izgradnje proizvodnih kapaciteta u elektroenergetskom sistemu.

Analizom prilika utvrđena je potreba izgradnje plinskih elektrana kako bi se ublažila nestašica električne energije u navedenom razdoblju.

Opseg: 110 strana i 76 slika.

Optimalni kapaciteti nuklearnih elektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije do 2000. godine

Naručitelj: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd
Autori: Prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Dejan Mandić, dipl. ing.
Dr Božo Udovičić, dipl. ing.
Slobodan Joksimović, dipl. ing.
Goran Granić, dipl. ing.
Boris Kalan, dipl. ing.
Završeno u kolovozu 1974.

Studiju su zajednički izradili Institut za elektroprivredu iz Zagreba i Energoprojekt iz Beograda.

Za tri nivoa potrošnje električne energije u Jugoslaviji od 80 TWh, 140 TWh i 240 TWh (koji odgovaraju, po prilici, za 1980, 1990. i 2000. godinu) načinjena je struktura izvora električne energije za nekoliko pretpostavki.

Izgradnja hidroelektrana je ocijenjena i nije bila predmet detaljnih analiza u ovoj studiji. Težište analiza usmjereno je na odnos klasičnih termoelektrana na ugljen i nuklearnih elektrana. Budući da su ležišta ugljena locirana u istočnom i centralnom dijelu Jugoslavije, izvršena je podjela na zapadno i istočno područje, kako bi se mogao vidjeti utjecaj prijenosa električne energije. Metodom minimalnih investicija pojavljuje se potreba za izgradnjom klasičnih termoelektrana na ugljen, dok se metodom minimalnih troškova u elektroenergetskom sistemu pokazuje opravdanost izgradnje nuklearnih elektrana u cijelom sistemu, a posebno u zapadnom području. U studiji je analiziran i utjecaj povećanja troškova za gorivo na optimalnu strukturu, te vrijeme iskoristivosti domaćih zaliha ugljena.

Opseg: 140 strana, 142 tablice i 7 slika.

STUDIJ PRIJENOSNIH MREŽA

Mreža SR Hrvatske za daljnju perspektivu (I dio obrade za 1982. godinu)

Naručitelj: ELEH — Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SRH — Zagreb
Autori: Boris Markovčić, dipl. ing.
Mr Zdenko Tonković, dipl. ing.
Završeno u travnju 1974.

Ispitivana je mreža SR Hrvatske za prilike u 1982. godini. Elektroenergetske podloge su razrađene za tri varijante s obzirom na lokaciju druge nuklearne elektrane i to, da je NTE kraj Zagreba, u Dalmaciji i da nije na području SR Hrvatske.

Analizom karakterističnih mjeseci u razmatranje su uzete prilike u II. i XII. mjesecu u maksimumu, i VII. mjesecu u minimumu.

Iako su ispitivanja bila ograničena samo na SR Hrvatsku u razmatranje je uzeta cijela jugoslavenska mreža 220 kV i 380 kV (bez Makedonije) i 110 kV mreža sjeverozapadne Hrvatske.

Cilj ispitivanja je bio, da se nađu odgovori na slijedeća pitanja i probleme:

1. Dimenzioniranje mreže s obzirom na normalni pogon i ispade makar jednog od vodova i jedne ili obiju NTE.
2. Potreba izgradnje novih vodova 220 kV i 380 kV osim osnovne 380 kV mreže.
3. Utjecaj lokacije NTE na mrežu.
4. Utjecaj prijelaza južne magistralne i osnovne mreže 380 kV u privremenom pogonu 220 kV na 380 kV.
5. Utjecaj lokacije viška snage koju valja prenijeti na zapad na prilike u mreži (alternativni viškovi u BiH ili u Srbiji).

6. Razdioba snage i karakteristike transformacije 220/110 kV i 380/110 kV.
7. Potreba jalove snage na zapadu prilikom teških ispada.
8. Potreba ugradnje prigušnica kod minimalnih opterećenja.

Opseg: 85 strana.

Proračun tokova snage i naponskih prilika elektroenergetskog sistema SR Hrvatske za 1974. godinu

Naručitelj: Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske
Autori: Boris Markovčić, dipl. ing.
Mr Zdenko Tonković, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1974.

Za analizu perspektivnog snabdijevanja SR Hrvatske električnom energijom iz susjednih republika analizirano je nekoliko karakterističnih planiranih (bilanskih) režima proizvodnje i potrošnje.

Najprije je testirana pogodnost ICL-ovog programa za takve perspektivne analize. Uspoređeno je stanje snimljeno u mreži 17. 10. 1973. s onim koje je na osnovi istih ulaznih podataka proračunato strojem. Konstatirana je zadovoljavajuća točnost pa se prešlo na analize za travanj, svibanj i lipanj 1974. O tim mjesečnim analizama, diskutiralo se na Tehničko-eksploatacionoj komisiji, uočavani su problemi i izvršena poboljšavanja radi budućeg »dispečerskog« praćenja dinamike pogona sistema na elektroničkom računalu.

Obavljena su i dodatna ispitivanja za lipanj 1974. da bi se dobio odgovor na konkretno pitanje: o utjecaju HE Orlovac na trenutne prilike u sistemu.

Opseg: 68 strana i 15 slika.

Preplitanje faza u prijenosnom 380 kV sistemu Jugoslavije

Naručitelj: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd
Autor: Mr Zdenko Tonković, dipl. ing.
Stručni suradnici i konzultanti:
Boris Markovčić, dipl. ing. i
Miroslav Jung, dipl. ing.
Završeno u rujnu 1974.

Studijom su najprije na osnovi postojeće literature utvrđene teoretske postavke nesimetrije na vodovima. Poznatom metodom simetričnih komponenti odvojeno su analizirane induktivna i kapacitivna nesimetrija i postavljeni izrazi kojima je moguće izračunati inverznu i nultu komponentu struje nesimetrije. Tako određene simetrične komponente struje nesimetrije promatraju se u odnosu na direktnu komponentu (identičnu faznim strujama potpuno prepletenog voda). Time su definirani stupnjevi nesimetrije. Veličine tih omjera nisu nigdje, ni kod nas ni u svijetu, određene, pa se zato pristupilo analizi koristeći se poznatom literaturom i direktnim kontaktima s elektroprivredama drugih zemalja, gdje je taj problem već riješen.

Za dijelove elektroenergetskog sistema interesantna je samo inverzna komponenta. Za rad generatora najvažnija je strujna nesimetrija, a za motore naponska nesimetrija mreže. S tog stanovišta, dopuštena strujna nesimetrija velikih generatora bila bi 5%, a naponska nesimetrija mreže ne bi smjela kod potrošača prijeći 2%.

Na komunikacione vodove utječu, i uzimaju se u obzir, samo smetnje u eksploataciji (šumovi, izobličenja). U našim su propisima određene dužine ciklusa prepleta prijenosnog voda, no tako nerealno male da ne dolaze u obzir. Američki, francuski i sovjetski pogledi na taj problem su slični, tj. da je za ograničavanje nesimetrije mjerodavan jedino energetski sistem, a ne moguće smetnje na vodove veze.

Što se tiče dopuštenih nesimetrija u mreži visokog napona analizom evropske i američke prakse, provedenom u studiji, zaključeno je da bi se u mreži 380 kV mogle tolerirati naponske nesimetrije od 1 do 2% za inverznu komponentu, te od 0,2 do 0,3% za nultu komponentu.

Preporučivana dužina prepletnog ciklusa mijenjala se s godinama i po zemljama. U studiji je to iscrpno obrađeno, kao i tipovi prepleta koji dolaze u obzir.

Na temelju provedenih analiza i uvidom u praksu preplitanja u drugim zemljama, predložene su za jugoslavensku 380 kV mrežu četiri varijante prepleta, koje su u studiji prikazane i u crtežima. Kritičkom analizom odabrana je i predložena varijanta s najmanje prepletnih mjesta. Između dvije stanice nisu nigdje izvedena dva ciklusa. Takva je izvedba najjeftinija, a i pogonski najsigurnija, a s druge strane takav preplet zadovoljava provedene brojčane analize, kao i iskustva inozemnih elektroprivreda.

Opseg: 68 strana i 15 slika.

Uzemljenje zvjezdišta mreža 30 (35) kV na području »Elektre« — Zagreb

I. dio — Uzemljenje zvjezdišta i proračun kratkog spoja

Naručitelj: »Elektra« — Zagreb
Autor: Miroslav Jung, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1974.

U ovom dijelu studije je obrađen prijelaz postojećih mreža 30 (35) kV »Elektre« - Zagreb od pogona s izoliranim zvjezdištem na pogon sa zvjezdištem uzemljenim preko otpornika za ograničenje struja jednopolnog kratkog spoja. Izvršeni su proračuni najvećih i najmanjih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja, kao i zemljospoja, kod različitih uklopnih stanja spomenutih mreža.

Pri izboru otpornika uvažena je odluka tehničkih rukovoditelja distribucije SR Hrvatske o uzemljenju zvjezdišta preko djelatnog otpora, stvarno stanje postojećih mreža, kao i rješenje njihovog budućeg razvoja, utjecaji što će ih imati promjena načina uzemljenja zvjezdišta na relejnu zaštitu mreža, na uzemljenje postrojenja i stupova nadzemnih vodova, kao i na paralelno vođenje nadzemnih vodova sa žičanim dojavnim linijama. Rješenja relejne zaštite mreža i uzemljenja obradili su drugi autori i nalaze se u posebnim studijama ovog Instituta.

Rezultati su prikazani u tablicama i na slikama.

Opseg: 20 strana, 21 tablica i 21 slika.

Proračun konstanti i raspodjele struja jednopolnog kratskog spoja u vodovima 110 kV

Naručitelji: »Dalekovod« — Zagreb i »Elektra« — Varaždin
Autori: Miroslav Jung, dipl. ing.
Davor Nevečerel, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1974.

Za potrebe projektiranja nadzemnih vodova 110 kV Nedeljanec — Varaždin, Rakitje — Zaprešić i Vukovar — Šid izvršen je proračun konstanti i raspodjele najvećih struja jednopolnog kratkog spoja, kod kvarova na različitim mjestima duž trasa navedenih vodova, radi kontrole induciranih napona opasnosti u susjednim žičanim dojavnim vodovima. Svi proračuni su izvršeni pomoću elektroničkog računala.

Opseg: 3 elaborata.

Kontrola koeficijenata uzemljenja

Naručitelj: Udružena elektroprivreda SRH
Autor: Miroslav Jung, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1974.

Za konfiguraciju mreže 110, 220 i 380 kV, kakva se očekuje 1977. u SFRJ izvršen je proračun raspodjele najvećih početnih struja dvopolnog i jednopolnog kratkog spoja u svim čvorištima na području SR Hrvatske. Potom je proučavan utjecaj smanjivanja broja transformatora s izravno uzemljenim zvjezdištem na iznos i raspodjelu struja jednopolnog kratkog spoja uz kontrolu koeficijenta uzemljenja za svako mjesto kvara.

Rezultati, prikazani tablično i na slikama, pokazuju, da smanjivanjem broja transformatora s izravno uzemljenim

zvjezdištem do granice »jedan transformator svakog prijenosnog omjera u svakom postrojenju« garantira koeficijente uzemljenja manje od 0,8 i omogućava primjenu izolacije sniženog stupnja ali, se postignuta smanjenja struja jednopolnog kratkog spoja u postrojenjima ne mogu smatrati znatnim. Ona bi se mogla postići daljim smanjivanjem broja izravno uzemljenih transformatorskih zvjezdišta, ukoliko se to pokaže mogućim sa stanovišta relejne zaštite mreže ili sekcioniranjem mreže 110 kV.

Opseg: 9 strana, 10 tablica i 7 slika.

Mjerenje unutarnjih prenapona u razdjelnim mrežama

Naručitelj: Udružena elektroprivreda SRH — sektor razvoja i distribucije —
Autori: Ivo Hrs, dipl. ing.
Miroslav Jung, dipl. ing.
Drago Markovinović, dipl. ing.
Završeno u veljači 1975.

S obzirom na skori prijelaz distributivnih mreža 30 (35) kV Hrvatske s pogona s izoliranim zvjezdištem na pogon s uzemljenjem zvjezdišta preko malog otpora, bilo je nužno istražiti kolika je dobit u smanjenju unutarnjih prenapona u otporno uzemljenim mrežama. U tu svrhu su traženi odnosi prenapona sklapanja jednopolnog kvara mjerenja u živoj mreži, s tim da je ta mreža jednom bila izolirana, a drugi puta otporno uzemljena. Mjerenja su izvršena u mreži Elektroistre.

Posebnim mjernim uređajima, opisanim u studiji, izvršen je niz mjerenja prenapona kod nastajanja i kod iskapčanja kvara, pri čemu je, osim načina uzemljenja zvjezdišta, varirana i struja kvara, i način izvedbe kvara (metalni zemljospoj ili zemljospoj preko luka).

Rezultati mjerenja jasno pokazuju da je otpornim uzemljenjem zvjezdišta postignuta velika dobit u pogledu unutarnjih prenapona; kod nastajanja kvara oni su sasvim eliminirani, a kod iskapčanja svedeni na beznačajne vrijednosti.

Opseg: 47 strana, 5 tablica, 10 slika i 60 oscilograma.

Vrste i konfiguracije uzemljivača nadzemnih vodova 110, 220 i 380 kV — II dio

Naručitelj: Udružena elektroprivreda SRH
Autor: Ivo Hrs, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1974.

Studija pod tim naslovom izrađena je već 1972, no ponovo je izrađena pod imenom »II dio«. Ponovo su istraživani optimalni uzemljivači, jer su novi propisi za izgradnju vodova promijenili zahtjeve na uzemljivače stupova.

U studiji je najprije analiziran udio napona na uzemljivaču stupa u ukupnom naponu na izolaciji stupa kod udara groma. Na temelju ove analize predloženi su kriteriji za dimenzioniranje uzemljivača stupova visokonaponskih vodova, granične vrijednosti njihovog otpora uzemljenja i izbor vrste uzemljivača.

Nakon provedenih proračuna određene su granice efikasnosti pojedinih uzemljivača, uz uvažavanje njihovih udarnih karakteristika. Dane su smjernice za izbor dimenzija i konfiguracije uzemljivača stupova vodova 110, 220 i 380 kV.

Opseg: 27 strana i 18 slika.

Prenaponska zaštita radio-navigacionog uređaja VOR — »Split«

Naručitelj: Savezna uprava za civilnu zračnu plovidbu, Beograd
Autori: Ante Sekso, dipl. ing.
Ivo Hrs, dipl. ing.
Završeno u srpnju 1974.

Radio-navigacioni uređaj VOR »Split« na otoku Ćiovu izložen je čestim kvarovima kod pojave atmosferskih pražnjenja. S obzirom na važnost za sigurnost zračne plovidbe bilo je potrebno provesti prenaponsku zaštitu koja bi osiguravala nesmetan i kontinuirani rad VOR-a »Split«. Pri tome je traženo rješenje koje s jedne strane sistemu napajanja pruža dovoljnu pogonsku sigurnost, a s druge iziskuje najmanje troškove.

Nakon što su sakupljeni svi relevantni podaci o sistemu napajanja uređaja VOR »Split«, provedena je detaljna analiza dosadašnjih kvarova. Zatim je izvršen proračun mogućih iznosa prenapona kod indirektnih i direktnih udara groma u elemente nadzemnog voda. Na temelju toga je izabran sistem zaštitnih mjera koje su detaljno obrazložene. Prenaponska zaštita se sastoji od sistema odvodnika uz korekcije uzemljivača. Na kraju elaborata je popis potrebne opreme, kao i osnovni troškovi.

Opseg: 25 strana i 11 slika.

Prenaponska zaštita mreža 35, 10 i 0,4 kV »Elektre« — Zabok

Naručitelj: »Elektra« — Zabok
Autor: Ante Sekso, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1974.

U prvom dijelu studije obrađena je zaštita izolacije nadzemnih vodova 30 (35) kV od prenaponskih smetnji. Najprije su analizirani uzroci prenaponskih smetnji, a zatim su dani proračuni udarnih otpora uzemljivača stupova. Posebno je obrađena zaštita od povratnih preskoka u posebno ugroženim točkama dalekovoda.

U drugom poglavlju su obrađena načela prenaponske zaštite transformatorskih postrojenja 30 (35) kV. Nakon što je opisan način izbora ventilnih odvodnika prenapona dani su principi zaštite postrojenja za različite slučajeve karakteristika i broja priključenih vodova.

U daljnjem poglavlju obrađena je problematika prenaponske zaštite u mreži 10 kV. Zbog redovito visokog izolacionog nivoa vodova 10 kV, zahtjevi što se postavljaju na prenaponsku zaštitu nisu maleni. Također je ukazano na prenaponsku ugroženost mreža niskog napona, kao i na njihovu zaštitu od prenapona.

Na temelju načelnih rješenja iz prethodnih poglavlja na kraju elaborata su dana konkretna rješenja prenaponske zaštite za sva postojeća postrojenja 30 (35)/10 kV »Elektre« — Zabok.

Opseg: 60 strana i 30 slika.

STUDIJ RAZDJELNIH MREŽA

Snabdijevanje električnom energijom područja pogona Opatija

Naručitelj: »Elektroprimorje«, Rijeka
Autori: Ivan Janić, dipl. ing.
Zvoninir Kovačević, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1974.

Opskrba električnom energijom Pogona Opatija obavlja se sada vodovima 30 kV iz TS 110/30 kV Matulji i TS 30/10 kV Opatija, Lovran i Jušići, dok se željeznica napaja preko elektrovučne podstanice 10/3 kV Matulji.

Načinjen je prikaz dosadašnjeg razvoja električne mreže, potrošnje električne energije i vršnog opterećenja na promatranom području.

Na temelju podataka regionalnog plana, podataka o razvoju turizma i ostalih većih potrošača električne energije, načinjena je analiza buduće potrošnje električne energije i vršnog opterećenja.

Dana su tri alternativna rješenja visokonaponske mreže: sa sustavom 110 — 35 — 30 kV s jednom i dvije transformatorske stanice 110/35 kV, te sa sustavom 110 — 20 kV i dvije transformatorske stanice 110/20 kV.

Kod svih rješenja se predviđa djelomično napajanje riječkog područja sa snagom od 40 MVA iz TS 110 kV Matulji.

Prvo rješenje predviđa transformatorsku stanicu 110/35 kV Matulji 3 × 60 MVA, drugo transformatorsku stanicu 110/35 kV Matulji 3 × 40 MVA i Lovran 2 × 40 MVA, a treće rješenje transformatorske stanice 110/20 kV Matulji 3 × 40 MVA i Lovran 2 × 40 MVA, odnosno 2 × 25 MVA.

Za sva tri rješenja oblikovana je i dimenzionirana mreža 110 kV, 35 kV i 10 kV odnosno 20 kV, a dan je i proračun naponskih prilika i gubitaka, kao i aproksimativni troškovnik.

Usporedba investicionih troškova i gubitaka pokazuje da je za područje Pogona Opatije najpovoljnije rješenje sa sustavom 110 — 20 kV sa dvije transformatorske stanice 110/10 kV Matulji i Lovran.

Usporedivo rješenje sa sustavom 110 — 35 — 10 kV s istim pojnim točkama 110 kV je investiciono skuplje za oko 18%, a troškovi gubitaka koji su uspoređeni su veći za oko 39%.

Za odabrano rješenje dan je i postupni razvoj mreže kao i način prijelaza s napona 35 kV i 10 kV na napon 20 kV.

Opseg: 116 strana, 151 tablica i 82 slike.

Opravdanost uvođenja 20 kV u razdjelne mreže »Elektroistre« Pula

Naručitelj: »Elektroistra«, Pula
Autori: Ivan Janić, dipl. ing.
Zvonko Janžeković, dipl. ing.

U elaboratu je najprije prikazan dosadašnji razvoj i sadašnje stanje konzuma i električne mreže na području »Elektroistre« Pula.

Nakon osvrta na dosad izrađene studije za »Elektroistru« Pula dana je zajednička energetska podloga cijelog područja i ukupna razdjelna mreža 110 kV, 35 kV i 10 kV za opterećenja predviđena 1976. i 2000. godine.

Na osnovi istog opterećenja razrađene su dvije varijante sa sustavom 110 — 20 kV (bez i sa TS 110/20 kV Medulin) bez daljnje razrade mreže 20 kV.

Za sve varijante razrađene su naponske prilike, kratki spoj, gubici i troškovi.

Tehničko-ekonomska usporedba pokazuje da je za područje »Elektroistre« Pula najpovoljnije rješenje sa sustavom 110 — 20 kV.

Za grad Pulu se pokazalo da bi investicioni troškovi, zbog postojeće kabelske mreže 10 kV i 35 kV, bili veći kod sustava 110 — 20 kV.

Opseg: 69 strana, 96 tablica i 28 slika.

Analiza konzuma na području grada Zagreba za perspektivu do godine 2000

Naručitelj: »Elektra«, Zagreb
Autori: Ernest Mihalek, dipl. ing.
(Institut za elektroprivredu — Zagreb)
Miroslav Balling, dipl. ing.
(»Elektra« — Zagreb)
Dragan Borojević, dipl. ing.
(»Elektra« — Zagreb)
Suradnici: Damir Balantin, dipl. ing.
Ivica Vlahović, dipl. tehn.
Završeno u travnju 1974.

Ubrzo nakon završetka Generalnog urbanističkog plana (GUP) Zagreba primijećeno je da se predviđeno opterećenje i potrošnja električne energije koji su u njemu navedeni ne poklapaju s dosadašnjim porastima. Zato je predloženo da se napravi nova prognoza konzuma i razdioba tereta prema prilikama u gradu Zagrebu.

Za široku potrošnju bilo je predloženo da se obuhvati opterećenjem kućanstva. Od Urbanističkog zavoda grada Zagreba dobiveni su (za 2000. g.) programski podaci iz GUP-a, u kojima je naveden raspored izgradnje i broj stanova, zatim raspored i veličina izgradnje javnih ustanova (od bolnica, škola, socijalnih ustanova do objekata kulture i sporta, a također i broj zaposlenih po djelatnostima). Iz ovih podataka izračunata su opterećenja po zonama za široku potrošnju za 3 kW/kućanstvu. Za »ostalu« široku potrošnju načinjena je provjera opterećenja. Prognoza industrijske potrošnje napravljena je posebno i to putem porasta specifične gustoće industrijskog opterećenja (MW/km²).

Sveukupna prognoza rađena je na dva načina:

— metodom smanjivanja trenda porasta potrošnje (od 1946. — 1972. trend 11,4% sve do 1990, 1980. — 1990. g. trend 11% i od 1990. — 2000. g. trend 10%).

Ovom metodom dobivena je na kraju god. 2000. potrošnja električne energije grada Zagreba od 30.000 GWh s vršnim opterećenjem od 50.000 MW;

— prognozom pomoću Legendre-ovog polinoma.

Usporedbom dosadašnjeg porasta potrošnje s krivuljom drugog Legendre-ovog polinoma dobiveno je vrlo dobro preklapanje. Ekstrapolacijom za god. 2000. dobiva se potrošnja od 5500 GWh s vršnim opterećenjem od 1200 MW.

Iako je razlika između ove dvije metode vrlo velika, ipak je vjerojatnije da će prave vrijednosti biti bliže drugoj prognozi. Maksimalna vrijednost ukupnog opterećenja prema ovom radu iznosi (Šir. potrošnja + industrija)

$$P_v = 1750 \text{ MW}.$$

S obzirom na današnje vršno opterećenje od $P_v = 300$ MW (god. 1973) to znači prosječni godišnji porast od 6,7%.

Opterećenja su razdijeljena po zonama grada, što može poslužiti za makrolociranje transformatorskih stanica 110/X kV, koje bi napajale spomenuti konzum, kao i za detaljnije studije koje će iza toga doći.

Opseg: 10 strana, 6 tablica i 10 slika.

Osnovno rješenje razdjelne mreže područja »Elektre« Sisak

Naručitelj: »Elektra« Sisak
Autor: Ernest Mihalek, dipl. ing.
Suradnik: Ivica Vlahović, dipl. tehn.
Završeno u rujnu 1974.

Ovo je druga studija koja rješava razvoj mreže područja »Elektre« Sisak (prva: I. Janić, 1959. god.).

Pojavom ideja o varijanti napajanja samo jednim srednjim naponom 20 kV došlo se na pomisao o prelasku i ovog područja na taj razdjelni napon. Rješenje mreže prema ovoj studiji predviđa postupno ukidanje postojećih napona 10 i 35 kV.

U svom završetku rješenje predviđa slijedeće:

— pojne točke područne mreže (prema redu izgradnje):

1. TS 110/20 kV Glina 2 × 40 MVA (poč. g. 1977)
2. TS 110/20 kV Petrinja 3 × 40 MVA (poč. g. 1985)
3. TS 110/20 kV Kostajnica 2 × 20 MVA (poč. g. 1985)
4. TS 110/20 kV Dvor 2 × 20 MVA (poč. g. 1990)

— presjek i vrste vodova:

110 kV — presjeka 240 mm² Alče na željeznim stupovima — na nekim dionicama su vodovi dvostruki — 79 km,

20 kV — na svim magistralnim pravcima se postavljaju novi vodovi 95 mm² Alče na željeznim stupovima, dok stari odvojci 25 mm² Alče ostaju (osim prepravki za 20 kV).
Novi odvojci su 35 mm² Alče sa željeznim stupovima. Ukupna dužina mreže 20 kV koju valja mijenjati iznosi 695 km.

— vrsta i snage TS 20/0,4 kV.

Predviđeni su slijedeći tipovi stanica:

— za instalirane nazivne snage
50—250 kVA — čelično-rešetkaste TS 20/0,4 kV
50—400 kVA — tornjaste TS 20/0,4 kV
400—1600 kVA — montažne i zidane stanice s kabelskim razvodom.

Sve ove stanice imaju instaliran po jedan transformator osim industrijskih stanica kojima je potrebna veća sigurnost kontinuiranog rada.

Do kraja razdoblja predviđa se izgradnja 47 novih TS 20/0,4 kV, dok će ostale stanice biti preuređene ili zamijenjene. Zamjena se prvenstveno odnosi na sadašnje stupne stanice (78 kom), na čije mjesto (nakon njihovog vremena iskorištenja) dolaze čelično-rešetkaste stanice.

Ukupni broj stanica (ne računajući gradske) iznosio bi 500 kom, od čega bi 97% bile stanice tipa tornjić ili čelično-rešetkaste. Instaliranih transformatora 81% je snage 80—250 kVA, dok je najveći broj onih od 16 kVA (33%).

U rješenju nisu obrađeni gradovi, pa se računalo samo s njihovim opterećenjem.

Stare stanice 35/10 kV pretvorit će se u rasklopišta 20 kV a nova rasklopišta predviđaju se kod Topuskog i Dubice.

Mreža će raditi u radijalnom pogonu zaštićena nadstrujnom zaštitom. Za sigurnost pogona predviđene su poprečne grane koje bi se ukapčale u slučajevima ispada radijalnih padova.

Aproksimativni troškovi izgradnje mreže do god. 2000. prema ovoj studiji iznose

318,873.200 d.

Opseg: 64 strane, 13 tablica i 19 slika.

Osnovno rješenje razdjelne mreže na području istočnog Prigorja

Naručitelj: »Elektra« Zagreb
Autor: Ernest Mihalek, dipl. ing.
Suradnik: Ivica Vlahović, dipl. tehn.
Završeno u prosincu 1974.

Prvi put je ovo područje razrađeno u radu I. Janića »Osnovno rješenje elektrifikacije Prigorja« god. 1961, i odnosi se na čitavu okolicu Zagreba s razdjelnim sustavom 110 — 30 — 10 kV.

U ovoj razradi uzeta je u obzir postojeća mreža koja još može izdržati u I. etapi, dok se u kasnijim etapama svi srednjonaponski objekti pretvaraju u 20 kV-ne.

U elatoboratu se nije ulazilo u rješenje pojedinih gradskih mreža.

Na osnovi prikaza sadašnjeg stanja električne mreže i analize buduće potrošnje oblikovana je (po etapama) buduća 110 — 20 kV istočnog Prigorja.

U I. etapi se predviđa:

— izgradnja stanice 110/30/20 kV Dugo Selo snage 20/20/20 MVA; mreža 10 kV prelazi na 20 kV još bez promjene presjeka vodiča;

— ostale stanice 30/10 kV napajaju se iz Dugog Sela (TS 30/10 kV Zelina, Božjakovina i Vrbovec).

U II. etapi se predviđa:

— prijelaz na napajanje iz samo dva izvora TS 110/20 kV Dugo Selo i TS 110/20 kV Konjščina; čitava mreža prelazi na 20 kV, grade se magistralni vodovi 95 mm² Alče.

U III. etapi se predviđa:

— izgradnja stanica 110/20 kV Zelina i Vrbovec i završetak izgradnje.

110 kV-na mreža uklopila bi se u razvoj ove mreže na području cijele Sjeverne Hrvatske. Treba izgraditi novi vod 110 kV Resnik — Dugo Selo — Vrbovec — Križevci, dok bi se Zelina mogla priključiti na stari vod 110 kV Resnik — Konjščina. U radu je predloženo da se ove stanice 110/20 kV izvedu prema tzv. »H« shemi.

Ukupni približni troškovi investicija iznose

137.000.000 d.

Opseg: 54 strane, 10 tablica i 18 slika.

STUDIJ NISKONAPONSKIH MREŽA I PROJEKTIRANJA

Studija o izboru optimalnog rješenja aero-termo uređaja — ATC Utrina

Naručitelj: P T T — Zagreb
Autor: Ratko Pećarić, dipl. ing.

Razmatra se primjena novih sistema za racionalno korištenje energije klimatizacije. Otpadna toplina koristi se za pretlačivanje zgrade. Primjenom optimalne izolacije zgrade i rashlađivanja vode do 30 °C u klima-uređaju povećava se temperaturni raspon vrele vode, odnosno smanjuje priključna vrijednost toplovoda Te-To na polovicu.

Opseg: 50 strana, 19 slika i nacrta i 12 tablica.

Studija o optimalnom rješenju opskrbe topline depoa Ž T P Rijeka

Naručitelj: Ž T P — Zagreb
Autor: Ratko Pećarić, dipl. ing.

Usvaja se vrelovodni sistem 110°/70° C s kliznom regulacijom temperature umjesto postojećeg niskotlačno-parnog sistema.

Daje se novi sistem ekspanzije vrele vode u zatvorenom sistemu s otplinjačem. Tim mjerama postiže se ušteda na toplini od 20%.

Opseg: 35 strana, 9 slika i nacrti.

Studija o optimalnom rješenju rekonstrukcije klima uređaja u Tvornici duhana Zagreb

Naručitelj: TEMPO — Zagreb
Autor: Ratko Pećarić, dipl. ing.

Predlaže se rješenje rekonstrukcije rashladnog tornja i primjena lamelnih humata u klimatima.

Opravdava se investicija u regenerator topline otpadnog zraka..

Opseg: 98 strana, 13 tablica i 41 slika i nacrti.

Studija o optimalnom energetskom rješenju klimatizacije Kreditne banke Zagreb

Naručitelj: Kreditna banka — Zagreb
Autor: Ratko Pećarić, dipl. ing.

Razmatra se primjena multizonalnog klimata s primjenom ekonomajzer kontrole upravljane s entalpo senzorima radi štednje rada rashladnog uređaja, i primjena paketnih krovnih klimata za direktno korištenje zemnog plina.

Opseg: 76 strana, 9 tablica i 26 slika i nacrti.

PROJEKTI

Idejni projekt električne mreže i elektroenergetskih postrojenja za naselje JUGI — Čakovec

Odgovorni projektanti:
Vladimir Hartl, dipl. ing.
Slavko Marić, dipl. ing.

Idejni projekt električne mreže i elektroenergetskih postrojenja naselja Mačkovec

Odgovorni projektanti:
Vladimir Hartl, dipl. ing.
Stjepan Đikić, dipl. ing.

Popis glavnih projekata aero-termouređaja i instalacija izrađenih u 1974.

Proračun elastičnosti i čvrstoće cjevovoda
Elektrana - Toplana, Zagreb
Kotlovnica i centralno grijanje kupaonica i garderobe
Depo ŽTP, Rijeka
Projekti rekonstrukcije klimatizacije
Tvornice duhana, Zagreb
Aerotermo instalacije
postavnice, Sl. Brod
Aerotermo instalacije
upravne zgrade Srpske Moravice
Postrojenje za naftu
Depo Osijek ŽTP — Zagreb
Klimatizacije K B Z
Aerotermo instalacije
kupaonica ŽTP Karlovac i
objekta PP Maksimir
Aerotermo instalacije
Tvornice M. Badel, Sesvete
Aerotermo instalacije
rekonstrukcije pristanišne zgrade
Aerodrom, Zagreb
Aerotermo instalacije
A T C — Utrine
Kotlovnica i plinska instalacija
TS UKLOPNA, Zagreb
Aerotermo instalacije
Vinarije, Zagreb
Aerotermo instalacije
Garderoba i kupaonica ŽTP, Knin
Aerotermo instalacije
Prodavaonice »Kvalitet« — Zagreb, Vlaška ul. (Narudžba)
Priprema potrošne tople vode,
S.R.C.E.
Plinska instalacija
Kotlovnice, S.R.C.E.

Program za provođenje paralelnog i serijskog superponiranja diskretnih točaka korištenjem digitalnog elektroničkog računala IBM 1130 pomoću programskog jezika »FORTRAN IV«

Autor: Čauš Ivan, dipl. ing. i oec.
Završeno u rujnu 1974.

Pri određivanju pogonske raspoloživosti sistema s više kompleksnih jedinica, ili kod dobivanja rezultantnog dijagrama raspodjele vjerojatnosti snage, odnosno za dopunske studije i istraživanja spomenutih problema na raznim sistemima, koristi se metoda superponiranja diskretnih točaka, i to: paralelnog i serijskog.

U ovom je elaboratu prikazan i provjeren sistem izrađenih programa i potprograma, što omogućuje određivanje rezultata superponiranja za bilo kakvu krivulju, što je zadana analitičkom metodom izražavanja, jer se, naime, koračnim postupkom smanjivanja širina intervala, tj. zadavanjem većeg broja diskretnih točaka izabranih skupova za superponiranje, postiže sve bolje približavanje lokalnog rezultata pojedinog koraka samoj funkciji — konačnom rezultatu.

Opseg: 9 strana, 7 slika i 22 lista priloga.

Primjena elektroničkog računala pri evidentiranju i korištenju dokumentacije sređene prema UDK

Autor: Čauš Ivan, dipl. ing. i oec.
Završeno u kolovozu 1974.

Smatra se, da su brojke vrlo prikladne kao sredstvo evidentiranja, klasificiranja i korištenja informacija, što se odnose na pojmove i literaturu, općenito na dokumentacijsku građu (članci, knjige, elaborati, nacrti i slično). Naime, brojke imaju mogućnost međunarodne upotrebe, dobrog prilagođavanja i elastičnosti, kako se u praksi traži. Iz spomenutih momenata je proizašlo kreiranje Univerzalne decimalne klasifikacije (UDK), a ta se uz suradnju svih zainteresiranih krugova razvija i dalje.

Nakon početnih poglavlja o značaju, strukturi i pravilima UDK, te opisa ručnog postupka evidentiranja, slijedi u ovom elaboratu opširniji tretman primjene elektroničkog računala. Na više primjera se, koji su provjerili izrađene kompjutorske programe na programskom jeziku COBOL za digitalno elektroničko računalo, ilustriraju neke mogućnosti, što ih može pružiti sistem elektroničke obrade podataka, pa se ovim postupkom dopunjuju potrebe korisnika za UDK-informacijama novim kvali- i kvanti-tativnim stranama. Posebno se ističe prikazano komuniciranje sa sistemom, kada korisnik želi sam »listati« po datoteci umemoriranih UDK-kartica. On tada dobiva informacije vizuelno i daljinski preko optičkog ekrana.

Kako gotovo i nema novosti, koja se ne bi odrazila na troškove, na kraju ovog rada se tome posvećuje pažnja uz upozorenje na problematiku, što je treba riješiti.

Opseg: 51 strana, 15 lista i 20 listova priloga.

STUDIJ AUTOMATIZACIJE U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

Definiranje svrsishodne automatizacione opreme za blok 320 MW TE Rijeka

Naručitelj: Elektroprivreda Rijeka
Autor: Lakota Josip, dipl. ing.
Vanjski suradnik:
Potočnik Franc, dipl. ing.
Završno u ožujku 1974.

Na temelju osnovnih karakteristika i namjene ovog bloka, automatizacije sličnih postrojenja po veličini i namjeni u svijetu, zahtjeva mreže na regulaciju frekvencije, te specifičnosti predviđene osnovne opreme, izvršen je izbor i dan prijedlog opreme automatizacije procesa i automatskog nadzora procesa u TE Rijeka. Zatim su definirani zahtjevi na regulaciju bloka u cjelini, te kotla i turbine, kao i opći zahtjevi na rješenje i opremu upravljanja, regulaciju, automatskog nadzora . . .

Opseg: 71 strana, 14 slika i 17 literaturnih izvora.

Koncepcijsko rješenje nadziranja i upravljanja elektroenergetskim sistemom SRH
I dio: Razrada i prijedlog koncepcijskog rješenja

Naručitelj: Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija Hrvatske
Autori: Lakota Josip, dipl. ing.
Jurković Nedjeljko, dipl. ing.
Završeno u siječnju 1975.

Nakon pregleda u radu upotrebljene terminologije, pregleda postojećeg i vjerojatnog budućeg stanja u pogledu organizacije proizvodnje i prijenosa i izgrađenosti elektroenergetskog sistema, te pregleda postojećih dispečerskih centara i sistema za daljinski prijenos informacija u elektroenergetskom sistemu u SR Hrvatskoj u radu se razrađuje prijedlog koncepcije rješenja daljinskog vođenja, nadziranja i upravljanja prijenosnim i proizvodnim dijelom elektroenergetskog sistema SRH. Predlaže se koncepcija, koja osim republičkog dispečerskog centra sadrži još samo jedan nivo centara nižeg ranga. U radu je izvršena raspodjela zadataka na republički centar i centre nižeg nivoa. Obrađene su informacije, što ih valja prenositi iz postrojenja (transformatorske stanice, rasklopna postrojenja, elektrane) do centara nižeg nivoa i od ovih centara do republičkog dispečerskog centra. Tretirano je pitanje povezivanja centara prijenosno-proizvodnog dijela s centrima distribucije. Zatim je predložena koncepcija osnovnih rješenja za republički centar i centre nižeg nivoa. Razmatran je i problem osiguranja potrebnih programa (kupiti ili raditi vlastitim snagama?) i predložena maksimalna orijentacija na vlastite snage.

Opseg: 174 strane, 14 tablica, 8 slika, 4 priloga, 136 literaturnih izvora i 18 dokumenata.

Detaljizirani zahtjevi na rješenje i opremu automatizacije bloka 320 MW TE Rijeka

Naručitelj: Elektroprivreda Rijeka
Autor: Lakota Josip, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1974.

U radu su precizirani zahtjevi na rješenje i opremu automatizacije bloka 320 MW u TE Rijeka, dijelom obuhvaćeni u prethodnom radu. Precizirani su zahtjevi na rješenje u cjelini, zahtjevi na regulacije, ručna upravljanja i automatska upravljanja, zahtjevi na elektronski sistem svjetlosne i akustičke signalizacije i zahtjevi na kronološku registraciju. Obrađeni su zahtjevi na alternativu s procesnim računalom i alternativu s »data loggerom« za funkcije automatskog protokoliranja, nadzor graničnih vrijednosti, selekciju i redukciju mjernih podataka, nadzor stupnja korisnog djelovanja bloka i slično. Dalje su precizirani zahtjevi na sistem blokiranja, mjerne davače, binarne davače i pretvarače analognih signala u binarne, zahtjevi na rješenje centralne komandne prostorije, itd.

Rad je izrađen i na engleskom jeziku.

Opseg: 63 strane.

STUDIJ TERMOENERGETSKIH SISTEMA

Razvoj toplifikacije grada Osijeka do 1985. godine

Naručitelj: »Elektroslavonija« — Osijek
Autori: mr. Duško Čorak, dipl. ing.
Florijan Rigler, dipl. ing., sa suradnicima

S razvojem gradova i porastom stanovnika u njima, te razvojem industrije, nametnuo se problem opskrbe ogrjevnom toplinom kućanstava, i tehnološkom parom industrijskih potrošača. To su bili razlozi, da se za Osijek studijski obradi razvoj porasta toplinskog konzuma i način pokrivanja do 1985. god. Studija u svom opsegu sadrži:

— pregled današnjeg stanja toplifikacije
— analizu razvoja toplinskog konzuma do 1985. god.
— određivanje i izbor područja grijanih iz centralnog toplinskog izvora
— utvrđivanje osnovne toplinske mreže po etapama izgradnje, te izbor toplinskog medija (para, topla voda)
— utvrđivanje potreba izgradnje toplinskih izvora po etapama izgradnje u skladu s razvojem toplinskog konzuma i utvrđivanje osnovnih toplinskih shema postrojenja
— ekonomsku analizu.

Opseg: 108 strana, 32 slike i dijagrami.

Rekonstrukcija TE-Rijeka

Naručitelj: »Kvarnerske elektrane« — Rijeka
Autori: mr. Duško Čorak, dipl. ing.
Zvonimir Balog, dipl. ing. i suradnici

Zakašnjenje izgradnje termoenergetskih izvora za pokrivanje sve veće potrošnje električne energije ima za posljedicu nedostatak električne energije. Stoga se nametnula potreba reaktiviranja starih postrojenja za proizvodnju električne energije, kako bi se donekle ublažila krizna situacija. Takvo stanje u elektroenergetskom sistemu SRH utjecalo je na to da se studijom »Rekonstrukcija TE - Rijeka« obradi mogućnost rekonstrukcije te naše najstarije TE.

Studijom su obrađene dvije varijante rekonstrukcije i to:

— ugradnjom stacionarnog plinsko-turbinskog agregata paketne izvedbe sa ili bez kotla na otpadnu toplinu;
— ugradnjom novih parnih kotlova kao zamjena za stare već dotrajale.

U okviru ovih osnovnih varijanti studijom su obrađena i podvarijantna rješenja zbog iznalaženja najpovoljnijeg rješenja za eventualnu rekonstrukciju TE - Rijeka.

Opseg: 90 strana, 13 slika i dijagrami.

Korozivne pojave parnih kotlova vezane uz različite vrste goriva

Naručitelj: »Zajednica jugoslovenske elektroprivrede«
Autori: Davor Ilijaš, dipl. ing. — poglavlje ugljen
Hrvoje Brkić, dipl. ing. — poglavlje tekuća i pl. goriva

Kod parnih kotlova s visokim parametrima pare dolazi do različitih vrsta oštećenja prouzrokovanih djelovanjem korozije, naročito na termički jače opterećenim mjestima. Slična oštećenja pojavljuju se i na hladnoj strani kotla, gdje su temperature dimnih plinova relativno niske. Takva oštećenja imaju za posljedicu kraće ili duže zastoje u pogonu, što se odražava znatnim materijalnim gubicima. Stoga je ova studija imala zadatak da obradi pojave korozije i oštećenja na strani dimnih plinova pri upotrebi krutog, tekućeg i plinovitog goriva.

Studija je s teoretske strane, na onsovi proučavanja literature, obradila cjelokupnu problematiku na način pristupačan pogonskom osoblju u našim termoelektranama, razradila pogonske metode sistematskog praćenja korozivnih pojava upotrebom odgovarajućih mjernih instrumenata, predložila konkretne metode praktičnih preventivnih mjera za sprečavanje ili ublažavanje pojava korozije, te iznijela praktične rezultate praćenja tih pojava i eliminiranja oštećenja uzrokovanih korozijom.

Opseg: 198 strana, 70 slika i dijagrami.

Studijska analiza rješenja PTE - Split

Naručitelj: Elektroprivreda Dalmacije — Split
Autor: mr. Duško Čorak, dipl. ing. sa suradnicima

Studija ukazuje na povoljnost izgradnje jednog od varijantnih rješenja plinskih turbina u elektroenergetskom sistemu SRH s obzirom na prilike u elektroenergetskom sistemu. U studiji je razmatrano uklapanje u elektroenergetski sistem četiri plinsko-turbinska agregata snage po 25 MW uz PTE Jertovec 2 × 34 MW, te varijantna rješenja izgradnje PTE Split. Razmatrane su varijante izgradnje čistih PTA i kombi proces vezan s parnim turbinama u tvornici »Jugovinil«.

Opseg: 68 strana.

Studijska analiza rješenja PTE na području Slavonije i Baranje

Naručitelj: »Elektroslavonija« — Osijek
Autor: Grupa autora

Studijom je obrađeno uklapanje četiri plinsko-turbinska agregata po 25 MW uz PTE Jertovec 2 × 34 MW u elektroenergetski sistem SRH. Također je obrađeno uklapanje dva plinsko-turbinska agregata po 25 MW u toplinski sistem Osijeka. Analizirana su varijantna rješenja izgradnje PTE Osijek radi odabiranja najpovoljnijeg varijantnog rješenja.

Opseg: 60 strana.

Studija o povoljnosti izgradnje nove energane u Željezari Sisak

Naručitelj: Željezara Sisak
Autor: Hrvoje Brkić, dipl. ing. i
Marijan Magdić, dipl. ecc.

U blizini TE Sisak nalaze se veliki industrijski potrošači pare i električne energije Željezare Sisak i Rafinerije nafte, Sisak. Oba industrijska postrojenja raspolažu otpadnim gorivom, koje se može koristiti za sagorijevanje u kotlovima. I Željezara i Rafinerija se nalaze pred daljnjim proširenjem. Studija je u varijantama obradila povoljnost izgradnje novih energetskih izvora za pojedinačne industrijske energane i zajedničku industrijsku energanu smještenu u TE Sisak.

Opseg: 143 strane, 21 slika i dijagram.

Studijsko rješenje snabdijevanja parom »OKI«-a i »Kemijskog kombinata«

Naručitelj: OKI — Zagreb i Kemijski kombinat
Chromos-Katran-Kutrilin
Autor: Zdenko Selanec, dipl. ing.
Zoran Selanec, dipl. ing.
Marijan Magdić, dipl. ecc.

U studiji su izneseni elementi na osnovi kojih se može utvrditi optimalni razvoj energane OKI-a i snabdijevanje parom, usklađen s razvojem OKI-a i Kemijskog kombinata. Razmatrane su dvije alternative snabdijevanja toplinskom energijom uz niz raznih tehničkih rješenja kao varijanti. Jedna od alternativa predviđa samostalno snabdijevanje parom OKI-a i Kemijskog kombinata iz energane OKI-a, a druga kombinirano snabdijevanje parom iz energane OKI-a i Toplane — Zagreb.

Opseg: 165 strana, 15 slika i dijagrami.

TE - Sisak III 1×210 MW — investicioni program

Naručitelj: Elektroprivreda Zagreb
Autor: Grupa autora

Loša elektroenergetska situacija u SR Hrvatskoj nametnula je traženje takvih rješenja, u pogledu termoenergetskih izvora, koja mogu u relativno kratkom roku osigurati proizvodnju električne energije uz povoljne ekonomske efekte.

Kao jedno od rješenja je i izgradnja treće faze TE Sisak s blokom identičnim prvim fazama.

S obzirom na tu činjenicu u programu se posebno ukazuje samo na one radove i opremu što je potrebno pri gradnji treće faze.

Uz obrazloženje podizanja ovakve jedinice, te razmatranju njezine sirovinske osnove, posebno se razmatra tehničko rješenje jedinice kao i investiciona ulaganja u spomenuti objekat. Osim toga u programu se puna pažnja poklanja i analizi zagađivanja čovjekove okoline produktima izgaranja puštanjem treće faze u pogon.

Ekonomska obrada problematike investiranja i eksploatacije postrojenja provedena je za široko područje od 1000—7000 sati godišnjeg angažiranja.

Opseg: 108 strana i 16 crteža.

TE - Slavonija 2×300 MW, I etapa 1×300 MW lokacija Slavonski Brod — investicioni program

Naručitelj: »Elektroslavonija« — Osijek
Autor: Grupa autora

Velike potrebe za energijom koje postoje u SRH neminovno nameću gradnju novih energetskih izvora u čemu znatno mjesto zauzimaju termoenergetski izvori. Jedan od odlučujućih faktora na ekonomiku ovakvih izvora jeste njihova lokacija koja je uvjetovana nizom ostalih faktora, kao npr. sirovinska osnova, uklapanje u elektroenergetski sistem, rashladni sistem, troškovi dopreme goriva i električne energije, zagađivanje okoline, i dr.

Lokacija koja zadovoljava ove kriterije jest lokacija u blizini Sl. Broda uz rijeku Savu. Ne ulazeći u to kada će doći do realizacije izgradnje TE na ovoj lokaciji, ovaj program je pokazao da na ovoj lokaciji postoji opravdanost izgradnje ukoliko budu ispunjeni određeni uvjeti.

Program sadrži:
- osnovne i polazne podatke
- tehničko rješenje
- izbor osnovnih kapaciteta i tehnički opis strojarske opreme i elektropostrojenja
- tehničko rješenje građevinskih objekata
- popis osnovne opreme i radova
- investicione troškove
- pripremne i završne radove
- organizaciju gradnje
- ekološku analizu
- ekonomsku obradu
- zaključak
- komparativnu analizu bloka 210 MW i 300 MW na istoj lokaciji.

Opseg: 321 strana i 13 crteža.

Plinsko turbinska elektrana Osijek 2×25 MW — invest. program i Kombi plinsko turbinska elektrana »Jugovinil« - Split — investicioni program

Naručitelj: »Elektroslavonija« — Osijek
Elektroprivreda Dalmacije — Split
Autor: Grupa autora

Energetske prilike u kojima se našla SRH u posljednjih nekoliko godina nametnule su traženje takvih rješenja u pogledu izgradnje elektroenergetskih izvora, koja će u najkraćem roku omogućiti savladavanje kritičnih situacija u snabdijevanju električnom energijom.

Na osnovi provedenih tehničkih i ekonomskih analiza u danim prilikama se kao optimalno rješenje iskazuje izgradnja plinsko-turbinskih agregata. Uzimajući u obzir sve poznate kriterije koji se moraju uzeti u obzir pri lociranju potrebnih postrojenja, kao prihvatljivo rješenje utvrdilo se lociranje PTE u Osijeku i Jugovinilu - Split. Osim navedenih razmatranja i obrazloženja izgradnje na obe lokacije posebna je pažnja posvećena sirovinskoj bazi i uklapanju PTE u elektroenergetski sistem. Investicioni program sadrži:

— podatke za projektiranje
— tehničko rješenje
— izbor strojarske i elektro-opreme
— specifikaciju opreme i radova
— investiciona ulaganja
— ekonomsku obradu.

S obzirom na akutnu problematiku zagađivanja čovjekove okoline, tom problemu je posvećena u investicionim programima dužna pažnja.

Opseg: 173 strane i 21 crtež.
128 strana i 14 crteža.

Tehnički izvještaj kompleksnog normativnog ispitivanja bloka IV snage 210 MW u TE - Tuzla

Naručitelj: TE Tuzla
Autor: Grupa autora

Radi utvrđivanja potroška topline kompleksa bloka IV termoelektrane Tuzla izvršeno je niz ispitivanja i mjerenja u području rada bloka od tehničkog minimuma do maksimalnog trajnog opterećenja. Na osnovi ovih ispitivanja izrađene su bilance i utvrđena bruto energetska karakteristika bloka. Također su izvršena kontrolna mjerenja na osnovi kojih je utvrđena i karakteristika vlastitog potroška električne energije.

Na osnovi svih tih podataka utvrđen je normativ specifičnog potroška topline bloka, koji je sveden na stezaljke generatora i na prag bloka. Normativni specifični potrošak topline bloka dan je za srednju ponderiranu temperaturu rashladne vode, koja je određena na osnovi pogonskih podataka o proizvodnji i o stvarnim temperaturama rashladne vode za dvogodišnje razdoblje pogona.

Izvršeno je i ispitivanje upuštanja bloka iz hladnog stanja na osnovi čega je utvrđen odgovarajući normativ potroška topline.

Opseg: 134 strane, 32 slike i dijagrami.

Razni radovi

Naručitelji: Razni
Autor: Kolektiv studijske jedinice

Na zahtjev elektroprivrednih i drugih organizacija izvršeno je u toku 1974. godine niz mjerenja i intervencija na energetskim postrojenjima radi poboljšanja rada i uklanjanja manjkavosti:

U okviru ovih radova obavljala su se:
— kompleksna ispitivanja energetskih postrojenja
— garantna ispitivanja termoenergetskih postrojenja
— ispitivanja ventilatora za zrak i dimne plinove
— kontrola i ispitivanje filtera za čišćenje dimnih plinova
— mjerenje količine zraka, vode i pare
— na temelju rješenja Sekretarijata za zdravstvenu zaštitu grada Zagreba, SRH broj 07-524/2-74 od 10. VII 1974. god. izdanog na temelju člana 7 Odluke o mjerama za zaštitu zraka od zagađenja produktima sagorijevanja, obavljena je kontrola sagorijevanja u ložištima većim od 1 Gcal/h
— proračunavanje potrebne visine dimnjaka i ocjena zagađenosti zraka.

LABORATORIJ ZA TOPLINSKA MJERENJA

Ispitivanja shunt dimnjaka

Autori: mr. Fedor Šprung, dipl. ing.
Kurt Sonns

Rad obuhvaća ispitivanja na dimnjacima tipa shunt izvedbe D-2 i T-2, s obzirom na otpornost u požaru i propusnost procjepa prije i nakon ispitivanja. Dimnjaci su ispitivani po novim jugoslavenskim standardima, a rezultati ispitivanja pokazuju, da je moguća primjena u praksi.

Opseg: 14 strana, 4 slike i 4 dijagrama.

Termička obrada reparaturnih zavara lijevanih elemenata

Autori: mr. Fedor Šprung, dipl. ing.
Ivan Žanić

U okviru ovih radova izvršena su predgrijavanja defektnih elemenata postrojenja od lijevanog čelika metodama razvijenim u Jedinici, pri čemu je rad varioca, usprkos temperaturama do 500 °C, posve nesmetan. Time je povećana sigurnost termičke obrade nakon zavarivanja, a u nekim slučajevima postala je ovakva obrada nepotrebnom.

Opseg: 9 strana, 2 slike i 10 dijagrama.

Termička obrada velikih elemenata elektroenergetskih postrojenja

Autori: mr. Fedor Šprung, dipl. ing.
Ivan Žanić

U okviru ovih radova provjerena su ispitivanja i istraživanja važna za razvoj izolacionih oklopa prilagodivih oblicima velikih elemenata objekata hidroelektrana, termoelektrana i drugih energetskih postrojenja prema istraživanjima ranijih godina. Rad je obavljen na proizvodima domaćih proizvođača elektroenergetske opreme za inozemne korisnike.

Opseg: 14 strana, 5 slika i 18 dijagrama.

Izravnanje dnevnog dijagrama opterećenja uključivanjem velikih potrošača s povoljnim dnevnim karakteristikama konzuma

Autori: Prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Toussaint Levičnik, dipl. ing.
Doc. mr. Nikola Šerman, dipl. ing.
mr. Fedor Šprung, dipl. ing.

Na temelju opsežne analize utjecaja velikih potrošača s povoljnom dnevnom karakteristikom konzuma na izravnanje dnevnog dijagrama opterećenja, provedena su istraživanja osobina takvog tipa velikih potrošača na primjeru akumulacionih podnih grijanja veoma velikih stambenih zgrada. Posebna pažnja obraćena je rubnim prostorijama zgrada, pri čemu je ustanovljeno, da su mada još uvijek u granicama propisa i standarda, takva grijanja u sadašnjoj fazi njihovog razvoja nedovoljna.

Opseg: 142 strane, 109 dijagrama i 18 slika.

Akustička svojstva stambenih objekata »Klaka 4«

Autori: Emica Hohnjec, Kurt Sonns

Suvremene tendencije u gradnji međukatnih konstrukcija dovode u pitanje kvalitetu traženih akustičkih osobina stana. Stoga su na gradilištu »Klaka 4« ispitivanjem provjerena ova svojstva na jednoj suvremenoj konstrukciji. Ustanovljeno je, da kod površina većih od traženog minimuma u standardu, ove površine zadovoljavaju standardom tražene uvjete.

Obim: 64 strana i 22 dijagrama.

Izvještaj o ispitivanju dimnjaka sistema »DOM«

Autori: mr. Fedor Šprung, dipl. ing.
Krešimir Franjić, dipl. ing.
Branko Matijašević, dipl. ing.
Kurt Sonns

Suvremena tendencija u gradnji dimnjaka ide za smanjenjem broja fuga, te je u tom pogledu napravljen u Jugoslaviji napredak primjenom elemenata visine cijelog kata. Ovi dimnjaci jeftiniji su, a i montaža im je jednostavnija, ukoliko se raspolaže odgovarajućom mehanizacijom. Svrha ispitivanja je bila, da se odrede protupožarna svojstva i visina zgrada do koje se ovi dimnjaci mogu upotrijebiti. Protupožarna svojstva ispitana su po jugoslavenskim standardima, a visina upotrebe na temelju proračuna pomoću elektroničkog računala.

Opseg: 47 strana, 11 slika, 2 dijagrama.

Prilog reprodukciji međunarodne empiričke skale temperatura u SRH

Autor: mr. Fedor Šprung, dipl. ing.

U okviru Znanstvenog projekta razvoja mjerne tehnike SRH konstatirano je, da postoje kadrovi i osnovna oprema, koji omogućuju trajnu verifikaciju postojećih interpolacionih standardnih otpornih termometara, pa se prišlo izradi dviju fiksnih točaka: jedne sekundardne (ledišta) i jedne primarne (vrelišta). Uz obrazloženje ovakvog pristupa daju se bitne konstruktivne, proračunske i eksperimentalne značajke izgrađenih aparatura i ustanovljuje prikladnost za dobivanje traženih točnosti, a ujedno otkrivaju daljnje mogućnosti usavršavanja za koje se očekuje da će se kompletirati nakon obavljenih mjerenja.

Opseg: 39 strana, 4 slike, 37 nacrta.

LABORATORIJ ZA VISOKI NAPON I JAKU STRUJU

Radove su obavili:
Blaž Uzelac, Josip Mužny, Josip Kučak — inženjeri
Svetolik Subotić, Đuro Juretić, Ivan Konfic — tehničari

Među velikim brojem naručitelja prema opsegu posla najznačajniji su: Elektra — Zagreb, Elektra — Sisak, Tvornica elektrotehničkih proizvoda TEP — Zagreb, ŽTP — Zagreb, Elektroprenos — Zagreb, Elektroslavonija — Osijek, Elektroprivreda — Zagreb, Rijeka i Dalmacija, te razna druga elektroprivredna i elektrodistributivna poduzeća iz cijele države, Energoinvest — Sarajevo, Tovarna elektroporculana — Izlake, Dalekovod — Zagreb, Radio-televizija — Zagreb, Elektrokontakt — Zagreb, Rade Končar — Zagreb, INA — Zagreb, Telefonvod — Zagreb, Rafinerija nafte — Bosanski Brod, Hidroelektrana Senj, Termoelektrana Sisak, »SVIT« — Kamnik, Vojna Pošta — Split, Preporod — Požarevac.

Ispitivanje kabela

Ispitivani su kabeli radi utvrđivanja kvalitete i određivanja karakterističnih konstanti.

Mjerena su svojstva izolacije izmjeničnim, istosmjernim i udarnim naponima, kao i dielektrički gubici i pojave izollacije. Rezultati mjerenja poslužit će za usporedbu različitih konstrukcija i izvedbe kabela.

Uz ispitivanje u proizvodnji i na novim kabelima, obavljena su ispitivanja kabela nakon polaganja. Značaj takvih ispitivanja je velik, jer se pravodobno mogu otkriti pogreške učinjene prilikom polaganja i izbjeći kasniji prekidi pogona.

Ispitivane su kabelske glave i spojnice. Ispitivanja su obuhvatila naponska ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponima, kao i nepropusnost na mjestima brtvljenja. Također su ispitivane kabelske mase i razna ulja.

Mjerenja napona koraka i dodira

Prilikom zemljospoja ili jednopolnog spoja na uzemljivaču i u njegovoj okolini mogu se pojaviti naponi dodira i koraka opasni za ljude. Radi toga su neophodna mjerenja kojima će se takvi naponi otkriti i otkloniti odgovarajućom rekonstrukcijom uzemljivača.

Unatoč visokom specifičnom otporu tla i visokom otporu uzemljivača, pogodnim oblikovanjem uzemljivača se može postići takva raspodjela potencijala, da se ne pojavljuju opasni naponi koraka i dodira.

Ispitivanje i atestiranje zaštitnih sredstava

Prema propisima JUS-a moraju se gumene rukavice i gumene čizme za električare ispitivati svakih šest mjeseci, a ako su neupotrijebljene na skladištu svakih 12 mjeseci. Sva ta zaštitna sredstva koja su zadovoljila, atestirana su od našeg laboratorija. Također su ispitivanje i atestirane izolacione rasklopne motke i motke za uzemljenje.

Ispitivanje elektrotehničke opreme i materijala

Ispitivane su sklopke, priključni pribor, niskonaponski razvodni uređaji, kondenzatori snage, automatski regulatori, prekostrujni i diferencijalni releji, visokoučinski osigurači, izolatori, ovjesni materijal, stezaljke, i dr.

Ispitivani su plastični materijali, razna ulja, kabelske mase, itd.

Ispitana je kompletna 10 kV oprema da bi se utvrdila mogućnost djelomičnog iskorištenja kod prijelaza na napon 20 kV.

Ispitivanje prototipova opreme

Ispitivani su prototipovi neke opreme. Pri tome je bila osobito uspješna suradnja između Laboratorija i proizvođača, jer se nije samo formalno ukazalo na nedostatke, nego su se davali i prijedlozi za njihovo otklanjanje sve dotle, dok naknadna ispitivanja nisu pokazala da proizvod potpuno zadovoljava propise i naznačenu primjenu. Nakon toga naručitelj je od Instituta dobio atest za ispitivani proizvod.

Primopredajna ispitivanja

Obavljeno je kvalitativno preuzimanje staklenih izolatora, učinskih i mjernih transformatora i ostale opreme za elektroenergetska postrojenja.

Laboratorij je surađivao s investitorima pri izboru odgovarajuće elektrotehničke opreme za postrojenja, kao i kod određivanja karakteristika opreme pri sklapanju ugovora s tvornicama.

Ispitivanje kvalitete

Obavljena su ispitivanja i atestiranje električnih štednjaka, bojlera i ostale opreme za široku potrošnju.

Ispitivanje odvodnika prenapona

Povremeno ispitivanje odvodnika obuhvaća kontrolu izmjeničnog i udarnog proradnog napona.

Za ocjenu stanja odvodnika prenapona neophodna su ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponom, jer se na taj način može kontrolirati njegovo ponašanje u mreži pri pojavi prenapona.

Prilikom ovakvih ispitivanja odvajaju se dotrajali odvodnici prenapona koji ne bi više osigurali efikasnu zaštitu od prenapona, ili bi mogli uzrokovati smetnje uslijed nesposobnosti gašenja popratne struje.

Osim ispitivanja Laboratorij je u svojim radionicama izrađivao i uređaje za ispitivanje i mjerenja.

Uređaji za ispitivanje kabela IPKN-10

Ispitivanje ovim uređajima obavlja se istosmjernom strujom, što ima prednost, jer je uređaj lakši, i podesniji za pronalaženje eventualne greške u kabelu. Za što točnije ustanovljenje mjesta greške potrebno je, naime, da na tom povređenom mjestu bude što manji otpor izolacije, tj. što bolji spoj. To se postiže tzv. propaljivanjem kabela tako, da se, nakon što je ispitivanjem ili pak za vrijeme pogona ustanovljena greška u izolaciji kabela, s dovoljno jakom strujom i dovoljno visokim naponom propaljuje kabel, dok se na povređenom mjestu ne postigne karbonizirani spoj minimalnog otpora. Nakon toga nije teško odrediti mjesto greške bilo kojom poznatom metodom.

Prema tome, uređaj služi za ispitivanje izolacije kabela napona 10 kV poslije polaganja. Također omogućuje brzo i točno pronalaženje mjesta greške u kabelima bilo kojom od poznatih metoda, a može se upotrijebiti u granicama svojih karakteristika i u druge svrhe.

Uređaj IR-2 S 50 A

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i udešavanje sekundarnih neusmjerenih nadstrujnih releja i njihovih vremenskih članova. Proizvodi struju od 5, 15 i 50 A, čija se vrijednost može kontinuirano mijenjati. Može se koristiti i kao izvod reguliranog napona od 0 do 300 V. Priključuje se na izmjenični napon 220 V.

Uređaj služi za regulaciju i mjerenje s dodatnim uređajima (IR-1000 A i IR-2000 A).

Uređaj za ispitivanje kabela IPKN-1

Ovaj uređaj namijenjen je za ispitivanje kabela do 1 kV. U izvjesnim slučajevima njime se mogu propaljivati i kabeli do 10 kV, a da prethodno nisu obrađivani visokonaponskim dijelom uređaja IPKN-10.

Uređaj IR-UZ

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i udešavanje sekundarnih usmjerenih nadstrujnih, zemljospojnih i sličnih releja i njihovih vremenskih članova.

Uz dodatak IR-1000 A i IR-2000 A mogu se obaviti primarna ispitivanja spomenutih releja. Fazni pomak između struje i napona može se grubo mijenjati po 120° induktivno i kapacitivno, a unutar grubih stupnjeva kontinuirano, te se na taj način može ustanoviti i osjetljivost releja pri faznim pomacima.

Uređaj se priključuje na trofaznu mrežu 380/220 V.

Uređaji IR-1000 A i IR-2000 A, i više

Ovi uređaji su dodatni uređajima IR-2 S 50 A i IR-UZ, pa imaju kontinuiranu regulaciju i mjerenje struja do 1000 A, 2000 A, i više.

Uređaj za mjerenje napona koraka i dodira

Izrađen je uređaj, koji se sastoji iz cijevnog voltmetra, mjernih elektroda i dopunskih zaštitnih sredstava za rukovaoca.

Elektronski voltmetar, osim za mjerenje napona koraka i dodira može se, s obzirom na veliku ulaznu impedanciju, koristiti za snimanje potencijalnih lijevaka, ekvipotencijalnih linija i za mjerenje otpora uzemljenja UI-metodom.

Uređaj je smješten u ukusno izrađenoj kutiji, koja se pomoću remena objesi tako da su ispitivaču slobodne ruke, pa je uređaj zbog svoje funkcionalnosti i male težine, vrlo pogodan za terenska ispitivanja.

»Na osnovi Amandmana XXI i XXII na Ustav SFRJ i Amandmana VI i VII na Ustav SRH osnovne organizacije udruženog rada:

1. OOUR-a — »ELEKTRA« — BJELOVAR
2. OOUR-a — »ELEKTRA« — ČAKOVEC
3. OOUR-a — »ELEKTRA« — KOPRIVNICA
4. OOUR-a — »ELEKTRA« — KRIŽEVCI
5. OOUR-a — »ELEKTRA« — KRIŽ
6. OOUR-a — »ELEKTRA« — VARAŽDIN
7. OOUR-a — »ELEKTRA« — ZABOK
8. OOUR-a — »ELEKTRA« — ZAGREB

udružile su se 10. siječnja 1973. u poduzeće 'ELEKTRA — ZAGREB', Gundulićeva 32«.

HIDROFORI »RADE KONČAR«

Primjena

Primjena hidroforskih postrojenja je svestrana. Hidrofori s kotlovima zapremine 90, 130 i 180 litara upotrebljavaju se za opskrbu vodom manjih stambenih zgrada i pojedinih domaćinstava, iz bunara, cisterne, odnosno kada je tlak u cjevovodu prenizak. Mogu povući vodu iz dubine do 7 metara ispod ulaznog otvora pumpe.

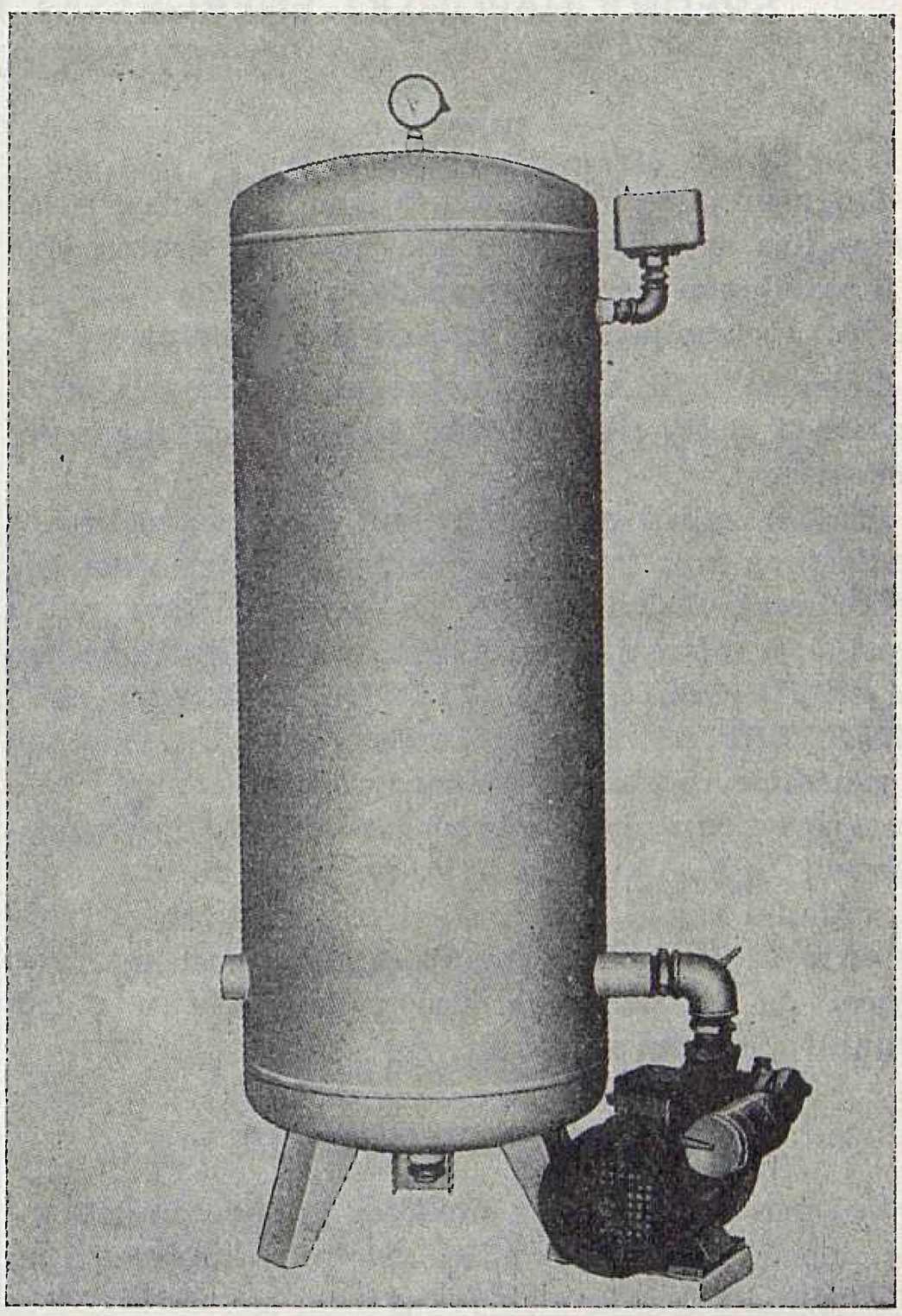
Opis

Hidroforska postrojenja izrađena su prema standardu JUS M. E2.100. Sastoje se od tlačnog kotla s odgovarajućom opremom (tlačna sklopka i manometar) pumpnog agregata (vrtložna pumpa i elektromotor). Tlačni kotao je izrađen od čeličnog lima, a s unutrašnje i vanjske strane presvučen je tankim slojem plastične mase. Plastificiranje je najnoviji postupak, gdje je unutrašnja i vanjska dekorativna zaštita ujedno zaštita protiv korozije, a otporna je i na razne kemijske sastojke koji se nalaze u vodi.

Svi hidrofori navedeni u tablici imaju pumpe projektirane i ispitane u Elektrotehničkom institutu »Rade Končar«. Tehničke i eksploatacione karakteristike su prilagođene potrebama domaćeg i inozemnog tržišta.

Karakteristike agregata su:

— mala težina, male dimenzije,
— osiguravaju normalan rad i dobavu vode i kod sniženog napona i do 170 V,
— mogućnost rada na mjestima s mnogo prašine, vlage kao i na otvorenom prostoru,
— dozvoljena temperatura vode je 80°C, pa čak i više. Kod više temperature opada usisna visina.



Izbor hidrofora

Izbor odgovarajućeg tipa hidrofora ovisi o postojećoj električnoj mreži i naponu mreže (trofazna mreža 3 × 380 V ili 3 × 220 V, ili jednofazna mreža 220 V), o prosječnoj dnevnoj potrošnji vode i o potrebnoj manometarskoj visini (visini dizanja vode).

Tehničke karakteristike hidrofora

Tip hidrofora	Zapremina lit.	Gabarit		Najveći dozvoljeni tlak AT	Protok lit/min	Visina dizajna H M V'ST	Vrsta struje[1]	Snaga KW	Težina kp
		Visina H mm	Promjer D mm						
HMV1-90	90	880	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	43
HMV2-90	90	880	400	4	20—60	50—15	jednofaz.	0,75	46
HTV2-90	90	880	400		20—60	50—15	trofazna	0,75	46
HMV1-130	130	1210	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	51
HMV2-130	130	1210	400		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	54
HTV2-130	130	1210	400	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	54
HMV3-130	130	1210	400		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	55
HTV3-130	130	1210	400		42—78	30—10	trofazna	1,1	55
HMV1-180	180	1310	450		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	59
HMV2-180	180	1310	450		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	62
HTV2-180	180	1310	450	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	62
HMV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	63
HTV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	trofazna	1,1	63

[1] Pumpni agregati VPM imaju jednofazne motore za napon 220 V, 50 Hz
Pumpni agregati VPT imaju trofazne motore za napon 3×380 V (prespojivi na 3×220 V) 50 Hz

SREDNJONAPONSKI ENERGETSKI KABELI IZOLIRANI ETILEN-PROPILEN ELASTOMEROM (EPR, EPM)

UVOD

Etilen-propilenski elastomer kao primarna izolacija u nas se primjenjuje već nekoliko godina, dok se u razvijenim žemljama zapada, a posebno u Japanu i USA, upotrebljava već više od deset godina.

Tvornica ELKA već nekoliko godina proizvodi brodske i 3 kV lokomotivske kabele izolirane ovim elastomerom.

Brodski kabeli su namijenjeni svim našim brodogradilištima koja rade brodove za inozemne i domaće brodovlasnike. Ovi kabeli su pokazali izvanredna svojstva, a priznati su od klasifikacionih društava kao što su: JUGOREGISTAR, LLOYD'S REGISTER, BUREAU VERITAS, i drugi. Brodske kabele i izvozimo u zapadnoevropske i istočnoevropske zemlje koje imaju razvijenu vlastitu brodogradnju. Uvidjevši perspektivu EPR-a kao izolacije, ne samo za niski već za srednji i visoki napon, stavili smo u redovnu proizvodnju EPR-om izolirane 10 kV kabele za koje smo sigurni da će naići na široku primjenu u našim srednjonaponskim mrežama.

SVOJSTVA EPR-IZOLACIJE

+++ Dugo trajanje koje proizlazi iz povećane otpornosti na ozon, termičko starenje i otpornosti na koronu, Lit. 2.

+++ velika opteretivost u trajnom radu, izvanredna preopteretivost kod vršnih opterećenja i kod kratkog spoja, zbog odličnih svojstava izolacije na povišenim temperaturama,

+++ lagana montaža zbog veće fleksibilnosti, posebno kod niskih temperatura (Lit. 1, 3),

+++ odlično spajanje izolacije (kod spojnica i glave, Lit. 3),

+++ izvanredna otpornost na vlagu i atmosferilije,

+++ otpornost na većine ulja, kiseline i alkalije (Lit. 2, 3),

+++ odlična električna svojstva.

Ove prednosti su danas (prema već spomenutom članku) dobro poznate i provjerene za napone do 35 kV (na temelju iskustava od 1964. godine do danas):

+ maksimalna trajna radna temperatura vodiča je *90°C*,
+ maksimalna temperatura vodiča u forsiranom radu je *130°C*,
+ maksimalna temperatura vodiča u kratkom spoju je *250°C*,
+ otpornost na niske temperature je do *−70°C*.

POSEBNA SVOJSTVA

— Usporednim ispitivanjima (u laboratorijima firme Esso-Chemicals, Lit. 2) triju vrsta izolacija u trajnom pogonu na *90°C*, dobivena su vremena za koja početne vrijednosti (čvrstoća i istezanje) padnu za *20%* i to za:

- butilni kaučuk ..... 2 mjeseca
- XPE ..... 2 godine
- EPR ..... bez promjene i nakon tri godine.

— Usporednim (U-bend test u zraku na 90°C) ispitivanjem istih materijala (u laboratorijima Esso, Lit. 2) dobivene su slijedeće otpornosti izbijanja korone:

proboj na:	butilni kaučuk	XPE	EPR (Vistalon 404)
6 kV/mm	za 5 sati	za 80 sati	za 177 sati
10 kV/mm	za 4 sata	za 7 sati	za 21 sat

KONSTRUKCIJA KABELA

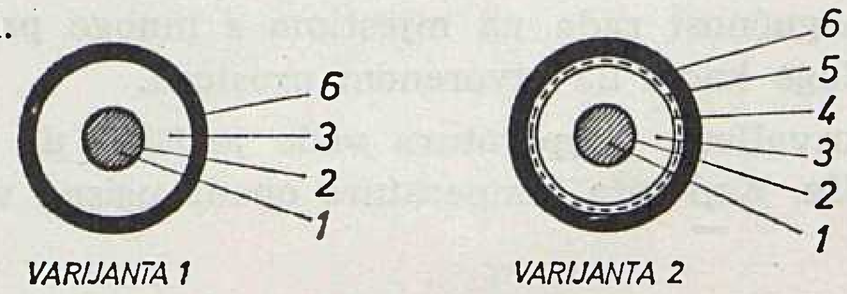
Po svojoj konstrukciji 10 kV energetski kabeli proizvode se kao jednožilni i trožilni mrežni kabeli, odnosno kao jednožilni kabeli za unutarnju montažu, s električnom zaštitom i bez nje.

Jednožilni

Izrađen je i ispitan u dvije izvedbe:

1. bez radijalnog polja — na vodič je nabrizgan u jednoj operaciji poluvodljivi sloj a preko njega izolacija; na izolaciju od EPR-a nabrizgan je plašt od polikloroprena;

2. s radijalnim poljem — na izolaciju od EPR-a nanešen je sloj grafita, poluvodljiva vrpca, bakrena folija ili žice i plašt od polikloroprena ili PVC-a.



Slika 1

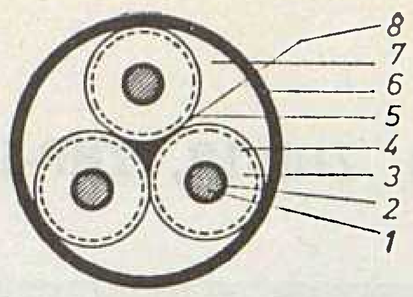
Jednožilni: 1 — vodič Al-uže; 2 — poluvodljivi sloj; 3 — izolacija; 4 — poluvodljivi sloj; 5 — električna zaštita; 6 — plašt

Predviđa se, da će se varijanta 1 koristiti za spojeve unutar transformatorskih stanica, pa će se najviše i proizvoditi. Varijanta 2 može služiti za slične namjene i to tamo gdje se traži uzemljena električna zaštita, npr. »oklopljene« transformatorske stanice, i sl.

Trožilni

Kao mrežni distributivni kabel u standardnoj izvedbi, prema slici 2, ovaj kabel sa izolacijom od EPR elastomera predstavlja modernu zamjenu za papirnu, odnosno PVC izolaciju.

Proizvodi se u standardiziranim presjecima aluminija: 50, 95, 150 i 240 mm².

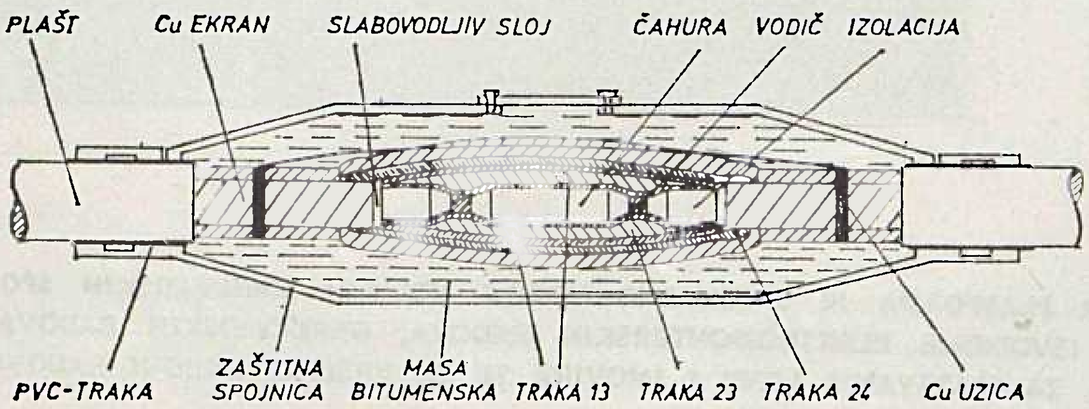


Slika 2

Trožilni: 1 — vodič (Al-uže); 2 — poluvodljivi sloj; 5 — električna zaštita; 6 — plašt; 7 — ispuna; 8 — uložak.

SPAJANJE I ZAVRŠAVANJE

Spajanje i završavanje kabela ide odlično sa već dobro poznatim tehnikama, identičnim onima za spajanje 20 i 35 kV PE i XPE kabela, vidi sliku 3.



Slika 3

POLAGANJE I EKSPLOATACIJA

- Već su prije istaknute neke bitne prednosti, pa i fleksibilnost koja omogućuje lakše polaganje, posebno u cijevi ili u uske kanale s čestom promjenom smjera.
- Trožilni kabel izoliran EPR-om je od prilike 15% lakši od trožilnog papirno-olovnog kabela NAKBA. Tako npr. aluminijski kabel izoliran EPR-om $3 \times 185\ m^2/25\ mm^2$, Cu ima oko 6.700 kg/km, a odgovarajući NAKBA oko 8.000 kg/km.
- Zbog manjeg promjera, kabel izoliran EPR-om se može isporučiti u većim dužinama, pa treba manje spojnica.
- Po cijeni 10 kV kabel izoliran EPR-om odgovara cijeni papirno-olovnog kabela u »NON-DRAINING« izvedbi.
- Polaganje na strmim terenima je skoro bez ograničenja, kao i kod ostalih energetskih kabela sa sintetskom izolacijom.
- Ako želimo dobiti stvarnu cijenu kabela u odnosu na prenesenu energiju, valja usporediti strujne cijene kabela izoliranog, npr. papirom, i kabele izolirane s EPR elastomerom.

Primjera radi usporedit ćemo dva trožilna kabela za polaganje u zemlju, presjeka $3 \times 120\ mm^2$, Al, izoliranog sa XPE ili EPR (ista termička klasa), odnosno papirom:

Trajna struja kabela izoliranog EPR ..... 270 A (prema švedskim normama).

Trajna struja kabela NAKBA ..... 225 A (prema VDE 0255/68).

Ako sada pretpostavimo da je cijena obaju kabela približno ista, onda je cijena kabela po 1 km i 1 A izoliranog EPR elastomerom oko 20% niža od kabela NAKBA »non draining« izvedbe.

ELEKTROISTRA
Pula

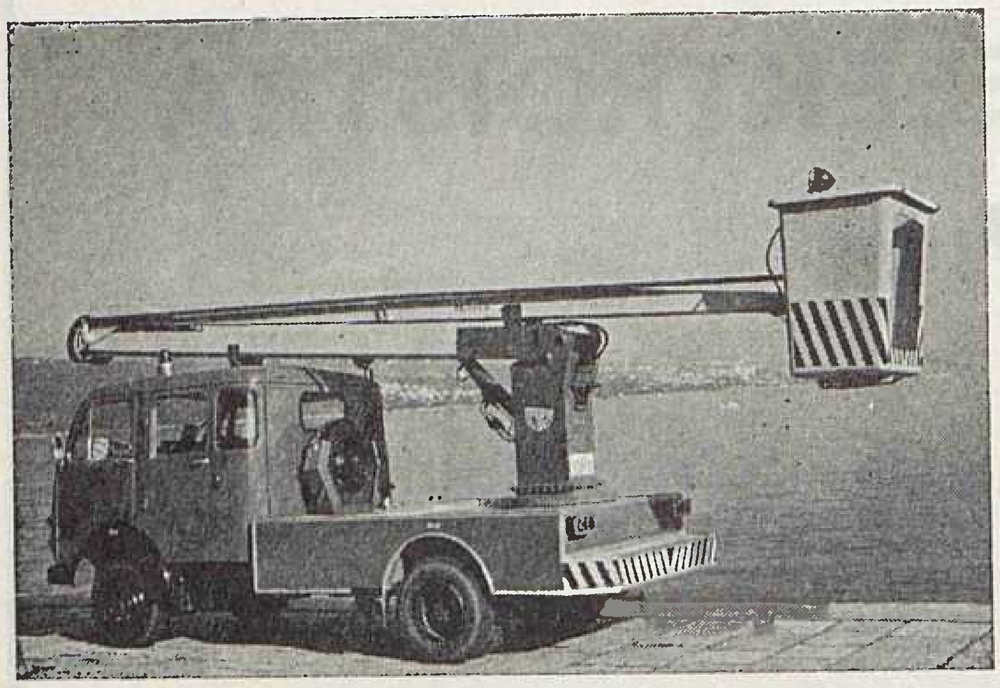
poduzeće za distribuciju
električne energije

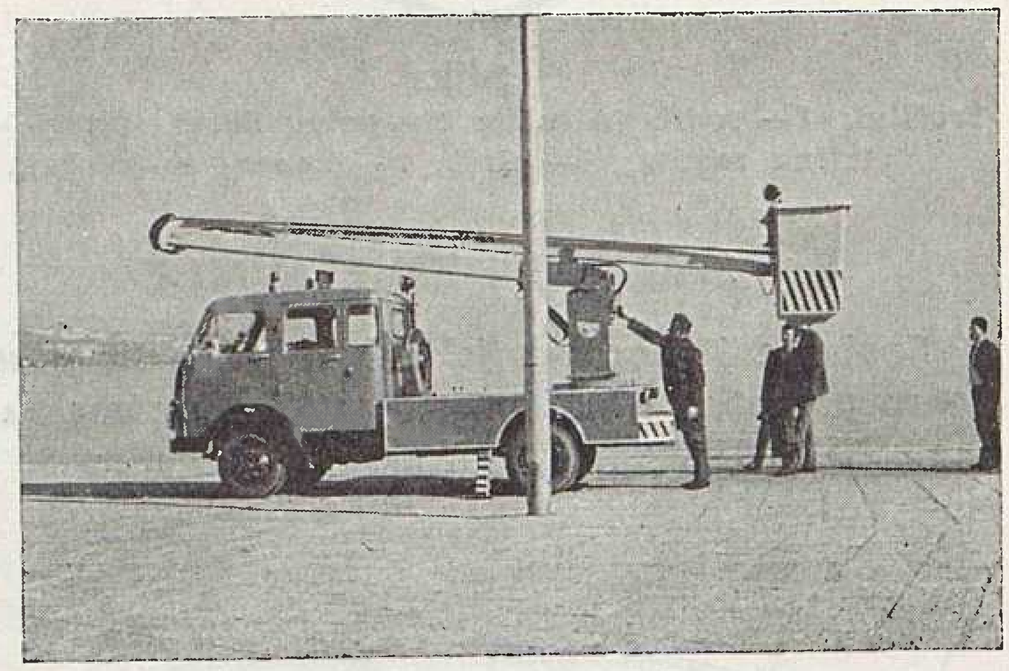
OOUR
ELEKTRA
Buje

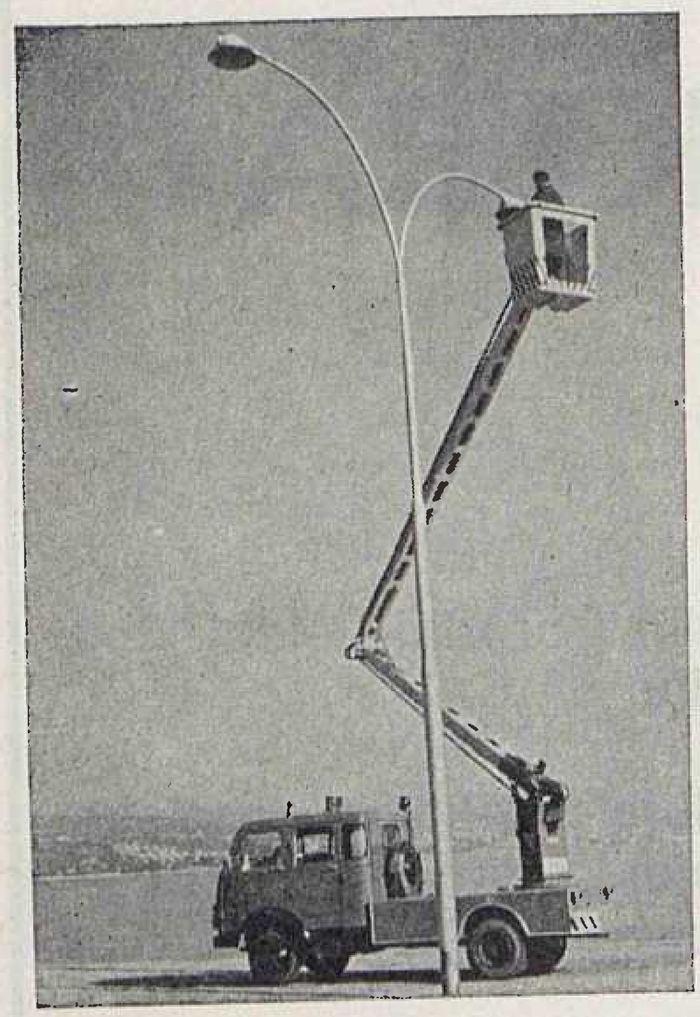
- nabavlja i prodaje električnu energiju
- izgrađuje elektroenergetska postrojenja za vlastite potrebe i potrebe drugih
- projektira energetska postrojenja do reda napona od 10 kv za vlastite potrebe

»Elektra« — Buje
Tel.: 71-033
71-112
71-051

ZHP ZGLOBNA HIDRAULIČKA PLATFORMA ZHP-10, ZHP-12, ZHP-17, i ZHP-21 m







ZGLOBNA HIDRAULIČKA PLATFORMA JE SPECIJALNO VOZILO VELIKIH MANEVARSKIH SPOSOBNOSTI. SLUŽI ZA IZVOĐENJE ELEKTROMONTERSKIH RADOVA, GRAĐEVINSKIH RADOVA, KOD GAŠENJA POŽARA, ZA SPASAVANJE LJUDI I IMOVINE TE ZA VRŠENJE DRUGIH RADOVA NA VEĆIM VISINAMA.

PODUZEĆE »TEHNOMEHANIKA« IZRAĐUJE ČETIRI TIPA ZGLOBNIH HIDRAULIČKIH PLATFORMI: ZPH-10, ZHP-12, ZHP-17, ZHP-21 m.

ZGLOBNE HIDRAULIČKE PLATFORME UGRAĐUJEMO NA VOZILA TAM-a I NA OSTALA STABILNA VOZILA POZNATIH JUGOSLAVENSKIH I SVJETSKIH PROIZVOĐAČA.

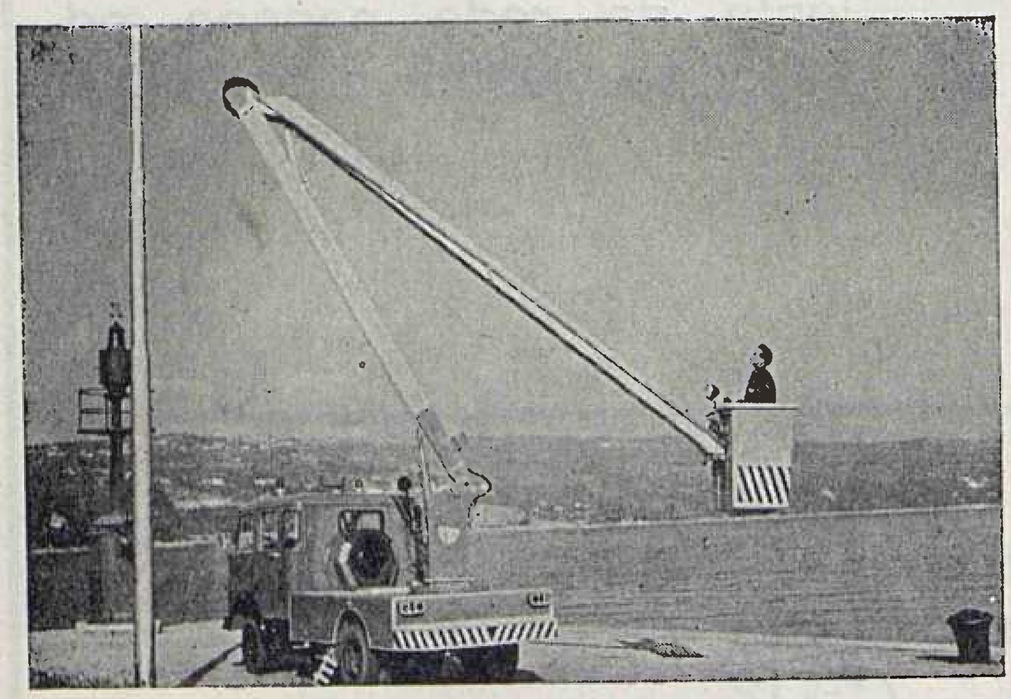
SVI POKRETI ZHP VRŠE SE POMOĆU HIDRAULIKE KOJA DOBIVA POGON OD MOTORA VOZILA. RADNA KOŠARA ZHP PODIŽE SE POMOĆU DVIJE POLUGE SA HIDRAULIČKIM CILINDRIMA NA ŽELJENU VISINU I ZAKREĆE SE OKO VERTIKALNE OSI KUPOLE ZA POTREBNI KUT, KOJI MOŽE IZNOSITI OD 0° DO 360°.

RADNA KOŠARA ZHP IZRAĐENA JE IZ ČVRSTIH ARMIRANIH PLASTIČNIH MASA KOJE ZAŠTIĆUJU RADNIKA OD ELEKTRIČNIH UDARA DO 1000 V.

MOTOR VOZILA POKREĆE HIDRAULIČKU PUMPU IZ KOJE PREKO RAZVODNIKA I CIJEVI DOLAZI ULJE U HIDRAULIČKE CILINDRE.

HIDRAULIČKI CILINDRI PO NAŠOJ ŽELJI IZVRŠAVAJU RADOVE UTVRĐIVANJA VOZILA, DIZANJA I SPUŠTANJA KOŠARE NA ŽELJENU VISINU TE OKRETANJE KUPOLE OKO VERTIKALNE OSI ZA ŽELJENI KUT.

RUKOVANJE PLATFORMOM ZHP JE VRLO JEDNOSTAVNO. ZA RUKOVANJE POSTOJE DVA KOMANDNA MJESTA, NA RADNOJ KOŠARI I NA POSTOLJU VOZILA. OVIM SISTEMOM UPRAVLJANJA MOŽE SE KOŠARA DOVESTI U ŽELJENI POLOŽAJ RUKOVANJEM IZ SAME KOŠARE ILI SA POSTOLJA VOZILA.



PODUZEĆE METALNIH PROIZVODA

MARIJA BISTRICA — TELEFON 2

ZAGREB: KOMERCIJALNO PROJEKTNI SEKTOR, VUKOVIĆEVA 3 — tel. 574-284

BEOGRAD: PREDSTAVNIK, FRANCUSKA 38 — tel. 25-989

Tehnomehanika

GOD. 24 (1975) energija BROJ 7 — 8

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

O FIZICI NASTAJANJA I NAČINU OGRANIČAVANJA I MJERENJA RADIO-SMETNJI NA VISOKONAPONSKOJ OPREMI

Ante Miliša — Marijan Markulin, Zagreb

Iznesena je fizika nastajanja korone na vodljivim dijelovima koja ima najveći utjecaj na iznos ukupnih radio-smetnji. Nadalje su izneseni kriteriji za procjenu nivoa radio-smetnji, kao i neke mjere za ograničavanje njihovog nivoa. Prikazane su mjerne metode po međunarodnim propisima IEC i američkom standardu NEMA.

DK 621.3.027.3:537.2

1. UVOD

Sve viši nazivni naponi sklopnih postrojenja i zahtjevi za njihovim sve manjim dimenzijama postavljaju pred projektante postrojenja i opreme sve šire i složenije zadatke. To se odnosi ne samo na njihove osnovne funkcije, nego i ostale pojave. Ako se te pojave ne uoče mogu ugroziti vijek trajanja same opreme i dovesti do lošeg utjecaja na okolinu i druge uređaje. Parcijalna izbijanja su tipična pojava te vrste. Ona su rezultat visokih električnih polja na površini vodljivih dijelova ili u pripadnim dielektricima i na njihovoj površini. Ovako nastala pražnjenja neophodno je uočiti zbog sigurnosti, vijeka trajanja dielektrika, nivoa radio- smetnji, ubrzavanja nekih nepovoljnih kemijskih procesa, i drugih pojava.

Iz ovako širokog spektra loših utjecaja izdvojen je onaj što se odnosi na utjecaj visokonaponske opreme na slanje radio-televizijskih signala. Radio-smetnje češći su i općeprihvaćen termin za ovu pojavu.

2. OPĆENITO O RADIO-SMETNJAMA I NASTAJANJU KORONE NA VODIČU

U prijemnoj anteni radio i televizijskih prijemnika induciraju se ne samo naponi elektromagnetskih valova predajnih radio-stanica, već i niza drugih izvora elektromagnetskih valova visokih frekvencija. Prema tome odakle potječu izvori radio-smetnji mogu se podijeliti u smetnje:

— od električnih aparata, uređaja i vodova,
— atmosferske,
— smetnje samog prijemnika,
— umjetne.

Da bi se osigurao dobar prijem potrebno je nivo smetnji svih uređaja svesti na mjeru koja se može tolerirati. U ovom članku govorit će se samo o onom dijelu koji se odnosi na visokonaponsku opremu.

Uzroci smetnji što ih proizvodi visokonaponska oprema mogu biti:

— veliko lokalno električno polje na površini,
— smetnje uzrokovane sklapanjem,
— oštećena mjesta na izolatorima,
— korona na vodljivim dijelovima, priključnim užetima i površini izolatora,
— parcijalna izbijanja u dielektriku.

Izbijanja koja nastaju zbog velikog lokalnog električnog polja na površini javljaju se na oštrim šiljcima i rubovima. Gotovo sva oprema ima nekoliko karakterističnih točaka koje mogu biti izvor smetnji. Rastavljači su tipičan primjer aparata, koji s obzirom na dva pogonska stanja bitno mijenjaju raspored svojih glavnih elemenata (zatvoreni i otvoreni položaj), te čine dosta poteškoća pri rješavanju povoljnih oblika zaštitnih elektroda. Armature izolatora i priključene stezaljke s priključnim užetima su mogući izvori smetnji na cijeloj opremi, i na nizu ostalih točaka na nekim uređajima.

Smetnje koje nastaju sklapanjem mogu biti velike, ali ih zbog kratkog trajanja u normalnom pogonskom stanju posebno nećemo analizirati.

Oštećenje izolatora je trajniji izvor smetnji no, budući da je to oštećenje abnormalno pogonsko stanje, neće se posebno obrađivati.

Nivo izbijanja na metalnim dijelovima, razvojem i ispitivanjem aparata valja svesti na nivo

koji se može tolerirati. Međutim u pogonu može doći do značajnih promjena nivoa smetnji, ako dođe do onečišćenja vodljivih dijelova kao i površine izolatora. Magla i kiša uzroci su još većih smetnji. Mjerenja pokazuju da se nivo izbijanja (koje može biti višestruko štetno) može u takvim uvjetima povećati i do 100 puta.

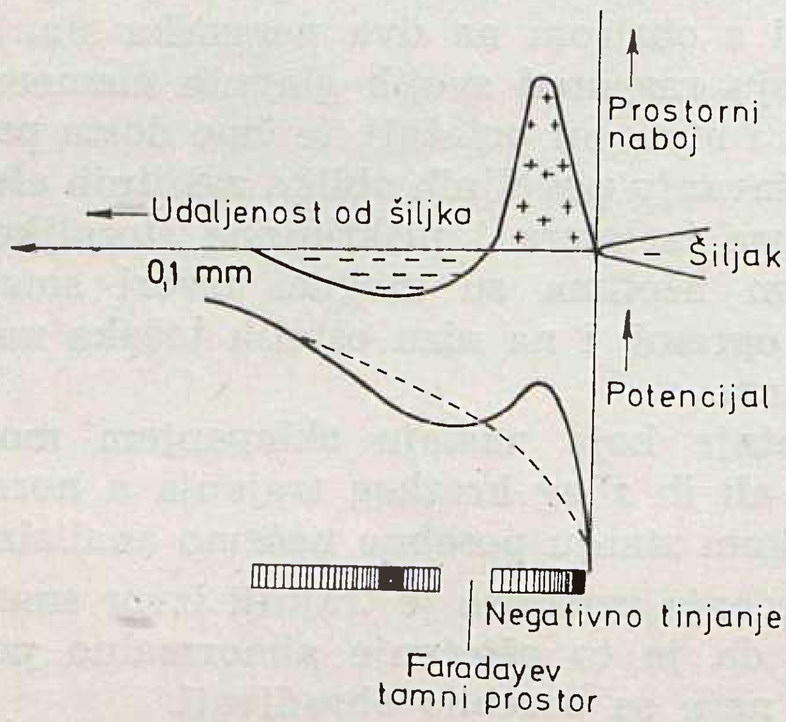
Mnogobrojnim mjerenjima dokazano je da parcijalna izbijanja u izolaciju neznatno utječu na sveukupni nivo radio-smetnji visokonaponske opreme.

Pojava nastajanja izbijanja bit će objašnjena na elektrodi sa šiljkom na negativnom potencijalu. Ako se pojavi pozitivni ion u blizini šiljka on će biti privučen djelovanjem električnog polja i gibat će se prema šiljku. Ion udara u elektrodu i oslobađa jedan ili više elektrona koji pomoću Towusend-ovog mehanizma uzrokuju pojavu oblaka pozitivnih iona u blizini šiljka i negativnih elektrona koji se udaljuju od šiljka. Tokom ovog procesa nastaje radijacija koja uzrokuje fotoionizaciju na površini šiljka. Na taj način nastaje proširenje ionizacionog prostora, i obrazuje se takozvana katodna mrlja koja, ustvari, predstavlja primarni izvor nosioca naboja (izvor korone — izbijanja).

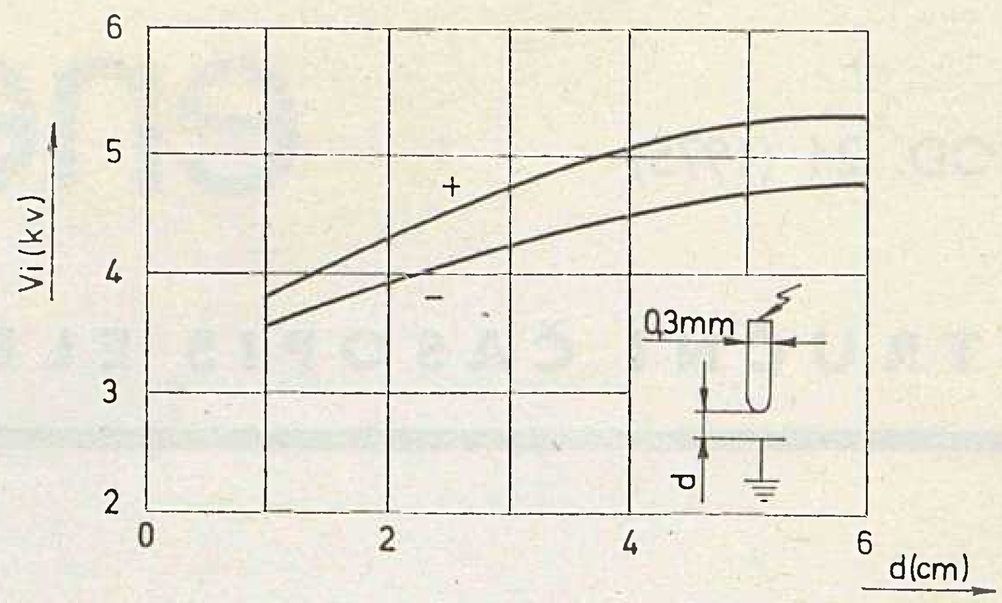
Kod većih udaljenosti od katode elektroni se usporavaju i spajaju s molekulama kisika u zraku. Tako su stvorena dva područja s prostornim nabojem. Pozitvni naboj je u neposrednoj blizini šiljka sporih pozitivnih iona koji su nastali nakon ionizacije molekula zraka. Na većoj udaljenosti negativni ioni,koji su nastali prijanjanjem elektrona na molekule kisika, obrazuju negativni prostorni naboj. Cijeli proces nastaje na daljini 0,1 mm od šiljka u vremenskom intervalu 10^{-8} sek.

Na slici 1 prikazan je dijagram prostornog naboja i potencijala.

Negativni prostorni naboj zaslanja električno polje uz šiljak. Pozitivni ioni se gibaju prema šiljku bez daljnjeg stvaranja ionizacije, jer je jakost polja sasvim mala, pa se izbijanje gasi. Nakon gašenja se negativni prostorni naboj udalji prema anodi, električno naprezanje se povećava i započinje daljnje izbijanje.



Sl. 1. Negativna korona, prostorni naboj i raspodjela potencijala



Sl. 2. Napon nastanka pozitivne i negativne korone

Kod dovoljne jakosti električnog polja oko šiljka javlja se svjetleće područje, takozvano negativno tinjanje (prvi »prag«). Kod daljnjeg povećavanja električnog polja dolazi se do područja samostalnog izbijanja, odnosno pramenastog izbijanja (drugi »prag«). Mehanizam nastajanja na pozitivnoj poluperiodi sličan je opisanom.

Teško je ustanoviti koja je prava vrijednost napona nastajanja (pravog »praga«) izbijanja (korone). Mnogo je radova bilo učinjeno na primjeru vodova visokog napona. Rezultati su ovisili o nizu faktora o kojima će se govoriti. Na slici 2 prikazan je napon nastanka pozitivnog i negativnog tinjanja (korone) kod rasporeda šiljak-ploča.

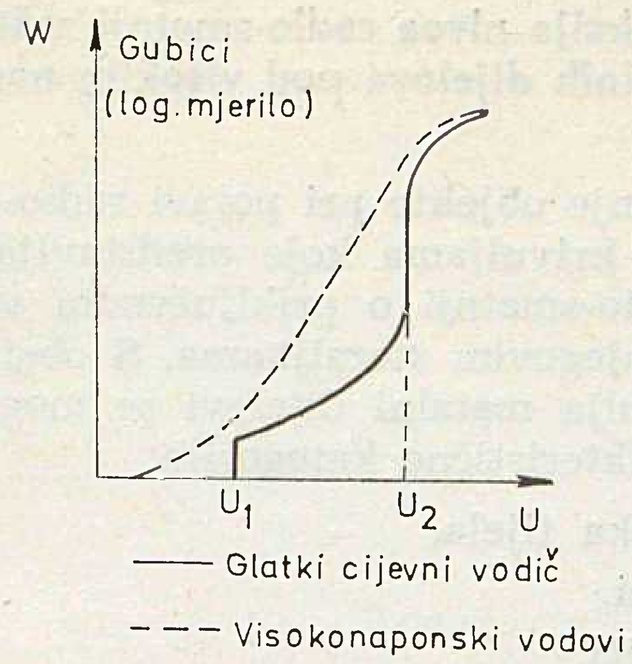
Kod izmjeničnog napona korona nastaje najprije samo kod negativne poluperiode visokonaponskog sinusnog vala. Kod daljnjeg povišenja napona dolazi i do izbijanja na pozitivnoj poluperiodi. Ova se razlika objašnjava prirodom nosioca pozitivnog i negativnog naboja.

Za razliku od tinjavog izbijanja (kod malog tlaka) jakost struje u koroni ne ovisi o otporu u vanjskom strujnom krugu, već jedino o stanju zraka i prostornom naboju koji ograničava »struju« izbijanja. Kod već definiranih elektroda i okoline može se reći da je amplituda »struje« korone proporcionalna razlici momentalne vrijednosti napona i naponu nastanka tinjavog, odnosno pramenastog izbijanja.

Karakteristični tok gubitka kod ove pojave vidi se na slici 3.

Iz shematskog toka krivulja na slici 3 proizlazi da na vodljivim dijelovima do napona U_1 nema gubitaka (pražnjenja), ni svijetlosnih fenomena, i naravno, radio-smetnji. Kod napona U_1 električno polje makar na jednom mjestu poprima iznos koji dovodi do pojave izbijanja. Porast radio-smetnji je skokovit. Za priključeni napon na objektu (U_1) susreće se više izraza: kritični napon, napon tinjanja, napon nastanka ili napon prvog praga.

Daljnjim povećanjem narinutog napona radio-smetnje umjereno rastu do vrijednosti napona (U_2). Pri naponu (U_2) nastaje drugi skokovit porast nivoa radio-smetnji. Za ovaj napon, isto tako, postoji više izraza: kritični napon pramenastog izbijanja, napon nastanka pramenastog izbijanja i napon drugog »praga«. Daljnje povećavanje napo-



Sl. 3. Gubici parcijalnih izbijanja

na na objektu bitno ne utječe na nivo smetnji. Ispitivanje vodiča za energetske vodove prema (L. 4) dalo je otprilike porast gubitaka parcijalnih izbijanja kao na slici 3 (isprekidana crta).

3. KRITERIJ ZA PROCJENU NIVOA RADIO-SMETNJI

Jakost polja radio-smetnji na nekoj udaljenosti od visokonaponske opreme i prijenosnih vodova ovisna je o trima osnovnim parametrima: udaljenosti od izvora smetnji, frekvenciji i gradientu polja na samom izvoru.

Ova jakost polja može se definirati i kao inducirani napon na propisanoj anteni.

Na osnovi pokusnog istraživanja, tehničkog i biološkog, smatra se da je za dobar prijem važan odnos između korisnog i ometajućeg napona na prijemniku.

Pri prijemu tonskih emisija odnos između korisnog i ometajućeg napona mora biti jednak ili veći od 100, a tome odgovara 40 dB (na 1 μV):

$$\frac{U_{korisni}}{U_{smetnji}} = 100,$$

Kako za pretvorbu decibala u mikrovolte vrijedi:

$$A\,[dB] = 20 \log \frac{U_x}{U_0},$$

gdje je: A — očitana vrijednost [dB]
U_x — amplituda napona smetnji [μV]
U_0 — referentna vrijednost 1 μV,
bit će:

$$20 \log \frac{U_{korisni}}{U_{smetnji}} = 20 \log 100 = 40 \text{ dB}.$$

Kod televizijskih i telegrafskih emisija taj odnos mora biti jednak ili veći od 50, tj. 34 dB (na 1 μV)

$$\frac{U_{korisni}}{U_{smetnji}} = 50$$

$$20 \log \frac{U_{korisni}}{U_{smetnji}} = 20 \log 50 = 20 \cdot 1{,}7 = 34 \text{ dB}.$$

Da bi se odredile granične vrijednosti ometajućeg signala na temelju prethodnih zahtjeva, za osnovu se uzima granica šuma (vlastitog i atmosferskog). Jačina polja ovog šuma je u radio-komunikaciji približno 0,03 do 80 μV/m, kao što je prikazano na slici 4, krivulja 1.

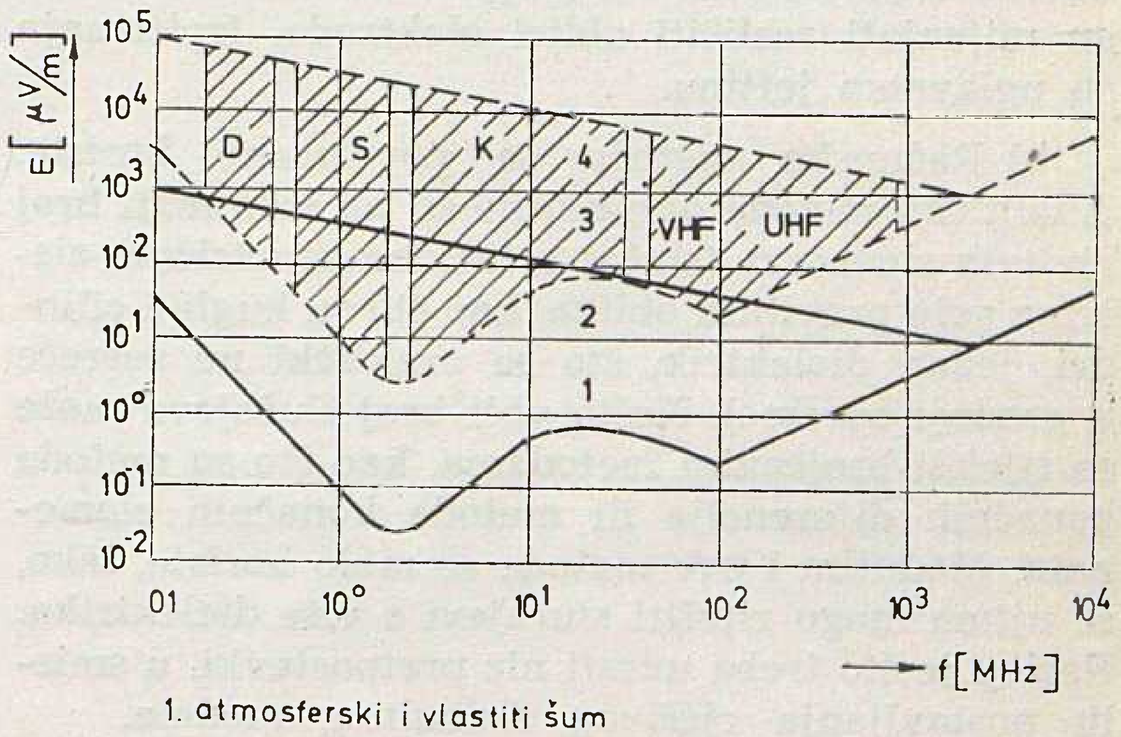
Utjecaj atmosferskih smetnji predstavlja aperiodičke impulse čija analiza (Fourierova transformacija) pokazuje da se amplituda signala neprekidnog spektra frekvencija smanjuje s povećanjem frekvencije, pa ih praktički nema u UKV području.

Unutrašnje smetnje u samom prijemniku posljedica su kretanja elektrona u anteni i u ulaznom krugu prijemnika. Kretanje uglavnom nastaje zbog zagrijanosti antene i ulaznog kruga i uslijed Šotkijevog efekta u ulaznoj cijevi prijemnika (krivulja 1, slika 4).

Ako se svaka točka krivulje 1 po ordinati povisi za 40 dB dobije se krivulja 2. Dakle, uz pretpostavku da postoje samo smetnje opisane krivuljom 1, krivulja 2 bi ujedno bila krivulja potrebne jačine polja.

Suvremeni predajni uređaji proizvode valove s gornjim nivoom korisne jačine polja koji su znatno viši od krivulje 2 i kreću se od 10 do 10^3 μV/m, wravac 4, u području frekvencija 100 kHz — 1 000 MHz. Ako se od pravca 4 odbije 40 dB kao uvjet za nesmetani prijem dobije se granična jakost polja ometajućeg signala, pravac 3, u širokom frekventnom području a kreće se od 10^3 μV/m do 10 μV/m.

Između pravca 3 i krivulje 1 omeđeno je područje koje može biti ometano od izvora koji nisu spomenuti kod opisa krivulje 1. Uočljivo je da u



1. atmosferski i vlastiti šum
2. korisni signal za 40 dB veći
3. max. nivo smetnji
4. gornji nivo korisne jačine polja

Sl. 4. Nivo korisne jačine polja i nivo smetnji; D: dugi valovi; S: srednji valovi; K: kratki valovi; UHV i UHF: televizijsko područje

području od 0,5—5 MHz postoji sedlasti prostor u kojem utjecaj drugih izvora može biti znatan, ali bez utjecaja na kvalitetu prijema, stoga se zaštita na uređajima u tom području u kojem su smetnje karakteristične može izvesti ekonomski povoljnije.

Dokazano je da visokonaponska oprema i vodovi imaju opadajuću frekventnu karakteristiku, tako da je područje značajnih nivoa smetnji smješteno upravo unutar sedlastog prostora na slici 4. Dakle postoji mogućnost da se relativno jeftino ograniče smetnje na mjeru koja se može tolerirati (zaobljenja u konstrukciji, prsteni i drugi zaštitni dijelovi relativno malih dimenzija, itd.).

Na taj način predočena je osnova za određivanje graničnih vrijednosti radio-smetnji. Stručnjaci s različitih područja elektrotehnike treba da dogovorno ustanove i propišu optimalni nivo smetnji za ono frekventno područje u kojemu parcijalna izbijanja mogu na nekim aparatima izazvati smetnje koje se ne mogu tolerirati u radio-televizijskoj komunikaciji.

4. MJERE ZA SMANJENJE NIVOA RADIO-SMETNJI

Uzroci nastajanja povišenog električnog polja na nekim elementima oprema nalaze se u loše oblikovanim metalnim dijelovima.

Načini koji se koriste kod projektiranja opreme u smislu što boljeg rješavanja električnog polja, jesu:

a) snimanje u elektrolitskoj kadi,
b) računske metode (analitičke i brojčane),
c) iskustvo.

a) Oblikovanje elektroda istraživanjem u elektrolitskoj kadi uglavnom je najpristupačnije za određivanje simetričnih polja. Brzo i lako se mogu mijenjati različiti oblici elektroda. Ispitivanja su uglavnom jeftina.

b) Računske metode se povremeno koriste. Analitičke metode ograničene su na vrlo mali broj rješivih slučajeva (slučaj rotaciono-simetričnih sistema vrlo pravilnih oblika, kao što su kugle i cilindri, jedan dielektrik, što se praktički ne susreće u gradnji opreme). Nešto veći broj slučajeva može se riješiti brojčanim metodama, kao što su metoda konačnih diferencija ili metoda konačnih elemenata. Međutim i ove metode se malo koriste, iako, se njima mogu riješiti slučajevi s više dielektrika. Razlog je što treba uvesti niz pretpostavki, u smislu postavljanja rješivog fizikalnog modela.

c) Iskustvo se može ostvariti jedino na velikom broju konstrukcija i ispitanih rezultata. Za opremu visokog napona to je jedan od preduvjeta za izbor konstruktivnih elemenata, položaja i oblika zaštitnih dijelova.

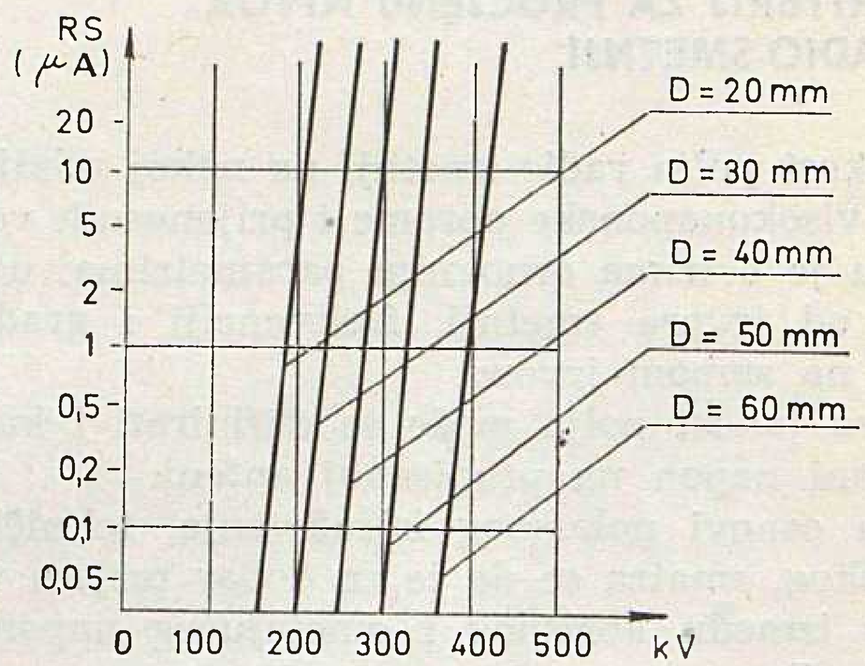
4.1. Redukcija nivoa radio-smetnji zaštitom metalnih dijelova pod visokim naponom

Ponašanje objekta pri pojavi radio-smetnji pokazuje se krivuljama koje predstavljaju ovisnost nivoa radio-smetnji o priključenom visokom naponu na njegovim stezaljkama. S obzirom na tok ovih krivulja metalni dijelovi se mogu podijeliti u tri karakteristične kategorije:

— glatka tijela,
— šiljci,
— vodiči.

4.1.1. Glatka tijela

Glatka tijela s velikim radiusom zakrivljenosti mogu proizvesti smetnje karakterizirane krivuljama što su pokazane na slici 5 a odnose na cilindre različitih promjera.



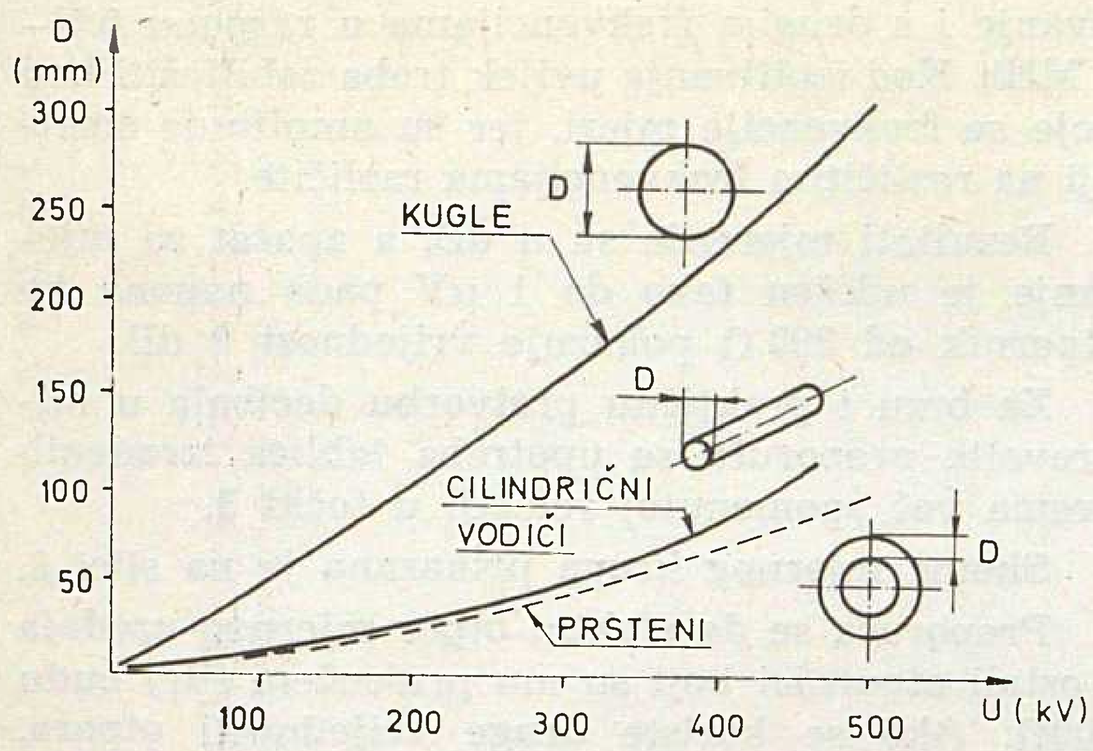
Sl. 5. Karakteristike smetnji glatkih tijela s velikim radijusom zakrivljenosti (cilindri)

Za objekte ovog tipa može se, dakle, definirati jedan napon »praga«. Pojava nivoa radio-smetnji može se pratiti do napona koji je samo nešto viši od napona »praga«, jer se brzo postižu vrijednosti radio-smetnji, ekstremno visoke. Osim cilindričnih tijela slično se ponašaju kugle i prsteni u formi torusa.

Za ove objekte napon »praga« je u biti jedini parametar koji definira njihovo ponašanje.

Mjesta mogućih značajnijih izvora radio-smetnji na uređajima visokog napona uglavnom valja štititi prstenima, kuglastim plohama, odnosno izborom većih dimenzija cilindričnih provodnika. Na slici 6 su pokazani naponi »praga« ovisno o promjeru, za navedene primjere, zaštitnih elektroda.

Kod izbora pojedinog zaštitnog elementa bi bilo dobro (na osnovi iskustva) odabrati dimenzije kod 10—15% višeg napona. Na taj način se osigurava veća sigurnost u pogledu korištenja opreme u različitim pogonskim prilikama.



Sl. 6. Dimenzije štitnika u funkciji napona

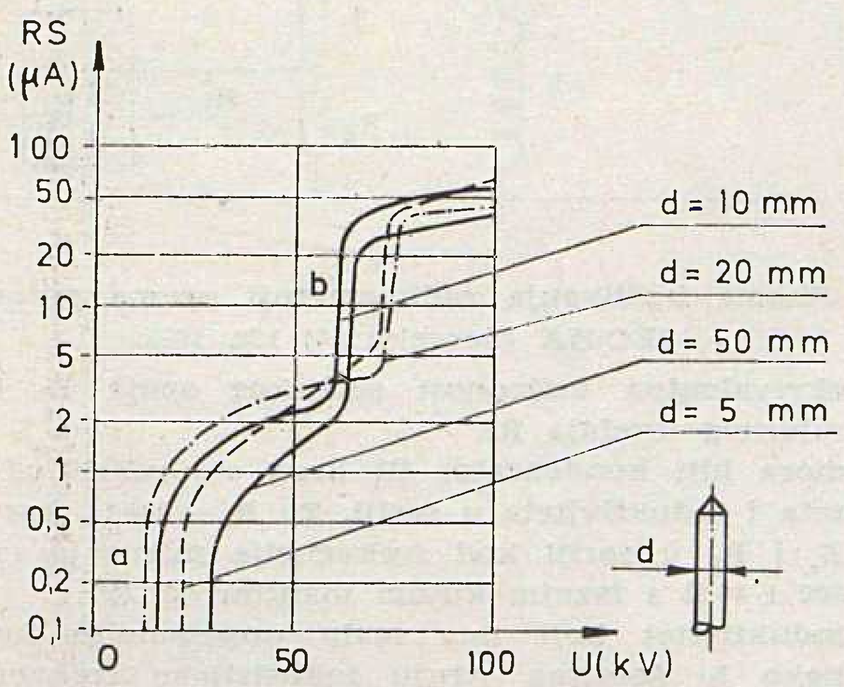
Kod prstenova se promatra najmanji promjer torusa ali se pritom ne smije zaboraviti da je napon »praga« uvjetovan i drugim promjerom. No, za praktičnu upotrebu omjer ovog i nekog višeg promjera može se zanemariti za ovu svrhu.

4.1.2. Metalni šiljci

Metalni šiljci pod naponom, kao i objekti koji imaju konačan broj izvora korone u zraku imaju tok nivoa radio-smetnji karakteriziran krivuljama na slici 7.

Za njih nije dovoljno definirati samo jedan napon praga. Na krivuljama koje opisuju nivo smetnji ovisno o priključenom naponu na stezaljkama objekta, mogu se uočiti dvije karakteristične vrijednosti kojima odgovaraju dva napona »praga«. Prvi »prag« je posljedica napona tinjanja, a drugi »prag« odgovara naponu pramenastog izbijanja.

Ovi objekti, bilo da su kod ispitivanja sami ili djelomično zaštićeni, zadržavaju isto svojstvo i u oblika krivulja koje opisuju nivo smetnji u funkciji visokog napona. Što se tiče utjecaja na nivo radio-smetnji zanimljivo je da oblik šiljka ne utječe bitno na nivo drugog »praga« i njegovog okoliša, dok značajnije oscilacije mogu nastati kod nastanka prvog »praga«.



a - prvi prag

b - drugi prag

Sl. 7. Karakteristike smetnji šiljaka

Tok krivulja na slici 7 karakterističan je, u nešto blažoj formi, uglavnom za svu visokonaponsku opremu u postrojenjima visokog napona.

4.1.3. Vodiči

Vodiči na visokonaponskim vodovima, cilindrični vodiči s malim promjerom na visokonaponskoj opremi, općenito su metalni dijelovi pod naponom na kojima se ne može odrediti broj izvora radio-smetnji. Oni se ponašaju u području ispitnih napona tako da preko napona prvog »praga«, ponekad teško odredivog, imaju postupan porast radio-smetnji bez većih varijacija. Kod njih se ne pojavljuje drugi »prag«. Ponašanje ovakvih vodiča prikazano je na slici 3.

Nivo radio-smetnji na vodovima svodi se unutar dozvoljenih granica postavljanjem vodiča u snop i, naravno, povećanjem promjera vodiča, da bi se smanjio gradijent uz površinu vodiča. Tako npr. čehoslovačke norme ČSN 34 2880 propisuju maksimalni gradijent polja uz površinu vodiča, kao i iznos radio-smetnji na određenoj udaljenosti.

Na osnovi navedenih razmatranja i dobivenog saznanja razvojem i ispitivanjem rastavljača 245 i 420 kV, možemo zaključiti:

— Za štićenje oštrih dijelova opreme praktično je i ekonomično koristiti toruse ili njima slične oblike elektroda.

— Iskustvo je pokazalo da manji promjer torusa »D« za nazivni napon 420 kV, mora biti oko 60 mm, ovisno o kvaliteti plohe i odnosu većeg i manjeg promjera.

— Kod studija rješavanja polja valja uvijek imati na umu kompletnu konstrukciju. Stoga treba pojedina mjesta štititi elektrodama čije dimenzije ovise o stupnju zasjenjenosti tog mjesta postojećom konstrukcijom i već odabranim drugim elektrodama.

— Krajeve valja štititi većim elektrodama, poželjno torusima, jer se tako postižu najekonomičnija rješenja.

— Da bi oprema nakon ugradnje u postrojenje ostala na približno istom nivou smetnji potrebno je kod projekta posvetiti pažnju načinu priključivanja.

Bilo bi dobro da se priključci, što je moguće više izvode tako da se izbjegavaju nezaštićena koljena i slični oblici, koji dovode do pojave utjecaja, tj. mjesta gdje je gradijent polja vrlo velik. Za slučajeve gdje nije moguće izvesti ovakve priključke, projektanti postrojenja morali bi predvidjeti odgovarajuća rješenja.

5. MJERENJE NIVOA RADIO-SMETNJI

Prva metoda za mjerenje nivoa radio-smetnji nastala je još 1940. godine prema standardu NEMA 170. Ova metoda dugo se koristila, a od 1964. godine vrijedi novo, prepravljeno izdanje pod istim brojem (NEMA 107—1964).

Tokom vremena, s obzirom na potrebe, nastalo je nekoliko novih varijanti po (L. 8 i L. 9), kao i međunarodna preporuka CISPR. Dakle, eksperimentalno izučavanje radio-smetnji na uređajima visokog napona temelji se na nizu međusobno različitih metoda. Budući da se osnovni parametri koji služe za opis smetnji kod pojedinih metoda razlikuju, nameće se potreba za objedinjavanjem dosadašnjih dostignuća na zajedničkoj osnovi, kako bi se pozitivni rezultati izučavanja na ovom području mogli lakše primjenjivati.

Ta se težnja očituje u sve većem prihvaćanju preporuka CISPR-a i pri mjerenju radio-smetnji na uređajima visokih i najviših napona. Iako još nema objavljenog propisa, postoji prijedlog IEC prema dokumentu 17 A (Secretarirat) 122 A od lipnja 1972. godine, za mjerenje radio-smetnji na visokonaponskim aparatima. Neophodnost provjere radio-smetnji na ovim aparatima prethodno je opisana.

Navedena preporuka IEC još uvijek nije jednoznačna jer ostavlja otvorene mogućnosti dogovaranja između kupca i prodavača za sve aparate iznad 100 kV. U prvom redu se to odnosi na dozvoljeni nivo, način ispitivanja, i mjernu veličinu.

Prva vlastita iskustva o mjerenju radio-smetnji na visokonaponskoj opremi dobivena su ispitivanjem rastavljača 245 i 240 kV u ispitnim stanicama: CESI — Milano, EGU — Praha i ETI Rade Končar — Zagreb. Da bi se dobio što bolji uvid u tok takvog ispitivanja, ukratko ćemo opisati način ispitivanja radio-smetnji u ispitnoj stanici EGU, prema prijedlogu propisa IEC.

Kod ispitivanja rastavljača primjenjuje se napon na otvorenom i zatvorenom rastavljaču na slijedeći način:

U otvorenom položaju napon se primjenjuje dva puta, prvi put na jednu priključnicu, a druga se zajedno s postoljem (dobro) uzemlji. Ovo se ponavlja i s drugom priključnicom. U zatvorenom položaju ispitivaije se obavlja tako da se na jednu priključnicu primijeni napon, a postolje se uzemlji. Objekti koji se nalaze u blizini ne smiju bitnije utjecati na ispitivanje.

Aparat u ispitivanju mora biti suh, čist i na temperaturi okoline.

Početak ispitivanja radio-smetnji mora biti na aparatu koji najmanje dva sata nije bio pod naponom.

Veze i krajevi moraju se dobro osigurati da ne bi proizvodili smetnje. Ispitani krug je definiran prema CISPR br. 1 od 1961. Ispitivanje je provedeno na frekvenciji od 0,5 MHz. Dopušta se ispitivanje i s drugim frekvencijama u rasponu 0,5—2 MHz. Kod ispitivanja uvijek treba zabilježiti kod koje se frekvencije mjeri, jer su amplitude smetnji na različitim frekvencijama različite.

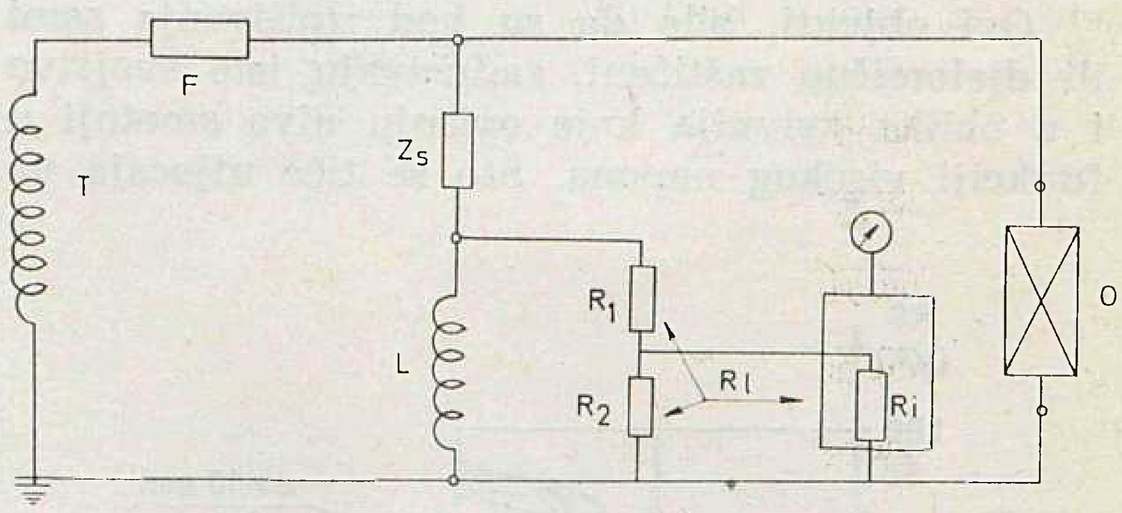
Rezultati mjerenja su u dB, a aparat za mjerenje je udešen tako da 1 μV pada napona na otpornik od 300 Ω pokazuje vrijednost 0 dB.

Za brzu i praktičnu pretvorbu decibala u mikrovolte preporuča se upotreba tablica izrađenih prema već spomenutoj relaciji u točki 3.

Shema mjernog kruga prikazana je na slici 8.

Preporuča se da efektni otpor mjernog uređaja i ostali otpornici koji su mu pridruženi (R_L) budu 300Ω. Ako se koriste druge vrijednosti otpora, one ne smiju biti veće od 600 Ω ni manje od 30 Ω. Ekvivalentni napon smetnji za 300 Ω može se izračunati uz pretpostavku da je mjerni napon proporcionalan otporu. Ovo se ne može primijeniti za ispitne objekte većeg kapaciteta za koje se mora obaviti korekcija. Aparati i izolatori su uređaji s malim kapacitetom. Filter F mora imati veću impedanciju, tako da impedancija između vodiča visokog napona i zemlje $Z_s + R_L$ ne bude shuntirana, gledano sa strane aparata u ispitivanju, kako je pokazano na slici 8.

Ispitni objekt priključen je na visokonaponski transformator T. Pod utjecajem visokog napona ispitni objekt postaje generator širokog spektra visokih frekvencija. Za unaprijed definirano područje mjernih frekvencija (propisi NEMA 1 MHz, preporuke IEC 0,5 MHz) definiraju se elementi ispitnog kruga i mjernog uređaja. Struje visoke frekvencije zatvaraju se preko impedancije Z_s, te otpora R_1 i R_2. Pad napona na otporu R_2 mjeri se aparatom, koji je u biti voltmetar s pokazivanjem u dB.



Sl. 8. Shema ispitivanja radio-smetnji prema preporukama IEC 17A (Secretariat) 122, 1972.

R_L — ekvivalentna vrijednost serijskog spoja R_2 i otpora mjernog uređaja Ri

Z_s — mora biti kondenzator ili krug sastavljen od kapaciteta i induktiviteta u seriji. Za R_1 = 300 Ω, impedancija Z_s i R_L u seriji kod frekvencije mjerenja mora biti 300 ± 40 Ω s faznim kutom manjim od 20°

L — induktivitet koji ima malu impedanciju kod 50 Hz kako bi šentirao struju industrijske frekvencije od uređaja za mjerenje, ali ima visoku impedanciju, veću od 3000 Ω, kod mjernih frekvencija

O — ispitni objekt

O — filter

T — transformator

Filter F na slici 7 reducira struje visokih frekvencija koje mogu cirkulirati u ispitanom krugu, a koje proizvodi transformator visokog napona, ili dolaze iz drugih izvora. Utvrđeno je da približna vrijednost ove impedancije iznosi 10.000 Ω do 20.000 Ω kod mjerne frekvencije.

Kad se aparat odvoji od ispitnog kruga ili zamijeni elementom za koji se zna da nema smetnji, izmjereni nivo smetnji treba da bude što je moguće manji, po mogućnosti za 10 dB manji od nivoa smetnji koji se tolerira za aparat u ispitivanju.

Budući da nivo smetnji može biti povećan uslijed prašine ili nečistoće koje se talože na izolatore, dopušteno je da se aparat očisti prije mjerenja. Valja registrirati pritisak kod kojeg se mjeri. Faktor korekcije je za sada nepoznat, ali se zna da rezultati ispitivanja mogu znatno ovisiti o relativnoj vlažnosti. Ako je relativna vlažnost kod ispitivanja veća od 80%, opravdano se može sumnjati u valjanost rezultata.

Kod ispitivanja potrebno je najprije primijeniti napon od 1,1 $U_n/\sqrt{3}$ barem 5 min.

Napon se zatim smanjuje u koracima do napona 0,3 $U_n/\sqrt{3}$, zatim se podiže do početne vrijednosti i konačno spušta do 0,3 $U_n/\sqrt{3}$.

Kod svakog koraka registrira se izmjereni nivo smetnji, a kao mjerodavni podaci smatraju se nivoi kod posljednjeg spuštanja. Na taj način dobivena krivulja nivoa smetnji u funkciji napona zove se karakteristika smetnji ispitivanog uređaja. Korak napona mora biti 0,1 $U_n/\sqrt{3}$.

Na takav način snimljena je, dakle, karakteristika rastavljača 420 kV

$$U_{\text{radio-smetnji}}\,[\mu V] = f\,(U)\,[kV].$$

U najnepovoljnijem slučaju maksimalni nivo smetnji iznosio je 1592 μV.

Po najnovijem prijedlogu IEC, koji još uvijek nije propis, smatra se da je aparat zadovoljio ispitivanje, ako nivo smetnji na snimljenoj karakteristici ne prelazi 2500 μV.

Ovaj podatak vrlo je interesantan i za proizvođača, i za kupca, jer je upravo pomanjkanje takvog kriterija bio osnovni nedostatak ovih ispitivanja.

O nivou smetnji od 2500 μV, uz napon 1,1 $U_n/\sqrt{3}$ kao jedinstvenom kriteriju za parate svih napona po ovom prijedlogu IEC-a sigurno će još biti diskusije, jer postoji dovoljno argumenata da se na nižim naponskim nivoima traže i niži nivoi smetnji. U prvom redu 110 kV mreža vrlo je proširena i veoma je često blizu naseljenih područja, a s druge strane problem ograničavanja nivoa smetnji na manjim naponima ne predstvalja veći tehnički ni ekonomski problem.

6. ZAKLJUČAK

Problematika radio-smetnji od visokonaponske opreme u nas je relativno novijeg datuma.

Uvođenjem 420 kV-nog napona u našu mrežu ovom se problemu posvećuje sve veća pažnja.

Na posljednjem zasjedanju CIGRE u Budvi o radio-smetnjama uzrokovanim visokonaponskom opremom diskutiralo se u više radnih grupa i studijskih komiteta. Zaključci ovih diskusija upućuju na neophodnost, da proizvođači, projektanti i korisnici mreže visokog napona proučavaju ove pojave. Na taj način bi mogli zajedno s radio-televizijskim kućama, odrediti kriterije koji bi bili najprihvatljiviji za naše uvjete, to više što se očekuje daljnja diskusija o jedinstvenom kriteriju od 2500 μV predloženom od IEC za opremu svih naponskih nivoa.

Do nedavno mogućnosti eksperimentiranja u zemlji, kako na terenima tako i u ispitnim stanicama bile su skromne. Međutim danas i kod nas postoje opremljeni laboratoriji za mjerenje radio-smetnji i parcijalnih izbijanja u izolaciji, i postoje realni uvjeti za izučavanje ovog fenomena.

LITERATURA

1. Methods of Measurement of Radio Influence Voltage (RIV) of High Voltage Apparatus, »NEMA Publication«, 107, 1964.
2. Specification for CISPR, Radio Interference Measuring Apparatus for the Frequency Range 0,15 MHz to 30 MHz, CISPR Publication« 1A, 1966.
3. Rumi, G., Zaffanella, L.: Riduzione del livello di radio-interferenza mediante schermatura delle parti metalliche in altissima tensione, I - 69/1966. Rendiconti della LXVII Riunione Annuale AEI.
4. Meyer de Stadelhofen, J., Walter, W.: Contribution relative à l'estimation du pouvoir radioperturbateur de lignes à très haute tension, Mai 1958.
5. Kohoutova, D., Vokalek, J.: Radiové rušeni od vedeni vvn. Elrktotech. Obz. (1965) Č. 4.
6. El-Debeiky, S., M. Sc., Khalifa, M.: Analysis of the Effect of Humidity on Corona Radio Interference. November 1969.
7. Kakoti, G. C., Salvage, B.: Radio Interference from high Voltage Insulators Under Direct-Voltage Conditions. Marh, 1969.
8. B.S. 727, 1967. Radio Interference Measuring Apparatus for the Frequenca Range 0,015 MHz to 1000 MHz.
9. Forrest S. S., Martin, R. E.: Methodes de Laboratorie pour la mesure des intergérences radiophoniques à partir des isolateurs à haute tension et autres élèments.
10. A. Miliša: Ispitivanje rastavljača v.n. s obzirom na parcijalna izbijanja, X Stručno savjetovanje CIGRE, Dubrovnik 1970.
11. F. H. Kreuger Dr. Ir.: Discharge detection in high voltage equipment. A. Heywood book, temple press books LTD, London 1964.
12. A. Miliša, M. Markulin: O načinu ograničavanja radio-smetnji na visokonaponskim aparatima, XIII Zasjedanje CIGRE, Budva 1975.

Naslov pisaca: Ante Miliša, dipl. ing.
i Marijan Markulin, dipl. ing.
Elektrotehnički institut »Rade Končar«, Zagreb

AUTOMATIZACIJA U TERMOELEKTRANAMA

(3. dio)

AUTOMATSKO UPRAVLANJE FUNKCIONALNIM GRUPAMA

Josip Lakota, Zagreb

U prvom dijelu ovog rada (Energija 11/12, 1974. god.) dana je osnovna podjela i pregled osnovnih rješenja tzv. automatizacije procesa i automatizacije nadzora procesa u termoelektrani.
Drugi i treći dio ovog rada obuhvaćaju područje automatizacije procesa u termoelektrani.
U drugom dijelu (Energija 5/6, 1975. god.) prikazani su principi rješenja sistema vođenja bloka (tzv. uređaj za vođenje bloka te uređaji za nadzor termičkih naprezanja turbine i kotla).
U ovom trećem dijelu daje se najprije pregled vrsta upravljanja i načina realizacije programa upravljanja, a zatim principi automatskog upravljanja funkcionalnom grupom. Pri tome se najprije daje primjer decentraliziranog elektronskog rješenja na bazi tzv. fiksnog ožičenja. Dalje se daje uvid u novu kategoriju decentraliziranih rješenja koja će, po svemu sudeći, u najskorije vrijeme imati veliku ulogu u automatizaciji u termoelektranama, a i općenito. Radi se o univerzalnim uređajima, posebno razvijenima za potrebe industrijskih upravljanja, kod kojih se program upravljanja može više ili manje slobodno mijenjati promjenom sadržaja tzv. programske memorije. Na kraju se daje pojam tehnike vođenja procesa.

DK 621.311.22:65.011.56

Prije nego što prijeđemo na rješenja automatskog upravljanja funkcionalnim grupama dat ćemo pregled vrsta upravljanja, kao i klasifikaciju rješenja s obzirom na način na koji se realizira tzv. program upravljanja. Tako ćemo potpunije spoznati o kakvim se rješenjima u termoelektranama zapravo radi.

5.2. Vrste upravljanja

S obzirom na karakter signala možemo razlikovati:

— binarna upravljanja,
— digitalna upravljanja.

5.2.1. Binarna upravljanja

Kod ovih se upravljanja obradom binarnih ulaznih signala — tj. signala s dva stabilna stanja — izvode binarni izlazni signali. Ovamo pripadaju:

a) tzv. kombinatorna upravljanja. Kod kombinatornih upravljanja izlazni signal ovisi jedino o momentanom stanju ulaznih signala. Ova upravljanja pretežno se realiziraju na osnovi logičkih elemenata tipa »I«, »ILI«, »NE«. Ona su se donedavno pretežno realizirala relejima i njihovim kontaktima.

b) slijedna ili sekventna upravljanja. Kod ovih se tok upravljanja odvija korak po korak, po unaprijed određenom redoslijedu (programu). Prelazak s jednog koraka na idući obavlja se ili posredstvom povratnih signala iz postrojenja (slijedno upravljanje vođeno stanjem u postrojenju) ili pak po jednom određenom vremenskom planu (vremenski vođeno slijedno upravljanje). Često se susreće kombinacija, tj. slijedno upravljanje vođeno i stanjem u postrojenju i vremenski. To je slučaj kad je za ispunjenje određenih stanja u postrojenju potrebno određeno vrijeme čekanja. Pri takvim upravljanjima neophodne su i kombinatorne i vremenske funkcije za ispitivanje ispunjenosti kriterija za prelazak s jednog koraka na idući. Dodatno k elementima tipa »I«, »ILI«, »NE« ovdje dolaze još i bistabilni elementi i vremenski elementi za realizaciju vremena čekanja, vremena zatezanja i slično.

S obzirom na karakter obrada i neophodnih osnovnih elemenata postoji velika sličnost između uređaja za binarna upravljanja i uređaja za nadzor binarnih signala, tj. onih koji primaju binarne signale iz nadziranog postrojenja i optički i akustički javljaju pogonsko stanje, odnosno smetnje u postrojenju (sistemi optičke i akustičke signalizacije).

5.2.2. Digitalna upravljanja

Karakterizirana su obradom digitalnih signala, odnosno informacija u numeričkoj formi. Kod tih upravljanja dominiraju složenije funkcionalne jedinice od onih kod binarnih upravljanja. Radi se o brojačima, analogno-digitalnim pretvaračima, registrima, memorijama, djeliteljima frekvencije, pretvaračima kodova, aritmetičkim jedinicama itd. To su npr. upravljanja procesima pozicioniranja, numerička upravljanja alatnim strojevima, upravljanja procesima sortiranja...

S obzirom na karakter obrada i potrebnih funkcionalnih jedinica postoji velika sličnost između uređaja za digitalna upravljanja i uređaja koji služe za nadzor stanja, odnosno iznosa binarnih i kontinuirano promjenljivih (analognih) signala i njihovo registriranje u obliku alfanumeričkog zapisa (protokola) ili prikaz u obliku alfanumeričkog displeja (data logger, kronološki registrator događaja, a u krajnjoj liniji i procesno računalo).

Mnoga industrijska upravljanja sadrže kombinacije navedenih vrsta upravljanja sa znatnim razlikama u udjelima pojedinih vrsta upravljanja.

U automatizaciji procesa termoelektrane susreću se, zbog prirode stvari, uglavnom binarna upravljanja. Radi se i o kombinatornim i o slijednim upravljanjima (ova posljednja vođena su najčešće i stanjem u postrojenju i vremenski) i o njihovim kombinacijama. Tako među pretežno kombinatorna upravljanja pripadaju npr. upravljanje grupnog nivoa (vidi npr. sl. 18), oną pojedinačnog nivoa, kao i krugovi blokiranja, a kod upravljanja podgrupama radi se o upravljanjima pretežno slijednog tipa (sl. 17. i 22).

5.3. Načini realizacije programa upravljanja

Pretežni dio industrijskih upravljanja, pa i onih u termoelektrani danas, baziran je na modularnim sistemima. Pri tome se modularna izvedba proteže ne samo na elektronske elemente svih mogućih stupnjeva integracije već i npr. na grupe elektromehaničkih elemenata (releji, sklopnici, . . .). Prilagodljivost tih rješenja na konkretni zadatak postiže se:

— izborom odgovarajućih elemenata koji za sebe čine jednu konstruktivnu cjelinu (modula),

— njihovim električnim povezivanjem.

Ti moduli se pri tome proizvode neovisno o pojedinoj primjeni, a njihovo međusobno električno povezivanje ovisno je o konkretnom zadatku, odnosno o programu upravljanja. Govorimo o ožičenim ili fiksno ožičenim rješenjima. Zbog lakše proizvodnje i niže cijene želja je da se obujam ovog ožičenja što više smanji. On se može smanjiti spajanjem pojedinih elemenata u veće konstruktivne jedinice. Međutim, mana je takvog spajanja manja univerzalnost za primjenu ovakvih većih konstruktivnih jedinica. Izlaz je iz te teškoće da se ožičenje ili dio tog ožičenja, koji se najčešće mijenja zamijeni jednim fleksibilnim dijelom. Tome zahtjevu za malim potrebnim obujmom fleksibilnosti udovoljavaju npr. rješenja s diodnim matricama i koordinatnim razdjelnikom. Za veći obujam fleksibilnosti pogodnija su rješenja kod kojih se potrebna fleksibilnost poštiže programskim memorijama. Govorimo o rješenjima sa slobodnim programiranjem, čiji je najrazvijeniji predstavnik danas procesno računalo, a u koju kategoriju možemo svrstati i (za automatizaciju u termoelektrani po svemu sudeći ubuduće posebno važne) uređaje ograničene namjene što smo ih spomenuli u prvom dijelu ovog članka (»programmable logic controllers«, »programmierbare Steuergeräte«).

Možemo, dakle, s obzirom na karakter veza kojima se realizira program upravljanja više--manje razlikovati upravljanja s fiksnim ožičenjem i slobodnim programiranjem, pri čemu smo:

— pod upravljanjem s fiksnim ožičenjem svrstali rješenja čije su funkcije određene žičanim vezama između elemenata (modula) koji obavljaju pojedine više ili manje elementarne funkcije, pri čemu je sporedno radi li se o elektroničkim elementima ili elementima elektromehaničkog tipa.

— pod upravljanjem sa slobodnim programiranjem svrstali rješenja kod kojih su funkcije upravljanja određene slijedom instrukcija sadržanih u programskoj memoriji, odnosno memoriji u kojoj je pohranjen program.

Takva podjela je približna i ne daje dovoljan uvid u fleksibilnost rješenja, pogotovo onih koje smo svrstali u slobodno programiranje. Vrlo je važna za korisnika (a i za proizvođača) prilagodljivost rješenja na promjene u programu upravljanja, kakve su često neophodne nakon projekta, pri puštanju u pogon ili zbog promjena i izmjena uvjeta u postrojenju kojim se upravlja. Preciznija podjela s neophodnim objašnjenjima dana je u tablici 2, u kojoj se stupac b), koji odgovara »slobodnom programiranju« odnosi na spomenute uređaje ograničene namjene, a ne procesno računalo. Ovdje ćemo, međutim, svuda gdje razlike dane u tablici nisu od posebne važnosti upotrebljavati navedenu približnu podjelu.

Tablica 2

DEFINIRANJE PROGRAMA UPRAVLJANJA	
a) kroz ožičenje	b) kroz programsku memoriju
— fiksni program (lemljene, »wire wrap« ili »termipoint«-veze; veze štampanim krugovima) — veće ili manje mogućnosti promjene programa (utične veze, koordinatni razdjelnici, diodne matrice)	— promjena programa moguća zamjenom postojeće memorije drugom memorijom koja sadrži nov program (memorije tipa ROM ili PROM) — promjena programa moguća izmjenom sadržaja memorije tipa PROM koja se dade reprogramirati »na licu mjesta« — potpuno slobodno programiranje (memorija tipa »read-write«)

ROM = »read only memory«. U normalnom radu vrši se samo »čitanje« pohranjenih informacija. Sadržaj memorije je određen pri proizvodnji i ne može se naknadno mijenjati.

PROM = »programmable read only memory«. U normalnom radu vrši se samo čitanje pohranjenih informacija. Sadržaj memorije upisuje se određenim postupkom nakon proizvodnje i može se (ovisno o vrsti ove memorije) mijenjati kod proizvođača ili »na samom mjestu«.

»Read-write memory« U normalnom radu kod ovih memorija je moguće kako čitanje zatečenih, tako i upis novih informacija. Zbog potrebne brzine rada redovito se radi o memorijama s direktnim ili selektivnim pristupom (»random access«).

5.4. Automatsko upravljanje funkcionalnim grupama

Kao što je rečeno u prvom dijelu ovog članka, pri automatskom upravljanju funkcionalnim grupama u prednosti su decentralizirana rješenja pred rješenjima kod kojih se funkcije upravljanja za više funkcionalnih grupa obavljaju u jednom centralnom uređaju, npr. procesnom računalu. Razlog je u znatno višoj pogonskoj sigurnosti i boljoj preglednosti decentraliziranih rješenja.

Ovdje ćemo se zadržati isključivo na decentraliziranim rješenjima. Pri tome ćemo najprije dati primjer jednog rješenja na bazi fiksnog ožičenja. Na ovom primjeru prikazat ćemo princip upravljanja jednom funkcionalnom grupom koji se, uz veće ili manje razlike, susreće kod rješenja raznih tvrtki i zemalja. Na kraju ćemo dotaknuti i decentralizirana rješenja sa slobodnim programiranjem.

Može se reći da automatizacija pokretanja — zaustavljanja turboagregata ima specifično mjesto u automatizaciji upravljanja funkcionalnim grupama. Za tu svrhu već su relativno rano razvijeni specijalni uređaji na osnovi fiksnog ožičenja, a primijenjeno je i procesno računalo. Detaljnije vidi npr. L 43 do 52.

5.4.1. Decentralizirana rješenja s fiksnim ožičenjem (L 32 do 40)

U točki 2.2 u prvom dijelu članka dana je već osnovna struktura upravljanja funkcionalnom grupom. Tamo su nabrojene i najvažnije funkcije koje se realiziraju na nivou pojedinačnih upravljanja te nivoima podgrupnog i grupnog upravljanja.

Slika 14. daje detaljnije principnu shemu jednog rješenja upravljanja funkcionalnom grupom. To načelno rješenje može se primijeniti općenito na bilo koju funkcionalnu grupu bez obzira na zadatak koji ona u samom postrojenju obavlja.

5.4.1.1. Pojedinačno upravljanje. U pojedinačno upravljanje pripadaju svi uređaji i aparati potrebni za upravljanje jednim izvršnim (postavnim) organom. Oni su zapravo veza između nadređenih automatika nivoa podgrupnog upravljanja i samog pogona.

Svakom izvršnom organu, odnosno pogonu, dodaje se normalno jedan sklop pojedinačnog upravljanja (donji dio, sl. 14). U najjednostavnijem slučaju on samo pojačava komande s nadređenog upravljanja podgrupnog nivoa ili ručne komande i vodi ih dalje na odvojne releje za upravljanje samog izvršnog organa (komandni dio). Dalje on može vršiti memoriziranje zadane komande, kao i sadržavati sigurnosni dio u koji zahvaćaju aktivni signali zaštite (isklop ili uklop) i pasivni signali zaštite (blokiranja uklopa ili isklopa) iz zasebnih zaštitnih krugova i krugova blokiranja. U najrazvijenijoj formi dodatno dolazi još i dio za nadzor. Ovaj na temelju povratnih signala nadzire je li izvršni organ zadano stanje dostigao u određenom vremenu, odnosno da li se to stanje (npr. zbog prorade zaštite) nije promijenilo. Signali uklopnog stanja, kao i signali smetnji prosljeđuju se u centralnu komandnu prostoriju, a isto tako i odgovarajućim uređajima automatizacije nadzora procesa (sistemu za optičku i akustičku signalizaciju smetnji i promjene uklopnog stanja; procesnom računalu, data loggeru ili uređaju za kronološku registraciju).

Klasifikacija izvršnih organa. S obzirom na broj osnovnih položaja u beznaponskom stanju izvršne organe električkog tipa možemo podijeliti na tri grupe (slično vrijedi i za rješenje elektropneumatskog ili eketrohidrauličkog tipa). Za svaku od tih grupa dovoljan je jedan tip sklopa pojedinačnog upravljanja, pa se tako izlazi s ukupno tri osnovna tipa sklopova pojedinačnog upravljanja. Radi se o izvršnim organima s:

— jednim osnovnim položajem (to su npr. releji, sklopnici, ventili s magnetskim pogonom, magnetske spojke . . .)

— dva osnovna položaja (npr. remanentni sklopnici, sklopnici s mehaničkim samodržanjem, sklopke snage . . .)

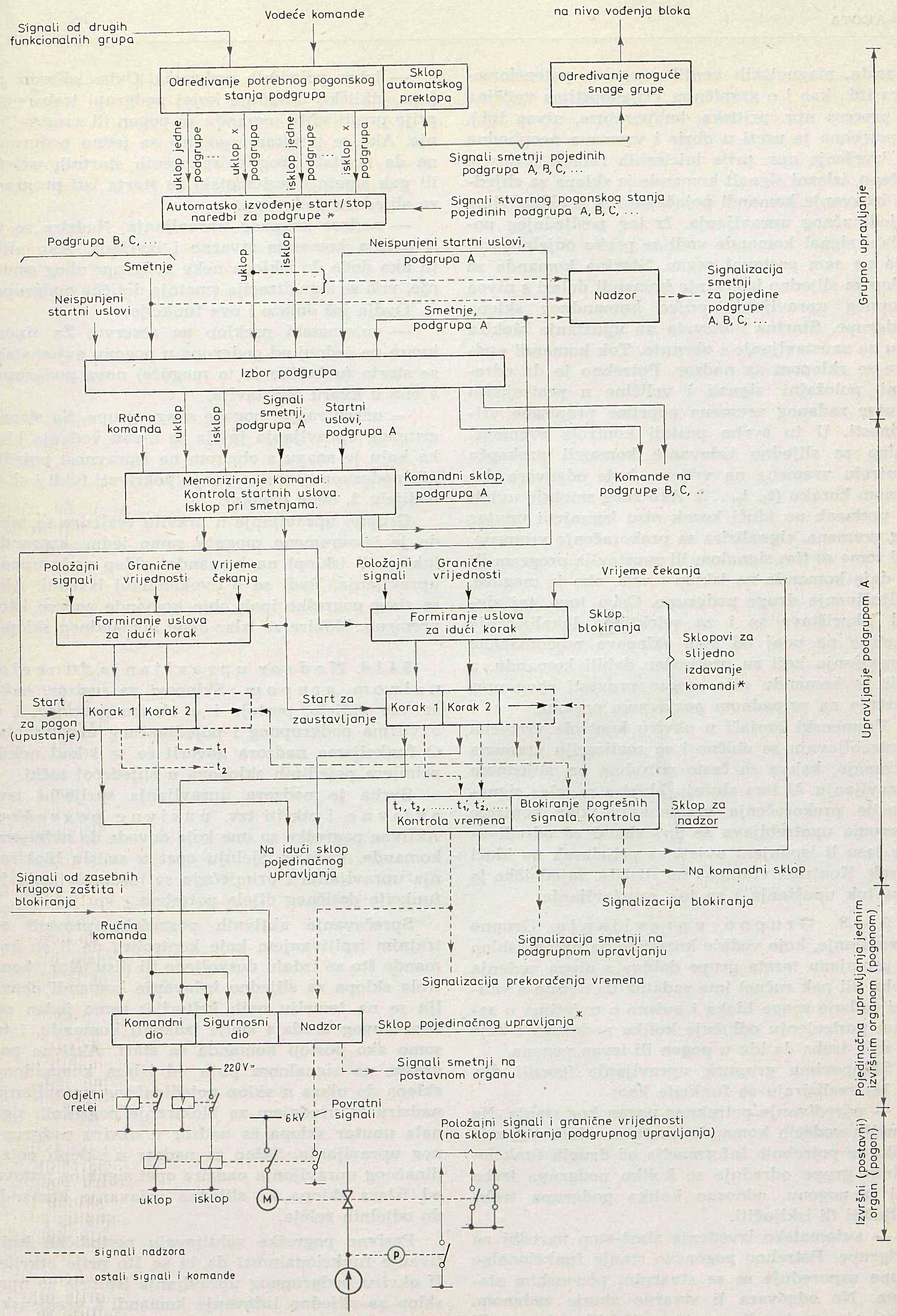
— dva krajnja položaja i bilo kojim međupoložajem (postavni mehanizmi za zasune, klapne, regulacioni ventili).

Izvršni organi s jednim osnovnim položajem zahtijevaju samo jedan izlazni kanal komande. Ovisno o izvedbi potreban je jedan povratni položajni signal ili dva signala radi javljanja uklopnog stanja i nadzora.

Kod izvršnih organa s dva osnovna položaja neophodni su zasebni izlazni kanali za uklop i isklop i dva povratna položajna signala.

Izvršni organi s dva krajnja položaja i bilo kojim međupoložajem trebaju također dva izlazna kanala komande, jedan za svaki smjer. Osim dva povratna signala o krajnjim položajima, dobro je da postoje i dva signala ovisna o zakretnom momentu, koji javljaju eventualno blokiranje pogona u jednom ili drugom smjeru i djeluju na isključenje pogona.

5.4.1.2. Upravljanje podgrupama. U okviru upravljanja podgrupom (srednji dio sl. 14) realiziraju se spomenuti programi za puštanje u pogon i zaustavljanje podgrupe. Osnovni sklopovi podgrupnog upravljanja jesu sklopovi za slijedno (koračno) izdavanje komandi. Na slici 14. postoji po jedan sklop za slijedno izdavanje komandi za upuštanje i po jedan takav za zaustavljanje. Uvjeti za prijelaz na idući korak ispituju se u tzv. sklopu blokiranja. Prijelaz na idući korak spriječen je sve dok potrebni uvjeti nisu ispunjeni. Ispitivanje tih uvjeta obavlja se na principu kombinatorne logike na temelju informacija iz postrojenja. Radi se o informacijama o položaju raznih organa (kao sklopnih



Sl. 14. *Primjer principne sheme automatskog upravljanja funkcionalnom grupom.* Sklopovi označeni zvjezdicom (*) prikazani su detaljnije u slikama 16, 17 i 18.

aparata, magnetskih ventila, zasuna, potenciometera itd., kao i o graničnim vrijednostima veličina iz procesa npr. pritiska, temperature, nivoa itd.), a potrebno je uzeti u obzir i vremena neophodna za izvršenje npr. prije iniciranih radnji. Kako je rečeno, izlazni signali komande iz sklopa za slijedno izdavanje komandi pojačavaju se u sklopovima pojedinačnog upravljanja. Iz tog posljednjeg pojačani signal komande vodi se preko odjelnog releja na sam postavni organ. Startna komanda za sklop za slijedno izdavanje komandi dolazi s nivoa grupnog upravljanja preko komandnog sklopa podgrupe. Startna komanda na upuštanje blokira onu za zaustavljanje i obrnuto. Tok komandi nadzire se sklopom za nadzor. Potrebno je da određeni položajni signali i veličine u postrojenju unutar zadanog vremena poprime propisane vrijednosti. U tu svrhu postoji kontrola vremena. Sklop za slijedno izdavanje komandi prekapča kontrolu vremena na vrijeme koje odgovara dotičnom koraku (t_1, t_2, . . .). Ako zbog smetnje uvjeti za prelazak na idući korak nisu ispunjeni unutar tog vremena, signalizira se prekoračenje vremena. Pri tome se tim signalom ili zaustavlja program ili se daje komanda na isklop i vrši, ako je moguće, uključivanje druge podgrupe. Osim toga, taj signal iskorištava se i za selektivno lokaliziranje smetnje na onaj od svih sklopova pojedinačnog upravljanja koji su prethodno dobili komandu, a koji tu komandu nije mogao provesti zbog npr. smetnje na pripadnom postavnom organu.

Vremenski brojači u okviru kontrole vremena upotrebljavaju se obično i za realizaciju vremena zatezanja, kakva su često potrebna pri slijednom upravljanju. U tom slučaju blokira se izlaz signalizacije prekoračenja vremena, a izlaz kontrole vremena upotrebljava se kao signal za određivanje jesu li ispunjeni uvjeti za prijelazak na idući korak. Kontrola vremena na slici 14. zajednička je i za tok upuštanja i za tok zaustavljanja.

5.4.1.3. Grupno upravljanje. Grupno upravljanje, koje vodeće komande na uklop, isklop ili promjenu tereta grupe dobiva s nivoa vođenja bloka (ili pak ručno) ima zadatak da ovisno o veličini zadane snage bloka i ovisno o uvjetima u samom postrojenju odlučuje koliko podgrupa i koje od njih treba da idu u pogon ili izvan pogona.

Sklopovima grupnog upravljanja (gornji dio, sl. 14) realiziraju se funkcije kao:

— određivanje potrebnog pogonskog stanja. Na temelju vodećih komandi sa strane nivoa vođenja bloka te potrebnih informacija od drugih funkcionalnih grupa određuje se koliko podgrupa treba biti u pogonu, odnosno koliko podgrupa treba uključiti ili isključiti.

— automatsko izvođenje start-stop naredbi na podgrupe. Potrebno pogonsko stanje funkcionalne grupe uspoređuje se sa stvarnim pogonskim stanjem. Ne odgovara li stvarno stanje zadanom, formiraju se signali na uklop ili isklop (pogon ili zaustavljanje) podgrupa.

— izbor pojedinih podgrupa. Ovim izborom se (npr. ciklički) određuje kojoj podgrupi treba najprije proslijediti komandu za pogon ili zaustavljanje. Ako se program »pogon« za jednu podgrupu ne da startati zbog neispunjenih startnih uvjeta ili pak smetnji, automatski se starta isti program za slijedeću podgrupu.

— nadzor grupnog upravljanja. Nadzire se je li izdana komanda stvarno i izvršena. Ako nije, ili ako dođe do isklopa neke podgrupe zbog smetnje, vrši se signalizacija smetnje dotične podgrupe.

Ovdje još dolaze i ove funkcije:

— automatski preklop na rezervu. Za slučaj kvara na jednoj od podgrupa u pogonu automatski se starta (u koliko je to moguće) nova podgrupa, a ona u kvaru obustavlja.

— određivanje moguće snage grupe. Sa strane grupnog upravljanja javlja se nivou vođenja bloka koju je snagu s obzirom na ispravnost pojedinih podgrupa grupa u stanju pokrivati (vidi i sl. 4. u dijelu 2. ovog članka).

Grupno upravljanje u pravilu realizira se tako da je istovremeno moguća samo jedna komanda (uklop ili isklop) na komandni sklop podgrupnog upravljanja. Radi se o dvokanalnoj izvedbi. Ako se zbog pogreške ipak obje komande pojave istovremeno, blokira se izlaz ovog komandnog sklopa.

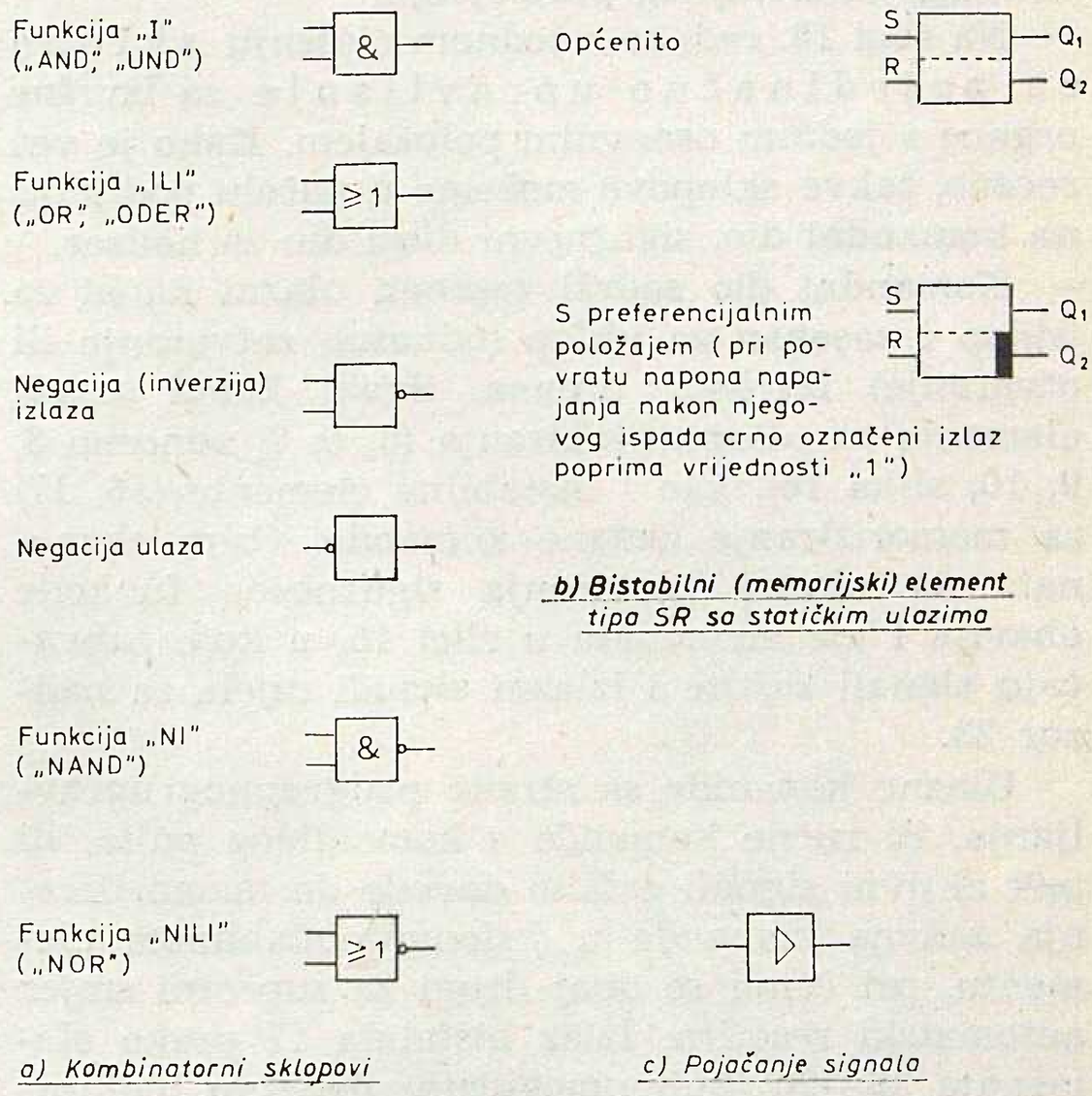
5.4.1.4. Nadzor upravljanja funkcionalnom grupom. Sklopovi za nadzor, kako se već vidjelo, postoje i u okviru grupnog, i u okvirima podgrupnog i pojedinačnog upravljanja. O funkcijama nadzora govorit će se i kod nekih primjera pojedinih sklopova u slijedećoj točki.

Svrha je nadzora upravljanja spriječiti tzv. aktivne i otkriti tzv. pasivne pogreške. Aktivne pogreške su one koje dovode do neželjene komande. Pasivne djeluju opet u smislu blokiranja upravljanja i primjećuju se tek onda kada je funkcija dotičnog dijela potrebna.

Sprečavanje aktivnih pogrešaka provodi se trajnim ispitivanjem koje kontrolira da li su komande što se izdaju dozvoljene ili nisu. Npr., kontrola sklopa za slijedno izdavanje komandi obavlja se na temelju ovih kriterija: samo jedan od izlaza ovog uređaja smije izdavati komandu, i to samo ako postoji komanda za start. Aktivne pogreške na signalnom putu od izlaza komandnog sklopa do ulaza u sklop pojedinačnog upravljanja nadziru se uređajem za blokiranje pogrešnih signala unutar sklopa za nadzor u okviru podgrupnog upravljanja. Sklop za nadzor u sklopu pojedinačnog upravljanja nadzire opet signalne putove od izlaza sklopa za slijedno izdavanje komandi do odjelnih releja.

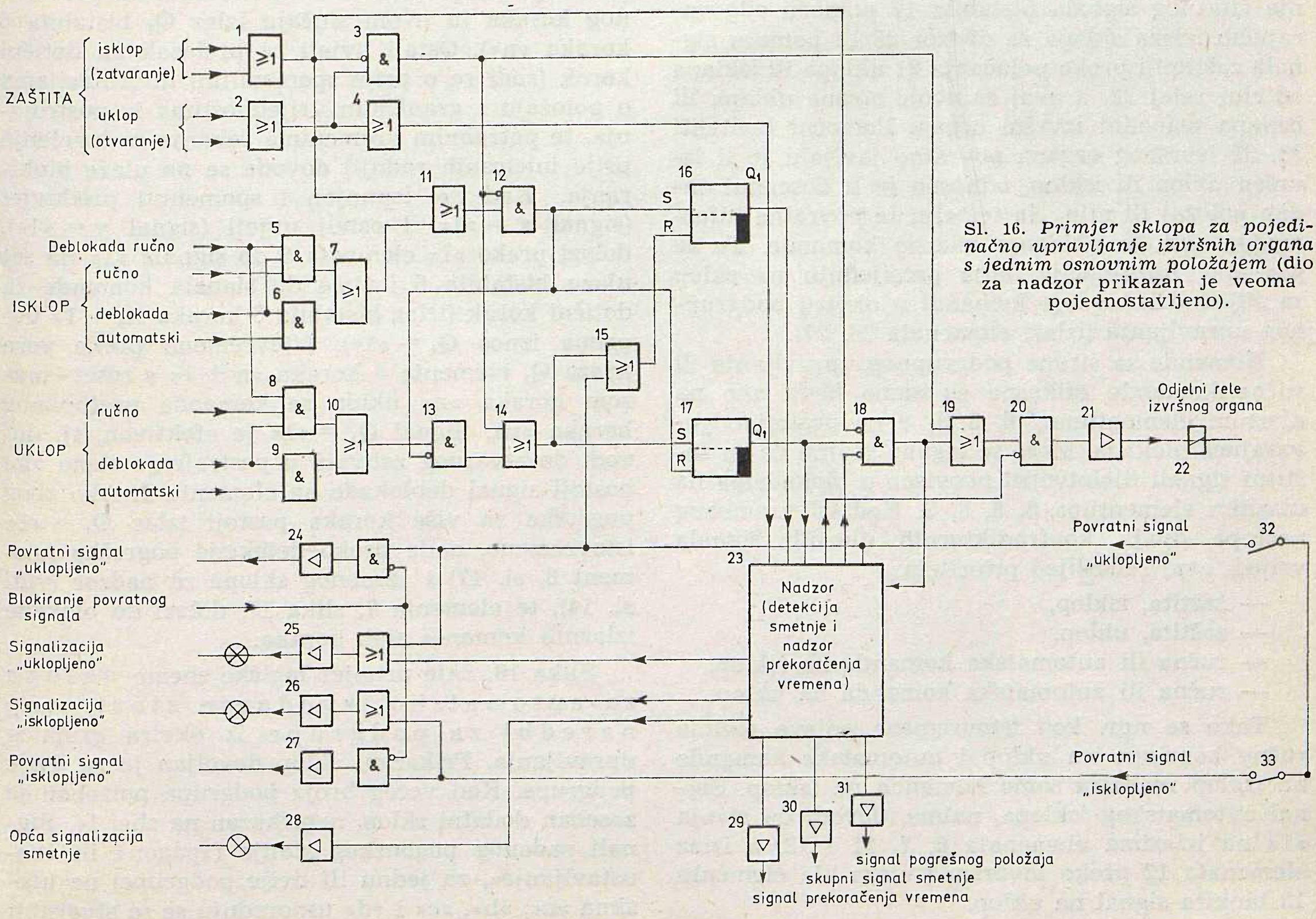
Pasivne pogreške zahtijevaju periodično ispitivanje funkcionalnosti da bi se što prije otkrile. U okviru podgrupnog upravljanja ispituje se npr. sklop za slijedno izdavanje komandi i vremenski brojači. To ispitivanje moguće je u vrijeme kada je čitavo upravljanje izvan funkcije.

5.4.1.5. Primjeri pojedinih sklopova. Zbog boljeg uvida u konkretna rješenja upravljanja funkcionalnim grupama navest ćemo ovdje po jedan primjer logičkih shema sklopova iz okvira pojedinačnog, podgrupnog i grupnog upravljanja. Pri izboru primjera namjerno su odabrani što je moguće jednostavniji sklopovi. Značenje upotrijebljenih simbola za pojedine funkcije u ovim shemama dano je na slici 15. Radi se o simbolima u skladu s IEC-publikacijom 117-13. Ti sklopovi izvode se ili u diskretnoj tehnici (iz pojedinačnih elemenata kao tranzistora, dioda, otpora ...) ili, sve češće, i u tzv. integriranoj tehnici raznih stupnjeva integracije. Kako se radi o sklopo-



Sl. 15. *Upotrebljeni simboli u slikama 16 do 18.*

Dani simboli u skladu su s IEC-publikacijom 117 - 13. Pretpostavlja se da su osnovne funkcije prikazanih elemenata na ovoj slici poznate. Potrebno je ipak nešto više reći o funkciji prikazanog bistabilnog elementa. Radi se ovdje o bistabilnom elementu ili flip-flopu tzv. SR-tipa. Karakteristično je za taj tip slijedeće ponašanje. Dovede li se na ulaz S (skraćenica za engleski izraz »set«) ovog elementa kratkotrajno signal »1«, uz signal »0« na ulazu R (»reset«), izlaz Q_1 poprima vrijednost »1«, a izlaz Q_2 vrijednost »0«. To stanje ostaje zadržano sve dok se na ulaz R ne dovede kratkotrajno signal »1«, uz signal »0« na ulazu S. Time se onda izlazi ovog bistabila prevode u suprotno stanje (Q_1 = »0«, Q_2 = »1«). Radi se očito o elementu s mogućnošću pamćenja (memorije). Pamti se na kojem je ulazu (S ili R) kao posljednji dan kratkotrajni impuls »1«. Pamćena informacija se kod većine elektronskih memorija, pa i kod ove, gubi pri ispadu napona napajanja. Da bi npr. sklop pojedinačnog upravljanja, slika 16, ili pak automatika za sekventno izdavanje komandi, slika 17, nakon ispada napona napajanja poprimila posve definirano stanje, bistabili na slici 16. i 17. posjeduju svojstvo tzv. osnovnog ili preferencijalnog položaja. Pri povratu napona napajanja nakon njegova ispada izlazi Q_1 ovih bistabila poprimaju jednoznačni iznos »0« tako dugo dok se na ulazu S ne pojavi kratkotrajni signal »1«. Posljedica je toga da je sve dok ne dođe do odgovarajućih signala na S ulazima bistabila onemogućeno odavanje signala komande od bilo kojeg koraka na slici 17 (ili pak izdavanje komande na izvršni organ od bistabila 17 na slici 16). Time su spriječeni pogrešni zahvati u postrojenje nakon nestanka i ponovnog povrata napona napajanja.



Sl. 16. *Primjer sklopa za pojedinačno upravljanje izvršnih organa s jednim osnovnim položajem* (dio za nadzor prikazan je veoma pojednostavljeno).

vima koji moraju pouzdano raditi u industrijskoj sredini, moraju se primjenjivati elementi dovoljno visokog radnog napona (npr. 15 ili 24 V) i dovoljno niske granične radne frekvencije (npr. reda veličine 1000 Hz ili niže), tako da je bez primjene opsežnih specijalnih mjera osiguran dovoljan imunitet na parazitarne elektromagnetske utjecaje iz okolnog jakostrujnog postrojenja.

Na slici 16. radi se o jednom rješenju sklopa za pojedinačno upravljanje za izvršne organe s jednim osnovnim položajem. Kako je već rečeno, takve sklopove možemo u načelu podijeliti na komandni dio, sigurnosni dio i dio za nadzor.

Komandni dio sadrži zaseban ulazni kanal za isklop i zaseban za uklop (odnosno zatvaranje ili otvaranje) izvršnog organa. Svaki kanal sadrži elemente za ulazna blokiranja (5, 6, 7, odnosno 8, 9, 10, slika 16), kao i bistabilne elemente (16, 17) za memoriziranje zadane komande. Osim elemenata za ulazna blokiranja sigurnosne funkcije obavlja i niz elemenata u slici 16, u koje zahvaćaju signali zaštite i izlazni signali dijela za nadzor 23.

Ulazne komande sa strane podgrupnog upravljanja, ili ručne komande s komandnog pulta, ili pak aktivni signali zaštite dovode do memoriziranja zadane komande u jednom bistabilnom elementu, pri čemu se onaj drugi za suprotni smjer automatski resetira. Izlaz bistabila 17 preko elemenata 18—20 (koji omogućuju dodatno blokiranje izlaznog signala bistabila 17 pomoću odgovarajućih izlaza sklopa za nadzor 23 ili pomoću signala zaštite) i preko pojačanja 21 uklapa ili isklapa odjelni relej 22, a ovaj sa svoje strane uklapa ili isklapa pripadni izvršni organ. Pomoćni kontakti 32, 33 izvršnog organa povratno javljaju je li izvršen uklop ili isklop, odnosno je li dosegnut zadan položaj ili nije. Na temelju te povratne informacije vrši se ukidanje izlazne komande. Te se povratne informacije dalje prosljeđuju na sklop za slijedno izdavanje komandi u okviru podgrupnog upravljanja (izlazi elemenata 24, 27).

Komande sa strane podgrupnog upravljanja ili ručne komande efikasne su samo onda ako na ulaznim elementima 5,6, 8 ili 9 ne postoji odgovarajuća blokada. Može se lagano vidjeti da su zaštitni signali djelotvorni neovisno o blokadama na ulaznim elementima 5, 6, 8, 9. Kod istovremenog nastupa dvaju kontradiktornih ulaznih signala vrijedi ovaj redoslijed prioriteta:

— zaštita, isklop,
— zaštita, uklop,
— ručna ili automatska komanda na isklop,
— ručna ili automatska komanda na uklop.

Tako se npr. kod istovremene pojave recimo ručne komande na uklop i automatske komande na isklop realizira samo komanda na isklop. Signal automatskog isklopa, naime, dovodi do stanja »1« na izlazima elemenata 6, 7, 11 i 12, a izlaz elemenata 12 preko inverznog ulaza »I« elementa 13 blokira signal na uklop.

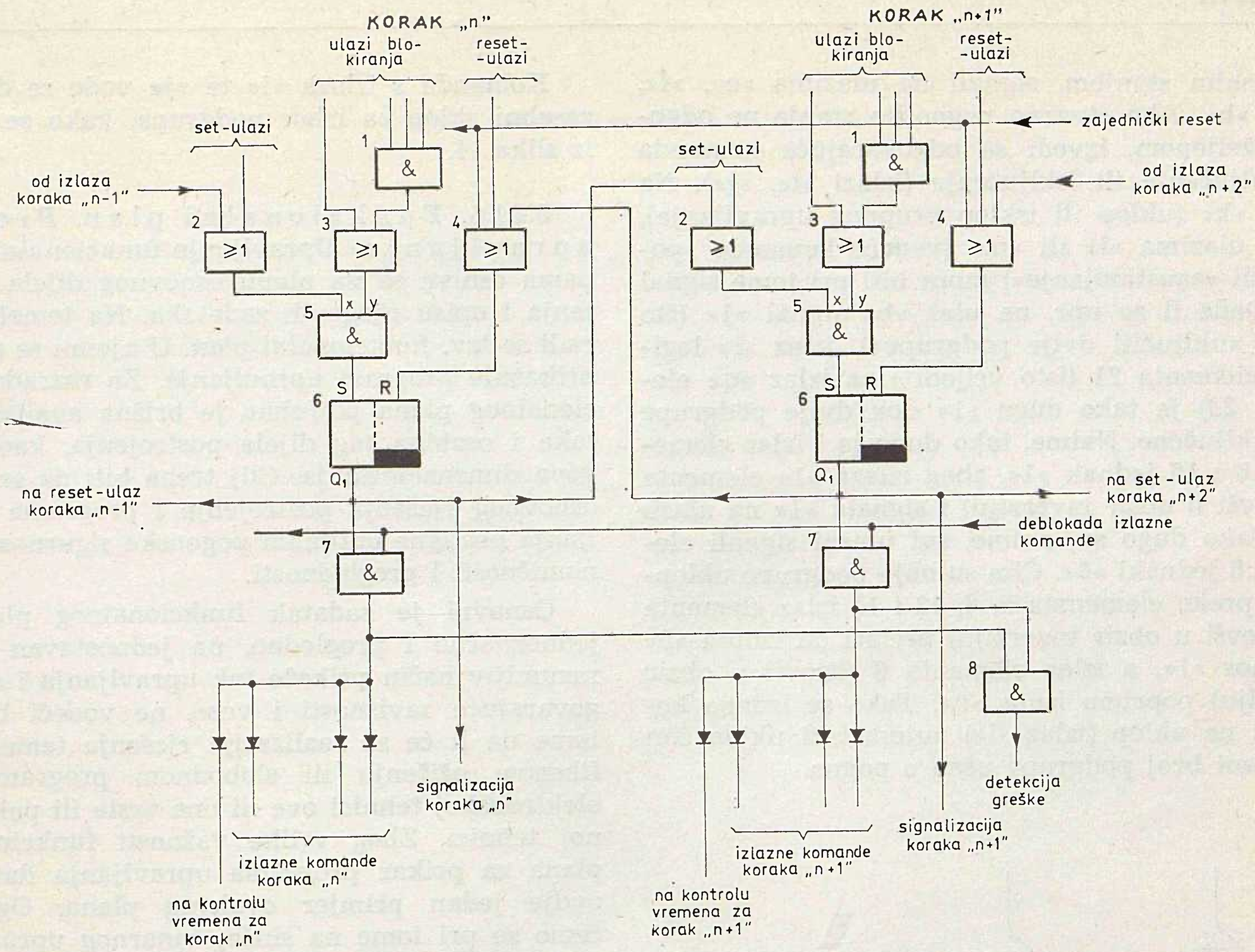
Sklopovi 16 i 17 za memoriziranje zadanih komandi izvode se sa znatnim vremenskim zatezanjem ulaznog signala (npr. 10 m sek). Tom mjerom postiže se visoki imunitet na elektromagnetske smetnje iz okolnih jakostrujnih postrojenja.

U dijelu za nadzor 23 obavlja se detekcija smetnji (ovaj dio na slici 16. nije detaljnije prikazan). Detekcija smetnji pored nadzora neophodnih napona napajanja uključuje npr. i nadzor povratnih signala na antivalentnost (kod jednakosti obih povratnih signala blokira se izlaz sklopa i signalizira smetnja, izlaz elementa 30), kao i nadzor promjene položaja izvršnog organa. Ako do te promjene dođe, a da odgovarajući signal komande nije bio dan, signalizira se pogrešan položaj. U dijelu za nadzor obično se kontrolira i prekoračenje vremena. Signalizira se ako nakon izdane komande kroz udešeno vrijeme ne dođe do adekvatnog signala (ova signalizacija može se kvitirati komandom u suprotnom smjeru).

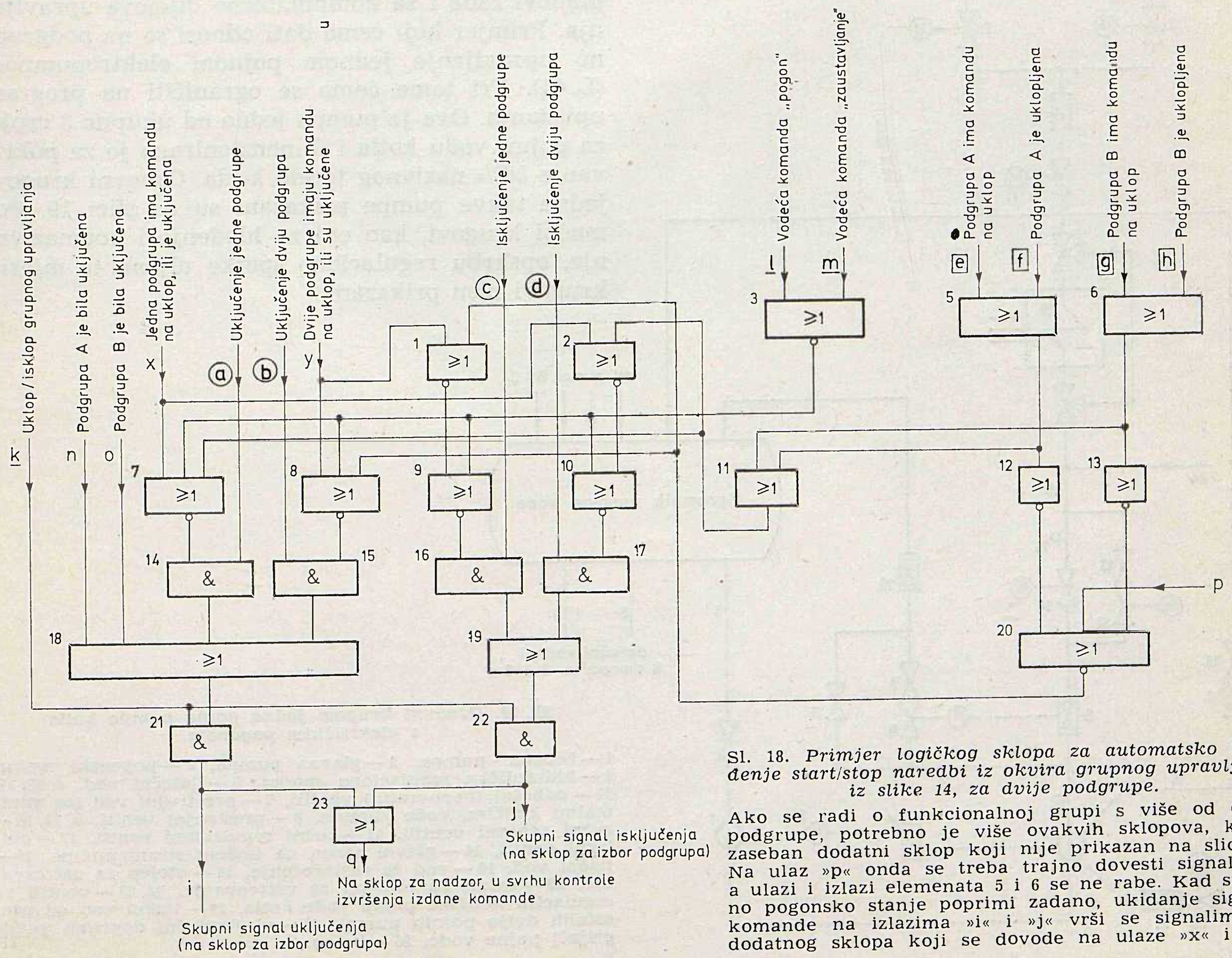
Daljnji primjer jednog sklopa iz principne sheme slike 14. dan je na slici 17. Radi se o sklopu za slijedno izdavanje komandi iz okvira podgrupnog upravljanja. Prikazan je takav sklop za dva koraka. Osnovni element je iz slike 15. poznati bistabilni sklop označen sa 6 na slici 17.

Sklop za slijedno izdavanje komandi, slika 17, funkcionira na slijedeći način: Na set — ulaz »I« elementa 5, npr. koraka »n + 1«, dovodi se, kao preduvjet za prelazak na taj korak, izlaz prethodnog koraka (u ovom slučaju izlaz Q_1 bistabila 6 koraka »n«). Ostali uvjeti za prelazak na dotični korak (radi se o prije spomenutim informacijama o položaju i graničnim vrijednostima iz postrojenja, te potrebnim vremenima čekanja za izvršenje prije iniciranih radnji) dovode se na ulaze blokiranja. Kad je ispunjen i spomenuti preduvjet (signal x = »1«) i ostali uvjeti (signal y = »1«), dolazi preko »I« elementa 5 do signala »1« na set ulazu bistabila 6 i time do signala komande za dotični korak (izlaz bistabila 6 koraka »n + 1« poprima iznos Q_1 = »1«). Istovremeno preko veze izlaza Q_1 elementa 6 koraka »n + 1« s reset - ulazom koraka »n« ukida se komanda prethodnog koraka »n«. Signal Q_1 = »1« je efektivan, tj. dovodi do stvarnog zahvata u postrojenje samo ako postoji signal deblokade na elementu 7. Ako zbog pogreške za više koraka postoji izlaz Q_1 = »1« istovremeno, onda preko detekcije pogreške (element 8, sl. 17) i zasebnog sklopa za nadzor (vidi sl. 14), te elementa 7, slika 17, dolazi do blokade izlaznih komandi svih koraka.

Slika 18. daje primjer logičke sheme sklopa za automatsko izvođenje start/stop naredbi za podgrupe iz okvira grupnog upravljanja. Prikazani sklop dovoljan je za dvije podgrupe. Kod većeg broja podgrupa potreban je zaseban dodatni sklop, neprikazan na slici 14. Signali zadanog pogonskog stanja (»pogon« ili »zaustavljanje«, za jednu ili dvije podgrupe) na ulazima »a«, »b«, »c« i »d« uspoređuju se sa stvarnim



Sl. 17. *Primjer sklopa za slijedno izdavanje komandi (2 koraka).*



Sl. 18. *Primjer logičkog sklopa za automatsko izvođenje start/stop naredbi iz okvira grupnog upravljanja iz slike 14, za dvije podgrupe.*

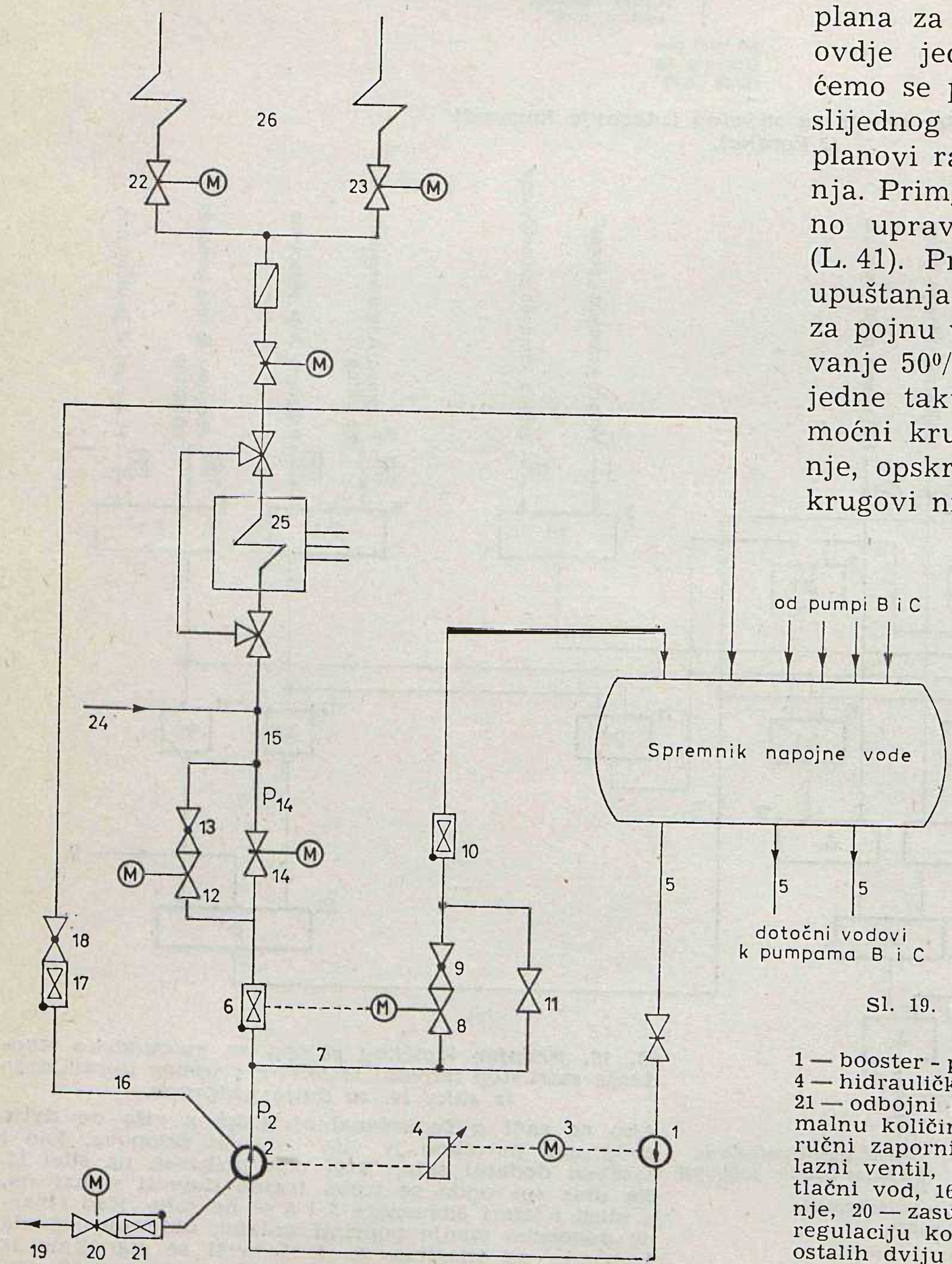
Ako se radi o funkcionalnoj grupi s više od dvije podgrupe, potrebno je više ovakvih sklopova, kao i zaseban dodatni sklop koji nije prikazan na slici 14. Na ulaz »p« onda se treba trajno dovesti signal »1«, a ulazi i izlazi elemenata 5 i 6 se ne rabe. Kad stvarno pogonsko stanje poprimi zadano, ukidanje signala komande na izlazima »i« i »j« vrši se signalima iz dodatnog sklopa koji se dovode na ulaze »x« i »y«.

pogonskim stanjem, signali na ulazima »e«, »f«, »g« i »h«. Ako stvarno pogonsko stanje ne odgovara željenom, izvodi se odgovarajuća komanda na uključenje ili isključenje (izlazi »i«, »j«). Na ulazu »k« (uklop ili isklop grupnog upravljanja), te na ulazima »l« ili »m« (vodeće komande »pogon« ili »zaustavljanje«) mora biti pri tome signal »1«. Dade li se npr. na ulaz »b« signal »1« (što znači: »uključiti dvije podgrupe«), izlaz »i« logičkog elementa 21 (isto vrijedi i za izlaz »q« elementa 23) je tako dugo »1« dok dvije podgrupe nisu uključene. Naime, tako dugo je i izlaz elemenata 18 i 15 jednak »1«, zbog izlaza »1« elementa 8 (uzevši u obzir inverziju) i signala »1« na ulazu »b«. Tako dugo su, naime, svi ulazni signali elementa 8 jednaki »0«. Čim su obje podgrupe uklopljene, preko elemenata 5, 6, 12 i 13 izlaz elementa 20 (uzevši u obzir inverziju) prelazi od iznosa »0« na iznos »1«, a izlaz elementa 8 (uzevši u obzir inverziju) poprima iznos »0«. Tako se izdana komanda na uklop (izlaz »i«) automatski ukida čim je zadani broj podgrupa ušao u pogon.

Komande s izlaza »i« te »j« vode se dalje na zasebni sklop za izbor podgrupa, kako se to vidi iz slike 14.

5.4.1.6. Funkcionalni plan. Program upravljanja. Upravljanje funkcionalnim grupama osniva se na planu osnovnog dijela postrojenja i opisu njegovih zadataka. Na temelju toga radi se tzv. *funkcionalni plan.* U njemu se zapravo prikazuje *program upravljanja.* Za razradu funkcionalnog plana potrebna je brižna analiza zadataka i osobina tog dijela postrojenja, kao i njegova dimenzioniranja. Cilj treba biti da se putem osnovnog rješenja postrojenja i programa upravljanja postigne optimum pogonske sigurnosti, ekonomičnosti i preglednosti.

Osnovni je zadatak funkcionalnog plana da jednoznačno i pregledno, na jednostavan i opće razumljiv način prikaže tok upravljanja i sve odgovarajuće zavisnosti i veze, ne vodeći brigu o tome da li će se realizacija rješenja temeljiti na fiksnom ožičenju ili slobodnom programiranju, elektronskoj tehnici ove ili one vrste ili pak relejnoj tehnici. Zbog velike važnosti funkcionalnog plana za prikaz programa upravljanja dat ćemo ovdje jedan primjer ovakvog plana. Ograničit ćemo se pri tome na slučaj binarnog upravljanja slijednog tipa, premda se, naravno, funkcionalni planovi rade i za kombinatorne dijelove upravljanja. Primjer koji ćemo dati odnosi se na podgrupno upravljanje jednom pojnom elektropumpom (L. 41). Pri tome ćemo se ograničiti na program upuštanja. Ova je pumpa jedna od ukupno 3 crpke za pojnu vodu kotla i dimenzionirana je za pokrivanje 50% nazivnog tereta kotla. Osnovni krugovi jedne takve pumpe prikazani su na slici 19. Pomoćni krugovi, kao oni za hlađenje i podmazivanje, opskrbu regulacione spojke uljem, te mjerni krugovi nisu prikazani.

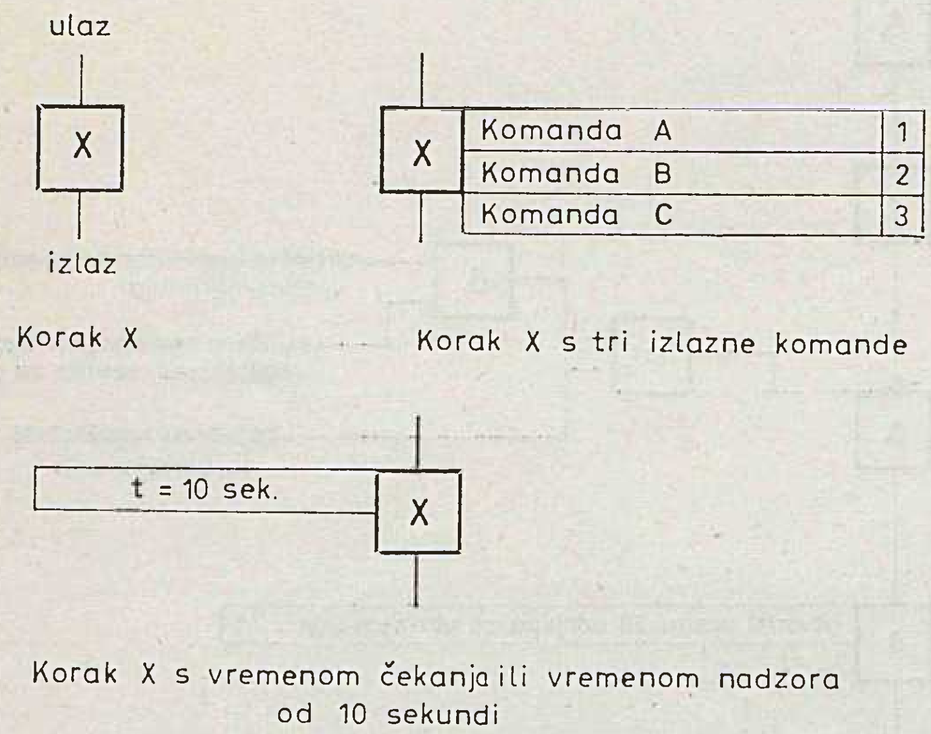


Sl. 19. *Osnovni krugovi jedne pojne pumpe kotla s električkim pogonom.*

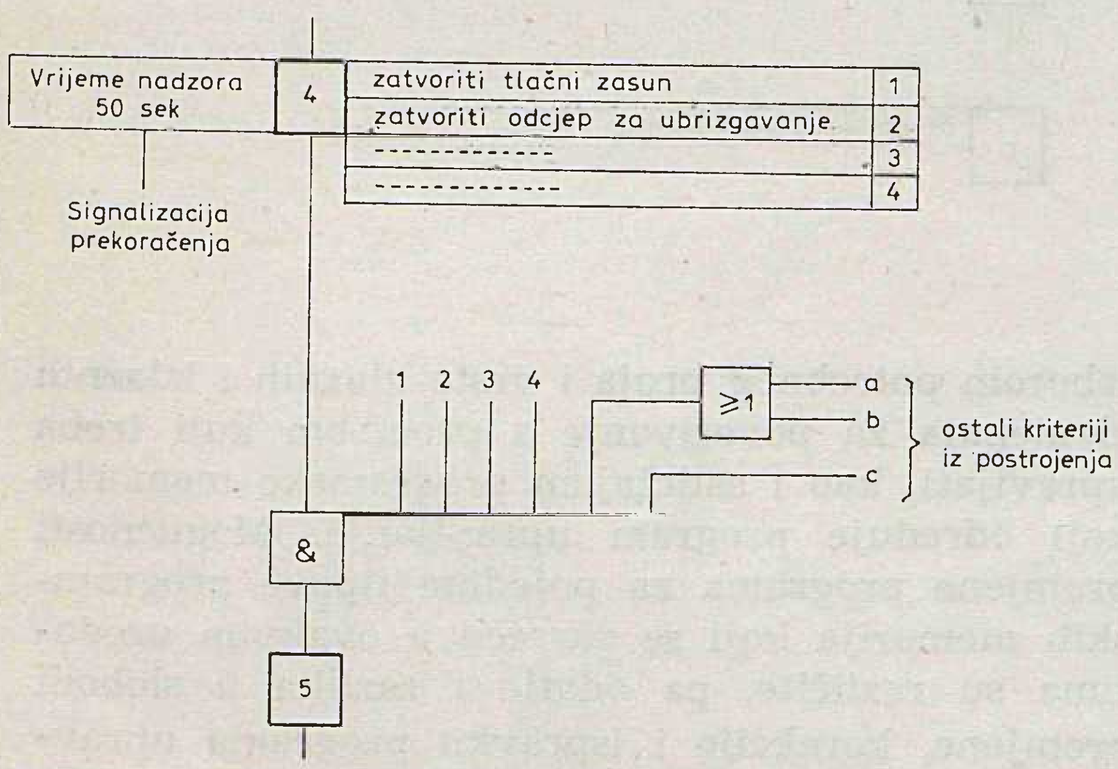
1 — booster - pumpa, 2 — glavna pumpa, 3 — pogonski motor, 4 — hidraulička regulaciona spojka, 5 — dotočni vod, 6, 10, 17, 21 — odbojni (nepovratni) ventili, 7 — prestrujni vod (za minimalnu količinu vode pumpe), 8 — prestrujni ventil, 9, 13, 18 — ručni zaporni ventili, 11 — ručni regulacioni ventil, 12 — obilazni ventil, 14 — glavni zasun na tlačnoj strani pumpe, 15 — tlačni vod, 16 — vod za rasterećenje, 19 — otcjep za uštrcavanje, 20 — zasun na otcjepu za uštrcavanje, 22, 23 — ventili za regulaciju količine pojne vode kotla, 24 — tlačni vod od preostalih dviju pojnih pumpi, 25 — visokotlačni dogrijač (predgrijač) pojne vode, 26 — kotao.

Svaka pumpa sastoji se od predpumpe (booster-pumpe) — 1, glavne pumpe — 2, pogonskog motora — 3 i regulacione hidrauličke spojke — 4. Pojna voda dovodi se pojedinim pumpama preko tri zasebna dotočna voda — 5 iz spremnika pojne vode. Neposredno iza glavne pumpe nalazi se odbojni (nepovratni) ventil — 6, ispred kojeg je smješten prestrujni otcjep — 7, preko kojeg se osigurava minimalna količina vode kroz pumpu. U prestrujnom otcjepu montirani su prestrujni ventil s električnim pogonom — 8, ručni zaporni ventil — 9 i odbojni ventil — 10, od kojeg za svaku pojedinu pumpu vodi jedan zaseban vod u pojni spremnik. Paralelno prestrujnom ventilu nalazi se ručni regulacioni ventil — 11.

Iza odbojnog ventila — 6 nalazi se glavni zasun — 14 na tlačnoj strani pumpe. Iza ovog se tlačni vod — 15 ove pumpe spaja s tlačnim vodom — 24 preostalih dviju pumpi. Dalje se pojna voda preko visokotlačnog dogrijača — 25 dovodi u kotao — 26, koji se u ovom slučaju sastoji od dvije grane. Na ulazu svake grane postavljen je po jedan regulacioni ventil — 22, 23, u koji zahvaćaju automatski regulatori količine pojne vode kotla za svaku granu kotla zasebno.



Sl. 20. *Simboli uz funkcionalni plan slijednog upravljanja.*



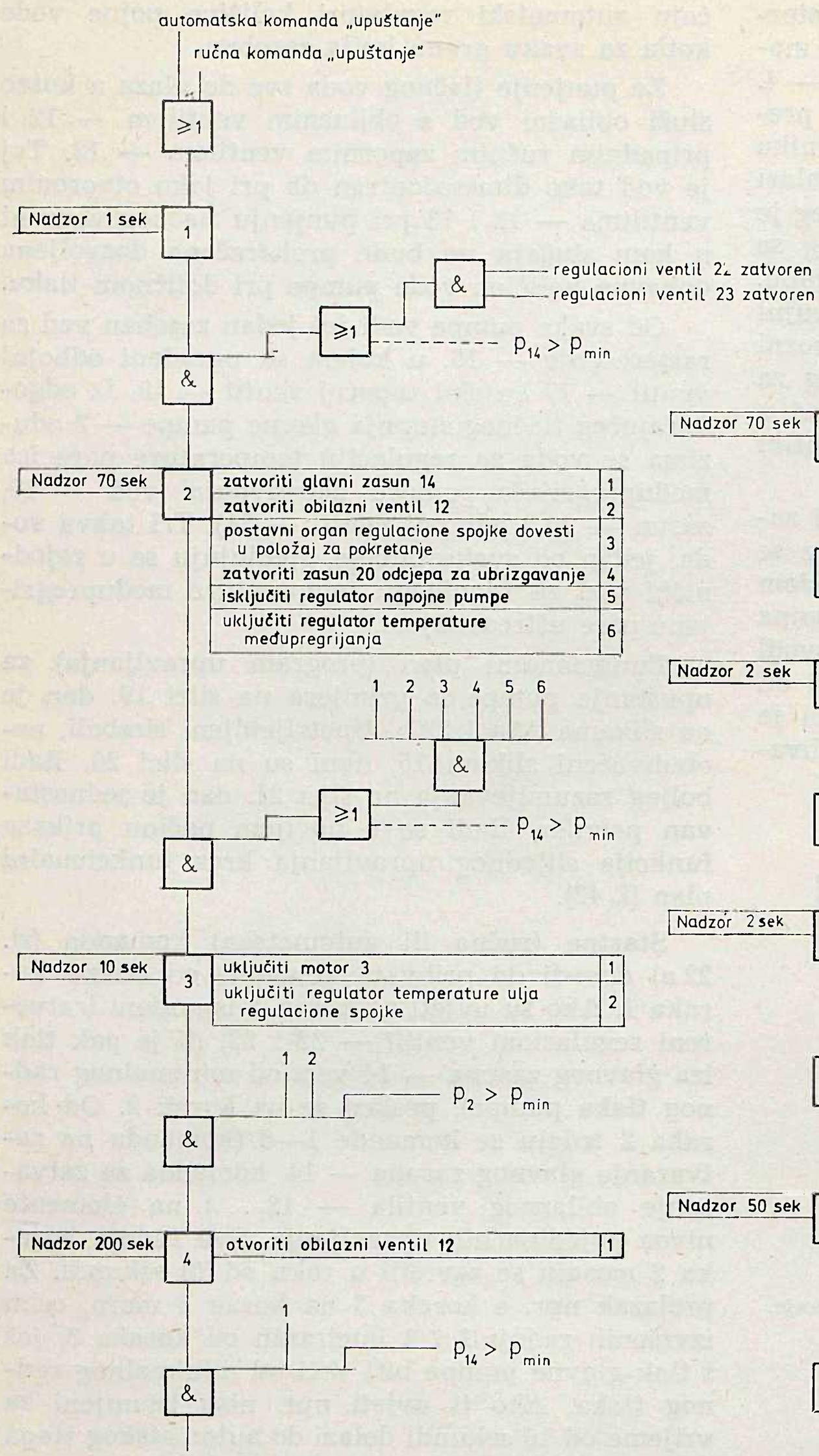
S koraka 4 prelazi se na korak 5 u koliko su nakon startanja koraka 4 unutar vremena od 50 sekundi izvršene sve komande 1 do 4 koraka 4 i ispunjeni ostali kriteriji (c, te a ili b) iz postrojenja. U koliko to nije slučaj, vrši se stop programa i signalizacija prekoračenja vremena.

Sl. 21. *Primjer uz sliku 22.*

Funkcionalni plan (program upravljanja) za upuštanje pumpe iz primjera na slici 19. dan je na slikama 22.a i 22.b. Upotrijebljeni simboli, neobuhvaćeni slikom 15, dani su na slici 20. Radi boljeg razumijevanja na slici 21. dan je jednostavan primjer. Radi se o novijem načinu prikaza funkcija slijednog upravljanja kroz funkcionalni plan (L 42).

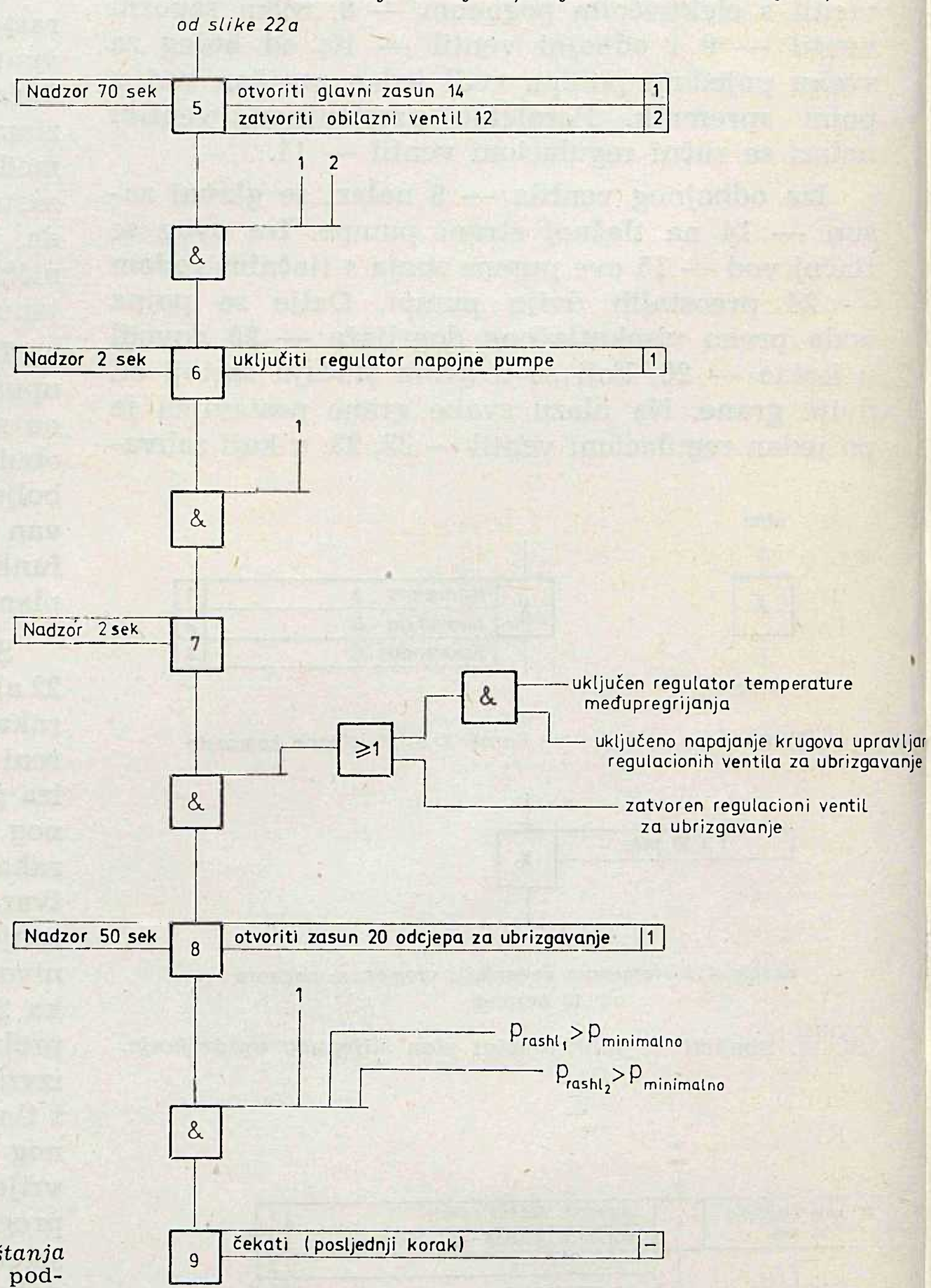
Startna (ručna ili automatska) komanda (sl. 22.a) dovodi do prihvata komande od strane koraka 1. Ako su uvjeti za korak 2 ispunjeni (zatvoreni regulacioni ventili — 22 i 23, ili je pak tlak iza glavnog zasuna — 14 veći od minimalnog radnog tlaka pumpe), prelazi se na korak 2. Od koraka 2 izdaju se komande 1—6 (komanda na zatvaranje glavnog zasuna — 14, komanda za zatvaranje obilaznog ventila — 12, . . .) na elemente nivoa pojedinačnih upravljanja. Sve radnje koraka 2 moraju se završiti u roku od 70 sekundi. Za prelazak npr. s koraka 3 na korak 4 mora, osim izvršenih radnji 1 i 2 iniciranih od koraka 3, još i tlak glavne pumpe biti veći od minimalnog radnog tlaka. Ako ti uvjeti npr. nisu ispunjeni za vrijeme od 10 sekundi dolazi do automatskog stopa programa i signalizacije prekoračenja vremena, uz selektivno signaliziranje uvjeta koji je onemogućio daljnji tok upravljanja. Pri tome se može ovim signalom prekoračenja vremena startati program zaustavljanja za pumpu u kvaru i istovremeno posredstvom grupnog upravljanja (vidi sl. 14) startati rezervna pumpa.

Na slici 22.a crtkano označeni uvjeti dozvoljavaju da pri automatskom preklopu na rezervnu pumpu ili pak pri normalnim pogonskim uklapanjima pumpa uđe u pogon na najbrži mogući način. Tako se u primjeru slike 22.a preskaču koraci 1 i 2 i u koraku 3 direktno uklapa motor pumpe ako je tlak u tlačnom vodu veći od minimalnog radnog tlaka pumpe ($p_{14} > p_{min}$). Takvi signali općenito se upotrebljavaju i da se, nakon što je dotična podgrupa stjecajem okolnosti putem ruč-



Sl. 22a. *Primjer funkcionalnog plana (programa) upuštanja pojne pumpe iz sl. 19.* (program upuštanja iz okvira podgrupnog upravljanja) — p_{min} = minimalni radni pritisak pumpe; p_{14} = pritisak iza glavnog zasuna 14; p_2 = pritisak na izlasku iz glavne pumpe;

Sl. 22b. *Nastavak slike 21a* ($p_{rashl\,1}$ = pritisak rashladne vo iza hladnjaka za ležajno ulje, odnosno hladnjaka za regul cione hidrauličke spojke i hladnjaka za rashladni zrak p gonskog motora pumpe; $p_{rashl\,2}$ = pritisak rashladne vode hlađenje ležajeva, mjeren nakon ležajeva).



nih komandi dovedena do određenog koraka, pri prelasku na automatsko upravljanje preskoče koraci čije izvođenje više nije potrebno.

5.4.2. Decentralizirana rješenja sa slobodnim programiranjem

Ovdje se radi o već spomenutim uređajima kojima su mogućnosti ograničene i prilagođene na industrijska binarna upravljanja (»programmable logic controllers«, »programmierbare Steuergeräte«). Jednoj određenoj primjeni oni se prilagođuju izborom potrebnog broja i vrste ulaznih i izlaznih elemenata za povezivanje s procesom koji treba upravljati, kao i sadržajem programske memorije koji određuje program upravljanja. Mogućnosti promjene programa za pojedine tipove programskih memorija koji se susreću u ovakvim uređajima su različite, pa odatle i razlika u slobodi promjene, korekcije i ispravku programa upravljanja (vidi tablicu 2).

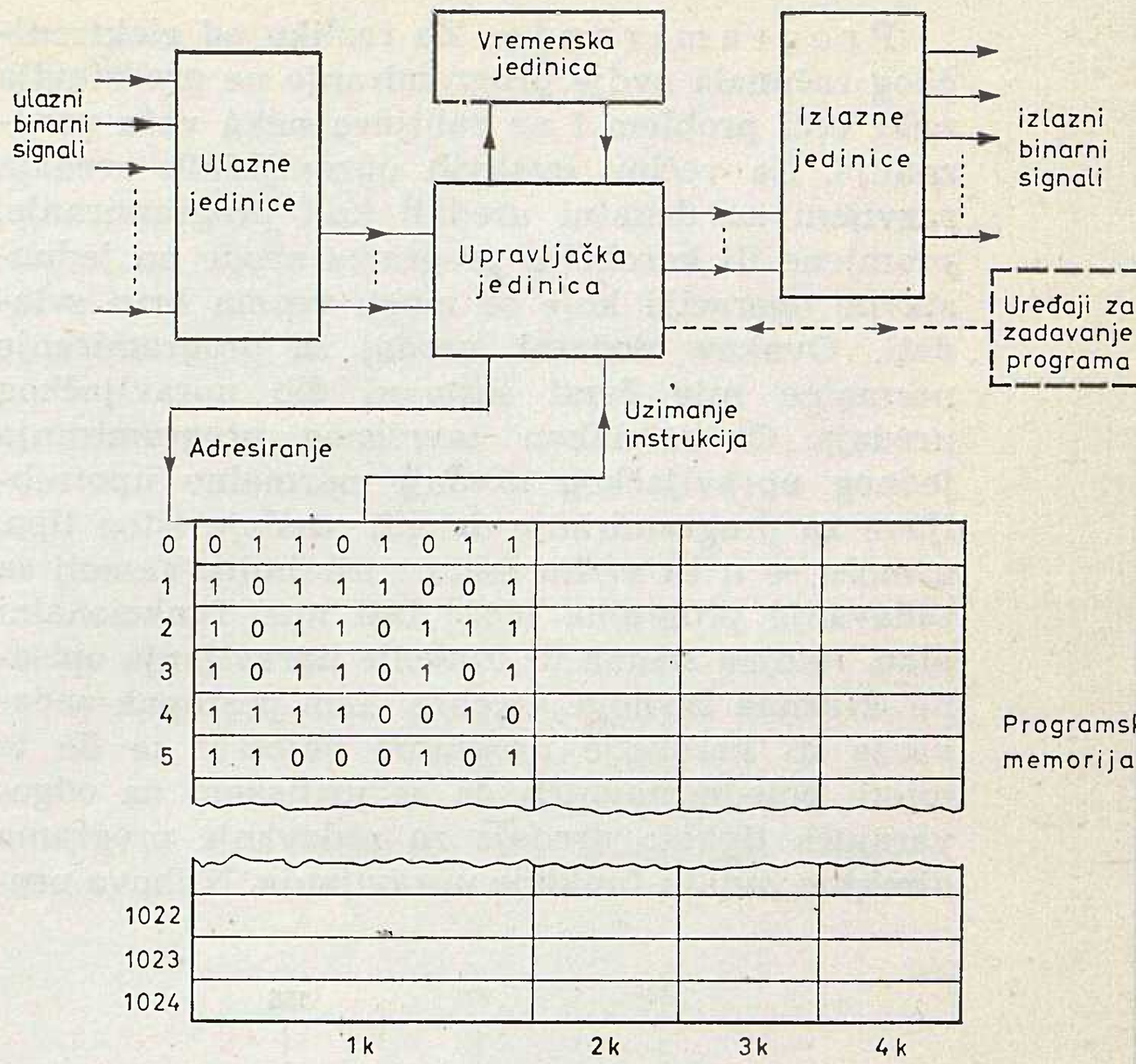
Ovdje ćemo se ograničiti na najosnovnije o ovakvim uređajima koji će, po svemu sudeći, i u

automatizaciji procesa termoelektrane u idućem razdoblju imati posebno važnu ulogu.

Struktura i način rada. Postoje određene razlike u načinu rada ovakvih uređaja, ovisno o proizvođaču i području primjene na koje je dan akcent. Slika 23. prikazuje osnovne krugove jednog takvog uređaja koji se susreću kod više-manje svih rješenja (L 53—56).

Signali koji daju informaciju o stanju u postrojenju kojim se upravlja (signali on relejnih kontakata, graničnih sklopki, tlačnih ili temperaturnih sklopki ili drugih davača graničnih vrijednosti; izlazi pretvarača analognih signala u binarne, . . .) ili pak signali kojima se zadaju željena pogonska stanja (npr. signali s komandnog pulta) uvode se u uređaj posredstvom ulaznih jedinica. U ovima se vrši galvansko odjeljivanje, te prilagođivanje nivoa signala i filtriranje, odnosno eliminacija smetnji u ulaznim signalima. Slično se u izlaznim jedinicama vrši prilagođivanje izlaznih signala upravljačke jedinice na nivo neophodan za upravljanje vanjskih elemenata u postrojenju (uključenje, odnosno isključenje pomoćne energije na svitke pomoćnih releja, sklopnika, magnetskih ventila i druge upravljačke organe raznih izvršnih članova: uključenje ili isključenje signalnih uređaja kao signalnih žarulja, zvučnih signala, . . .). Dodatno se u izlaznim jedinicama može vršiti prolazno memoriranje izlaznih signala upravljačke jedinice, kao i kontrola statusa izlaznih signala. Ulazne i izlazne jedinice u pravilu su koncipirane modularno i dozvoljavaju lagano prilagođivanje na konkretni broj neophodnih ulaznih i izlaznih signala.

Program upravljanja pohranjen je u programskoj memoriji. Program se sastoji iz pojedinih instrukcija koje definiraju operaciju (npr. logičku »I« operaciju nad jednim ulaznim signalom) s pripadnim parametrom (npr. adresom ulaza na koji treba primijeniti dotičnu operaciju). Instrukcije se »čitaju« korak po korak od upravljačke jedinice. Korištenje sadržaja programske memorije određeno je elementima upravljačke jedinice[5] i njihovim fiksnim vezama. Za upravljačku jedinicu tako nije potreban nikakav organizacioni program, pa čitav kapacitet memorije stoji u potpunosti na raspolaganju za program upravljanja. U primjeru slike 23. svaka ćelija memorije sadrži jednu instrukciju od 8 bita. Upravljačka jedinica sekvencijalno prolazi adresu za adresom, ako memorizirana instrukcija ne zahtijeva skok u programu. Tipičan slijed operacija je ovaj: Upravljačka jedinica skanira ulazne signale (odnosno odgovarajuću grupu ulaznih signala), uspoređuje ih s uvjetima specificiranim u programu i, ako su ti uvjeti ispunjeni, odaje izlazni signal u skladu s instrukcijom u programu. Ako ti uvjeti nisu ispunjeni, prelazi se na adresu specificiranu u programu. Usporedo se može (po principu vremenskog multipleksa) tretirati veći broj upravljačkih krugova (grana) istovremeno.



Sl. 23. *Primjer strukture upravljačkih uređaja sa slobodnim programiranjem.*

Vremenska jedinica služi za realizaciju vremena čekanja, vremena nadzora, odavanje komandi određenog trajanja i slično. U pravilu postoji mogućnost priključka jedinice za zadavanje programa. Dodatno još mogu postojati npr. pomoćna memorija za pohranjivanje međurezultata, jedinica za funkcije brojanja, jedinice za digitalne ulaze i izlaze (za razliku od čisto binarnih), kao i neke druge jedinice.

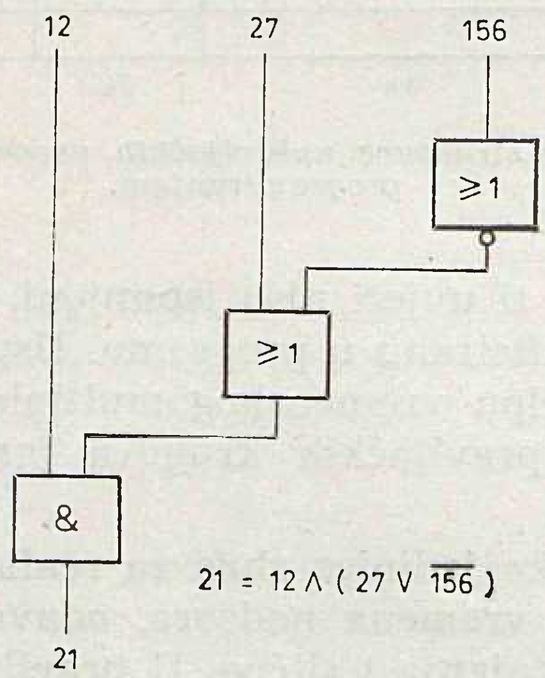
Programske memorije su ili tipa »read only«[6] ili tipa »read-write«. Od prvih danas su najčešće one tipa PROM (»programmable read only memory«), koje dozvoljavaju upis sadržaja nakon proizvodnje, kao i brisanje i ponovni upis »na samom mjestu«. Vidi i tablicu 2. Kapacitet ovih memorija obično je od 0,5 k do 4 k riječi, a slobodno se može birati kapacitet, npr. u stupnjevima od 0,5 k. Duljina riječi je obično 8, 12 ili 16 bita.

Maksimalan broj ulaza kreće se između 128 i 1024, a uglavnom isto vrijedi i za maksimalan broj izlaza. Vrijeme potrebno za skaniranje više stotina ulaza kao i aktiviranje više stotina izlaza često ne prelazi iznos od reda veličine 10 milisekundi.

[5] Za regulaciju ovakvih upravljačkih jedinica praktički se ne koriste tzv. mikroprocesori, o kojima se u posljednje vrijeme mnogo govori. Mikroprocesori su zbog svojih primarnih funkcija organizirani po riječima, a način rada po riječima je neprikladan za obavljanje posve binarnih funkcija.

[6] Iz teksta u točki 2.3. pod a) u prvom dijelu ovog članka moglo bi se razumjeti da su u upotrebi isključivo memorije tipa »read only«. Radi se, međutim, o tome da se danas memorije ovog tipa s mogućnošću programiranja (PROM) pretežno koriste, ali se dosta često susreću i memorije tipa »read-write«.

Programiranje. Za razliku od elektroničkog računala ovdje programiranje ne predstavlja neki veći problem i ne zahtjeva neka veća predznanja. Za većinu ovakvih upravljačkih uređaja razvijeni su dodatni uređaji koji programiranje, promjene ili korekciju programa svode na jednostavne operacije koje se mogu veoma brzo svladati. Ovakav dodatni uređaj za programiranje normalno nije čvrst sastavni dio upravljačkog uređaja. On se nakon završenog programiranja jednog upravljačkog uređaja normalno upotrebljava za programiranje drugih uređaja istog tipa, a može se u tu svrhu često i iznajmiti. Temelj za zadavanje programa može biti npr. funkcionalni plan, relejna shema ili funkcije upravljanja opisane izrazima Boolove algebre. Sam postupak zadavanja ili korekcije programa najčešće je do te mjere pojednostavnjen da se pritiskom na odgovarajuća tipkala uređaja za zadavanje programa direktno zadaju funkcije upravljanja. Njihovo pre-



Sl. 24. *Logička shema uz primjer zadavanja programa.*

vođenje vrši se hardwareom uređaja za zadavanje programa.

Da bismo ilustrirali koliko jednostavno može biti to zadavanje programa, dat ćemo jedan primjer. Radi se o rješenju u kojem je zadavanje programa temeljeno na izrazima Boolove algebre.

Pretpostavimo da izlaz 21 uređaja treba biti uključen samo onda kada je uključen ulaz 12, te uključen ulaz 27 ili isključen ulaz 156 (sl. 24). Odgovarajući izraz Boolove algebre je:

$$21 = 12 \wedge (27 \vee \overline{156}).$$

Program se zadaje pritiskanjem tipki odvojenih brojčanih i funkcionalnih tastatura, a stvarno upisivanje u memoriju usljeđuje nakon pritiska tipke označene s U (»upis«). Redoslijed zadavanja vidljiv je iz gornjeg dijela tablice 3. Oznake tipki funkcionalne tastature imaju ovo značenje: I = izlaz; ∧, ∨ = logička operacija »I« odnosno »ILI«; NEG = negacija; (,) = zagrade; : = kraj instrukcije.

U donjem dijelu tablice 3. dan je isti primjer, ali nakon ispunjenja zadanih uvjeta izlaz 21 treba ostati uključen 1,75 sek. Nove oznake tipki imaju ovo značenje: IT = izlaz vremenski ograničenog trajanja, T = vrijeme.

Tablica 3

SLIJED ZADAVANJA PROGRAMA ZA PRIMJER UPRAVLJANJA IZ SLIKE 24.

Brojčana tastatura	Funkcionalna tastatura	Tipka »upis«
21	I	U
12	∧	U
	(	U
27	∨	U
156	NEG	U
	):	U
21	IT	U
175	T	U
12	∧	U
	(	U
27	∨	U
156	NEG	U
	):	U

Kod upravljačkih uređaja koji se koriste memorijom tipa »read only« program se najprije privremeno prenosi u zasebnu »read-write« memoriju, koja se nalazi u uređaju za programiranje. To omogućava lagano mijenjanje i korekcije programa. Konačni prijenos programa u »read only« memoriju izvodi se tek kada je program testiran i definiran. Kod memorija tipa PROM uređaj za programiranje obično daje i mogućnost brisanja sadržaja ove memorije, što omogućuje i naknadne opsežnije promjene u programu. Najčešće postoji i mogućnost zadavanja programa putem bušene ili magnetske vrpce, a memorirani program može se radi kontrole ili pohranjivanja registrirati na bušenoj ili magnetskoj vrpci. Kao pomoć pri programiranju rješenja za zadavanje programa pokatkad uključuju i katodni ekran.

Opisani uređaji sa slobodnim programiranjem imaju niz prednosti pred fiksno ožičenim rješenjima:

— mogućnost masovne proizvodnje (proizvodnja za skladište). Zbog toga bi im uskoro cijena morala biti niža od rješenja s fiksnim ožičenjem.

— viša pouzdanost putem veće kompaktnosti, manje žičanih i kontaktnih (konektorskih) veza.

— lakše prilagođenje promjenama i preinakama u postrojenu koje se upravlja, promjenama programa upravljanja, . . .,

— brzo puštanje u pogon,

— manje dimenzije,

— mogućnost direktnog vezanja na centralne uređaje za prikupljanje i registriranje podataka.

6. TEHNIKA VOĐENJA PROCESA

Automatsko vođenje procesa u termoelektrani složen je kompleks velikog broja raznih sistema, struktura i uređaja. U najvažnije možemo ubrojiti:

a) mjerenja (radi se o mjerenjima procesnih veličina i obuhvaćanju dvopoložajnih signala za potrebe svih sistema koji slijede pod b) do f)),

b) automatska upravljanja,

c) automatske regulacije (pojedinačna, grupna, nivoa bloka, kotla, turbine, pojnih pumpi, pomoćnih sistema, . . .),

d) zaštite i blokiranja (pojedinačnih agregata, grupna; zaštita bloka),

e) automatski nadzor,

f) uređaje centralne komandne prostorije.

Sveukupnost funkcija koje vrše ovi sistemi (a često i samo dio tih funkcija pod b), c) i e)) u posljednje se vrijeme označava kao »tehnika vođenja procesa« (L 4, L 11, L 57, L 59).

U pravilu o automatiziranoj termoelektrani govorimo tek onda kad osim sistema mjerenja, većeg ili manjeg opsega automatskih regulacija, zaštita i blokiranja te nužnih mjernih i pokaznih instrumenata postoje opsežniji sistemi automatskog upravljanja i automatskog nadzora. Taj rad o automatizaciji u termoelektranama (sva tri njegova dijela) posvetili smo upravo sistemima automatskog upravljanja i automatskog nadzora, ali smo nešto opširnije obuhvatili samo dio koji se odnosi na automatsko upravljanje.

Uvođenje automatskog upravljanja i automatskog nadzora dovodi do velikih promjena na strani drugih prethodno navedenih sistema. Ovo npr. zahtijeva veliko povećanje broja (i kvalitete) raznih davača na strani mjerenja (uključujući opsežne kontrole i mjernih vrijednosti i binarnih signala iz procesa), kao i veći opseg zaštita i blokiranja. Znatno rastu i zahtjevi na razne postavne organe. Centralna komandna prostorija i po uređajima i po koncepciji doživljava uvođenjem automatizacije velike promjene. Kako se radi praktički sve više o jedinoj vezi čovjeka s automatiziranim procesom, centralnoj komandi, njezinim uređajima i njihovu razmještaju nužno se mora poklanjati sve veća pažnja. Sve to i niz drugih pojedinosti u ovom radu nismo mogli obuhvatiti.

LITERATURA UZ 3. DIO

32. E. Bussinger, N. Frieben: Funktionsplanung bei der BBC--Prozesssteuerung im Dampfkraftwerk. BBC-Nachrichten, Juni 1966, S. 391.
33. U. Schmudlach, R. Seidemann: BBC-Prozesssteuerung mit Funktionsblöcken für die Kraftwerkautomatisierung. BBC-Nachrichten, Oktober / November 1965. S. 584.
34. J. Reding, G. Wandl: Secontic, eine neue elektronische Folgesteuerungsautomatik. Brown Boveri Mitteilungen, Januar 1967, S. 17.
35. W. Pilgram, H. Kaltenecker: Methodik und Aufbau der Siemens-Funktionsgruppenautomatik in Dampfkraftwerken. Siemens Z., 1963, H. 3, S. 121.
36. H. Bollmann, R. Schmidt: Die Funktionsgruppensteuerung — ein Bausteinsystem für automatische Steuerungen im Dampfkraftwerk. Siemens Z., 1964, H. 2, S. 67.
37. COMBIMATIC. Modules for Sequential Control Systems. ASEA Catalogue YL 72 — 1 E. January 1971.
38. F. Mötz: Decontic, ein dezentrales Steuersystem für die Kraftwerksautomatisierung. Brown Boveri Mitt., 1968, Nr. 1/2.
39. Simatic Steuerungssystem P — Energieerzeugung. Siemens Preisliste ERS 41.1, Juni 1970.
40. Postroenie funkcionaljnih grupp ierarhičeskoj sistemi upravlenija blokami. SEV, postojannaja komissija po elektro-energii. Drezden, X 1971.
41. H. Handschuh, M. Jung, J. Sterff: Der automatische Betrieb von Kesselspeisepumpen im Dampfkraftwerk. Siemens Z. 1965, H. 9, S. 1039.
42. R. Hahn, . . . : Darstellen von Steuerungen mit Funktionsplänen. Siemens Z. 1973, H. 5, S. 368.
43. H. Bühler, G. Schatzmann: Stufenfolgesteuerung und automatischer Betrieb von Turbogenerator-Gruppen in thermischen Zentralen. Escher Wyss Mitt., 1966, H. 3, S. 19.
44. K. Buchwald: Aufbau des Programms einer automatischen Steuerung für Dampfturbogruppen. Brown Boveri Mitt., 1964, März, S. 145.
45. H. Bloch: Festprogrammierte elektronische Einrichtung zur automatischen Steuerung von Dampfturbogruppen. Brown Boveri Mitt., 1964, März, S. 156.
46. Turbomatic Running-up and Loading Controller. Brown Boveri Instruction Mannual F 90261 E, December 1966.
47. D. Egger: Mise en service d'un dispositif de commande automatique de grupe turbo-alternateur du Canada. Revue Brown Boveri, Janvier 1967, p. 3.
48. J. G. Selmeczy, . . . : Two Approaches to Turbine Start-up Automation. ISA Transactions, 1969, No 1, pp. 79—84.
49. D. P. Mc Fadden: Advanced Digital Electrohydraulic Systems Increase Confidence In Turbine Automation. Power Engineering, Aug. 1973, p. 54.
50. G. I. Gutskij, . . . : Sistema avtomatizacii puska turbogeneratora parom nominalnih parametrov. Električeskie stanicii, maj 1966, s. 55.
51. G. I. Gutskij, . . . : Sčetno-rešajuščee ustrojstvo sistemi avtomatičeskogo upravlenija puskom turbini. Električeskie stanicii, febr. 1967, s. 48.
52. A. H. Gorelik, . . . : Avtomatizacija puska turbini BK-50-3. Električeskie stancii, juni 1970, s. 41.
53. W. Lapidus: Programmable Logic Controllers — Painless Programming to Replace the Relay Bank. Control Engineering, April 1971, p. 45.
54. N. Andreiev: Programmable Logic Controllers — An Update. Control Engineering, September 1972, p. 45.
55. W. Wolfgarten: Procontic — Ein neues System der BBC--Elektronik. BBC Nachrichten 1973.
56. L. Bartelt, . . . : The Simatic S3 Programmable Control System. Siemens Review XLI, 1974, No 10, p. 435.
57. Leittechnik Procontrol. Brown Boveri Druckschrift, Bestell — Nr. D KW 40762 D.
58. D. Riedel: Sichere Energieerzeugung durch automatisierten Turbinenbetrieb. BBC Druckschrift, Bestell — Nr. D KW 40572 D.
59. Leittechnik für Prozesse der Energieerzeugungs- und Verfahrenstechnik. VDE-Verlag, Berlin 1974.

Naslov pisca: Josip Lakota, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb

OPTIMALNO OPTEREĆENJE TRANSFORMATORA

Rikard Schenner, Zagreb

U članku su analizirani troškovi transformatora na osnovi njegovih godišnjih troškova. Najprije su izrađene analize troškova kakve su uobičajene, a zatim je istaknuta važnost promjene transformatora s obzirom na porast vršnog opterećenja, jer se toj mogućnosti ne pridaje dovoljno pažnje pri analizama.

UVOD

Ukupni godišnji troškovi transformatora određeni su jednadžbom:

$$T = I \cdot a + (t_s + t_e \cdot T_p) \cdot P_{Fe} + (t_s + t_e \cdot \vartheta \cdot T_p) \cdot \cdot P_{Cu} \left(\frac{S_m}{S_n}\right)^2 \text{ d/god.}$$

U toj jednadžbi:

T = ukupni godišnji troškovi u d/god.
I = investicija vezana uz transformator u d
α = godišnji faktor investicija u 1/god.
t_s = godišnji troškovi snage u g/kW. god.
t_e = troškovi energije u d/kWh
T_p = vrijeme pogona u godini dana u h/god.
P_{Fe} = gubici u praznom hodu transformatora u kW
P_{Cu} = gubici u kratkom spoju transformatora u kW
ϑ = faktor gubitaka energije
S_m = maksimalno opterećeneje transformatora u kVA
S_n = nazivna snaga transformatora u kVA.

Jednadžba (1) se može pojednostavniti uvođenjem veličina:

$$T_{Fe} = t_s + t_e \cdot T_p \quad \text{d/kW. god.} \quad (2)$$

$$T_{Cu} = t_s + t_e \cdot \vartheta T_p \quad \text{d/kW. god.} \quad (3)$$

Na taj način se dobije jednostavnija jednadžba ukupnih godišnjih troškova

$$T = I \cdot a + T_{Fe} + T_{Cu} \cdot P_{Cu} \cdot \left(\frac{S_m}{S_n}\right)^2 \quad \text{d/god.} \quad (4)$$

Da bi se odredilo optimalno opterećenje nekog transformatora, traži se minimum godišnjih troškova po transformiranom kilovatu snage. Dijeljenjem jednadžbe (4) sa S_m i deriviranjem sa S_m i izjednačenjem s nulom, dobije se izraz za optimalno opterećenje $S_{m\,opt.}$

$$S_m \text{ opt.} = \sqrt{\frac{I \cdot a + T_{Fe} \cdot P_{Fe}}{T_{Cu} \cdot P_{Cu}}} \cdot S_n \quad \text{(kVA)} \quad (5)$$

Uvrštenjem ove jednadžbe u jednadžbu (4) dobiju se godišnji troškovi transformatora kod optimalnog opterećenja:

$$T_{opt.} = 2(I \cdot a + T_{Fe} \cdot P_{Fe}) \quad \text{(d/god.)} \quad (6)$$

Ako se promatraju jednadžbe (1) i (4), vidi se da postoje troškovi neovisni o vršnom opterećenju, to su

$$I \cdot \alpha + T_{Fe} \cdot P_{Fe}$$

i troškovi ovisni o vršnom opterećenju

$$T_{Cu} \cdot P_{Cu} \cdot \left(\frac{S_m}{S_n}\right)^2.$$

Prema jednadžbi (6) optimalno opterećnje je ono, pri kojem su troškovi neovisni o vršnom opterećenju (fiksni troškovi) jednaki ovisnim troškovima (varijabilni troškovi).

Da bi se moglo računati s jednadžbom (1), odnosno (4), valja odrediti veličinu njihovih elemenata. Budući da je za neke od tih elemenata potrebna daleko veća analiza nego što se ovdje želi provoditi, preuzet će se neki podaci iz strane literature i eventualno korigirati. Osim toga, mnogi su podaci iz jednadžbi (1) i (4) različiti za pojedina distributivna poduzeća, a i za neke vrste mreža. Stoga će se računati s prosječnim vrijednostima i rezultati ne vrijede za sve slučajeve pogona transformatora.

Rezultati za $S_{m\,opt.}$ iz jednadžbe (5) ovise o drugom korijenu, tako da i neke male promjene faktora ne utječu mnogo na rezultat.

Faktor godišnjih troškova investicija α je omjer fiksnih godišnjih troškova nekog elementa mreže bez troškova gubitaka u željezu u odnosu na nabavnu cijenu tog elementa mreže. On sadrži u sebi troškove kredita, amortizacije, pogona i održavanja, poreza, osiguranja i zajedničkih troškova. Prema L. 1 taj faktor iznosi 0,12 za ovakve račune i mreže. Budući da je kod nas nešto veći, uzet će se u račun vrijednost od 0,15.

Faktor godišnjih troškova snage t_s određuje veličinu godišnjih troškova proizvodnje, prijenosa i razdiobe jednog kilovata snage do promatranog elementa mreže. Taj element opet ovisi o distributivnom poduzeću i obliku mreže. Račun će se provesti s cijenama električne snage »Elektre« Zagreb, koje vrijede od 26. travnja 1974. god. One se odnose na vršno mjesečno opterećenje, dok je u jednadžbi (1) potrebna cijena za godinu dana. Cijena za godinu dana se može odrediti prema jednadžbi:

$$t_s = t_{sm} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{v\,mi}}{P_{v\,g}} \quad \text{d/kW. g.} \quad (7)$$

$t_{s\,m}$ = mjesečna cijena snage d/kW
$P_{v\,mi}$ = mjesečno vršno opterećenje kW
$P_{v\,g}$ = godišnje vršno opterećenje kW.

Ako se pretpostavi da je $P_{v\,g} = P_{v\,mi}$, tada se dobije izraz za t_s:

$$t_s = 12 \cdot t_{s\,m} \qquad \text{d/kW. g.} \tag{8}$$

Kako to nije točno, korigirat će se jednadžba (8) s faktorom 0,9 za sve naponske nivoe. Prema cjeniku »Elektre« Zagreb razlikuju se mjeseci s višim tarifnim stavom (VS) i nižim tarifnim stavom (NS). Viši tarifni stav traje četiri mjeseca a niži osam mjeseci u godini, pa se dobije jednadžba za godišnje troškove snage:

$$t_s = 0{,}9\,(4 \cdot t_{Sm\,v} + 8\,t_{Sm\,n}) \tag{9}$$

$t_{Sm\,v}$ = cijena za VS d/kW. mj.
$t_{Sm\,n}$ = cijena za NS d/kW. mj.

Prema jednadžbi (9) i cjeniku »Elektre« Zagreb dobiju se ove vrijednosti za t_s, ovisno o naponskom nivou:

110 kV t_s = 580 d/kW. god.
35 kV t_s = 600 d/kW. god.
10 kV t_s = 670 d/kW. god.

Faktor t_e je trošak u slučaju gubitka kilovatsata energije. Budući da se ovdje promatraju uglavnom transformatori u vlasništvu distribucije, cijena nabave jednog kilovatsata je od elektroprijenosnog poduzeća. Ona iznosi, prosječno, 0,20 d/kWh. Kod promatranja pogona transformatora u vlasništvu industrije, mora se uzeti cijena prema cjeniku distributivnog poduzeća.

Vrijeme pogona transformatora T_p iznosi za sve slučajeve 8760 sati.

Faktor godišnjih gubitaka energije ϑ određen je jednadžbom

$$\vartheta = \frac{1}{T_p \cdot S_m^2} \int S^2\, dt. \tag{10}$$

Vidi se da je faktorom ϑ obuhvaćen nejednoliki tok opterećenja tokom godine. Taj faktor se mnogo analizirao u literaturi, ali su rijetki autori koji daju praktične izraze ili dijagrame za njega. Jedan od praktičnih izraza daje L-1

$$\vartheta = 0{,}17 \cdot m + 0{,}83 \cdot m^2 \tag{11}$$

$$m = \frac{T_m}{T_p}$$

T_m = vrijeme trajanja vršnog opterećenja u h.

Za promatranje ovakve naravi ova se jednadžba može primijeniti. Mora se napomenuti da jednadžba (11) daje zadovoljavajuće rezultate do m = 0,2, dok se između m = 0,1 i 0,2 rezultati rasipaju oko rezultata dobivenih iz prakse, a ispod m = 0,1 se uopće ne može upotrebljavati.

Za distributivne pogone će se računati s ovim vrijednostima za m odnosno ϑ:

110 kV m = 0,6 (T_m = 5250 h) ϑ = 0,402
35 kV m = 0,5 (T_m = 4400 h) ϑ = 0,293
10 kV m = 0,3 (T_m = 2650 h) ϑ = 0,126.

Kod industrijskih pogona je m obično veći i znatno ovisi o tehnološkom procesu i broju smjena u kojima radi određena tvornica.

Elementi jednadžbe (1) P_{Fe}, P_{Cu} i S_n mogu se dobiti pomoću kataloga.

Ostala je još problematična veličina investicije I vezana uz transformator. Pošto se u literaturi nailazi na više pristupa tom problemu razlikovat će se dva načina koja se susreću:

1) Veličina investicija se neće uzeti u obzir. Na taj način se dobije iz jednadžbe (5)

$$S_{m\,opt.} = S \sqrt{\frac{T_{Fe} \cdot P_{Fe}}{T_{Cu} \cdot P_{Cu}}} \quad \text{(kWA)} \tag{12}$$

Rezultat za $S_{m\,opt.}$ daje opterećenje, kod kojeg su ukupni godišnji troškovi gubitaka minimalni.

2) U jednadžbi (5) se uzima u obzir cijena transformatora (vidi L-1 i 2).

U praksi se transformatorska stanica bilo kojeg omjera transformacije gradi za konzum, odnosno opterećenje, koje će ona postići za određeni broj godina i nakon toga se opterećenje neće bitno mijenjati, jer će biti *rentabilnije graditi* novu stanicu koja će preuzeti daljnji porast opterećenja. Znači, da će opterećenje transformatorske stanice postepeno rasti do svog maksimuma i u tom razdoblju se instaliraju transformatori koji se prilagođuju opterećenju. Dolazimo do novog problema. *Potrebno je za određeni tok porasta opterećenja, pronaći optimalne snage transformatora koji će biti montirani u transformatorsku stanicu.* Naravno da se mogu birati transformatori takvih snaga koje stoje na raspolaganju proizvođaču. Ova analiza provest će se nakon prve dvije.

TRANSFORMATORI 10/0,4 kV

Analizirat će se transformatori u gradskoj distribuciji i to snaga od 250 kVA do 630 kVA. Tehnički podaci za te transformatore su slijedeći:

S_n (kVA)	250	315	400	500	630
P_{Cu} (kW)	3,33	3,96	4,95	5,44	6,68
P_{Fe} (kW)	0,595	0,68	0,80	1,07	1,15
P_{Fe}/P_{Cu}	0,179	0,172	0,162	0,197	1,72

Jednadžbe (4) i (5) glase za ovaj naponski nivo:

$$T = I \cdot 0{,}15 + 2420 \cdot P_{Fe} + 890 \cdot P_{Cu} \left(\frac{S_m}{S_n}\right)^2 \quad \text{(d/god.)}$$

$$S_{m\,opt.} = S_n \sqrt{\frac{0{,}15 \cdot I + 2420 \cdot P_{Fe}}{890 \cdot P_{Cu}}} \quad \text{(kWA.)} \tag{13}$$

Ako se zanemari vrijednost investicije, dobiju se slijedeće veličine:

S_n kVA	250	315	400	500	630
S_m kVA	175	216	266	365	432
S_m/S_n	0,696	0,685	0,665	0,730	0,685.

Vidi se da omjer S_m/S_n varira od 0,665 do 0,730, ovisno o podacima transformatora. Međutim, ne može se utvrditi veza tog omjera s nazivnom snagom transformatora.

Drugi pristup je taj da se za veličinu investicije *odredi* cijena transformatora. Cijene transformatora su slijedeće:

S_n (kVA)	250	315	400	500	630
I (d)	26.000	30.700	37.000	44.000	54.000.

Uvrštenjem tih veličina u jednadžbu (13) dobiju se slijedeći rezultati:

S_n kVA	250	315	400	400	630
S_m kVA	335	420	520	690	890
S_m/S_n	1,34	1,33	1,30	1,38	1,41.

Uzimanjem u obzir investicije transformatora dobro je transformatore preopterećivati od 30% do 40% (moraju se uzeti u obzir odabrane veličine pojedinih faktora). Koliko je to tehnički moguće ovisi o više faktora, ali se ovdje u to neće ulaziti.

Kod ovih razmatranja analizirani su godišnji troškovi određenog transformatora. Tražilo se opterećenje kod kojeg su oni minimalni. U praksi se, međutim, kako je već spomenuto, traži uz određeno opterećenje optimalna standardna snaga transformatora. Odnosno *uz određeni trend porasta opterećenja, traži se optimalni niz snaga transformatora koje valja zamjenjivati postojećim.*

Da se to riješi, valja odrediti za više nazivnih snaga transformatora godišnje troškove po jedinici transformirane snage za različita vršna opterećenja i usporediti troškove. Pri tom se moraju uzeti u obzir svi troškovi vezani uz transformator.

Godišnji troškovi po jedinici transformirane snage dobiju se dijeljenjem jednadžbe (4) sa S_m

$$T/S_m = \frac{1}{S_m}\left(I \cdot a + T_{Fe} \cdot P_{Fe}\right) + T_{Cu} \cdot P_{Cu} \cdot S_m \cdot \frac{1}{S_m^2} \text{ (d/kW. god.)} \qquad (14)$$

Kod određenog opterećenja su godišnji troškovi za dva transformatora jednaki i znači da u tom momentu valja mijenjati transformator i postaviti veći, jer opterećenje vremenom raste. Vršno opterećenje kod kojeg treba mijenjati snagu transformatora odredit će se izjednačenjem godišnjih troškova za dva transformatora uz isto vršno opterećenje, tj.:

$$\frac{1}{S_m}\left(I_1 \cdot a + T_{Fe} \cdot P_{Fe1}\right) + T_{Cu} \cdot P_{Cu\,1} \cdot S_m \cdot \frac{1}{S_{u1}^2} = \frac{1}{S_m}\left(I_2 \cdot a + T_{Fe} \cdot P_{Fe2}\right) + T_{Cu} \cdot P_{Cu2} \cdot S_m \cdot \frac{1}{S_{n2}^2} \text{ (d/kW.god.}\}$$

Vrijednosti s indeksom 1 odnose se na veći transformator, a s indeksom 2 na manji.

Iz prethodne jednadžbe se dobije izraz za S_m:

$$S_m = S_{n1}\sqrt{\frac{a\,(I_1 - I_2) + T_{Fe} \cdot (P_{Fe1} - P_{Fe2})}{T_{Cu}\left(\frac{S_{n1}^2}{S_{n2}^2} \cdot P_{Cu2} - P_{Cu1}\right)}} \text{ (kWA).} \qquad (15)$$

Za veličinu vršnog opterećenja S_m bitne su razlike u gubicima u bakru jednog i drugog transformatora, i što je najvažnije, razlike u investicijama vezane uz instaliranje jednog transformatora, a to je razlika u cijeni transformatora. Za svaki transformator se može naći minimalno i maksimalno vršno opterećenje, znači područje opterećenja kod kojeg je on bolji od ostalih. Za niz transformatora nazivnih snaga 250, 315, 400, 500 i 630 kVA su to područja:

S_n (kVA)	250	315	400	500	630
S_m (kVA)	do 275	275—396	396—460	460—620	od 620.

Za niz transformatora nazivnih snaga 250, 400 i 630 kVA su područja:

S_n (kVA)	250	400	630
S_m (kVA)	do 330	330—515	od 515.

Kod niza transformatora nazivnih snaga 250, 315, 400, 500 i 630 kVA iznose optimalna opterećenja u odnosu na nazivna u postocima:

S_n	250	315	400	500	630
%	do 110	87—125	99—115	92—124	od 98%,

a kod niza snaga 250, 400 i 630 kVA

S_n (kVA)	250	400	630
%	do 132	83—129	od 82.

Vidi se, da gornje granice optimalnog opterećenja prelaze nazivne snage transformatora. Koliko je to dopustivo s obzirom na vijek trajanja transformatora obrađeno je u literaturi (vidi L-2), u to nećemo ulaziti.

Rentabilnost pogona sa cijelim nizom nazivnih snaga transformatora, ili bez nekih nazivnih snaga transformatora, ovisi o troškovima uskladištenja i zamjene transformatora, i o troškovima pogona pojedinih transformatora.

Ako se uzmu u obzir troškovi cijele transformatorske stanice, iznose godišnji troškovi po jedinici transformatorske snage u d/kVA za razna opterećenja i nazivne snage transformatora prema tablici:

S_n (kVA)	100	200	250	300	350	400	450
S_n = 250 kVA	433,14	223,68	183,20	157,02	138,99	126,06	—
315 kVA	441,05	225,85	183,88	156,49	137,43	123,58	113,20
400 kVA		230,43	186,82	158,21	138,16	123,47	112,35
500 kVA		237,31	191,59	161,43	140,17	124,46	112,46
630 kVA		244,91	197,28	165,77	143,48	126,95	114,26

S_m (kVA)	500	550	600	650	700	750	800
Sn = 250 kVA	—	—	—	—	—	—	—
315 kVA	105,26	99,08	—	—	—	—	—
400 kVA	103,73	96,93	91,49	—	—	—	—
500 kVA	103,06	95,54	89,44	84,41	80,25	—	—
630 kVA	104,26	96,21	89,63	84,18	79,61	75,75	72,46

Cijena gradske zidane transformatorske stanice iznosi 250.000 d bez transformatora.

Razlike između pogonskih troškova pojedinih transformatorskih stanica uz razne nazivne snage transformatora su minimalne i ne prelaze 1,5%. Pri tom se moraju promatrati pogonski troškovi transformatora čije su nazivne snage reda veličine s vršnim opterećenjem, ili veće od vršnog opterećenja.

Da bi se riješio problem koji je niz nazivnih snaga transformatora rentabilniji, izračunat će se troškovi pogona jedne transformatorske stanice u razdoblju od 20 godina s nazivnim snagama transformatora 250 — 400 — 630 kVA i nazivnim snagama transformatora 250 — 315 — 400 — 500 — 630 kVA.

Prije nego se počne računati valja odrediti način računanja gubitaka u bakru, koji se mijenjaju s opterećenjem. Pretpostavit će se eksponencijalna promjena vršnog opterećenja prema jednadžbi:

$$S_{m1} = S_{m1}\left(1+\frac{g}{100}\right)^i = S_{m1}\cdot r^i \quad \text{(kWA)} \qquad (16)$$

Uvrštenjem ove jednadžbe u jednadžbu za gubitke u bakru, dobiju se troškovi gubitaka u bakru za niz od n godina:

$$T_{Cu\,n} = T_{Cu}\cdot P_{Cu}\left(\frac{S_{m1}}{S_n}\right)^2 + T_{Cu}\cdot P_{Cu}\left(\frac{S_{m1}\cdot r}{S_n}\right)^2 + T_{Cu}\cdot P_{Cu}\left(\frac{S_{m1}\cdot r^n}{S_n}\right)^2,$$

S_{m1} = vršno opterećenje u prvoj godini analize
n = broj godina koji je u promatranju.

Pojednostavljenjem se dobije:

$$T_{Cu\,n} = T_{Cu}\cdot P_{Cu}\cdot\left(\frac{S_{m1}}{S_n}\right)^2\cdot(1+r^2+r^4+r^6+r^8+\cdots r^{2n})$$

odnosno

$$T_{Cu\,n} = T_{Cu}\cdot P_{Cu}\cdot\left(\frac{S_{m1}}{S_n}\right)^2\cdot\frac{r^{2n}-1}{r^2-1} \quad \text{(d/god.)} \qquad (17)$$

Ukupni godišnji troškovi za n godina se dobiju:

$$T_n = n(I\cdot a + T_{Fe}\cdot P_{Fe}) + T_{Cu}\cdot P_{Cu}\left(\frac{S_{m1}}{S_n}\right)^2\frac{r^{2n}-1}{r^2-1} \qquad (18)$$

Za primjer proračuna odabrao se trend porasta vršnog opterećenja g = 5%, a promjena transformatora se obavi kad vršno opterećenje dosegne nazivnu snagu transformatora. Minimalno vršno opterećenje stanice iznosi 250 kVA, a maksimalno 630 kVA, tako da uz g = 5% iznosi promatrano razdoblje od 20 godina.

Prema jednadžbi (18) i navedenim podacima dobiju se troškovi transformatorske stanice s nizom snaga transformatora 250 — 400 — 630 kVA u iznosu od

1039.690 d,

a za niz snaga 250 — 315 — 400 — 630 kVA u iznosu od

991.240 d.

Razlika iznosi 48,450 d. Toliko se uštedi kroz 20 godina, ako se nazivne snage transformatora bolje prilagođuju vršnom opterećenju. Međutim, s ovim troškovima valja usporediti troškove većeg broja izmjena transformatora i veće troškove skladišta. U te troškove se ovdje ne ulazi. Može se samo zaključiti da su razlike pogonskih troškova malene, ako se uzme u obzir razdoblje od 20 godina, i da se ne isplati držati u pogonu transformatore s cijelim nizom nazivnih snaga.

Sve ovo vrijedi i za transformatore s transformacijom 20/0,4 kV, jer su cijene i ostali podaci gotovo jednaki.

TRANSFORMATORI 35/10 kV

Za transformatore 35/10 kV se dobije ova jednadžba godišnjih troškova, odnosno jednadžbe (4) i (5):

$$T_{35} = I\cdot 0{,}15 + 2350\cdot P_{Fe} + 1115\cdot P_{Cu}\left(\frac{S_m}{S_n}\right)^2 \quad \text{(d/gdd.)} \qquad (19)$$

$$S_{m\,opt} = S_n\sqrt{\frac{0{,}15\cdot I + 2350\cdot P_{Fe}}{1115\cdot P_{Cu}}} \quad \text{(kWA)} \qquad (20)$$

Tehnički podaci za te transformatore glase:

S_n (kVA)	2500	4000	8000	16.000
P_{Cu} (kW)	20,3	28,5	42,0	91,0
P_{Fe} (kW)	3,2	4,2	8,5	15,5

Ako se zanemari vrijednost investicije, dobiju se ove veličine godišnjih troškova:

S_n kVA	2500	4000	8000	16.000
S_m kVA	1480	2240	5300	9.600
S_m/S_n	0,58	0,56	0,66	0,60.

Investicije u transformatore iznose:

S_n kVA	2500	4000	8000	16.000
I d	240.000	340.000	630.000	1.300.000.

Uzimanjem u obzir investicije u transformator dobiju se podaci:

S_n kVA	2500	4000	8000	16.000
S_m/S_n	1,39	1,38	1,56	1,51.

Ekonomska opterećenja su iznad onih koja su tehnički dozvoljena.

Prilagođenje snage transformatora vršnom opterećenju će se provesti i ovdje prema jednadžbi (15). Kod ovih transformatora to je još važnije nego kod transformatora 10/0,4 kV, jer su investicije i konzum veći.

Danas su uobičajene transformatorske stanice s dva transformatora, od kojih jedan mora biti rezerva. Međutim, od toga se u praksi često odstupa, pa će se i ovdje, za prvi račun, od toga odstupiti.

Područja ekonomskih opterećenja su slijedeća:

S_n (kVA)	2 × 2500		2 × 4000	
S_m (kVA)	do 6500		6500—13.100	
	2 × 8000		2 × 16.00	
	13.100—18.500		od 18.500	

Gornje granice ekonomskog opterećenja prelaze nazivne snage transformatora za 15% kod snage 2 × 8000 kVA, 30% kod nazivne snage 2 × 2500 kVA i čak do 65% preopterećenja kod nazivne snage 2 × 400 kVA.

Ako se želi da u pogonu bude i rezerva transformacije, očito treba vidjeti pogonske troškove, ako su u pogonu tri transformatora manje snage ili dva veće snage. Analizirat će se godišnji troškovi transformatora nazivnih snaga 3 × 4000 kVA i 2 × 8000 kVA s opterećenjem između 4000 kVA i 8000 kVA i transformatora 3 × 8000 kVA i 2 × 16.000 kVA s opterećenjem između 8000 kVA i 16.000 kVA.

Najprije će se promatrati samo pogonski troškovi transformatora bez razlike u investicijama za transformatorska polja i građevinske troškove. Pri tom će se koristiti jednadžba (18), s investicijom u veličini cijene transformatora, a za trend porasta vršnog opterećenja će se pretpostaviti 7%. Razdoblje promatranja je u oba slučaja 10 godina.

Suma godišnjih troškova u slučaju transformatora snaga 3 × 4000 kVA s početnim vršnim opterećenjem od 4000 kVA iznosi u promatranom razdoblju od 10 godina

2.040.000 d.

U slučaju transformatora snaga 2 × 8000 MVA pogonski troškovi iznose uz iste uvjete

2.405.000 d.

Razlika iznosi 365.000 d.

Kod pogona sa tri transformatora potrebno je jedno 35 kV i 10 kV transformatorsko polje više. Cijena jednog 35 kV i 10 kV polja iznosi

170.000 + 100.000 = 270.000 d.

Ako se uzme ta cijena, pogonski troškovi kroz 10 godina iznose 10 · 0,15 · 270.000 = 405.000 d. S time se, praktično, izjednačuju pogonski troškovi u oba slučaja.

Ipak, prednost ima pogon s dva transformatora snage 8000 kVA zbog toga, što su u tom slučaju manji građevinski troškovi transformatorske stanice.

Kod pogona sa tri transformatora od 8000 kVA uz početno vršno opterećenje od 8000 kVA godišnji troškovi iznose, u razdoblju od 10 godina

3.740.000 d.

U slučaju pogona s dva transformatora snage 2 × 16.000 kVA godišnji troškovi za 10 godina iznose

4.880.000 d.

Razlika iznosi 1.140.000 d. Ako se uzme u obzir i cijena transformatorskih polja, razlika se smanjuje na 735.000 d. Sada bi trebalo procijeniti koliko su veći građevinski troškovi kod pogona s tri transformatora u odnosu na pogon s dva transformatora i odlučiti se za izvedbu. Budući da to ovisi o konkretnoj shemi izvedbe i lokaciji stanice, ovdje se u to ne ulazi.

TRANSFORMATORI 110/35 kV

Jednadžbe godišnjih troškova (4) i optimalnog opterećenja (5) za ove transformatore glase

$$T_{110} = I \cdot 0{,}15 + 2330 \cdot P_{Fe} + 1290 \cdot P_{Cu} \text{ (d/god.)} \qquad (21)$$

$$S_{m\,opt} = S_n \sqrt{\frac{I \cdot 0{,}15 + 2330 \cdot P_{Fe}}{1290 \cdot P_{Cu}}} \text{ (kWA).} \qquad (22)$$

Tehnički podaci za transformatore su ovi:

S_n (MVA)	20	31,5	40	63
P_{Cu} (kW)	118	160	190	280
P_{Fe} (kW)	21	29	34	49

Ako se zanemari investicija tj. pogon s najmanjim troškovima gubitaka, dobiju se podaci:

S_n (MVA)	20	31,5	40	63
$S_{m\,opt.}$ (MVA)	11,3	18,1	22,8	35,3
S_m/S_n	0,565	0,57	0,57	0,56.

Ovi podaci vrijede za jedan transformator, međutim, omjer $S_{m\,opt.}/S_n$ vrijedi i za više transformatora.

Cijene transformatora su:

S_n (MVA)	20	31,5	40	63
I (d)	2.900.000	3.600.000	4.100.000	5.400.000.

Ako se uzmu cijene transformatora kao investicija, dobiju se rezultati:

S_n (MVA)	20	31,5	40	63
$S_{m\,opt.}/S_n$	1,78	1,72	1,68	1,60.

Vidi se da su optimalna opterećenja znatno viša od nazivnih snaga transformatora, ako se uzme u obzir investicija u transformator.

Zamjena transformatora, odnosno kod kojeg vršnog opterećenja treba vršiti zamjenu transformatora, odredit će se prema jednadžbi (15). Pri tom se ne uzimaju u obzir troškovi zamjene i ne računa se s rezervom u transformaciji. Računa se s jednim transformatorom i vršno opterećenje se odnosi na jedan transformator. Ukoliko postoji u stanici više transformatora, valja izračunato opterećenje pomnožiti s brojem transformatora. Rezultati su:

S_n (MVA)	20	31,5	40	63
S_m	do 26,5	26,5—40,0	40,0—60	od 60.

Ekonomski je preopterećivati transformatore do 27% kod transformatora snage 31,5 MVA i do 50% kod transformatora 40 MVA.

Budući da je promjena transformatora prilično skupa, potrebno je razmotriti da li se isplati pogon transformatora od 31,5 MVA ili je rentabilnije umjesto njega odmah postaviti transformator od 40 MVA. Zamjena transformatora se danas procjenjuje s 500.000 d.

Razmotrit će se početno vršno opterećenje od 20 MVA i konačno 40 MVA s trendom od 7%, što znači razdoblje od 10 godina. U jednoj varijanti instalirat će se odmah transformator od 40 MVA, dok će se u drugoj najprije instalirati transformator snage 31,5 MVA, a kad vršno opterećenje dosegne 31,5 MVA, tada će se instalirati transformator od 40 MVA. Pošto u ovakvim transformatorskim stanicama mora biti jedan transformator rezerve, izračunat će se i njegovi pogonski troškovi ali kao hladne rezerve, tj. računat će se da nije u pogonu, pa nema troškova gubitaka.

U prvom slučaju su troškovi pogona aktivnog transformatora od 40 MVA koji se odmah instalira kod vršnog opterećenja od 20 MVA prema jednadžbi (18).

8.150.000 d,

a rezervnog

6.150.000 d.

Ukupni troškovi iznose 14.300.000 d.

Kod upotrebe transformatora snage 31,5 MVA, taj je transformator u pogonu 7 godina i godišnji troškovi za to razdoblje iznose

5.150.000 d.

Nakon toga se instalira transformator od 40 MVA i on je u pogonu 3 godine. Troškovi tog transformatora za to vrijeme iznose

2.605.000 d.

Troškovi rezervnog transformatora snage 31,5 MVA iznose za razdoblje od 7 godina 3.780.000 d, a transformatora od 40 MVA kro 3 godine 1.850.000 d. Svi ovi troškovi, znači bez troškova promjene aktivnog i rezervnog transformatora, iznose

13.385.000 d.

Kako zamjena dvaju transformatora iznosi oko 1.000.000 d, to su ukupni troškovi

14.380.000 d.

Vidi se da su troškovi gotovo isti. Stoga je sigurno bolje da se ne upotrebljava snaga transformatora od 31,5 MVA, ako se upotrebljava i snaga od 20 i 40 MVA. Tome je razlog što držanje u pogonu transformatora od 31,5 MVA zahtijeva još i dodatne troškove uskladištenja, dodatne troškove elektroprijenosnog poduzeća, i sl., jer su u troškovima zamjene od 500.000 d za jedan transformator uračunate samo usluge transportnog poduzeća, poduzeća proizvođača transformatora i druge, dok troškovi elektroprijenosnog poduzeća nisu uračunati.

Kod pogona ovih transformatora postavlja se i pitanje, da li je jeftiniji pogon s tri ili dva transformatora s time da je jedan rezerva. Obradit će se transformatorska stanica s početnim vršnim opterećenjem od 20 MVA i konačnim od 40 MVA s trendom porasta vršnog opterećenja od 7%, tj. period od 10 godina. U jednom slučaju su u pogonu tri transformatora snage 20 MVA i u drugom dva transformatora snage 40 MVA. Kod oba slučaja su svi transformatori u pogonu.

U prvom slučaju se dobiju pogonski troškovi transformatora uz pretpostavljene uvjete, znači, da su u pogonu tri transformatora snage 20 MVA, od

15.500.000 d.

Ovim troškovima valja dodati godišnje troškove jednog transformatorskog polja 110 kV i 35 kV. Investicije za oba polja iznose 1.600.000 d, pa su godišnji troškovi kroz 10 godina 2.400.000 d. Uz ove troškove postoje još i troškovi instaliranja jednog transformatora od 500.000 d. Mora se napomenuti da je početno stanje transformatorske stanice sa dva instalirana transformatora snage 20 MVA.

Ukupni troškovi iznose

18.400.000 d.

U drugom slučaju su u pogonu dva transformatora snage 40 MVA, i godišnji troškovi kroz promatrano razdoblje iznose

14.505.000 d.

Ovim troškovima valja dodati troškove promjene dvaju transformatora od 1.000.000 d, pa su ukupni troškovi

15.505.000 d.

Očita je prednost pogona s dva transformatora, jer razlika godišnjih pogonskih troškova u razdoblju od 10 godina iznosi 2.895.000 d u korist takvog pogona.

Transformatori 110/20 kV i 110/10 kV se ovdje neće analizirati. Razlog je što kod tih transformatora dolazi do izražaja problematika kratkog spoja na 20 kV i 10 kV strani, u koju ovdje nećemo ulaziti.

Može se zaključiti da je:

— ekonomski opterećivati transformatore do njihove nazivne snage ili čak preopterećivati, ali u tom slučaju valja vidjeti da li se i koliko smanjuje vijek trajanja transformatora;

— rentabilno izostaviti u nizu nazivnih snaga transformatora neke nazivne snage. Time se smanjuju troškovi zamjene transformatora i smanjuje se broj nazivnih snaga transformatora u poduzeću.

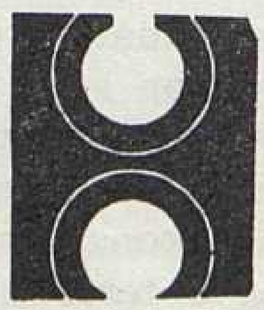
U ovom članku se računalo s podacima koji se smatraju prosječnima u distributivnom pogonu i na temelju njih se zaključivalo. Ukoliko se neki pogonski uvjeti razlikuju od ovih, valja provesti račun prema tim uvjetima.

LITERATURA

L 1. Netzverluste, Eine Richtlinie für ihre Bewertung und ihre Verminderung. VDEW, 1968.

L 2. Erwin Niemand, Ekonomsko opterećenje transformatora ovisno o karakteristici opterećenja i vijeku trajanja, Elektrizitätswirtschaft 7, 1972, S. 186-191.

Naslov pisca: Rikard Schenner, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb



Hidroelektra

GRAĐEVNO PODUZEĆE

ZAGREB, LESKOVAČKA 10, TEL. 512-122

IZVODI SVE VRSTE NISKOGRADNJE I INDUSTRIJSKE GRADNJE

Od osnutka 1. IV 1946. do danas izvodilo je u SR Hrvatskoj slijedeća energetska postrojenja:

- HIDROELEKTRANA »NIKOLA TESLA« (VINODOL)
- HIDROELEKTRANA »OZALJ II«
- HIDROELEKTRANA »ZAVRELJE« (MLINI)
- HIDROELEKTRANA »GOJAK«
- HIDROELEKTRANA »SPLIT I« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »SENJ« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »RIJEKA«
- HIDROELEKTRANA »ORLOVAC« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »VARAŽDIN« (U TOKU)
- TERMOELEKTRANA-TOPLANA ZAGREB (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA SISAK (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA PLOMIN (SUDJELOVANJE)

PROBLEMATIKA EKONOMSKE RASPODJELE OPTEREĆENJA TRANSFORMATORA U TERMOELEKTRANI–TOPLANI ZAGREB I MOGUĆNOSTI PRIMJENE U TRANSFORMATORSKIM STANICAMA

Franjo Černohous, Zagreb

Razmatra se ekonomična raspodjela opterećenja s primjenom u postrojenju Termoelektrane-Toplane Zagreb i ukazuje na mogućnost uštede na gubicima transformacije, osobito značajne u uvjetima loše energetske situacije.

DK 621.371.22.004

1. UVOD

Elektroenergetske analize pokazuju da se u Jugoslaviji sve do 1980. godine očekuje, manje ili više, oskudica električne energije, kao posljedica spore izgradnje proizvodnih i prijenosnih kapaciteta u odnosu na trend porasta potrošnje. S obzirom na postojeću strukturu proizvodnih kapaciteta u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije u kojem hidroelektrane učestvuju s oko 53%, a termoelektrane sa 74%, može se ocijeniti da će se nepovoljna elektroenergetska situacija u predstojećem razdoblju još pogoršavati.

Saznanje o nepovoljnoj energetskoj situaciji kakva je danas, obvezuje društvenu zajednicu da namakne financijska sredstva za dogradnju elektroenergetskog sistema i da osigura takav razvoj kakav će odgovarati razvoju potrošnje.

Bez obzira na sve napore, razdoblje oskudice koje se ne može premostiti, jer su mogućnosti nabave električne energije iz susjednih sistema praktički zanemarive, a vrijeme izgradnje proizvodnih kapaciteta relativno dugo (3—7 godina). Zato u predstojećem razdoblju valja posvetiti najveću pažnju prvenstveno racionalnoj proizvodnji i potrošnji električne energije, tj. optimalnom korištenju elektroenergetskih postrojenja u skladu s njihovim karakteristikama. Napajanje vlastite potrošnje blokova i opće vlastite potrošnje u elektranama, riješeno je najčešće s dva ili više transformatora, koji su stalno u paralelnom radu. Isti je slučaj u većini transformatorskih stanica, gdje postoje dva ili više transformatora. Činjenica, da transformatori u elektranama i transformatorskim stanicama raspolažu, s obzirom na dijagrame opterećenja i instaliranu snagu, s izvjesnom rezervom snage koja se mijenja ovisno o promatranom razdoblju, nameće se zadatak da se ispita mogućnost uštede gubitaka električne energije, vezanih za pogon transformatora. U tu svrhu je odabrana Termoelektrana-Toplana Zagreb.

2. ENERGETSKE KARAKTERISTIKE

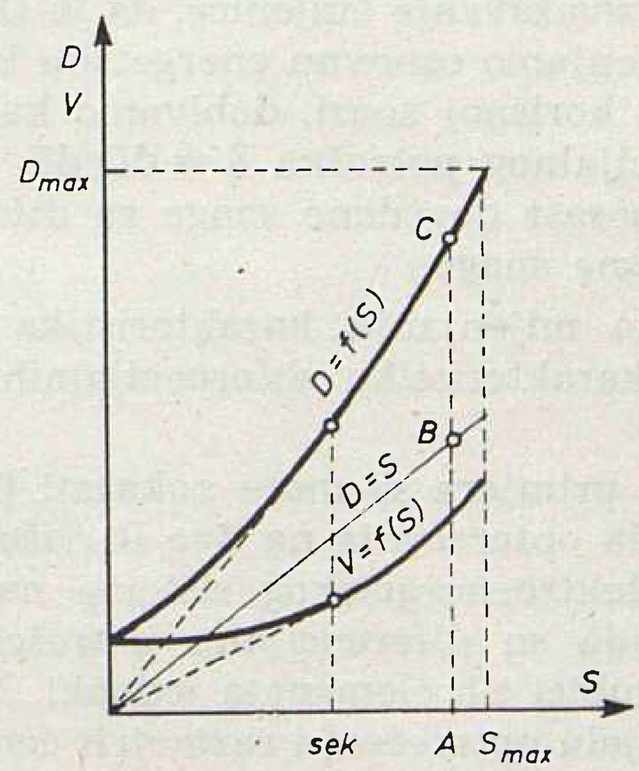
Elektroenergetski sistem čini niz međusobno povezanih elemenata za proizvodnju, transformaciju, prijenos i razdiobu električne energije. Neke značajke tih elemenata dadu se prikazati u međusobnoj funkcionalnoj ovisnosti i kao takve čine njihove osnovne i specifične energetske karakteristike.

2.1. Osnovna energetska karakteristika i karakteristika gubitaka

U svakom elementu elektroenergetskog sistema uvijek je korisna energija W_S odnosno snaga S (na stezaljkama generatora, na sekundarnoj strani transformatora, na kraju voda) manja od dovedene ili utrošene energije W_D, odnosno snage D (na ulazu u turboagregat, na primarnoj strani transformatora, na početku voda). Odnos između korisne i dovedene snage predstvalja u koordinatnom sistemu S, D osnovnu energetsku karakteristiku, čiji je opći oblik D = f(S) (sl. 1).

Pravac D = S je osnovna energetska karakteristika idealnog stroja, tj. stroja bez gubitaka, a dijeli ordinatu krivulje D = f(S) na dio AB, koji je po veličini jednak korisnoj snazi S (opterećenje) i na dio BC, koji predstavlja veličinu gubitaka V. Neposredno iz osnovne energetske karakteristike može se odrediti karakteristika gubitaka V = f(S).

Za osnovnu energetsku karakteristiku i karakteristike gubitaka, karakteristične su tri točke:



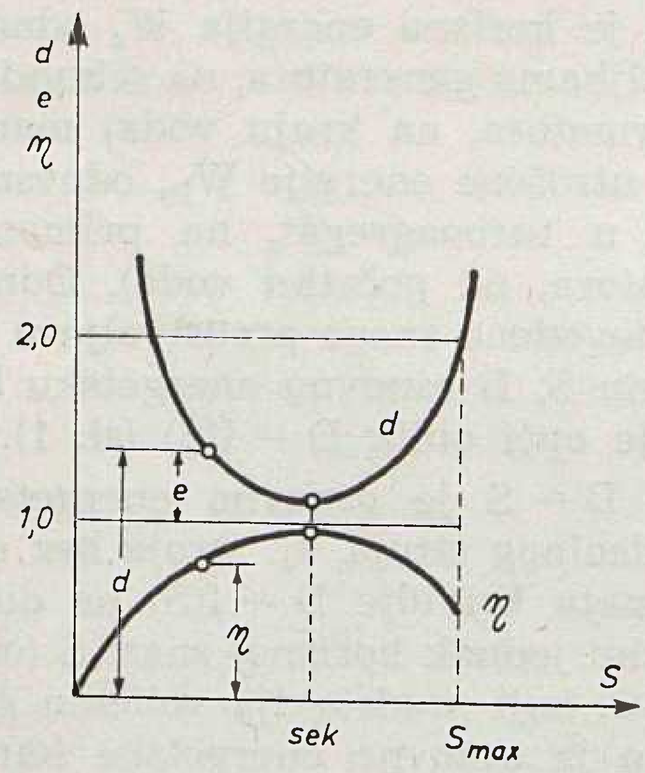
Sl. 1. Osnovna energetska karakteristika i karakteristika gubitaka

1. Točka proznog hoda, koju definira utrošena snaga D_0 za održavanje stroja u pogonu kod S = O.
2. Točka maksimalnog opterećenja, koja je određena maksimalnom korisnom snagom promatranog stroja.
3. Točka najekonomičnijeg opterećenja S_{ek}, kod koje je omjer D/S minimalan.

2.2. Specifične energetske karakteristike

Omjer dovedene i korisne snage D/S = d poznat pod imenom specifičnog potroška, kao i omjer gubitaka i korisne snage V/S = e poznat pod imenom specifičnog gubitka su, geometrijski promatrano, koeficijenti smjera tangenata povučenih iz ishodišta koordinatnog sistema na krivulje D = f (S) i V = f(S), sl. 1.

Specifični potrošak i specifični gubitak, kao i omjer korisne i dovedene snage S/D = η poznat pod imenom stupnja korisnosti, prikazani ovisno o korisnoj snazi, predstavljaju specifične energetske karakteristike. Međusobni odnosi između ovih veličina slijede neposredno iz slike 2, a mogu se izvesti i za uvažavanje činjenice, da je D = S + V.



Sl. 2. Specifične energetske karakteristike

Ako mijenjamo osnovnu energetsku karakteristiku prema korisnoj snazi, dobivamo karakteristiku diferencijalnog potroška δ = dD/dS, koja nam prikazuje porast dovedene snage za diferencijalni porast korisne snage.

Analogno mijenjanju karakteristika gubitaka, dobivamo karakteristiku diferencijalnih gubitaka ε = dV/dS.

Na nizu primjera se može pokazati (Lit. 1), da je raspodjela opterećenja na dva ili više istovrsna elementa elektroenergetskog sistema najpovoljnija onda kada su diferencijalni potrošci ili diferencijalni gubici tih elemenata jednaki. Najpovoljniju raspodjelu opterećenja razmotrit ćemo na primjeru transformatora vezanih za već spomenuto postrojenje.

3. KARAKTERISTIKA GUBITAKA TRANSFORMATORA

Gubici transformatora proporcionalni su gubicima snage u željezu i bakru. Gubici u željezu su neovisni o opterećenju, a gubici u bakru su proporcionalni kvadratu opterećenja.

Ukupni gubici koji predstavljaju karakteristiku gubitaka V = f (S) su:

$$V = V_0 + V_k = V_0 + I^2R = V_0 + \frac{R}{U^2} S^2 \qquad (1)$$

V_0 — gubici u željezu
V_k — gubici u bakru
R — otpor po fazi
U — linijski napon
S — prividna snaga (opterećenje)

Specifični gubici su:

$$e = \frac{V}{S} = \frac{V_0}{S} + \frac{R}{U^2} S \qquad (2)$$

a diferencijalni gubici:

$$\varepsilon = \frac{dV}{dS} = 2 \frac{R}{U^2} S \qquad (3)$$

Ekonomska raspodjela opterećenja dvaju jednakih paralelno spojenih transformatora je postignuta onda kada su diferencijalni gubici tih transformatora jednaki, tj. kada je:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2$$

$$2 \frac{R_1}{U_1^2} S_1 = 2 \frac{R_2}{U_2^2} S_2$$

Za dva paralelno spojena transformatora $U_1 = U_2$, pa slijedi:

$$S_1 R_1 = S_2 R_2 \qquad (4)$$

Dakle opterećenje se raspodjeljuje obrnuto proporcionalno otporima, tj. prema karakteristikama transformatora, a ne onako kako bi eventualno htjeli. Pritom su gubici minimalni.

Isti ovaj odnos (4) možemo dobiti i pomoću uvjeta koji moraju biti ispunjeni za paralelan rad transformatora. Iz tih uvjeta može se izvesti da se opterećenje na dva paralelno spojena transformatora raspodjeljuje proporcionalno njihovim nominalnim snagama.

4. ODREĐIVANJE KRITIČNOG OPTEREĆENJA ZA DVA I VIŠE TRANSFORMATORA

Kako je raspodjela opterećenja među transformatorima uvjetovana konstantama transformatora, to se problem ekonomičnosti pogona svodi na određivanje najpovoljnije kombinacije. Ako su, naime, u nekom postrojenju jednaki transformatori, potrebno je odrediti opterećenja kod kojih treba da se uključi, odnosno isključiti još jedan od trans-

formatora. To ćemo razmotriti na slučaju dvaju jednakih transformatora.

Gubici u jednom transformatoru su:

$$V_1 = V_0 + \frac{R}{U_2} S^2 \qquad (5)$$

ili uz uvedeni izraz za gubitke pri nominalnom opterećenju:

$$V_{kn} = \frac{R}{U^1} S_n^2 \qquad (6)$$

$$V_1 = V_0 + V_{kn} \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 = V_0 + V_{kn} C_1^2 \qquad (7)$$

Gubici kod pogona s dva jednaka transformatora su:

$$V_{1+2} = 2V_0 + \frac{1}{2} V_{kn} \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 = 2V_0 + \frac{1}{2} C_1^2 \cdot V_{kn} \qquad (8)$$

Za tzv. kritično opterećenje S_{kr}, kod kojega treba, uz tendenciju porasta odnosno smanjenja opterećenja, uključiti ili isključiti jedan transformator (sl. 3) vrijedi:

$$V_1 = V_{1+2} \quad \text{ili}$$

$$V_0 + V_{kn} C_1^2 = 2V_0 + \frac{1}{2} V_{kn} C_1^2 \qquad (9)$$

Iz (9) slijedi:

$$C_1 = \sqrt{2 \frac{V_0}{V_{kd}}} = \frac{S}{S_n}$$

odnosno:

$$S = S_n \sqrt{2 \frac{V}{V_{kn}}} = S_{kr} \qquad (10)$$

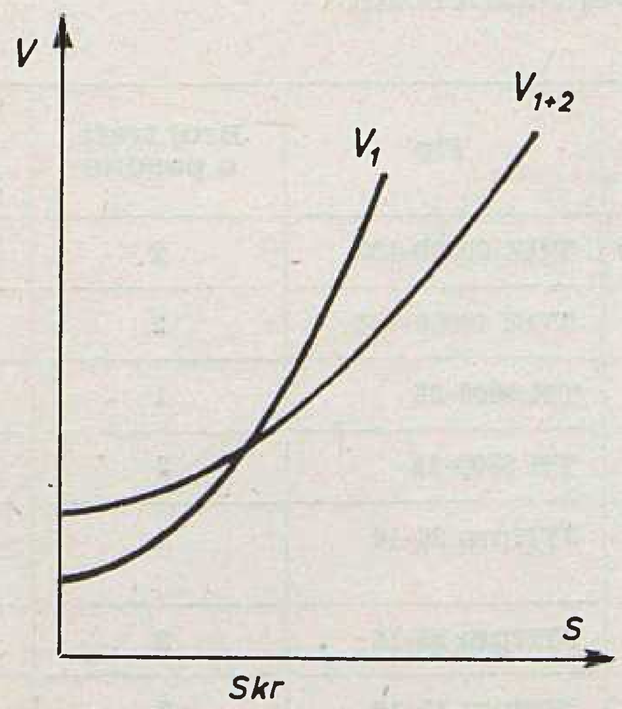
Iz uvjeta minimuma specifičnih gubitaka (2):

$$\frac{de}{dS} = 0 = -\frac{V_0}{S^2} + \frac{R}{U^2}$$

slijedi:

$$E = \sqrt{V_0 \frac{U^2}{R}} = \sqrt{V_0 \frac{S_n^2}{V_{kn}}} \quad \text{ili}$$

$$S = S_n \sqrt{\frac{V_0}{V_{kn}}} = S_{ek} \qquad (11)$$



Sl. 3. Kritično opterećenje

pa relaciju (10) možemo pisati u obliku:

$$S_{kr} = \sqrt{2}\, S_{ek} = 1{,}41 S_{ek} \qquad (12)$$

Dakle kritičko opterećenje za dva transformatora je za 41% veće od najpovoljnijeg (ekonomskog, optimalnog) opterećenja.

Ako u postrojenju imamo više jednakih transformatora, mogu se kritična opterećenja odrediti na isti način. Treba samo izjednačiti gubitke n transformatora koji su u pogonu, tj.:

$$V_n = nV_0 + \frac{R}{U_1^2} \left(\frac{S}{n}\right)^2 = nV_0 + \frac{1}{n} V_{kn} \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 \qquad (13)$$

sa gubicima kada je u pogonu n + 1 transformator:

$$V_{n+1} = (n+1) V_0 + \frac{1}{n+1} V_{kn} \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 \qquad (14)$$

Dakle iz uvjeta:

$$V_n = V_{n+1} \quad \text{slijedi}$$

$$S_{kr} = S_{ek} \sqrt{n(n+1)} \qquad (15)$$

što znači, da je za prijelaz od pogona s jednim na pogon s dva transformatora:

$$S_{kr\,1,2} = \sqrt{2}\, S_{ek} = 1{,}41\, S_{ek}$$

za prijelaz od pogona s dva na pogon s tri transformatora:

$$S_{kr2,3} = \sqrt{6}\, S_{ek} = 2{,}45\, S_{ek}$$

za prijelaz od pogona s tri na pogon s četiri transformatora:

$$S_{kr3,4} = \sqrt{12}\, S_{ek} = 3{,}46\, S_{ek}$$

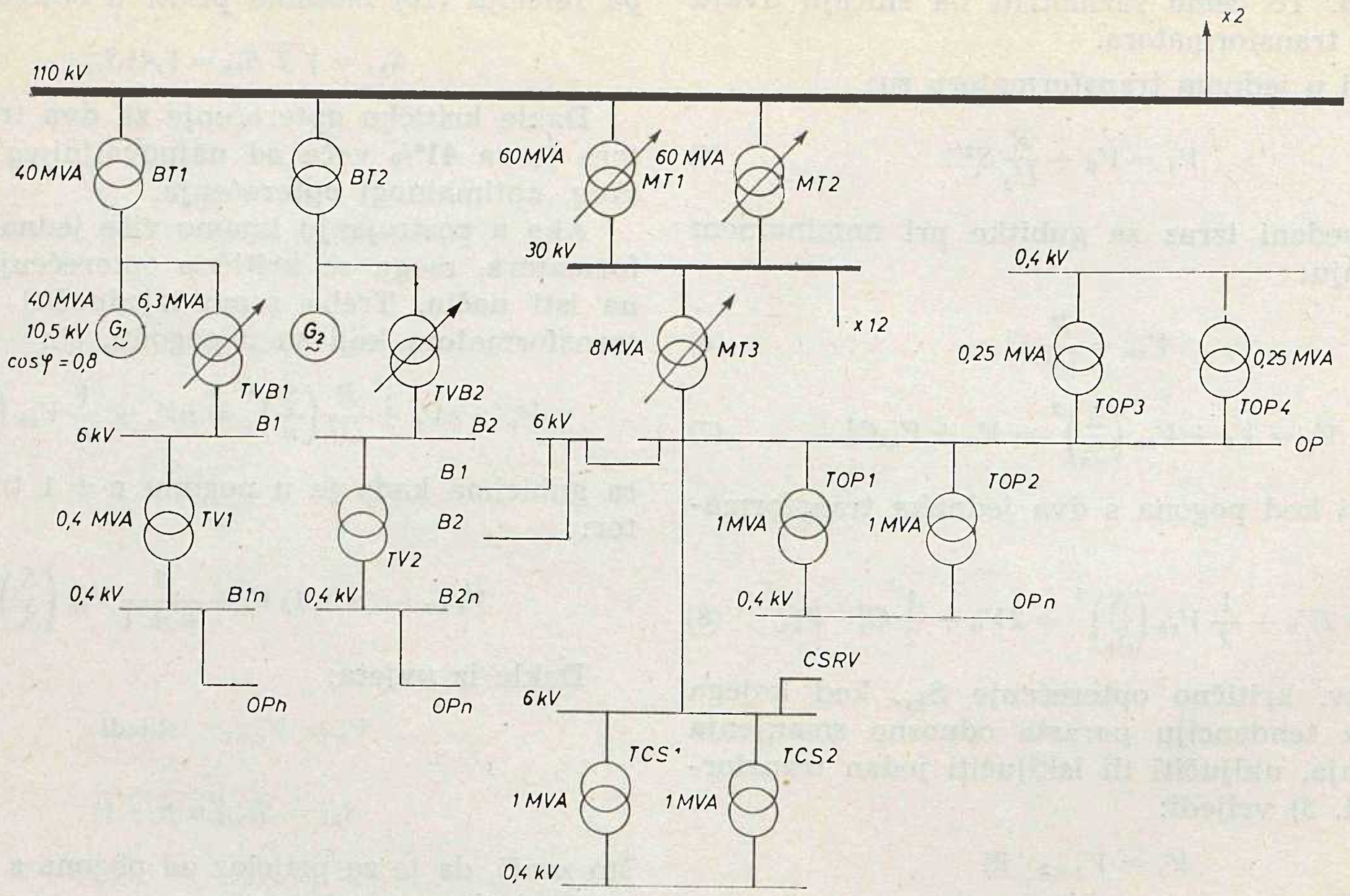
5. USPOREDBA GUBITAKA TRANSFORMACIJE ZA ZADANI DIJAGRAM OPTEREĆENJA

Na osnovi satnih podataka konstruirani su dijagrami opterećenja paralelno spojenih transformatora u postrojenju TE-TO Zagreb. Ti su dijagrami tako odabrani da mogu reprezentirati razdoblja u toku godine ili u toku dana koja su karakteristična za promatrano postrojenje. Uvažavajući ukupno opterećenje paralelno spojenih transformatora, komparirani su njihovi gubici s gubicima kod rada s najpovoljnijom kombinacijom transformatora.

5.1. Termoelektrana-Toplana Zagreb

5.1.1. Osnovni podaci i osnovna električna shema

Rad TE-TO Zagreb ovisi o njezinom toplinskom i električnom opterećenju koja variraju tokom godine i tokom jednog dana. Za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije raspolaže s dva kondenzaciono-oduzimna turboagre-



Sl. 4. TE-TO Zagreb — Osnovna shema postrojenja

gata ukupne električne snage 64 MW (80 MVA) i ukupne toplinske snage 130 Gcal/h. Za proizvodnju samo toplinske energije raspolaže s dva pomoćna parna kotla (2 × 40 Gcal/h) i s dva pomoćna vrelovodna kotla (2 × 50 Gcal/h) ukupne toplinske snage 180 Gcal/h. Pomoćni kotlovi služe za pokrivanje vršnih toplinskih opterećenja industrijskog (parnog) i vrelovodnog (ogrjevnog) konzuma i kao rezerva. Toplinska energija dolazi do potrošača magistralnim cjevovodima.

Proizvedenu električnu energiju preuzima elektroenergetski sistem dijelom na nivou napona 110 kV putem dva voda 110 kV (sl. 4), a dijelom na nivou 30 kV preko TS 110/30 kV, 2 × 60 MVA (transformatori MT1 i MT2) u sastavu elektrane. Transformatorska stanica ima 12 kabelskih vodova 30 kV.

Vlastita potrošnja blokova reda 6 kV i 0,4 kV (B1, B2, B1n i B2n) opskrbljuje se u normalnom pogonu iz otcjepa generatora, a opća vlastita potrošnja iz TS 110/30 kV transformatorom 30/6 kV, 8 MVA (MT 3). Opća vlastita potrošnja reda 0,4 kV opskrbljuje se putem dva transformatora 6/0,4 kV, 2 × 1 MVA (TOP1 i TOP2).

Moguće je i napajanje vlastite potrošnje blokova reda 6 kV i 0,4 kV iz opće vlastite potrošnje.

Rasvjeta i ispravljači se napajaju pomoću dvaju transformatora ukupne snage 0,5 MVA (transformatori TOP3 i TOP4), a crpna stanica tekućeg goriva također preko dvaju transformatora ukupne snage 2 MVA (transformatori TCS1 i TCS2).

Osnovne karakteristike svih transformatora prikazane su u tablici 1, a karakteristike gubitaka u analitičkom obliku u tablici 2 i grafički

TE-TO ZAGREB — KARAKTERISTIKE TRANSFORMATORA

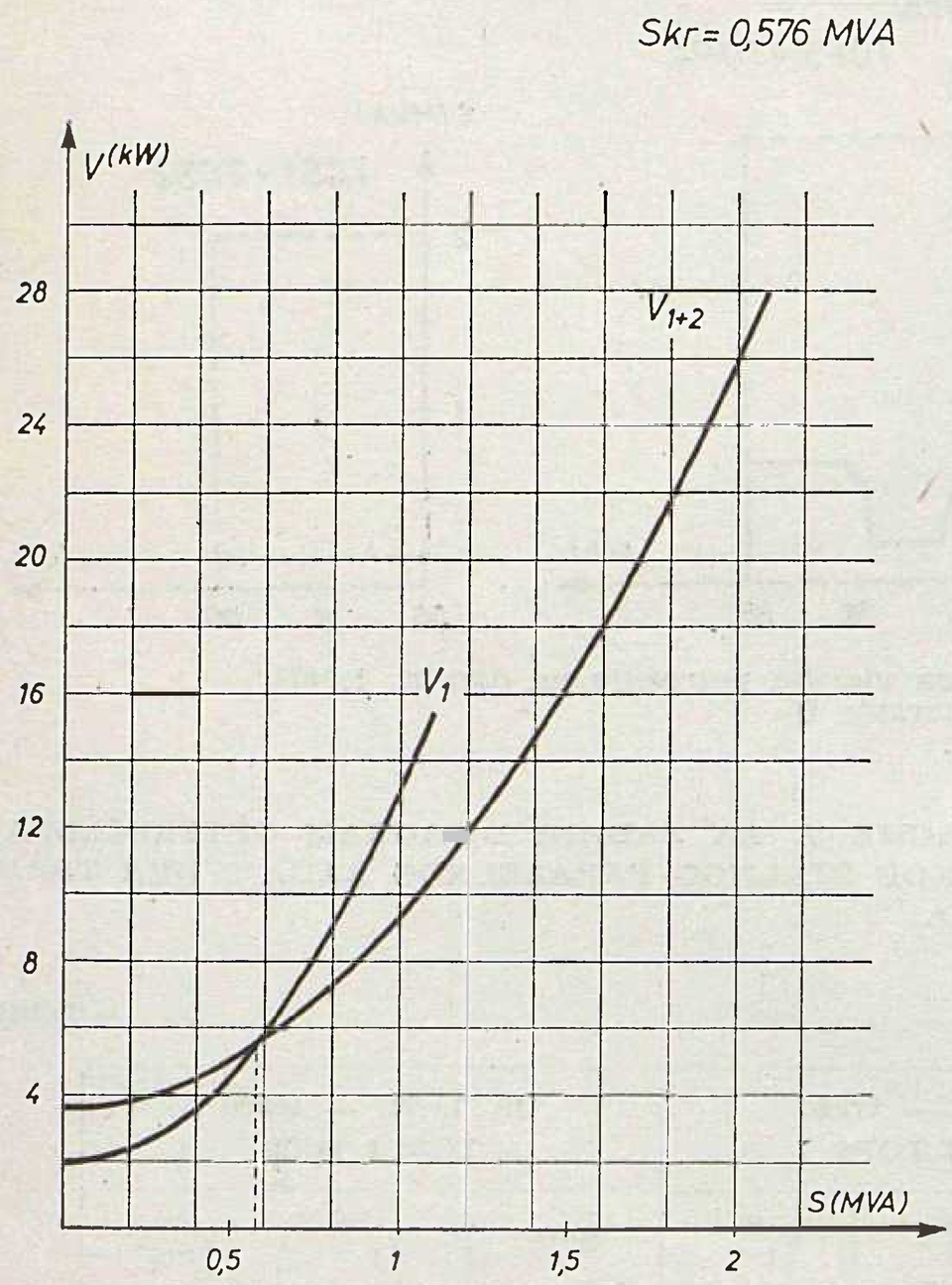
Tablica 1

Redni broj	Oznaka	Snaga S (MVA)	Prijenosni odnos w_1/w_2	Spoj	Gubici u željezu V_0 (kW)	Gubici u bakru V_{kn} (kW)	Proizvođač	Tip	Broj trafa u pogonu	Kritično opterećenje S kV (MVA)
1.	MT	60	110/33	Y_{y0d5}	115	280	R. Končar	TRZ 60000-123	2	54,2
2.	BT	40	10,5/115,5	Y_{d5}	68,9	197,7	,,	TOZ 40000-123	2	—
3.	MT	8	33/6,3	Y_{d5}	16,5	55,69	,,	TR 8000-38	1	—
4.	TVB	6,3	10,5/6,3	Y_{y0}	11,3	54,66	,,	TR 6300-12	2	—
5.	TOP TCS	1	6,3/0,4/0,23	Y_{y0}	1,84	11,01	,,	3TNpm 26-10	4	0,576
6.	TV	0,4	6,3/0,4/0,23	Y_{z5}	1,88	6,7	,,	3TNpm 20-10	2	—
7.	TOP	0,25	6,3/0,4/0,23	Y_{z5}	1,22	4,7	,,	3TNpm 18-10	2	0,186

TE-TO ZAGREB — KARAKTERISTIKE GUBITAKA TRANSFORMATORA

Tablica 2

Transformator		Gubici transformacije	
Oznaka	Nomin. snaga S^{MVA}	V_1^{kW}	U paralelnom pogon 2 trafa V_{1+2}^{kW}
MT	60	115 + 0,0778 S^2	230 + 0,0389 S^2
BT	40	68,9 + 0,1236 S^2	—
MT3	8	16,5 + 0,871 S^2	—
TVB	6,3	11,3 + 1,376 S^2	—
TOP	1,0	1,84 + 11,01 S^2	3,68 + 5,5 S^2
TV	0,4	1,88 + 41,8 S^2	—
TOP	0,25	1,22 + 75,2 S^2	2,44 + 37,6 S^2



Sl. 5. Karakteristike gubitaka trafa TOP 1 i TOP 1 + TOP 2; TCS 1 i TCS 1 + TCS 2

kao primjer za transformatore TOP1 i TOP2 na crtežu sl. 5.

5.1.2. Komparacija gubitaka transformatora vlastite potrošnje

Za rad TE-TO Zagreb karakteristična su u toku godine dva razdoblja:

a) razdoblje maksimalnog toplinskog opterećenja tzv. ogrjevna sezona, koja traje od 15. listopada do 15. travnja,

b) razdoblje minimalnog toplinskog opterećenja, koje traje od 15. travnja do 15. listopada.

Za svako od onih razdoblja prikazani su dijagrami opterećenja i to za po jedan dan kad je u pogonu samo jedan generator (20. 1. 1971. — slika 6 i 17. 7. 1974. — slika 7) i za po jedan dan kada su u pogonu oba generatora (19. 7. 1972. — slika 8 i 16. 1. 1974. — slika 9). Radi uvida u električno opterećenje i vlastiti potrošak elektrane prezentirani su dijagrami opterećenja svih transformatora vlastitog pogona elektrane. Ostvarena opterećenja transformatora vlastite potrošnje TOP1 i TOP2, TOP3 i TOP4, TCS1 i TCS2 dovode u sumnju potrebu stalnog paralelnog rada. Očito je, da s obzirom na instaliranu snagu i ostvareno opterećenje, može biti u pogonu tokom cijele godine samo jedan od transformatora za napajanje rasvjete (TOP3 i TOP4) i jedan za napajanje crpnih stanica tekućeg goriva (TCS1 i TCS2), a povremeno i jedan od transformatora TOP1 ili TOP2. Usporedit ćemo gubitke V_1 kada je u pogonu jedan od navedenih transformatora s gubicima V_{1+2} kad su u pogonu oba transformatora, i to za dane njihovih maksimalnih opterećenja. Na osnovi rezultata u tablici 3 proizlazi, da neiskapčanje jednog od transformatora povećava gubitke transformacije za 22,5 do 42,9%, odnosno da se racionalnim angažiranjem transformatora može uštedjeti godišnje oko 25000 kWh.

5.2. Transformatorska stanica TE-TO Zagreb

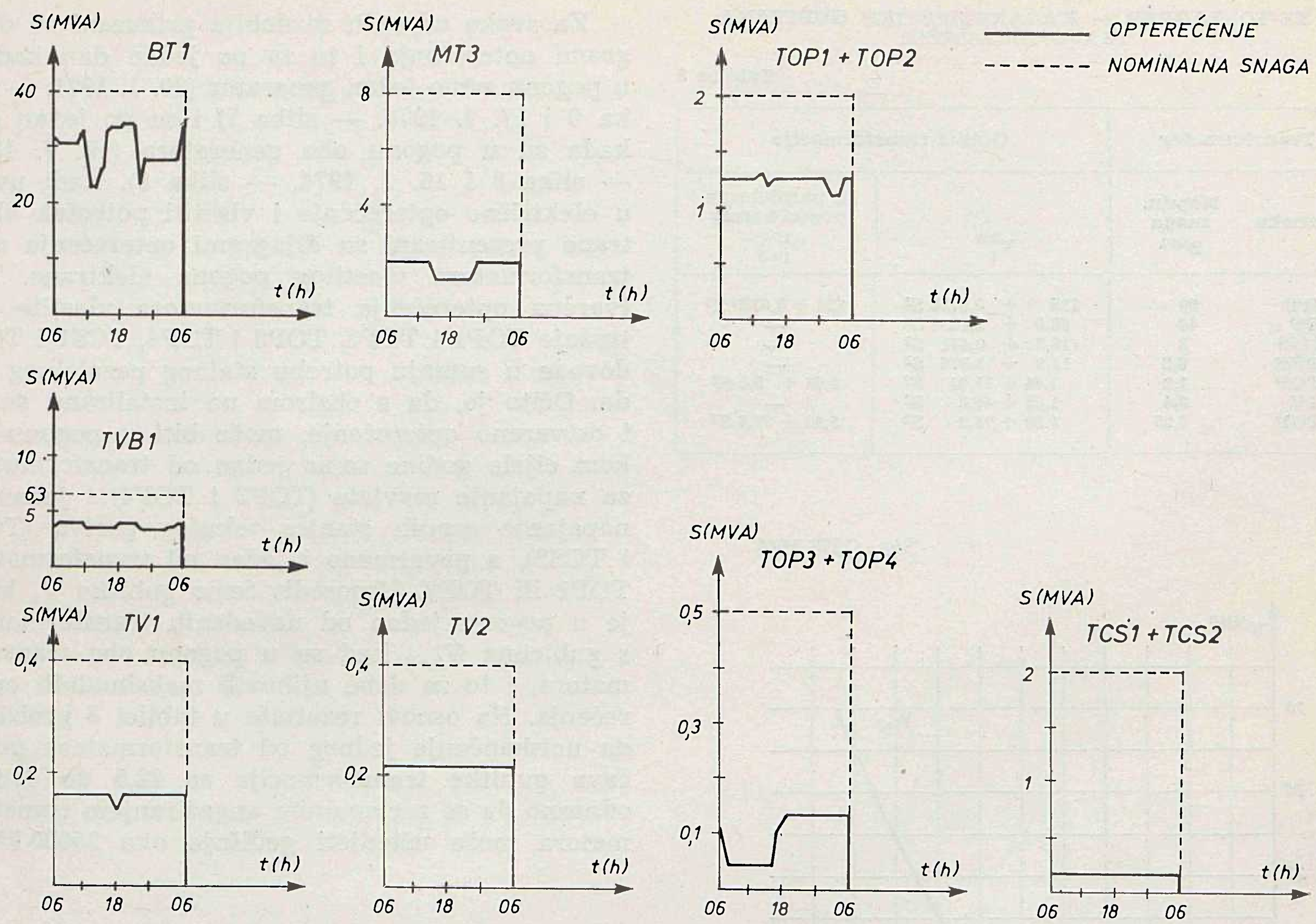
Kao što je već spomenuto u transformatorskoj stanici TE-TO Zagreb su za sada u stalnom paralelnom radu dva regulaciona transformatora (MT1 i MT2), svaki nominalne snage 60 MVA. Konačna faza izgradnje predviđa tri transformatora. Opterećenje transformatorske stanice ne varira samo ovisno o potrebama njenih stalnih potrošača, već i o potrebama distributivnog poduzeća, tj. »Elektre« Zagreb, da povremeno rasterećuje ostale stanice na račun TS TE-TO Zagreb.

5.2.1. Usporedba gubitaka transformacije

Za promatranu transformatorsku stanicu je najbolje da do ukupnog opterećenja 54, 2 MVA (S_{kr}) bude u pogonu samo jedan transformator.

Uvid u dnevne dijagrame opterećenja tokom godine, konstruirane za tzv. karakteristične srijede u mjesecu, treba omogućiti izbor karakterističnih dana za potrebe usporedbe gubitaka.

Na temelju dnevnog dijagrama opterećenja u srijedu, 16. 1. 1974. kao reprezentante radnog dana u godini i dijagrama opterećenja u subotu 19. 1. 1974. i nedjelju 20. 1. 1974. kao reprezentante neradnih dana u toku godine, izvršena je usporedba gubitaka. Komparirani su za navedene dijagrame opterećenja gubici transformacije

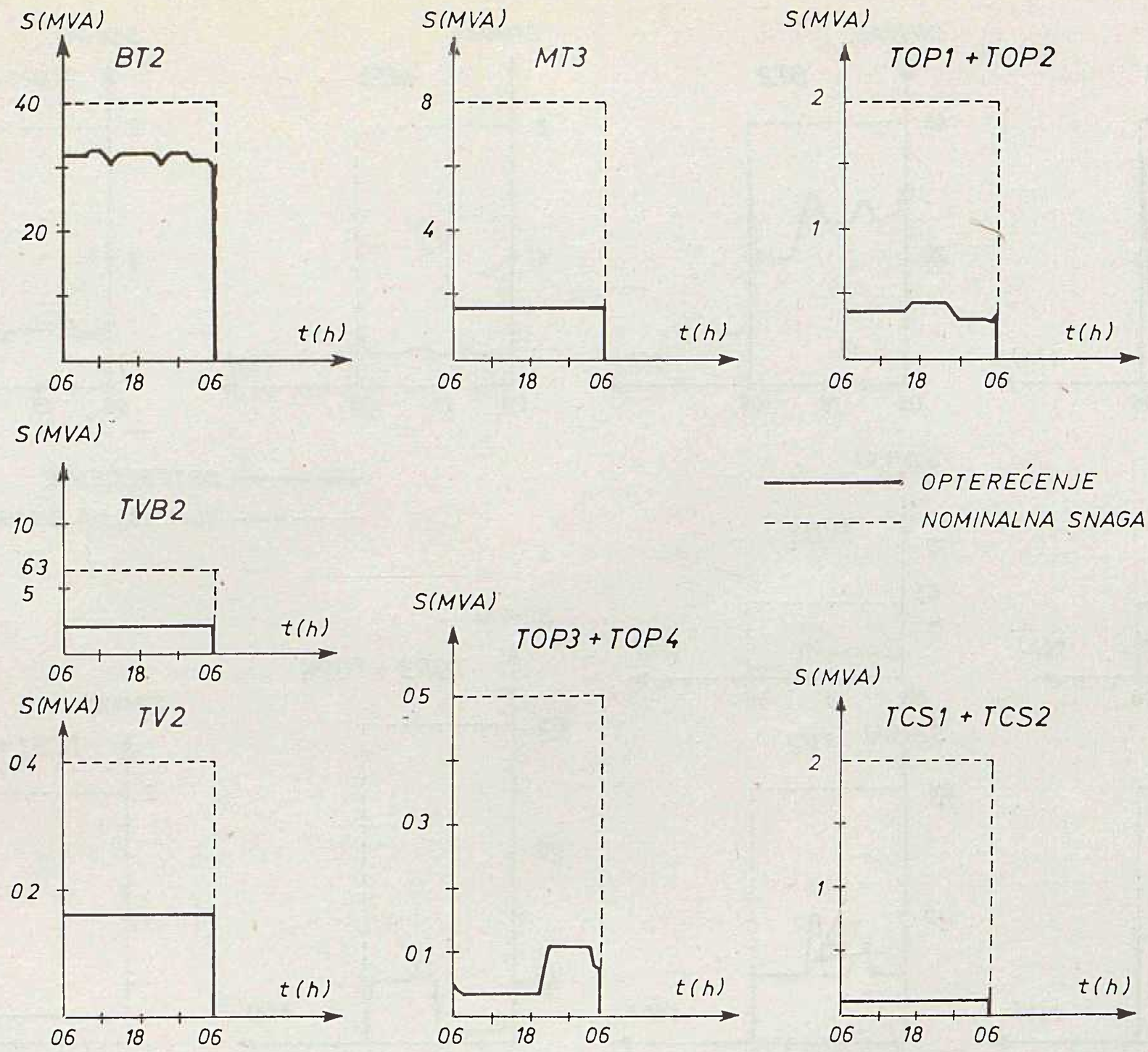


Sl. 6. TE-TO Zagreb — Opterećenja transformatora vlastite potrošnje na dan 20. I 1971.
(u pogonu samo generator 1)

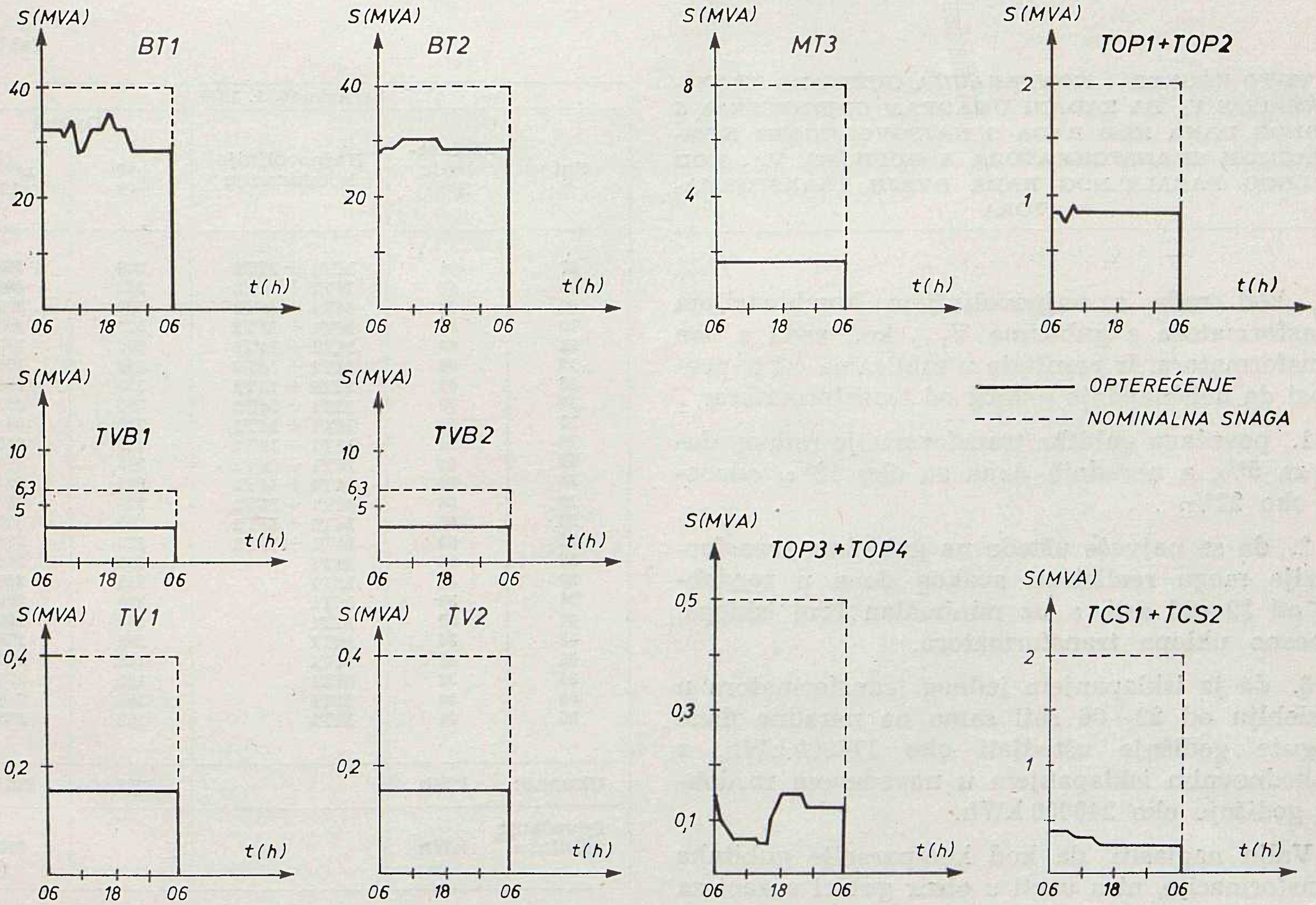
TE-TO ZAGREB — KOMPARACIJA GUBITAKA TRANSFORMACIJE V_1 ZA ZADANI DIJAGRAM OPTEREĆENJA S KOD RADA JEDNOG TRANSFORMATORA S GUBICIMA V_{1+2} KOD STALNOG PARALELNOG RADA S DVA TRANSFORMATORA

Tablica 3

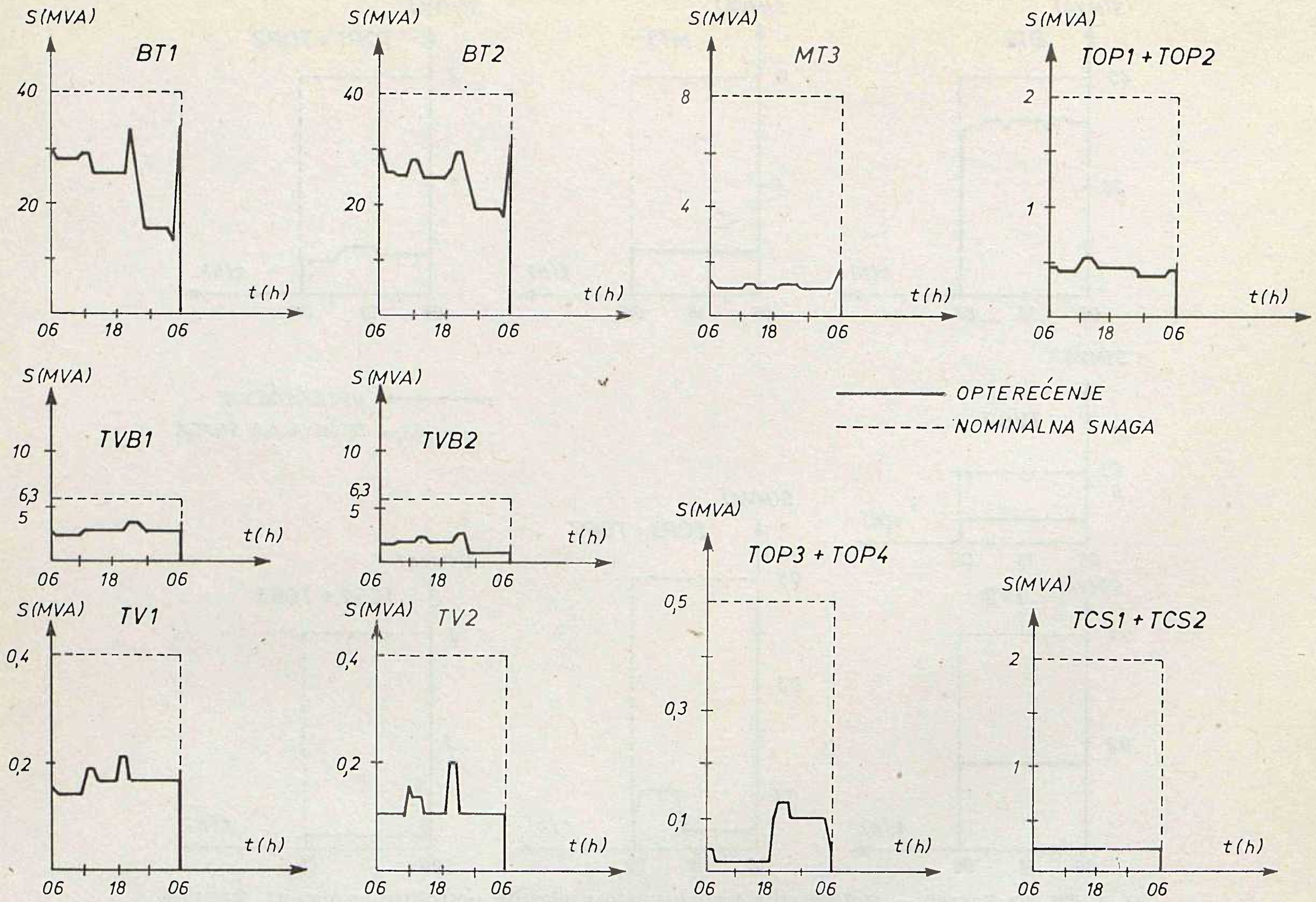
Sat	19. 7. 72. — trafo TOP1 i TOP2			16. 1. 74. — trafo TOP3 i TOP4			16. 1. 74. — trafo TCS1 i TCS2		
	S^{MVA}	V_1^{kW}	V_{1+2}^{kW}	S^{MVA}	V_1^{kW}	V_{1+2}^{kW}	S^{MVA}	V_1^{kW}	V_{1+2}^{kW}
07	0,42	3,8	4,6	0,148	2,9	3,3	0,358	3,2	4,4
08	0,40	3,6	4,5	0,090	1,8	2,8	0,358	3,2	4,4
09	0,40	3,6	4,5	0,063	1,4	2,6	0,358	3,2	4,4
10	0,40	3,6	4,5	0,063	1,4	2,6	0,358	3,2	4,4
11	0,40	3,6	4,5	0,063	1,4	2,6	0,337	3,1	4,2
12	0,40	3,6	4,5	0,063	1,4	2,6	0,337	3,1	4,2
13	0,46	4,1	4,8	0,063	1,4	2,6	0,337	3,1	4,2
14	0,46	4,1	4,8	0,063	1,4	2,6	0,337	3,1	4,2
15	0,42	3,8	4,6	0,052	1,3	2,5	0,295	2,8	4,1
16	0,42	3,8	4,6	0,052	1,3	2,5	0,295	2,8	4,1
17	0,42	3,8	4,6	0,095	1,8	2,8	0,295	2,8	4,1
18	0,42	3,8	4,6	0,137	2,5	3,2	0,295	2,8	4,1
19	0,42	3,8	4,6	0,137	2,5	3,2	0,295	2,8	4,1
20	0,42	3,8	4,6	0,137	2,5	3,2	0,295	2,8	4,1
21	0,42	3,8	4,6	0,137	2,5	3,2	0,295	2,8	4,1
22	0,42	3,8	4,6	0,137	2,5	3,2	0,295	2,8	4,1
23	0,38	3,5	4,4	0,127	2,4	3,1	0,295	2,8	4,1
24	0,38	3,5	4,4	0,127	2,4	3,1	0,295	2,8	4,1
01	0,38	3,5	4,4	0,127	2,4	3,1	0,295	2,8	4,1
02	0,38	3,5	4,4	0,127	2,4	3,1	0,295	2,8	4,1
03	0,38	3,5	4,4	0,127	2,4	3,1	0,295	2,8	4,1
04	0,38	3,5	4,4	0,127	2,4	3,1	0,295	2,8	4,1
05	0,42	3,8	4,6	0,127	2,4	3,1	0,295	2,8	4,1
06	0,42	3,8	4,6	0,127	2,4	3,1	0,295	2,8	4,1
Ukupno:		89,0	109,1		49,2	70,3		70,0	100,0
Povećanje gubitaka		kWh	20,1			21,1			30,0
		%	22,5			42,8			42,9



Sl. 7. TE-TO Zagreb — Opterećenja transformatora vlastite potrošnje na dan 17. VII 1974.
(u pogonu samo generator 2)



Sl. 8. TE-TO Zagreb — Opterećenja transformatora vlastite potrošnje na dan 19. VII 1972
(u pogonu oba generatora)



Sl. 9. TE-TO Zagreb — Opterećenja trafa vlastite potrošnje na dan 16. I 1974. (u pogonu oba generatora)

Tablica 4

TS TE-TO ZAGREB — KOMPARACIJA GUBITAKA TRANSFORMACIJE V_{op} ZA ZADANI DIJAGRAM OPTEREĆENJA S RADNOG DANA KOD RADA S NAJPOVOLJNIJOM KOMBINACIJOM TRANSFORMATORA S GUBICIMA V_{1+2} KOD STALNOG PARALELNOG RADA DVAJU TRANSFORMATORA

Srijeda 16. 1. 1974.				
Sat	Opterećenje S^{MVA}	Najpovoljnije kombinacije	Gubici V_{op}^{kW}	Gubici V_{1+2}^{kW}
07	64	MT1 + MT2	380	380
08	66	MT1 + MT2	390	390
09	66	MT1 + MT2	390	390
10	66	MT1 + MT2	390	390
11	66	MT1 + MT2	390	390
12	66	MT1 + MT2	390	390
13	65	MT1 + MT2	380	380
14	58	MT1 + MT2	355	355
15	54	MT1 + MT2	340	340
16	54	MT1 + MT2	340	340
17	61	MT1 + MT2	370	370
18	65	MT1 + MT2	385	385
19	66	MT1 + MT2	390	390
20	65	MT1 + MT2	385	385
21	59	MT1 + MT2	360	360
22	53	MT1	335	340
23	48	MT1	295	320
24	39	MT1	235	290
01	37	MT1	220	285
02	34	MT1	205	275
03	32	MT1	195	270
04	32	MT1	195	270
05	34	MT1	205	275
06	44	MT1	265	305
Ukupno:	kWh		7785	8265
Povećanje gubitaka	kWh			480
	%			6

Opaska: Samo za period od 22—06 sati povećanje gubitka iznosi 475 kWh, odnosno 26,5%.

V_{op} kod rada s najpovoljnijom kombinacijom transformatora s gubicima V_{1+2} kod rada s oba transformatora. Iz rezultata u tablicama 4 i 5, proizlazi da neisklapanje jednog od transformatora:

1. povećava gubitke transformacije radnog dana za 6%, a neradnih dana za oko 12%, odnosno oko 22%.

2. da se najveće uštede na gubicima transformacije mogu realizirati svakog dana u razdoblju od 22—06 sati, a uz minimalan broj isklopa, odnosno uklopa transformatora.

3. da je isklapanjem jednog transformatora u razdoblju od 22—06 sati samo na neradne dane moguće godišnje uštedjeti oko 118000 kWh, a svakodnevnim isklapanjem u navedenom razdoblju godišnje oko 240000 kWh.

Valja naglasiti, da kod komparacije gubitaka transformacije, nisu uzeti u obzir gubici vezani za rashladni sistem transformatora, koji iznose 14 kWh/h za svaki transformator.

TS TE-TO ZAGREB — KOMPARACIJA GUBITAKA TRANSFORMACIJE V_{op} ZA ZADANI DIJAGRAM OPTEREĆENJA S NERADNIH DANA KOD RADA S NAJPOVOLJNIJOM KOMBINACIJOM TRANSFORMATORA S GUBICIMA V_{1+2} KOD STALNOG PARALELNOG RADA DVAJU TRANSFORMATORA

Tablica 5

Sat	Subota 19. 01. 1974.				Nedjelja 20. 01. 1974.			
	Opterećenje S^{MVA}	Najpovoljnija kombinacija	Gubici V_{op}^{kW}	Gubici V_{1+2}^{kW}	Opterećenje S^{MVA}	Najpovoljnija kombin.	Gubici V_{op}^{kW}	Gubici V_{1+2}^{kW}
07	41	MT1	250	295	31	MT1	190	265
08	47	MT1	285	315	32	MT1	195	270
09	50	MT1	310	325	38	MT1	225	285
10	54	MT1	340	340	43	MT1	260	300
11	57	MT1 + MT2	350	350	45	MT1	275	310
12	57	MT1 + MT2	350	350	45	MT1	275	310
13	57	MT1 + MT2	350	350	45	MT1	275	310
14	53	MT1	335	340	39	MT1	230	290
15	48	MT1	300	320	35	MT1	210	280
16	48	MT1	300	320	37	MT1	220	285
17	54	MT1	340	340	39	MT1	230	290
18	54	MT1	340	340	46	MT1	280	310
19	54	MT1	340	340	48	MT1	295	320
20	54	MT1	340	340	48	MT1	295	320
21	49	MT1	300	320	48	MT1	295	320
22	46	MT1	280	310	45	MT1	275	310
23	42	MT1	255	300	39	MT1	230	290
24	32	MT1	195	270	34	MT1	205	275
01	30	MT1	185	265	32	MT1	195	270
02	30	MT1	185	265	32	MT1	195	270
03	30	MT1	185	265	32	MT1	195	270
04	30	MT1	185	265	32	MT1	195	270
05	28	MT1	175	260	33	MT1	200	270
06	28	MT1	175	260	46	MT1	280	310
Ukupno kWh			6650	7445			5720	7000
Povećanje gubitaka kWh				795				1280
%				12				22

6. ZAKLJUČAK

Razmatranje problematike ekonomske raspodjele opterećenja transformatora pokazuje, da se ekonomičnost pogona svodi na određivanje najpovoljnije kombinacije transformatora u pogonu. Da bi se smanjili gubici transformacije transformatora u paralelnom radu vezani za vlastiti potrošak elektrane i transformatora u transformatorskim stanicama, koje raspolažu s dovoljnom rezervom instalirane snage, potrebno je isklopiti ili uklopiti određeni broj transformatora prema dijagramu opterećenja, uvažavajući karakteristike gubitaka i sigurnost rada postrojenja. Kako je za pogonsko osoblje naporno pratiti promjene opterećenja tokom cijelog dana, dovoljno je ograničiti se samo na vrijeme malih i velikih opterećenja (noć i dan). Već i time postižemo znatnu uštedu na gubicima transformacije, što osobito u uvjetima loše energetske situacije ne smijemo zanemariti.

Uklapanje i isklapanje transformatora u paralelnom radu može biti i automatizirano. Potrebne automatske uređaje proizvodi i domaća industrija. Svrsishodnost i opravdanost nabave tih uređaja treba razmotriti posebno.

LITERATURA

1. Požar H.: Ekonomična raspodjela opterećenja u elektroenergetskom sistemu
2. Požar H.: Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima
3. Mihajlov J.: Termoelektrane

Naslov pisca: Franjo Černohous, dipl. ing. TE-TO, Zagreb

KONDENZATORI ZA VISOKONAPONSKA POSTROJENJA

Nikola Lastrić, Zagreb

Opisan je razvoj kondenzatorskih baterija i njihova današnja karakteristika. Iznesene su prednosti s konstrukcijama vanjskih i unutrašnjih osigurača.

DK 621.319.4:621.31

Razvoj visokonaponskih i srednjonaponskih kondenzatora u svijetu pokazuje stalni napredak vezan za sve veće potrebe u mrežama svih napona, kao i u industriji. Elektroprivreda i industrija sve više koriste kondenzatorska postrojenja za različite vrste kompenzacije; filtriranje viših harmoničkih, telekomandu, VF veze i ostalo.

Ovim člankom ukratko se prikazuje današnje stanje tehnologije proizvodnje kondenzatora s posebnim osvrtom na osigurače kondenzatora.

KONSTRUKCIJA

Visokonaponski kondenzatori za pojedinačne i grupne kompenzacije jalovih snaga potrošača ili mreže upotrebljavaju se već više od 40 godina.

Kondenzatori su izvedeni kao metalni kotlovi s jednim ili više izolatora u jednofaznoj i trofaznoj izvedbi.

Sam kondenzator izrađen je od više namota aluminijske folije, izoliran kabelskim papirom, te potopljen u kotlu u raznim vrstama izolacionog ulja. Vrsta izolacije i tehnologija materijala za namote kondenzatora uvjetovali su veličinu kondenzatora i njegovu snagu, a posredno i temperaturu zagrijavanja, gubitke i napon jedinice.

Iz jednadžbe za snagu kondenzatora

$$Q = U^2 \cdot \omega \cdot C = \varepsilon \cdot \omega E^2 \cdot V,$$

gdje je $E = U/d$ = jakost polja

V = volumen dielektrika
ε = konstanta dielektrika

slijedi da se povećanjem električnog polja i boljim izolacionim materijalima mogu povećati snage kondenzatora, ili pak smanjivati volumen kondenzatorske jedinice.

Upravo tome se i težilo u višegodišnjem razvoju visokonaponskih kondenzatora. U početku je izolacija rađena s više slojeva običnog izolacionog papira, a namoti su bili potapani u mineralnim uljima.

Postupno se poboljšavala kvaliteta, pa je time smanjivana debljina izolacije. Napredak u tehnologiji papira vodio je ujedno i smanjenju unutrašnjih gubitaka kondenzatora, a time i manjem zagrijavanju. Sve je to utjecalo na smanjenje volumena kondenzatora za iste nominalne jedinične snage.

Uza sav napredak u tehnologiji izolacionog papira i mineralnih ulja nije se mogla prekoračiti vrijednost dielektrične konstante (ε) od 6—6,3, pa je za smanjenje volumena, kondenzatora kod zadane snage, bilo potrebno povećavati jakost električnog polja.

Međutim, jakost polja i gubici kondenzatora utječu na njegov vijek trajanja koji ne smije biti ispod 20—30 godina.

Dakle, novi izolacioni materijali moraju imati mogućnost da ispune tako zadane uvjete.

Uglavnom su se ti uvjeti svodili na:

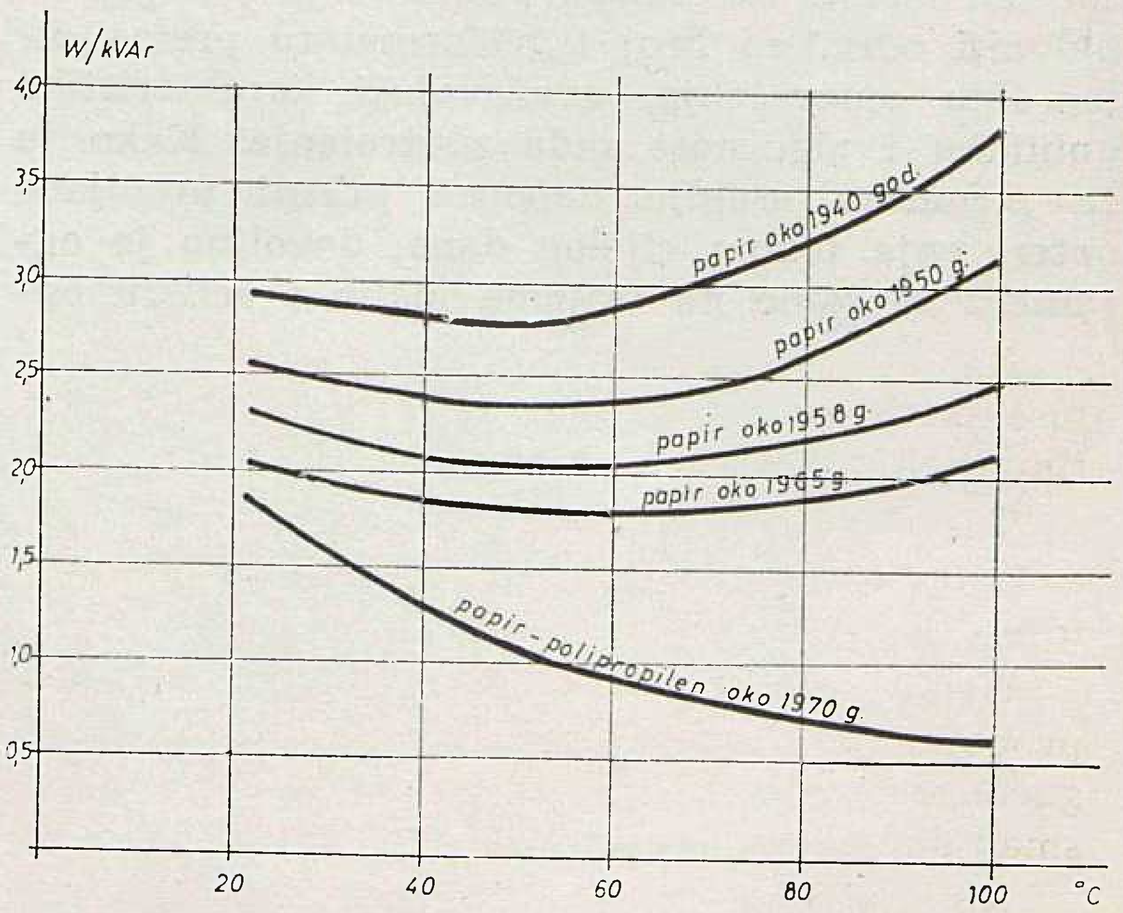
— povećanje probojne čvrstoće
— povećanje odnosa napona tinjanja prema nominalnom naponu
— povećanje otpornosti na starenje
— povećanje dielektrične konstante izolacije (krute i tekuće u kombinaciji).

Prva se dva uvjeta mogu ispuniti poboljšanjem kvalitete i pravilnim izborom debljine papira.

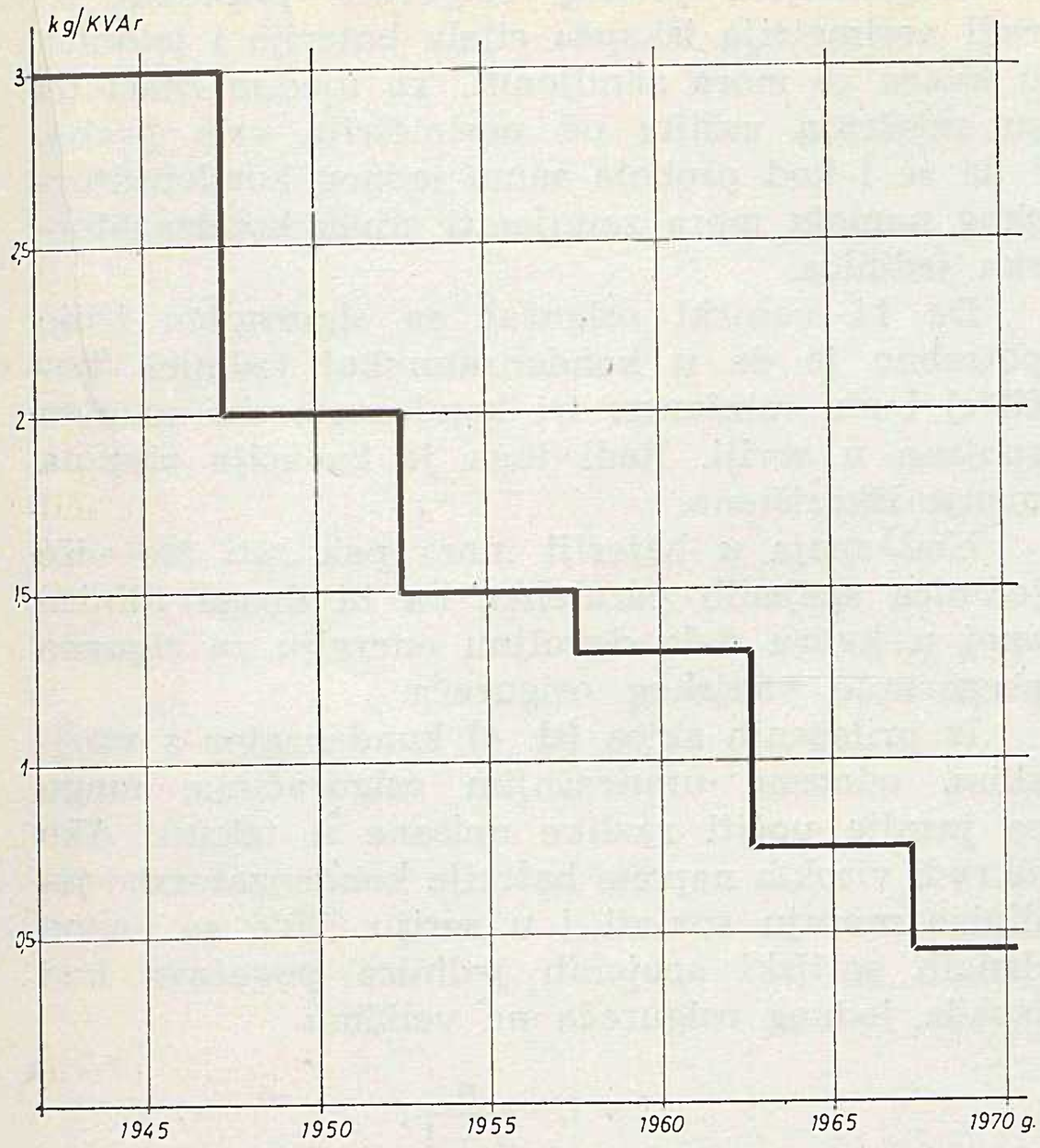
Manja debljina papira utječe na povećanje relativne probojne čvrstoće, ali negativno na tinjajuće prenapone.

Kratkotrajni tinjajući prenaponi mogu se dozvoliti tako dugo dok ne utječu na razgrađivanje mineralnog ulja koje može kemijski oštetiti papir.

Pokusima i dugotrajnim analizama postupno su se dobivali sve bolji rezultati uz pravilan izbor kvalitete, debljine i broja slojeva papira u kondenzatorskom namotu.



Sl. 1. Gubici kondenzatora s raznim vrstama izolacije u klordifenilu u odnosu na temperaturu izolacije



Sl. 2. Povećanje iskoristivosti materijala kondenzatora tokom posljednjih 30 godina

Međutim, svi pokusi s papirom ipak su doveli do neke gornje granice iskoristivosti iznad koje se nije moglo. Te vrijednosti su bile:

$$\varepsilon = 6—6{,}3$$

$$E = 16—18 \text{ kV/mm}$$

$$G = 1{,}5—2 \text{ W/kVAr},$$

uz probojne čvrstoće papira od 200—230 kV/mm kod debljine papira d = 10—13 mikrona.

Kondenzatori s papirnom izolacijom svršili su sa razvojem oko 1965. godine u SAD, a nešto kasnije i u Evropi.

Već tada, a i kasnije, definitivno je usvojeno mineralno ulje — klordifenil koje je pokazalo najbolja svojstva izolacije u kombinaciji s papirom, te difuziona svojstva potpunog popunjenja prostora unutar kondenzatorske jedinice.

Nakon tog vremena započela je proizvodnja visokonaponskih kondenzatora s mješanim krutim dielektricima.

To su još i danas poznate kombinacije papir— polipropilen — papir natopljen u klordifenil — ulje.

Ovom kombinacijom dvostruko je povećana probojna čvrstoća izolacije, što je utjecalo na mogućnost povećanja električng polja, a znatno su smanjeni i dielektrični gubici.

Novi kondenzatori imaju sada ove karakteristike:

$$\varepsilon = 6{,}5—6{,}8$$

$$E = 35—36 \text{ kV/mm}$$

$$G = 0{,}5—0{,}7 \text{ W/kVAr},$$

pri čemu sam propilen (umjetna plastična folija) ima probojnu čvrstoću oko 500 kV/mm kod debljine folije

$$d = 13—19 \text{ mikrona}.$$

Danas se praktički visokonaponski kondenzatori izvode samo s ovim izolacionim materijalima, a čisti papir se već u potpunosti napustio.

Veličine kondenzatorske jedinice znatno su povećane i izvode se do snage od 200 kVAr i više za napone od 3—10 kV.

Priloženi dijagram (1) pokazuje, uzimajući u obzir veličinu gubitka kondenzatora, kvalitetni razvoj kondenzatorske izolacije. Dijagram (2), daje približne vrijednosti jedinične težine kondenzatora u odnosu na snagu kondenzatorske jedinice tokom posljednjih 30 godina razvoja proizvodnje kondenzatora.

Kao kondenzatorski aktivni dio stalno su u upotrebi aluminijske folije. Tehnologija izrade aluminijskog lima je godinama usavršavana i danas se već u mnogim zemljama Evrope i u SAD proizvode vrlo kvalitetne folije skoro savršene glatkoće i otpornosti na vlak i savijanje.

Debljina folije od aluminija koja se danas upotrebljava za sve vrste kondenzatora iznosi 5—6 mikrona.

VIJEK TRAJANJA KONDENZATORA

Razvojem kvalitetnijih izolacionih materijala moglo se povoljno utjecati i na vijek trajanja kondenzatora ili bar to vrijeme ne skraćivati uz sve veće iskorištenje volumena kondenzatorske jedinice.

Općenito vrijedi da je vijek trajanja (L) kondenzatora ovisan o električnom polju (E), pogonskoj temperaturi (t) u kondenzatoru na najvrućem mjestu i to po ovoj empirijskoj formuli (General Electric):

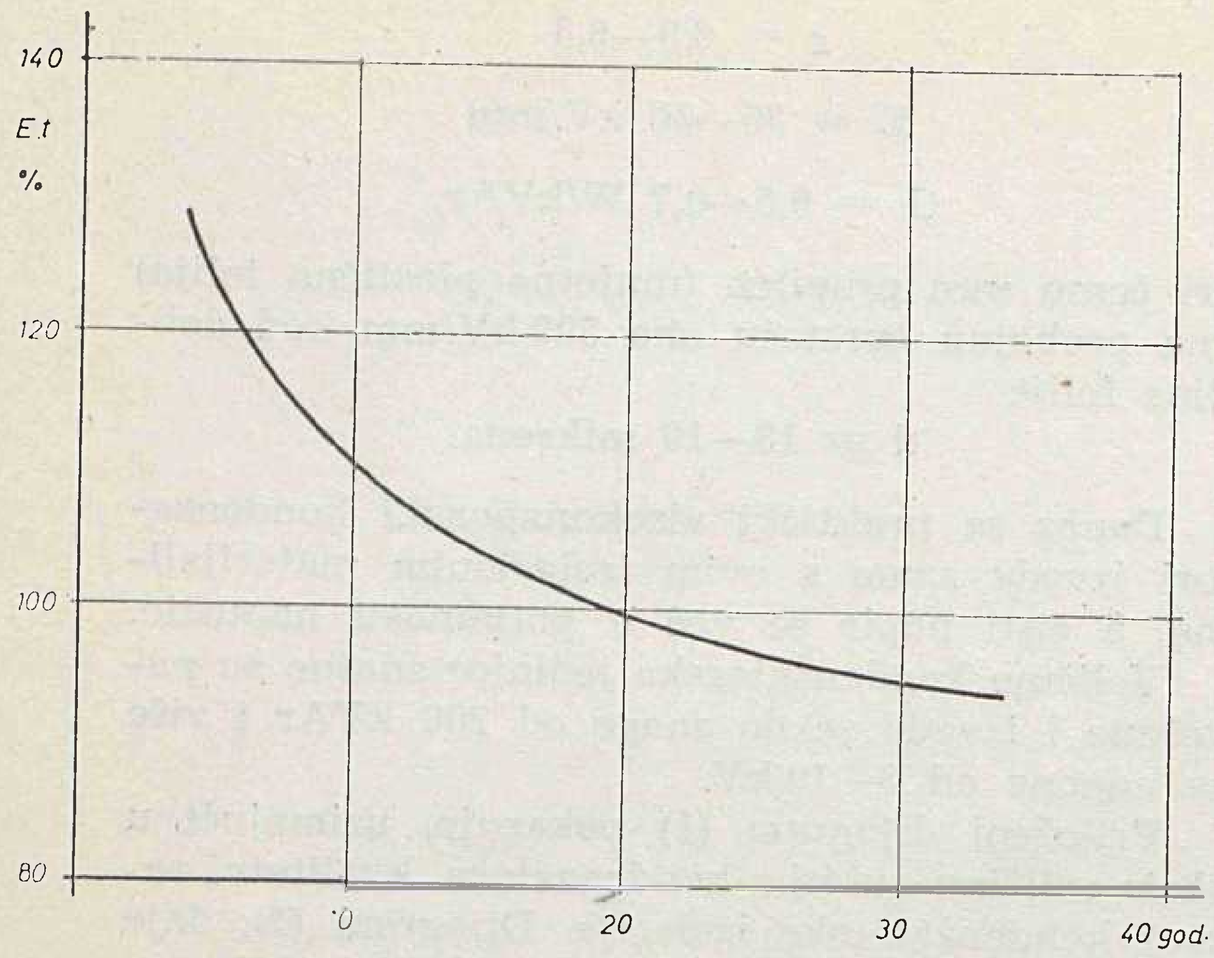
$$L = \frac{K}{(E \cdot t)^{7,7}},$$

koja vrijedi za uobičajene veličine jakosti električnog polja i temperature u kondenzatorima (K je empirijska konstanta).

Ova je relacija prikazana u dijagramu (3).

Valja naglasiti da su pokusi u spomenutoj firmi pokazali da gornja relacija nije ovisna o debljini ili broju slojeva izolacionog papira, odnosno folija, kao ni o nominalnom naponu kondenzatora.

Kao što se vidi iz dijagrama (3) uz nominalne veličine električnog polja i pogonske temperature vijek trajanja je oko 20 godina, što se danas uzima kao ekonomski razumna granica. Povećanje produkta E · t za 10%, što odgovara po-



Sl. 3. Vijek trajanja kondenzatora u ovisnosti o el. polju i temperaturi u izolaciji (Lit. 1.)

većanju pogonskog napona približno iste veličine (vidi dijagram 2), smanjuje vijek kondenzatora na polovicu. Radi toga se u pogonu kondenzatorske baterije štite od povišenja napona preko 1,1 U_n za duže vrijeme. Kratkotrajna povišenja napona do kojih dolazi pri sklapanju kondenzatora, a koja mogu biti 2—3 · U_n, ne utječu značajno na vijek trajanja kondenzatora.

OSIGURAČI KONDENZATORSKIH JEDINICA

Zaštita od proboja ili kratkog spoja kondenzatorskih namota ili jedinica izvodi se danas u pravilu s kondenzatorskim osiguračima.

Pri tome se za niskonaponske kondenzatore ova zaštita uglavnom ne postavlja, jer su kondenzatorske jedinice manjih snaga pa i manjeg broja kapacitivnih namota u njima, a i mogući uzroci proboja (niski napon) praktički ne postoje.

Za srednjenaponske i visokonaponske kondenzatore upotrebljavaju se dvije vrste osigurača koje će ovdje biti ukratko i opisane.

VANJSKI OSIGURAČI

U konstrukciji kondenzatorske baterije vanjski osigurači se postavljaju na svaki kondenzator i dimenzioniraju se za odgovarajući napon i struju te jedinice ovisno o rasporedu u kondenzatorskoj bateriji (broj serijskih i paralelnih kondenzatora po fazi).

Ovi osigurači imaju prednost da otkrivaju, vrlo vidljivo, mjesto kvara, odnosno defektnu kondenzatorsku jedinicu. To im je ujedno i glavna prednost, a svi ostali tehnički i ekonomski efekti su nepovoljniji u odnosu na unutrašnje osigurače.

Pregaranjem jednog osigurača praktički se radi nesimetrija iskapča cijela baterija i jedinica u kvaru se mora zamijeniti. To ujedno znači da su udešenja zaštite od nesimetrija vrlo gruba, i da se i kod proboja samo jednog kondenzatorskog namota mora zamijeniti cijela kondenzatorska jedinica.

Da bi vanjski osigurač sa sigurnošću izbio potrebno je da u kondenzatorskoj jedinici (kućište) budu minimum tri kondenzatorska namota spojena u seriji. Radi toga je izolacija namota manje iskorištena.

Kod spoja u bateriji mora pak biti što više jedinica spojenih paralelno, da bi druge jdinice onoj u kvaru dale dovoljnu energiju za sigurno pregaranje vanjskog osigurača.

Iz priloženih skica (sl. 4) kondenzator s vanjskim, odnosno unutrašnjim osiguračima, mogu se jasnije uočiti razlike opisane u tekstu. Ako se radi visokih napona baterije kondenzatorske jedinice moraju spajati i u seriju, tada se napon drugih serijski spojenih jedinica povećava kod ispada jednog osigurača na veličinu

$$U = U \cdot \frac{n}{n-1},$$

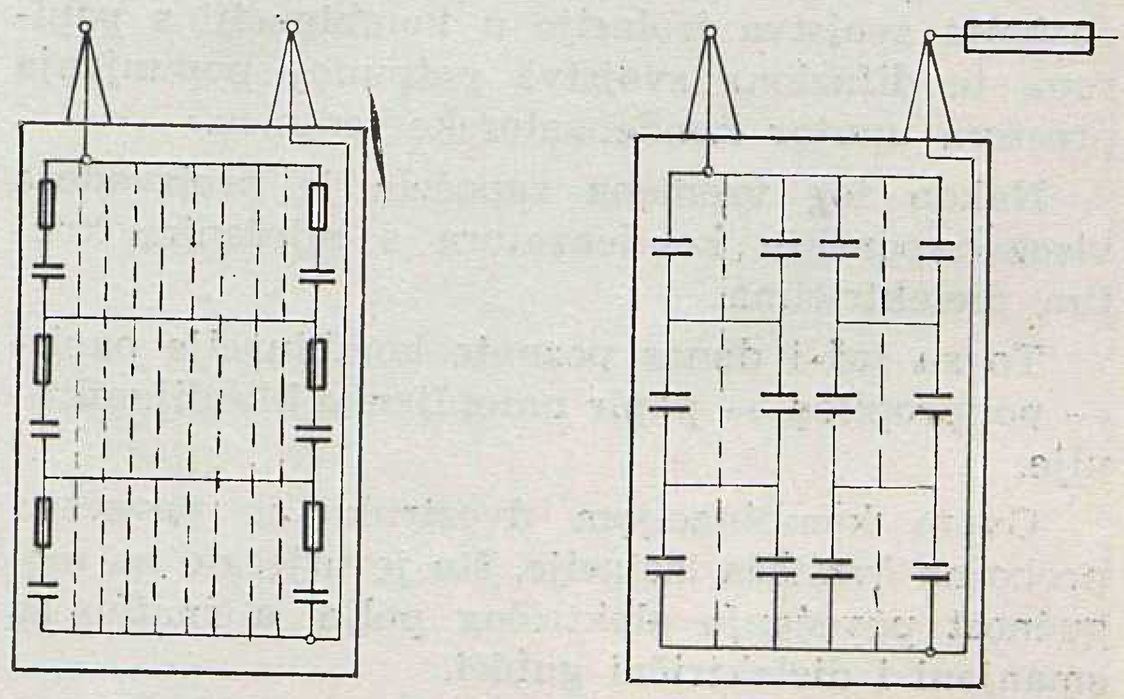
n = broj kondenzatorskih jedinica u seriji.

Dakle, kod manjih napona kondenzatorske baterije s vanjskim osiguračima odmah kompletno ispadaju iz pogona kod prorade jednog osigurača.

Za baterije za visoke napone (110 kV i više) može se spoj prilagoditi tako da ispad jedne jedinice ne mora izazvati ispad cijele baterije, pa je domena vanjskih osigurača za serijske kondenzatorske baterije vrlo visokih napona i snaga.

UNUTRAŠNJI OSIGURAČI

Za paralelne kondenzatorske baterije kondenzatorske jedinice s unutrašnjim osiguračima praktički su jedino rješenje.



Sl. 4. Kondenzatori s unutrašnjim odnosno vanjskim osiguračima

Unutrašnji osigurači su srebrne niti koje se montiraju na svaki kondenzatorski namot s odgovarajućom izolacijom. Složeni i prema potrebi spojeni kondenzatorski namoti slažu se u kućište kondenzatorske jedinice.

Da bi osigurač kondenzatorskog namota u kvaru sigurno pregorio, potrebno je stvoriti dovoljno energije, a nju daju ostali paralelno spojeni namoti.

Tih paralelno spojenih namota u kondenzatorskoj jedinici mora biti što više (obrnuto nego u prije opisanom slučaju vanjskih osigurača), pa je broj serijskih namota malen (2—4). To, pak, povoljno utječe na iskoristivost dielektrika.

Budući da je veliki broj namota spojen paralelno (10—16) to kod pregaranja jednog unutrašnjeg osigurača dolazi do neznatnog povišenja napona na preostalim paralelno spojenim namotima iste serijske grupe. Na taj način kondenzatorska jedinica može i dalje ostati u pogonu, a time i cijela baterija.

Prema statističkim podacima iz svjetske literature proboj jednog namota u kondenzatorskoj jedinici dešava se jedanput godišnje na broj od 10—20.000 namota. Po toj vjerojatnosti praktički je vrlo rijedak slučaj da se u istoj kondenzatorskoj jedinici i u istoj serijskoj grupi te jedinice desi proboj više namota.

Kondenzatorska baterija može dakle bez ikakvih smetnji i dalje raditi, pa čak kad dođe i do proboja nekoliko kondenzatorskih namota u različitim kondenzatorskim jedinicama baterije.

Ispad kondenzatorske baterije ovisno o podešenosti diferencijalne (balansne) zaštite, zbiva se tek kod proboja dva ili više namota u istoj kondenzatorskoj jedinici.

Time se dobiva visok stupanj pogonske sigurnosti i stalnosti eksploatacije.

Za informaciju navodimo da će se za kondenzatorske baterije koje će se montirati u postrojenjima »Elektroprenosa« — Zagreb upotrijebiti svi kondenzatori s unutrašnjim osiguračima u spoju dvostruke zvijezde s diferencijalnom zaštitom od nesimetrija među njima.

LITERATURA

1. W. H. Deneke dipl. Phys. dr. ing.: Über die Lebensdauer von Leistungskondensatoren mit Chlordiphenyl Papier Dielektrikum (ETZ 1/1970).
2. W. Held dr. ing.: Fortschritte beim Bau von Leistungskondensatoren (ETZ-A, 9/1969).
3. H. Reizuch dipl. ing.: Mittelspannungs- und Hochspannungskondensatorbatterion und deren Schutzeinrichtungen (Siemens - Zeitschrift, 10/1970).
4. R. Rudenberg dr. ing.: Elektrische Schaltvorgänge (1953).
5. N. Lastrić: Kompenzacija jalovih snaga u mreži »Elektroprenosa« Zagreb (1972).

Naslov pisca: Nikola Lastrić, dipl. ing.
»Elektroprenos« — Zagreb

ELEKTRA KRIŽEVCI

OSNOVNA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA
ELEKTRE ZAGREB

Trg kalničkih partizana 3 tel. 74-322, 74-074, 74-100

TERMALNE GRANICE U PROIZVODNJI ENERGIJE

Vladimir Knapp, Zagreb

Na osnovi približnih kalkulacija prikazane su mogućnosti povećanja ukupne toplinske energije na Zemlji. Kao globalni parametar za procjenu služila je sunčana energija, a kao baza za procjenu energija za 1% veća, što bi već moglo narušiti ravnotežu ekosistema.

UVOD

Najveći dio mehaničke i električne energije koju upotrebljavamo dobivamo konverzijom toplinske energije u mehaničku i dijelom dalje u električnu. Pri tome za konverziju toplinske energije u mehaničku vrijedi Carnotov zakon koji ne dopušta potpuno pretvaranje. U modernim termoelektranama na fosilna goriva s visokim tlakovima i temperaturama stupanj iskorištenja se penje na 37—39%, a vrijednosti oko 30% tipičnije su za starija postrojenja. Nuklearne elektrane rade s nešto nižim stupnjem iskorištenja: 31—33%. Ostatak toplinske energije odlazi u okoliš, bilo u atmosferu, bilo u vode, već prema sistemu hlađenja elektrane. Dio energije koji se iskorištava izravno u obliku toplinske energije za grijanje stambenih zgrada završava u atmosferi. Budući da je hlađenje tornjevima kod kojega se ili dio otpadne topline ili sva predaje atmosferi dosta skupo, hlađenje vodom u prošlosti je dominiralo. Međutim, gradnja elektrana sve većih snaga i u sve većim jedinicama dovodi do toga da se rijeke opterećuju golemim količinama otpadne topline, što utječe na hidroorganizme i ekosistem. Problem dozvoljenog termalnog opterećenja veoma je značajan pri svakom konkretnom projektu i stoga mu je poklonjena znatna pažnja.

Istraživanja koja su provođena pokazuju da postoje stanovite granice pri kojima se opažaju efekti na vodene organizme i postoji određena baza za formuliranje poželjnih granica na opterećenja.

Situacija je mnogo neodređenija pri oslobađanju otpadne topline u atmosferu, gdje su putovi kretanja otpadne topline mnogo složeniji i određivanje eventualnih efekata veoma teško.

S obzirom na široke cirkulacije u atmosferi može se smatrati da se otpadna toplina raspoređuje po velikim prostranstvima i da prema tome neće imati toliko lokalne efekte kao pri odvođenju otpadne topline rashladnim vodama. Sličan bi se argumenat mogao iznijeti i za hlađenje vodom uz lociranje elektrana na morskoj obali.

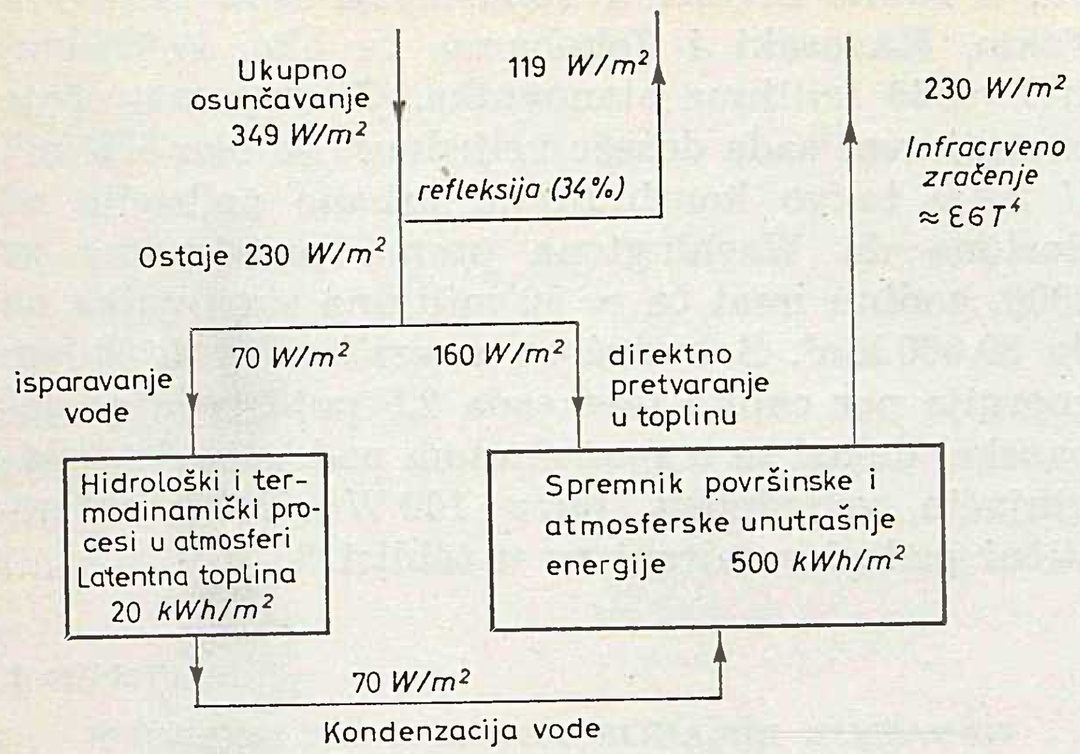
Nesumnjivo da su to putovi za otklanjanje lokalnih efekata. Javlja se zanimljivo pitanje o postojanju globalnih granica na trošenje energije s obzirom na to da na kraju sva iskorištena energija završava kao toplinski otpad.* Budući da se javljaju veoma različiti odgovori na to pitanje, želja je ovog članka da iznese nekoliko relevantnih podataka koji omogućuju stvaranje korektnih predodžbi.

Naravno da u nedostatku podataka npr. o efektima otpadne topline u atmosferi, morima itd. ne može biti govora o egzaktnijim procjenama. No to nije cilj, niti je to potrebno prije no što se vidi gdje se nalazimo s obzirom na određene globalne parametre. Kao globalni parametar za procjenu može poslužiti sunčana energija koja nam stiže u stalnoj struji sa Sunca. Baza procjene jest postavka da bi se dodavanjem 1% ovom dodatku energije moglo narušiti stanje ekosistema na vrlo osjetljive i potencijalno opasne načine. Potrebno je, prema tome, vidjeti u kakvoj relaciji stoji dodatak sunčane energije s dodatkom koji proizlazi iz čovjekovih aktivnosti.

SUNČANA ENERGIJA

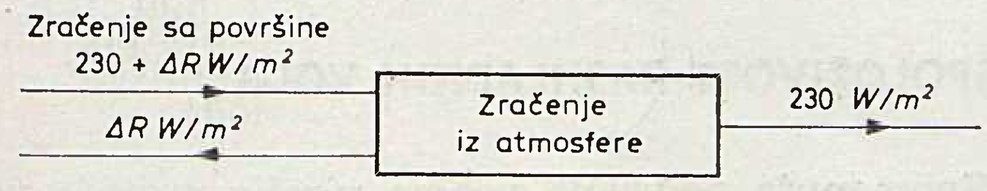
Dotok sunčane energije obično se izražava solarnom konstantom. To je vrijednost za tok energije po kvadratnom metru uz normalno upadanje i odsutnost atmosferske apsorpcije. Iznosi 1400 W/m^2 pri srednjoj udaljenosti Zemalja — Sunce. Dakako, da bismo dobili dotok na površinu Zemlje, taj je podatak sasvim nedovoljan, jer pri prolazu kroz atmosferu energija Sunčeva zračenja troši se u složenim procesima, a dijelom i reflektira, odnosno remitira natrag u svemir. Taj dio treba odbiti od ukupnog dotoka da bismo dobili dio Sunčeve energije apsorbirane u atmosferi, odnosno na površini. Dio reflektirane energije jest, naravno, promjenljiv. Mijenja se sa stanjem oblačnosti u atmosferi, promjenama na površini kao što je snježan pokrov itd. Omjer reflektirane energije prema upadnoj naziva se albedo i za Zemlju u prosjeku iznosi oko 0,34. Snijeg i led pri tome reflektiraju oko 90%, oblaci s 50—60%, oceani do 10%. Uzevši u obzir albedo, ukupan dotok sunčane energije na Zemlju iznosi $1{,}16 \cdot 10^{17}$ W, odnosno 920 W/m^2. Uzevši u obzir rotaciju Zemlje (dan i noć ciklus), dolazi se do trajnog prosjeka od 230 W/m^2. Oko 30% energije apsorbira se u atmosferi, oko 30% se troši na isparavanje voda, a ostatak na zagrijavanje tla. Na kraju složenih interakcija na površini i u atmosferi apsorbirana se energija ponovno emitira u svemir u obliku infracrvenog zračenja. Sistem je u ravnoteži, emi-

* Striktno govoreći, mali dio energije, reda veličine nekoliko postotaka, utroši se na energije vezanja pri dobivanju metala iz njihovih spojeva i u drugim endotermalnim reakcijama.



Sl. 1 Pojednostavnjeni dijagram toka sunčane energije

sija je izjednačena s dotokom i srednje zemaljske temperature se ne mijenjaju. Pojednostavnjeni tok sunčane energije prikazan je na slici 1. Fizikalna svojstva atmosfere na osjetljiv način određuju ravnotežne temperature. Voda i CO_2 u atmosferi apsorbiraju infracrveno zračenje i vraćaju dio prema Zemlji. Efekt je poput onog u toplim rasadnicima pod staklom koje propušta vidljivu svjetlost, ali ne dozvoljava izlaz infracrvenog toplinskog zračenja. Ti su efekti u atmosferi vrlo značajni. Procjenjuje se da bi bez vraćanja infracrvenog zračenja na Zemlju srednje temperature Zemljine površine bile za 40 stupnjeva niže. (Vidi sliku 2.)



Sl. 2 Efekat vode i CO_2 u atmosferi. S obzirom da voda i CO_2 apsorbiraju infracrveno zračenje sa zemlje te dio ΔR vraćaju na površinu, emisija sa površine mora biti uvećana na $230 + \Delta R$ W/m², a temperatura povišena za ΔT, prema zakonu emisije $R = \varepsilon \sigma T^4$

PROIZVODNJA ENERGIJE IZ ČOVJEKOVE AKTIVNOSTI

Ukupna svjetska proizvodnja, odnosno potrošnja energije iznosila je u 1974. godini oko 8,5 milijardi tona ugljena (ekvivalent). U tablici 1 su navedeni podaci Ujedinjenih naroda o godišnjoj per capita potrošnji po grupama zemalja, kao i predviđanja za 2000. godinu. Podaci za 1955. i 1968. stvarne su vrijednosti.

U tablici 2 dane su prognoze ukupne potrošnje za 2000. godinu. Vidimo da se predviđa ukupna potrošnja od oko 36 milijardi tona ugljena (ekvivalent).

Za zemlje u razvoju uzet je porast potrošnje od 2,4% godišnje, na osnovi stvarnog razvoja. Preračunato na kontinuiranu potrošnju, 8,5 milijardi tona na godinu odgovara snazi od $6{,}8 \cdot 10^{12}$ W, a

Tablica 1.

POTROŠNJA ENERGIJE PER CAPITA
u kg ugljena (ekvivalent)

Potrošač		Ukup. energija	Kruta goriva	Tekuća goriva	Zemni plin	Prim. elektr. ener.
Svijet	(1955)	1 201	677	354	148	22
	(1968)	1 727	656	691	340	40
	(2000)	5 615	651	3 108	1 670	186
Industrijske zemlje	(1955)	3 736	1 838	1 203	609	86
	(1968)	5 436	1 571	2 484	1 234	147
	(2000)	20 597	1 068	12 967	6 062	500
Zemlje s planskom privredom	(1955)	835	696	112	22	5
	(1968)	1 550	961	336	234	19
	(2000)	7 582	1 648	3 017	2 666	251
Zemlje u razvoju	(1955)	183	58	110	11	4
	(1968)	299	68	184	38	9
	(2000)	986	97	686	125	78

Tablica 2.

PREDVIĐENA POTROŠNJA ENERGIJE GODINE 2000.
u milijunima tona ugljena (ekvivalent)

	Ukupna potrošnja	Kruta goriva	Tekuća goriva	Zemni plin	Primarna el. energija
Svijet	36 463	4 225	20 183	10 848	1 207
Industrijske zemlje	19 650	1 019	12 371	5 783	477
Istočne zemlje	13 048	2 836	5 192	4 588	432
Zemlje u razvoju	3 765	370	2 620	477	298

36,4 milijarde tona u 2000. godini odgovara kontinuiranoj snazi od $29{,}3 \cdot 10^{12}$ W, odnosno $3 \cdot 10^{13}$ W.

ODNOS POTROŠNJE ENERGIJE IZ ČOVJEKOVE AKTIVNOSTI PREMA SUNČANOJ

Stavi li se dotok sunčane energije od 10^{17} W u relaciju sa $7 \cdot 10^{12}$ W, čini se da su geofizičke termalne granice od 10^{15} W veoma daleko. No, kao što smo već istakli, 1% od sunčane energije je gornja granica koja se temelji na optimizmu o efektima dodatne topline.

Naravno da je teško, odnosno nemoguće navesti kvantitativne argumente za baš ovu granicu. No, sigurno je razuman stav da se bez jasnih argumenata za odsutnost štetnih ili opasnih efekata ne treba miješati u uravnoteženi globalni sistem. Geofizičari upozoravaju na mogućnost da jednom pokrenuti procesi sami sebe podržavaju. Povećanje zemljine temperature, zbog recimo dodavanja CO_2 u atmosferu, vodilo bi redukciji snježnih i ledenih površina i time redukciji reflektiranosti Zemlje, a to bi opet uzrokovalo daljnji porast temperature.

Slično tome bi sniženje Zemljine temperature, zbog, recimo, povećanja albeda poradi dodavanja reflektirajućih čestica u atmosferu, vodilo povećanju snježnih površina, daljnjem porastu albeda i prema tome daljnjem padu temperature. Oba procesa prijete katastrofalnim posljedicama za čovje-

ka. (U prvom slučaju potopom zbog otapanja polarnog leda, a u drugom slučaju velikim zaleđenjem. Neki predviđaju također potop ako bi zbog goleme akumulacije leda na Antartiku došlo do likvefakcije baze i klizanja ogromnih ledenih masa u oceanu.)

Ako bismo ipak uzeli 1% od 10^{17} kao gornju granicu, sada se nalazimo na vrijednosti nižoj za faktor 100, te se vjerojatno ne bismo morali zabrinjavati do povećanja za faktor od 10—20 puta prema današnjem, barem što se globalnog prosjeka tiče. No to nije daleka budućnost. Prema danoj prognozi Ujedinjenih naroda u 2000. godini potrošnja je već povećana za faktor 4, a s udvostručenjem u 15 godina viša bi se granica dosegla za 65 godina.

Zemlja kao toplinski radijator mora zračiti s 230 W/m², što prema Stefan-Bolzmanovu zakonu određuje njezinu temperaturu ($R = \varepsilon \cdot \sigma T^4$, gdje je ε koeficijent emisije, σ Stefan-Bolzmanova konstanta, a T temperatura radijatora. S $\varepsilon = 0{,}55$ dolazi se na temperaturu od 15 °C). Iz dodatne energije proizvedene ljudskom aktivnošću lako se u ovom modelu dobiva povećanje temperature radijatora. Za dodatnu energiju od 1% temperatura mora porasti za 0,75 stupnja. U prvi mah to ne izgleda mnogo. No proces umnažanja djelovanjem na albedo ne može se isključiti. Valja napomenuti da spomenute projekcije razvoja ne uzimaju u obzir da će rastući dio potrošnje energije ići u proizvodnju sirovina, njihovo recikliranje i kontrolu zagađivanja okoliša.

No uporedba globalnih prosjeka zanemaruje činjenicu da je generacija topline koncentrirana na kopnima (uglavnom na sjevernoj hemisferi), te da je i tu vrlo neravnomjerno raspoređena. Ukupna proizvodnja energije od 10^{13} W daje po svim kopnima prosjek od 0,06 W/m². U SAD uz veoma veliku potrošnju per capita od 12.000 W, ali malu gustoću stanovništva od 22 st/km² već se dolazi na vrijednost 0,26 W/m², što treba uspoređivati s termalnom granicom od 2,3 W/m² (tj. 1% od 230 W/m²).

U Japanu zbog velike gustoće stanovništva (4.800 W potrošnje per capita i 295 stanovnika po km²) dolazi se već na vrijednost 1,4 W/m².

Kao što se vidi iz posljednjeg podatka, u čitavom jednom ne tako malom geografskom području (369.000 km²) već se sasvim približilo granici od 1%, a po planovima razvoja energetike u Japanu ona će biti premašena već prije 1985. godine (3 W/m² u 1985. godini).

Premda je Japan istaknut primjer, ne zaostaju mnogo ni neke evropske zemlje s visokim stupnjem razvijenosti i velikom gustoćom stanovništva, npr. Velika Britanija, SR Njemačka, Belgija, Nizozemska.

Još mnogo veće vrijednosti dobivaju se u velikim skupinama naselja, konurbacijama, koje obuhvaćaju desetke milijuna stanovnika pri visokim vrijednostima specifične potrošnje. Tako u Japanu, u Kanto-ravnici u konurbaciji koja obuhvaća Tokio, Kavasaki i Jokohamu na oko 30.000 km² živi ∾ 30 milijuna stanovnika. Gustoća potrošnje energije već sada doseže vrijednost od oko 6 W/m². U SAD takvo kontinuirano urbano područje od Bostona do Washingtona prema procjenama za 2000. godinu imat će ∾ 50 milijuna stanovnika na do 30.000 km². S budućom američkom potrošnjom energije per capita (već sada 2,5 puta veća od japanske) dolazi se u spomenutom području do zapanjujućih vrijednosti, blizu 100 W/m². Karakteristični podaci sumirani su u tablici 3.

Tablica 3.

DANAŠNJE RELACIJE PROIZVODNJE ENERGIJE PREMA DOTOKU SUNČANE ENERGIJE

Ljudska aktivnost	
Ukupno	~ 10^{13} W
Kontinentalni prosjek	: 0,06 W/m²
SAD	: 0,26 W/m²
Japan	: 1,4 W/m²
Japan, Kanto-područje	: 6 W/m²
SR Njemačka	: 1 W/m²
SR Njemačka, Ruhr	: 17 W/m²
Sunčana aktivnost	
Ukupno	$1{,}16 \cdot 10^{17}$
Globalni prosjek	: 230 W/m²
Geofizička granica na širokim područjima	~ 2 W/m²

Klimatske promjene opažene su kod mnogo manjih vrijednosti, pa je zaista teško pretpostaviti odsutnost efekata takvih otoka kontinuirane potrošnje ako do navedenog razvoja dođe.

RASPOLOŽIVOST RASHLADNIH VODA

Spomenuta područja veoma visoke gustoće potrošnje karakteriziraju još i visoki udjeli upotrebe električne energije. Električna energija većim dijelom dolazi iz elektrana smještenih u rjeđe naseljenom okolnom području. Prema tome, viša kvaliteta u strukturi potrošnje energije u užem urbanom području moguća je time što se otpadna toplina predaje okolišnu izvan užeg područja, na lokacijama elektrana. No, kada se gleda jedno široko područje, onda takvo razdvajanje korisne energije (električne) i otpadne topline nije moguće pa treba vidjeti koji su kapaciteti za odvođenje otpadne topline na raspolaganju. Vidi se da se granice dozvoljenih termalnih opterećenja rashladnih voda dosižu mnogo prije približavanju granici od 1%. Daje se sasvim približna procjena jer sve ostalo zahtijeva detaljnije uvažavanje fizičkih uvjeta. Tekuće vode iz atmosferskih padalina na kontinentima iznose oko 10^6 m³/sek (odnosno $35 \cdot 10^9$ m³/godinu). (Najgrublja procjena te količine moguća je iz dijela sunčane energije koji ide u pokretanje hidrološkog ciklusa, tj. 70 W/m².) Računajući s visokim povećanjem temperature rashladnih voda od 5 stupnjeva, kao i s protokom

od 10^6 m/sek, što sigurno mnogo prelazi mogućnosti iskorištenja, dolazimo na rashladni kapacitet kopnenih voda od $2 \cdot 10^{13}$ W. Teško je procijeniti koji dio utroška energije završava kao otpadna toplina u rashladnoj vodi, a koji dio završava u atmosferi. Otpadna toplina motornih vozila danas odlazi u atmosferu, a u budućnosti s uvođenjem električnog transporta ona će u većem dijelu završiti u rashladnim vodama elektrana. Dizanje je te granice, naravno, moguće morskim lokacijama za elektrane ili iskorištenjem rashladnih tornjeva. U potonjem slučaju veće je termalno opterećenje atmosfere. Stanovito poboljšanje može se očekivati iz tehničkog razvoja u proizvodnji energije. Magnetohidrodinamski uređaji omogućili bi znatno podizanje stupnja iskorištenja kod fosilnog goriva, a visokotemperaturni reaktori kod nuklearnoga.

Upotreba sunčane energije ne donosi novo termalno opterećenje te je razvoj tog izvora energije i s tog stajališta vrlo zanimljiv. No, geotermalna energija, o kojoj se nekada govori s optimizmom, karakterizirana je lošim stupnjem iskorištenja, i s gledišta termalnog opterećenja okoliša nije povoljna, barem ne za razvoj u velikim razmjerima.

ZAKLJUČAK

Uzimajući kao geofizičku granicu termalnog opterećenja Zemlje 1% dotoka solarne energije, globalni prosjek na kraju stoljeća bit će oko 25 puta niži od te vrijednosti.

Međutim, u pojedinim područjima koncentrirane potrošnje već je danas premašena granica od 1%, a pri kraju stoljeća ona će biti premašena mnogostruko, s rezultirajućim efektima na klimu. Na žalost, u teškoj svjetskoj prehrambenoj situaciji klimatske promjene iole širih razmjera pogađaju u veoma osjetljivo mjesto, te se problemi moraju očekivati i mnogo prije no što se dosegne geofizička granica.

LITERATURA

1. World energy requirements and resources in the year 2000. Resources and Transport Division, Department of Economic and Social Affairs United Nations Proc. Fourth Geneva Conference, 1971.
2. Statistical Handbook of Japan 1973. Bureau of Statistics, Office of the Prime Minister
3. Population, Resources, Economics Paul R. Erlich, Anne M. Erlich W. H. Freeman and Company 1973.
4. Handbook of Geophysics U.S.A.F. Mac Millan Company 1961.

Naslov pisca: dr Vladimir Knapp, Elektrotehnički fakultet, Zagreb

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA KARLOVAC

Obavlja kemijsku zaštitu (kotlovsku impregnaciju) svih vrsti željezničkih pragova, pragova za smještaj kranskih dizalica, stupova za TT i EV vodove, kocaka za hale, rudno drvo i ostali građevinski materijal od drveta.

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

NORME OSVETLJENOSTI ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA

Kiril A. Tropin, Beograd

Opisuju se norme osvetljenosti koje su u upotrebi u združenom elektroprivrednom poduzeću Srbije, za čiji su nam služile norme SSSR-a. Kao usporedba navedene su također norme osvetljenosti koje su u upotrebi u DR Njemačkoj, Čehoslovačkoj, Poljskoj i SAD.

DK 628.9:621.31

U tehničkoj preporuci Združenog elektroprivrednog preduzeća Srbije »Osvjetljenje elektroenergetskih postrojenja« od 14. 3. 1968. godine korištene su norme osvetljenosti elektroenergetskih postrojenja, koje su važile u SSSR od januara 1965. godine.

Dvanaestog oktobra 1972. Ministarstvo energetike i elektrifikacije SSSR uz saglasnost Predsedništva CK Sindikata radnika elektroprivrede i elektroindustrije od 6. jula 1972. godine ozvaničilo je nove »Norme osvetljenosti proizvodnih prostorija u elektranama i transformatorskim stanicama«.

S obzirom na ovu okolnost, kao i opštu tendenciju u svetu da se povećavaju norme osvetljenosti, pojavila se potreba da se u tekstu Tehničke preporuke »Osvetljenje elektroenergetskih postrojenja« Združenog elektroprivrednog preduzeća Srbije zamene norme osvetljenosti vrednostima danim u tabelama 1 i 2.

Pomenute Norme propisuju vrednosti osvetljenosti za svaku prostoriju i radno mesto, polazeći od uslova vizuelnog rada koji se obavlja pri zadatom tehnološkom procesu.

Normirane vrednosti osvetljenosti su: određene ugaonim dimenzijama predmeta, koji se posmatraju, njihovim kontrastom prema pozadini i koeficijentom refleksije pozadine; trajanjem vizuelnog rada; prisutnošću pristupačnih predmeta opasnih za dodir (rotirajući delovi mašina, otvoreni delovi pod naponom, itd.); prisutnošću svetlosnih površina velike sjajnosti u vidnom polju, itd.

Ove Norme obuhvataju praktično sva radna mesta, prostorije i pogone elektroenergetskih postrojenja, precizne su i detaljne.

Navedene su norme osvetljenosti u elektroenergetskim postrojenjima, koje se koriste u nekim drugim zemljama.

U socijalističkim zemljama ove norme su obaveznog karaktera, a u kapitalističkim zemljama, po pravilu, predstavljaju samo preporuke. Norme osvetljenosti u svim pomenutim zemljama ne preciziraju vrstu primenjenih svetlosnih izvora (sijalice s usijanim vlaknom, sijalice s električnim praženjenjem u živinoj pari visokog ili niskog pritiska, i dr.).

U Demokratskoj Republici Njemačkoj — tabela 3, (L. 3) i Čehoslovačkoj Socijalističkoj Republici — tabela 4 (L. 4) norme osvetljenosti su određene zavisno o tačnosti vizuelnog rada, koji se obavlja (dimenzije posmatranog predmeta), koeficijenta refleksije površine radnog mesta i njegovor kontrasta prema okolini, itd. (Analogno načinu određivanja normi osvetljenosti, koji se koristi i u SSSR).

U Narodnoj Republici Poljskoj — tabela 5 (L. 5) norme su obavezne, a određuju minimalne vrednosti osvetljenosti.

U tabeli 6 se navode nivoi osvetljenja, koji se koriste u Sjedinjenim Američkim Državama (L. 6) i to posebno za untrašnje osvetljenje i posebno za osvetljenje na otvorenom prostoru. Ostvareni nivoi osvetljenosti u različitim pogonima elektroenergetskih postrojenja, koji se nalaze u eksploataciji u SAD, iznose znatno više od vrednosti navedenih u tabeli 6.

U normama osvetljenosti inostranih elektroenergetskih postrojenja može se zapaziti jedina tendencija u preporučivanju nivoa osvetljenosti zavisno o tačnosti i napetosti vizuelnog rada, koji se obavlja. Viši nivoi osvetljenosti se koriste za tačnije i napregnutije radove, npr. komandne ploče, i osetno niži nivoi za grube radove, npr. kablovski prostori. Međutim postoji velika razlika u nivoima osvetljenosti za analogne prostorije i radove, koji se koriste u različitim zemljama. Tako npr., propisana vrednost osvetljenosti polja komandnih ploča iznosi u Švajcarskoj 700, u Demokratskoj Republici Nemačkoj i Narodnoj Republici Poljskoj — 500, u ČSSR i Engleskoj — 300 lx. U prostorijama za dopremu goriva primenjuju se vrednosti osvetljenosti: u Švajcarskoj — 175, SAD i Engleskoj — od 100 do 110 lx, ČSSR — od 60 do 160 lx.

U kablovskim prostorijama i suterenima za cevovode nivo osvetljenosti iznosi u SAD — 110, u Engleskoj i Švajcarskoj — od 50 do 60 lx.

U mašinskoj sali u Poljskoj, Švajcarskoj i SAD osvetljenosti se kreću od 300 do 320 lx, a u ČSSR i Engleskoj od 150 do 160 lx.

Treba još jednom napomenuti da tabele 1 i 2 prikazuju najmanje prosečne vrednosti osvetljenosti, koje već obezbeđuju pravilno obavljanje tehnološkog procesa.

Navedene minimalne vrednosti osvetljenosti treba smatrati privremenim. Veće vrednosti možda bi i mogle da se požele. Međutim norme osvetljenosti, njihov opšti nivo (kao što je slučaj s normama JUS U. C9.100) se određuju prema tehničkim i ekonomskim mogućnostima svake zemlje i za određeno stanje i period njenog razvoja.

Tablica 1

NORME OSVETLJENOSTI INDUSTRIJSKIH PROSTORIJA ELEKTRANA I TRANSFORMATORSKIH STANICA USVOJENE PREMA NORMAMA SSSR U ZEP-u

K — Kombinovano osvetljenje (opšte + lokalno)
O — Samo opšte osvetljenje

Naziv pogona i postrojenja	Naziv radne površine	Ravan u kojoj se normira osvetljenost	Minimalna osvetljenost u luksima						Sačinilac slabljenja	
			Izvori viših temperatura boje svetlosti		Sijalice s usijanim vlaknima		Rezervno osvetljenje		Izvori viših temperatura boje svetlosti	Sijalice s usijanim vlaknom
			K	O	K	O	Naj važnija radna mesta	Glavni prolazi (na podu)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kotlovsko postrojenje pripadajuće prostorije										
a) Galerije za posluživanje i bunkerski prostor, okolina ventilatora za vazduh i za odvod dimnih gasova	Zone lokacije i posluživanja opreme	Horizontalna, na visini 0,8 m od poda	—	75	—	30	2 ili 5*	0,5	1,8 (1,5)**	1,5 (1,3)**
b) Prostorija mlinova i transportera bunkerskog odeljenja	,,	,,	—	75	—	30	2 ili 5*	0,5	2,0	1,7
c) Hemijska priprema vode	,,	,,	—	75	—	30	—	—	1,5	1,3
d) Prostor odpepeljivanja	,,	,,	—	50	—	20	--	0,5	1,8 (1,5)**	1,5 (1,3)**
e) Prolazi iza kotlova, podesti i stepenice za kotlove	,,	na podu	—	50	—	10	—	0,5	1,8 (1,5)**	1,5 (1,3)**
Doprema i priprema goriva										
a) Prostor za drobljenje uglja, pogonske i zatezne stanice transportera, presipna mesta, istovarna prostorija za prekretanje kretanje vagona	Zona lokacije i posluživanje opreme	Horizontalna, na visini 0,8 m od poda	—	75	—	30	—	0,5	2,0	1,7
b) Most za istovar i prostorija transportera	,,	,,	—	50	—	20	—	0,5	2,0	1,7
Turbinsko postrojenje II pripadajuće prostorije										
a) Mašinska sala sa prirodnim osvetljenjem, mašinska sala i zajednička prostorija za turbine hidroelektrana bez prirodnog osvetljenja, ako nema stalnog dežurnog osoblja	Zone lokacije i posluživanja opreme	Horizontalna, na visini 0,8 m od poda	200	150	200	100	5 ili 10*	0,5	1,5	1,3
b) Mašinska sala bez prirodnog osvetljenja ili sa nedovoljnim osvetljenjem, ako postoji stalno dežurno osoblje	,,	,,	300	200	300	150	10	0,5	1,5	1,3
c) Kondenzatorski prostor, prostorija s pumpama uz mašinsku salu, zvezdište generatora, prostor ispod turbina	,,	,,	—	75	—	30	2 ili 5*	0,5	1,5	1,3
d) Hladnjaci generatora i transformatora	,,	,,	—	50	—	20	—	—	1,5	1,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
e) Prostorija za rezervoare i odplinjače uz mašinsku salu	—	,,	—	50	—	20	—	0,5	1,5	1,3
f) Tuneli s cevovodima za paru i toplu vodu	—	na podu	—	—	—	5	—	—	1,5	1,3
g) Suteren mašinske sale: 1) Mehanizmi (pumpe, elektromotori i sl.)	Zone lokacije i posluživanje opreme	Horizontalna, na visini 0,8 m od poda	—	75	—	30	—	0,5	1,5	1,3
2) Mesta lokacije cevovoda	—	na podu	—	50	—	5	—	—	1,5	1,3
Električno postrojenje										
a) Prostorija glavne, centralne ili blokovske komandne ploče (prostor ograničen glavnim pločama), komandna mesta hidroenergetskih čvorova	Prednja str. ploča i pultova, stol dežurnog	Potrebna	400	200	400	150	30	0,5	1,5	1.3
b) Prostorija komandne ploče bez stalnog dežurnog, prostorije ploča za releje i niskonaponske ploče	Ploče	Vertikalna	200	100	200	75	5	0,5	1,5	1,3
c) Zadnje strane polja ploča	,,	,,	—	75	—	30	—	0,5	1,5	1,3
d) Prostorija agregata za punjenje, postrojenja za snabdevanje vodonikom, akumulatorskih baterija	Zone lokacije opreme	Horizontalna, na visini 0,8 m od poda	—	75	—	30	2 ili 5*	0,5	10	1,3
e) Prostorije sa sabirnicama, homandni hodnici i hodnici za posluživanje u razvodnim postrojenjima; boksovi za transformatore, prigušnice, prekidače, limom oklopljena postrojenja	,,	potrebna	—	75	—	30	2 ili 5*	0,5	1,5	1,3
f) Prostorija s aparatima uljnog sistema, prostorije u transformatorskoj kuli (kula, dizalica)	Zone lokacije opreme	Horizontalna, na visini 0,8 m od poda	—	75	—	30	—	—	1.5	1,3
g) Kablovski prostor ispod komandne ploče	,,	,,	—	50	—	20	—	0,5	1,5	1,3
h) Hodnik razvodnog postrojenja s opremom koja može eksplodirati	—	na podu	—	50	—	10	—	0,5	—	1,3
i) Kablovski tuneli	—	,,	—	—	—	5	—	—	1,5	1,3
Moćne industrijske prostorije										
a) Razne pumpne stanice (bagerska, za snabdevanje vodom za piće i dr.), ventilacione komore, prostorije za upravljanje raznim uređajima	Zone lokacije i posluživanja opreme	Horizontalna, na visini 0,8 m od poda	—	75	—	30	—	—	1,5	1,3
b) Pumpna stanica za mazut, priobalna požarna pumpna stanica	,,	,,	—	75	—	30	2 ili 5*	0,5	1,5	1,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
c) Galerije u podvodnom delu građevine i u brani sa opremom (razvodni ormani, merni aparati, itd.)	—	,,	—	50	—	20	—	—	1,5	1,3
d) Galerije u podvodnom delu građevine i brane bez opreme, zapornice i drugi šahtovi prevodnica	—	na podu		—	—	5	—	—	—	1,3
Radna mesta										
a) Pokretni pristupačni delovi mehanizama, koji su opasni pri dodiru	—	potrebna	300	200	300	150	Zavisno o prostoriji u kojoj su radna mesta			
b) Odvojeno postavljeni aparati, vodomerna i uljokazna stakla, koji se posmatraju sa rastojanja većeg od 0,5 m ili zahtevaju stalno praćenje	—	vertikalna	400	200	400	150	Zavisno o prostoriji u kojoj su radna mesta			
c) Regleta i ploče, odvojeno postavljeni aparati, koji se posmatraju povremeno ili sa rastojanja do 0,5 m	—		200	100	200	75	Zavisno o prostoriji u kojoj su radna mesta			

N a p o m e n a : Osvetljenost radne površine od svetiljki opšteg osvetljenja, ako se izvodi kombinovano osvetljenje (opšte osvetljenje uz lokalno osvetljenje radnog mesta), mora da iznosi najmanje 10% od norme za kombinovano osvetljenje za dotičnu vrstu izvora svetlosti, ali najmanje 150 luksa, ako se koriste izvori viših temperatura boje svetlosti i najmanje 50 luksa, ako se koriste sijalice s usijanim vlaknom.

* Manje vrednosti osvetljenosti od rezervnog osvetljenja se usvajaju, ako se za opšte radno osvetljenje koriste sijalice s usijanim vlaknom, dok se veće vrednosti osvetljenosti usvajaju ako se za opšte radno osvetljenje koriste sijalice viših temperatura boje svetlosti,

** Vrednosti sačinilaca slabljenja u zagradama važe za kotlarnice termoelektrana na mazut i gas, kao i za kotlarnice s malim sadržajem prašine u vazduhu.

1) Rezervno osvetljenje se izvodi:

— u postrojenjima za dopremu goriva samo u prostorijama glavne linije za dopremu goriva;
— u razvodnim postrojenjima elektrana osnovne namene (u glavnom objektu, glavnom razvodnom postrojenju, i sl.).

Napominje se da su navedene vrednosti u tabelama 1 i 2 iznad higijenskih minimalnih normi (isto kao i norme iz pomenutog JUS. U.C9.100, od kojih su one veće) i da njihovom promenom, na primer povećanjem minimalnih vrednosti, neće ništa da se principijelno izmeni u skali klasifikacije objekata, prostorija i radnih mesta, kao što je to slučaj i ovde u odnosu na norme iz 1965. godine.

N a p o m e n e :

1. Norme osvetljenosti variraju u širokim granicama za svaki pogon u zavisnosti od kontrasta i koeficijenta refleksije površina radnog mesta.
2. Dozvoljene vrednosti koeficijenta neravnomernosti (odnos vrednosti maksimalne osvetljenosti prema minimalnoj) iznose i to za klasu tačnosti: II — 1,2; III i IV — 1,5; V — 2,5.

NORME OSVETLJENOSTI U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA DEMOKRATSKE REPUBLIKE NEMAČKE

Tablica 3.

Naziv postrojenja i pogona	Klasa radova	Osvetljenost, lx			
		Opšte osvetljenje		Lokalno osvetljenje	
		Granice	Minimum	Granice	Minimum
Komandne ploče (uključivo lokalne komandne ploče)	II	500—1500	500	1000—3000	1000
Hemijska laboratorija	III	200—500	200	400—1000	400
Mašinska sala, priprema vode, kompresorsko postrojenje, napojne pumpe za kotlove, akumulatorska baterija	IV	100—200	150	—	—
Odpepeljivanje i odšljakivanje	V	100	100	—	—

NORME OSVETLJENOSTI POJEDINIH DELOVA POSTROJENJA I TRANSFORMATORSKIH STANICA NA OTVORENOM PROSTORU (SSSR)

Tablica 2.

Naziv objekta	Naziv radnog mesta	Ravan u kojoj se normira osvetljenost	Najmanja osvetljenost u luksima
1	2	3	4
Razvodno postrojenje 35—400 V na otvorenom prostoru	Buholcov rele, uljokazi, noževi rastavljača, pokazivači duvanja vazdušnih prekidača; oklopljena postrojenja za spoljnu montažu 6—35 kV postavljena na otvorenom prostoru.	Vertikalna	10
	Izvodi transformatora i prekidača, kablovske glave i spojnice, odvodnici prenapona, mesta za rukovanje rastavljačima i prekidačima, komandni ormani	Vertikalna	5
Termomehanička i elektromehanička oprema montirana na otvorenom prostoru	Motori	Horizontalna	5
	Staze i prolazi	Na zemlji	1
	Galerije, podesti i stepenice za kotlove, turbine, ventilatori za odvod dimnih gasova, pumpa, generatora, elektromotora, itd.	Na podu	3
	Na glavnim radnim mestima opreme (za stakleni otvor za kontrolu ležaja, vodokazna stakla i dr.).	U potrebnoj ravni	10
	Na pogonima glavnih zasuna, točkovima glavnih ventila.	U potrebnoj ravni	5
	Staze i prolazi između opreme	Na zemlji	1
Otvorena skladišta goriva			
a) Ručni radovi	U zoni izvođenja radova	Horizontalna	2
b) Radovi sa mehanizmima kada se radnik nalazi neposredno na mestu izvođenja radova (na primer radovi sa utovarivačima ili dizalicama, skreperima točkašima)	U zoni izvođenja radova	Vertikalna	5
c) Radovi sa mehanizmima kada se radnik nalazi na znatnom rastojanju od mesta izvođenja radova (npr. skladišta opremljena skreperima)	U zoni izvođenja radova	Vertikalna	10
Hidrotehnička postrojenja na otvorenom prostoru			
a) Pokazivači nivoa vode i položaja zatvarača, mesta gde su postavljeni mehanizmi	—	Vertikalna	5
b) radovi sa dizalicama, prelivna postrojenja opremljena pločama i dizalicama, riblje staze, prolazi za led	—	Na zemlji; površina zemlje	5
c) Mostovi preko prevodnica duž hidroelektrana, prolazi pešački i kolski na prelivnim branama hidroelektrana	—	Na zemlji	
d) Prevodnice (gornji nivo vode), glavna pristajališta za plovila, bitve	—	Na zemlji; površina vode	2
e) Prostor ispred rešetki (na rastojanju 30 m od obale), prevodnice (donji nivo vode), pomoćna pristajališta za plovila	—	Na zemlji; površina vode	0,5
Krug elektroenergetskog postrojenja			
a) Glavni pešački i kolski prolazi na području elektrana, automobilski putevi	—	Na zemlji	1
b) Ostali pešački i kolski prolazi, železnički koloseci	—	Na zemlji	0,5
c) Osvetljenje za obezbeđenje	—	Na zemlji	0,5

Napomene:

1. Za osvetljenje za obezbeđenje vrednosti osvetljenosti se normiraju u horizontalnoj ravni na nivou zemlje ili na jednoj strani vertikalne ravni upravne na liniju granice (ogrde) objekta na visini 0,5 m od zemlje.
2. Rezervno osvetljenje u glavnim prolazima i silazima pored glavne tehnološke opreme mora da stvara osvetljenost najmanje 0,5 luksa.
3. Osvetljenosti u horizontalnoj ravni treba da iznose najmanje dva luksa za višestruke skretničke rasplete železničkih koloseka i najmanje 1 luks za odvojeno postavljene skretničke mehanizme.
4. Sačinilac slabljenja iznosi 1,3 za sijalice sa usijanim vlaknom, odnosno 1,5 za sijalice viših temperatura boje svetlosti.

Tablica 4.

NORME OSVETLJENOSTI U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA ČEHOSLOVAČKE SOCIJALISTIČKE REPUBLIKE

Nazivi prostorija i pogona	Osvetljenost, lx
Komandne ploče centralna i blokova:	
opšte osvetljenje i na komandnim pločama	300
ploče sa relejima	250
Mašinska sala, kondenzatorski prostor i postrojenja sa pumpama	160
Kotlarnica:	
sprat za rukovanje kotlovima	160
lokalna komandna ploča za kotlove	300
gornji deo kotla	100
prostorije bunkerskih transportera, odpepeljivanje i odšljakivanje, mlinovi	60
Doprema goriva:	
istovar uglja i vaganje	160
estakade i galerije za transportere uglja	60
Pumpna stanica, kompresorsko postrojenje, generatori	160
Hemijska priprema vode i hemijska laboratorija	250
Akumulatorska baterija	100
Postrojenje za snabdevanje vodonikom	60

Tablica 5.

NORME OSVETLJENOSTI U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA NARODNE REPUBLIKE POLJSKE

Naziv prostorija i pogona	Najmanja osvetljenost, lx
Glavna komandna ploča (i komandne ploče blokova), dispečerske prostorije	500
Razvodne ploče sa komandnim poljima i poljima merenja:	
bez stalne dežurne posade	150
sa stalnom dežurnom posadom	300
Akumulatorska baterija, kompresorsko postrojenje	100
Mašinska sala (kota rukovanja turbinama)	300
Kondenzatorski prostor, pumpne stanice	150
Kotlarnica, prostorija mlinova, odpepeljivanje i odšljakivanje	150

Tablica 6.

NORME OSVETLJENOSTI U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA SJEDINJENIH AMERIČKIH DRŽAVA

Nazivi postrojenja i pogona	Osvetljenost, lx
I. Unutrašnje osvetljenje	
Mašinsko postrojenje:	
mašinska sala	320
prostor ispod temelja turbine	220
kondenzatorski prostor, prostorije za odpepeljivanje, isparivače i zagrejače	110
Kotlovsko postrojenje:	
podest kotlovskih goreonika, prostorija napojnih turbopumpi	220
podesti kotlovskog postrojenja, prostorija potisnih ventilatora i parovoda, zagrejači vazduha, prostorija za pumpe, odpepeljivanje i odšljakivanje, priprema prašine	110
Priprema vode (hemijsko prečišćavanje)	220
Hemijska laboratorija	540
Doprema goriva (transporteri, drobilice, presipni tornjevi), prostorija za kondicionere vazduha	110
Komandne ploče (lokalne), električna razvodna postrojenja, polja razvodnih ploča, akumulatorska baterija postrojenja za snabdevanje vodonikom, postrojenje za snabdevanje ugljenom kiselinom (CO_2), kompresorska postrojenja, telefonska centrala, prostorija za izvođenje radova na podešavanju, galerija za posetioce (radi pregleda)	220
Kablovski prostori, tuneli i galerije, prostorije za cevovode	110
II. Osvetljenje na otvorenom prostoru	
Električno razvodno postrojenje na otvorenom prostoru:	
opšte osvetljenje u horizontalnoj ravni	22
na mestima kontakata komutacionih aparata (u vertikalnoj ravni)	22
Doprema goriva:	
pristajilišta (zone istovara i utovara uglja), uređaja za prekretanje vagona, istakanje tečnog goriva,	54
transporteri	22
šlepovi, mehanički istovar uglja	5
Tehnološka oprema na otvorenom prostoru: podesti kotlovskog postrojenja, gornji deo turbina	54
Krug elektrane:	
automobilski putevi	22
putevi pored i između zgrada	11
putevi u krugu gde nema zgrada	5
osvetljenje za obezbeđenje pored ograda, rezervoari sa tečnim gorivom	2
Skladišta uglja:	
opšte osvetljenje	1
osvetljenje za obezbeđenje (pored granica skladišta)	2
Odlagalište pepela	1

LITERATURA

1. Iskusstvennoje osvešćenije. Normy projektirovanija. SniP II-A-9-71.
2. A. Ja. Koc.: Osvešćenije električeskih stancij i podstancij, Energija, 1973.
3. Fachbereichstandard, 1966.
4. Čehoslovenská stáni norma 360046, 1967.
5. Oswietlenie wnetrz swiatlem elektrycznym PN-68/E-02033, 1969.
6. IES Lighting Handbook, 1972.
7. IES Code, 1973.
8. Comission Suisse d'Eclairage, 1966.
9. La Technique Moderne, 10, 1972.
10. Energohozjajstvo za rubežom, 2, 1974.
11. Energohozjajstvo za rubežom, 3, 1974.

Naslov pisca: Kiril A. Tropin, dipl. ing.
ZEPS, Beograd

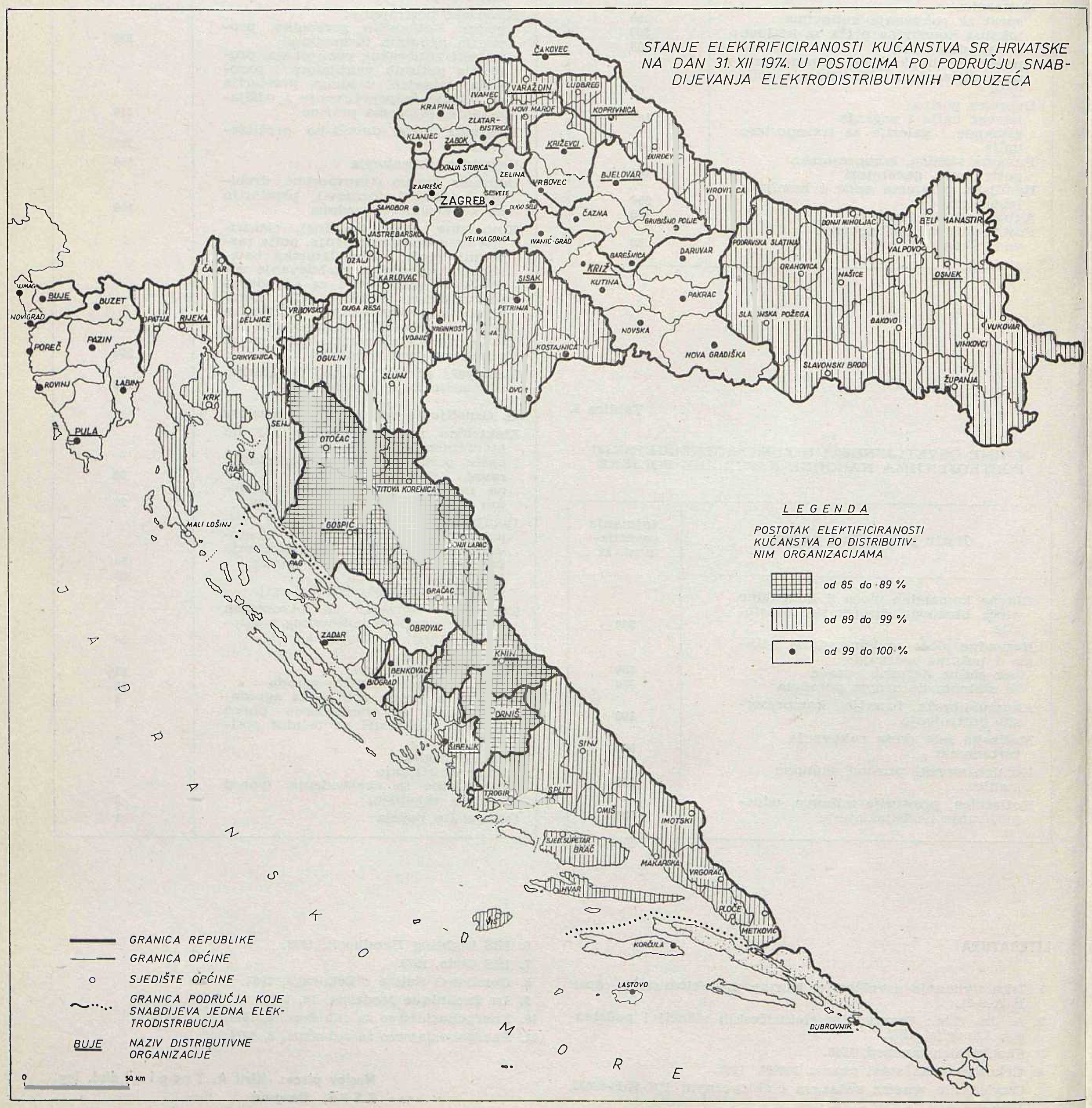
PRIKAZ ELEKTRIFICIRANOSTI NASELJA I KUĆANSTAVA SR HRVATSKE U 1974. GODINI

Mirjana Crnčić, Zagreb

Elektrificiranost naselja i kućanstava u SR Hrvatskoj prikazana je prema stanju 31. prosinca 1974. godine. Podaci prikazuju njezin poslijeratni razvoj, i njezino najnovije stanje u 1974. godini.

Razvoj elektrifikacije od 1945. do 1974. dobro je prikazati dijagramski, posebno za naselja (dijagram 1), a posebno za kućanstva (dijagram 2). Krivulja elektrificiranosti kućanstava u 1974. go-

Karta 1

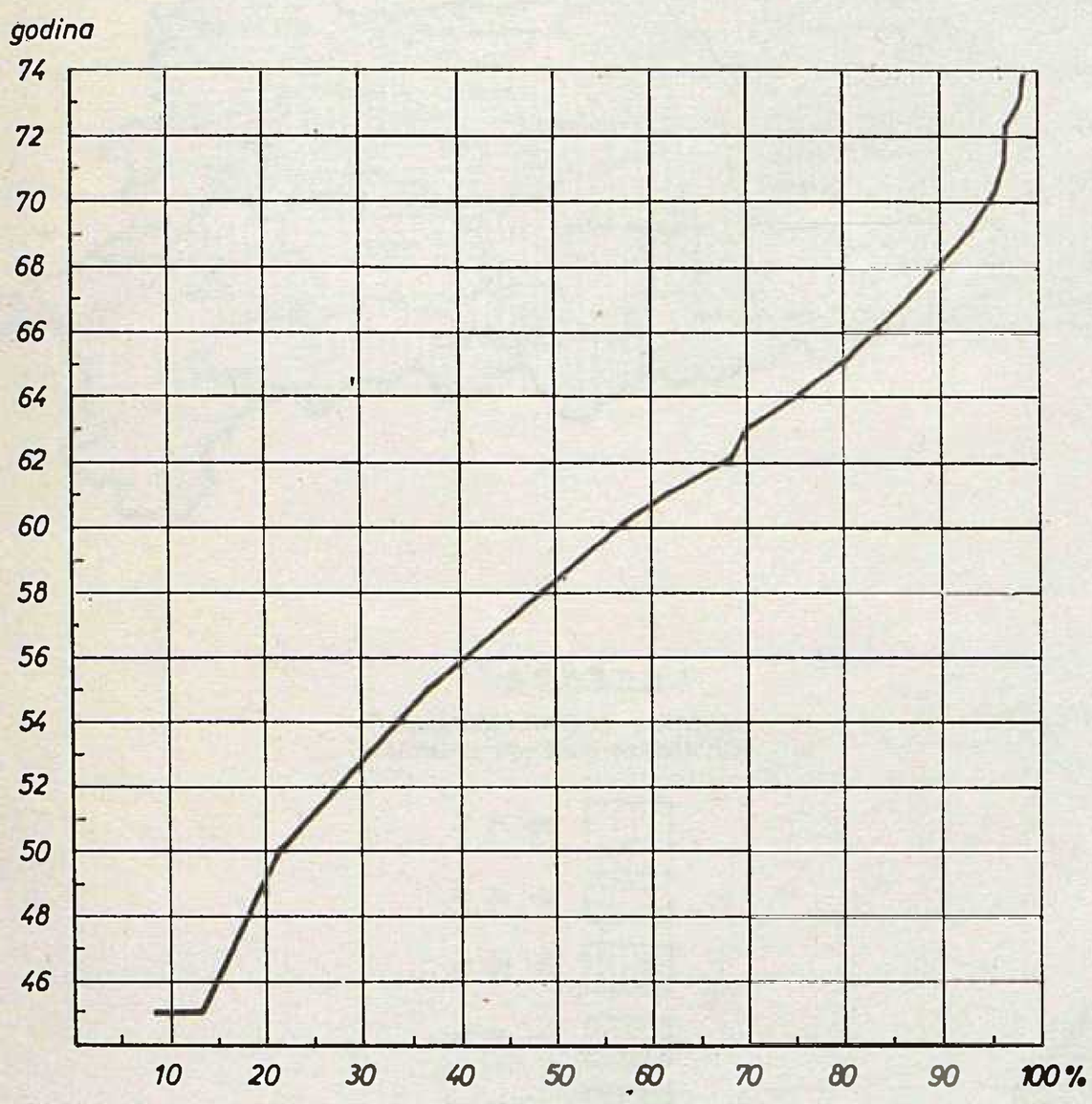


dini popela se na 96%, a elektrificiranosti naselja na 99%, što već možemo smatrati 100% elektrifikacijom kućanstava u 1974. godini.

Da bi bolje uočili slabije elektrificirana područja u tome na pomaže Karta (2) s teritorijalnom podjelom Hrvatske po općinama. Ujedno ukazuje na općine i njihova geografska područja, koja zaostaju u elektrifikaciji kućanstava. Iz tog pregleda se vidi, i može zaključiti, koji geografski faktori utječu, (nepristupačnost područ-

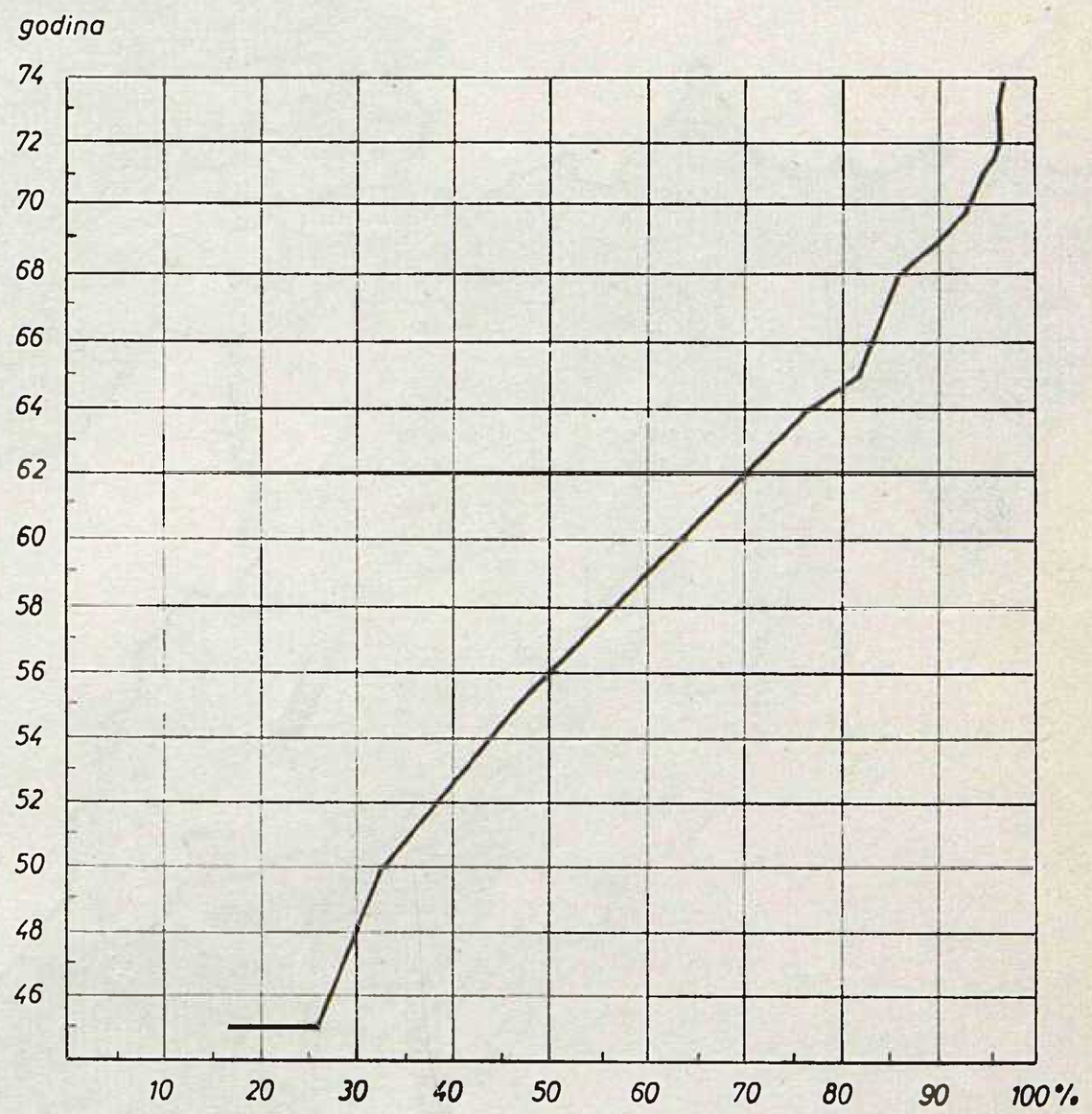
Dijagram 1.

RAZVOJ ELEKTRIFICIRANOSTI NASELJA U SR HRVATSKOJ U RAZDOBLJU OD 1945. DO 1974.



Dijagram 2.

RAZVOJ ELEKTRIFICIRANOSTI KUĆANSTAVA U SR HRVATSKOJ U RAZDOBLJU OD 1945. DO 1974.

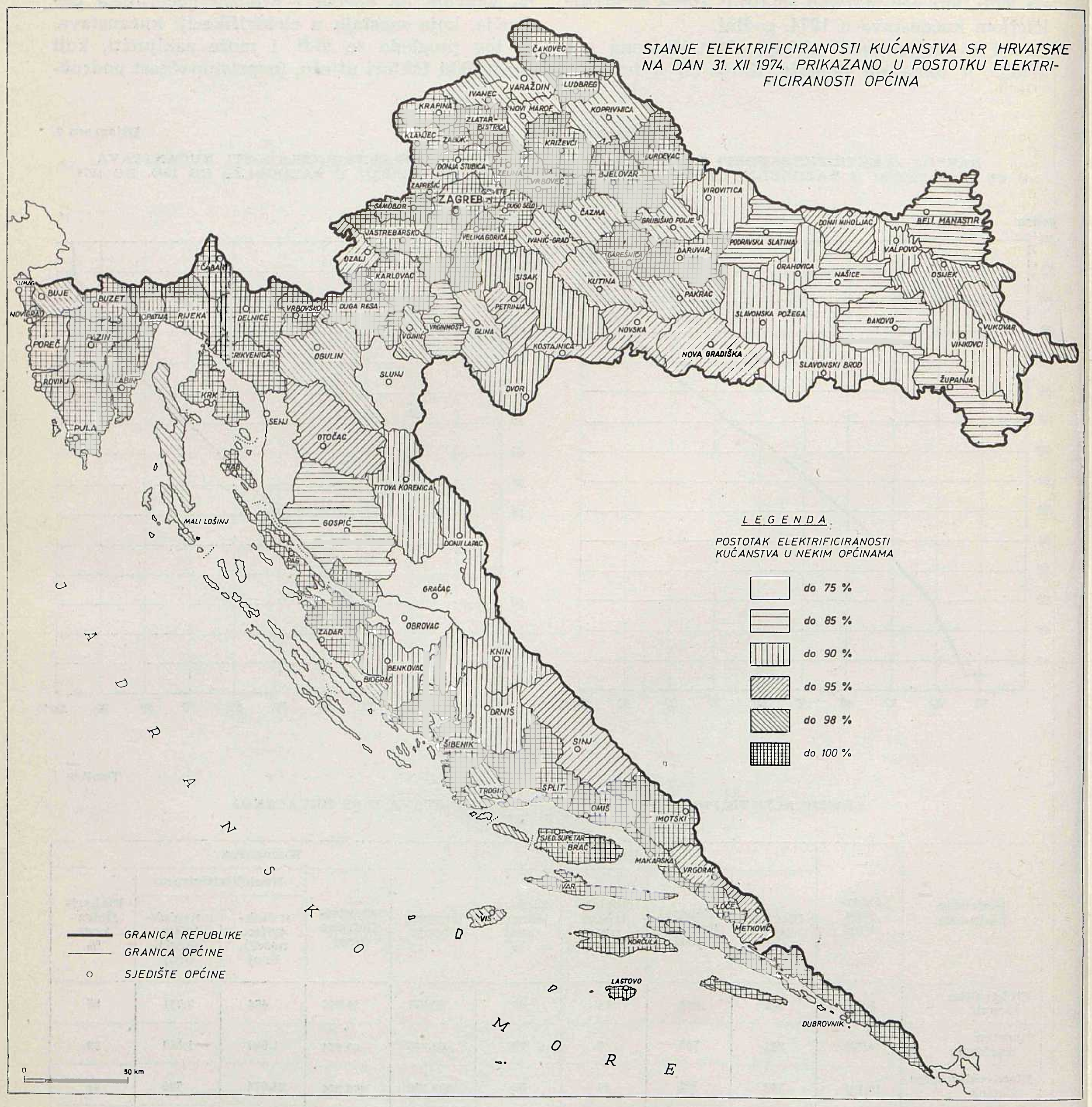


Tablica 1

STANJE ELEKTRIFICIRANOSTI NASELJA I KUĆANSTAVA U SR HRVATSKOJ NA DAN 31. XII 1974.

Područje poduzeća	Površina km²	Naselja				Kućanstva				
		Ukupno broj	Elektrificirano broj	Neelektrificirano broj	Elektrificiranost %	Ukupno broj	Elektrificirano broj	Neelektrificirano		Elektrificiranost %
								u elektrific. naselj. broj	u neelektrific. naselj. broj	
Elektrolika Gospić	5.563	252	240	12	96	28.537	24.346	460	3.731	85
Elektra Karlovac	4.224	761	755	6	99	63.336	60.964	1.003	1.369	99
Elektroslavonija Osijek	10.121	742	702	40	95	230.118	205.324	24.074	720	89
Elektroistra Pula	2.820	638	634	4	99	52.908	52.719	84	105	100
Elektroprimorje Rijeka	4.260	611	582	29	95	102.388	101.236	32	1.120	99
Elektra Sisak	3.302	375	375	—	100	56.168	50.459	5.709	—	91
Elektrodalmacija Split	12.043	896	851	45	95	217.341	210.475	4.037	2.829	97
Elektra Zagreb	14.205	2.413	2.412	1	100	519.527	514.030	5.497	—	99
SR Hrvatska	56.538	6.688	6.551	137	99	1,270.323	1,219.553	40.896	9.874	96

Karta 2



ja) i strkutura stanovništva, na spori razvitak elektrifikacije.

Svaka elektrodistributivna organizacija ima svoje područje što ga opskrbljuje električnom energijom i elektrificira. To je iskazano u postotku na sl. 1.

U tablici (2) prikazana su najslabije elektrificirana kućanstva u nekim općinama od 1964. do 1974. godine. U 1974. godini primjećuje se znatan porast elektrificiranosti kod većeg broja općina, dok se u općini Obrovac primjećuje stagnacija.

Tablica 2

POSTOTAK ELEKTRIFICIRANOSTI KUĆANSTAVA U OPĆINAMA S NAJVEĆIM ZAOSTAJANJEM ELEKTRIFIKACIJE

Općina	Postotak elektrificiranosti										
	1964.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.
Obrovac	7	9	11	13	20	25	36	39	40	41	41
Gračac	25	25	26	33	33	45	49	57	63	65	70
Slunj	15	34	35	43	45	48	54	60	61	70	71
Senj	—	—	43	43	56	56	56	61	61	73	73
Beli Manastir	.	.	.	69	69	69	71	73	75	75	77
Vrginmost	21	24	24	32	37	44	58	73	74	78	80
Đakovo	.	.	.	64	69	70	73	77	79	79	82
Podravska Slatina	34	36	42	50	58	64	67	78	79	79	83
Županja	.	.	.	71	73	76	76	79	79	80	83
Gospić	36	40	47	57	57	62	65	74	78	80	85
Našice	.	.	.	70	75	77	78	82	82	82	85

Mirjana Crnčić
Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

ELEKTROPRIMORJE

»ELEKTROPRIMORJE« poduzeće za distribuciju električne energije Rijeka s ovim osnovnim organizacijama udruženog rada:

Elektrodistribucija Rijeka
Elektrodistribucija Skrad
Elektrodistribucija Crikvenica
Elektrodistribucija Opatija
Elektrodistribucija Cres-Lošinj
Elektrodistribucija Rab
Radna zajednica Zajedničke službe.

»ELEKTROPRIMORJE«
RIJEKA

Viktora Cara Emila 2
Telefoni: 31-888
32-333

PERSPEKTIVNA POTROŠNJA PRIRODNOG PLINA U SR NJEMAČKOJ

Potrošnja prirodnog plina porast će od 43,4 mlrd kub metara u 1974. godini na 66,6 mlrd kub metara u 1980. godini, a proizvodnja od 21 mlrd kub metara na samo 22 mlrd kub metara, pa će se oko dvije trećine potreba pokrivati iz uvoza. Situacija je ovakva (u mlrd kub metara):

	1974.	1980.	1985.
Proizvodnja u zemlji	21,0	22,0	22,0
Uvoz — ukupno	22,4	44,6	44,6
— iz Holandije	20,6	28,4	28,4
— iz SSSR	1,8	10,4	10,4
— iz Norveške	—	5,8	5,8
Ukupno raspoloživo za potrošnju	43,4	66,6	66,6

Kalorična vrijednost prirodnog plina računata je s 8400 kcal/m³ i ako se prethodne količine preračunaju u tone uvjetnog ugljena (7000 kcal/t), tada se ove brojke mijenjaju na

	47,0	71,9	71,9
Ukupna potrošnja energije (mln tona uvjetnog ugljena)	366,2	475,0	555,0
Udio prirodnog plina — %	12,8	15,0	13,0

Kao što se vidi, nakon porasta uvoza i potrošnje do 1980. godine u daljnjim je godinama predviđena stagnacija. Stoga udio prirodnog plina u ukupnoj potrošnji energije od 12,8% raste na 15% u 1980. godini, a do 1985. godine padne na 13%. (Kohle und Heizöl, IV. 1975).

V. B.

PROIZVODNJA PRIRODNOG PLINA U EVROPSKOJ EKONOMSKOJ ZAJEDNICI

Zemlje članice Evropske ekonomske zajednice imale su u 1974. godini proizvodnju prirodnog plina od 160 mlrd kub. metara prema 140 mlrd kub. metara u 1973. godini i oko 120 mlrd u 1972. godini.

Neke zemlje imale su ovakvu proizvodnju (u mlrd kub. metara):

Zemlje	1972.	1973.	1974.
Francuska	7,3	7,3	7,2
Holandija	58,2	70,8	85,1
Italija	13,4	14,6	14,4
SR Njemačka	17,7	19,4	20,5
Velika Britanija	24,8	27,7	34,0
Ukupno — EEZ	121,4	139,8	161,2

Belgija i Luksemburg, koje su također članice EEZ nisu proizvodile prirodni plin.

Kao što se vidi, proizvodnja prirodnog plina u Francuskoj i Italiji ima tendenciju slabljenja, a u SR Njemačkoj slabog porasta. Jedino Holandija i Velika Britanija pokazuju značajan porast proizvodnje.
(Petroleum Economist, IV 1975).

V. B.

POTROŠNJA ENERGIJE U VELIKOJ BRITANIJI

Ukupna potrošnja energije u Velikoj Britaniji prekoračila je u 1974. godini 230 mln tona u ekvivalentu nafte (1 kg = 10.000 kcal) i bila je za 4,6% manja nego u prethodnoj godini i jednaka onoj u 1972.

Struktura te potrošnje bila je ovakva (u mln tona u ekvivalentu nafte):

Izvor energije	1972.	%	1973.		1974. %	Promjena 1973—1974. %
Ugljen	84,2	36,3	92,0	80,7	34,9	— 12,3
Nafta	110,3	47,6	111,8	104,5	45,1	— 6,5
Prirodni plin	28,2	12,2	30,5	36,5	15,8	+ 19,6
Hidroenergija	1,4	0,6	1,4	1,5	0,6	+ 4,7
Nuklearna energija	7,3	3,2	6,9	8,3	3,6	+ 20,3
Ukupno	231,4	100,0	242,6	231,5	100,0	— 4,6

Prema ovim podacima potrošnja ugljena i nafte pala je u 1974. godini za 11,3 mln tona, odnosno za 6,3 mln tona, dok je potrošnja svih ostalih primarnih nosilaca energije porasla, naročito prirodnog plina i nuklearne energije, tj. za oko 20%. (Petroleum Economist, IV 1975).

V. B.

PERSPEKTIVNA POTROŠNJA ENERGIJE U FRANCUSKOJ

Uzimajući u obzir nove faktore koji će utjecati na perspektivnu potrošnju energije, kao što su cijena svih nosilaca energije, mjere štednje, zaštita okoline, posebna komisija Savjeta za planiranje energije izradila je novi plan razvoja ukupne potrošnje energije i njenu strukturu. Prema toj analizi ukupna potrošnja primarnih nosilaca energije porasla bi od 175 mln tona u ekvivalentu nafte (1 kg = 10.000 kcal) u 1973. godini na 240 mln tona u 1985. godini. Dakle, za 12 godina potrošnja energije bi porasla za 37% ili u prosjeku godišnje za samo 2,6%.

Struktura bi bila slijedeća (u mln tona u ekvivalentu nafte):

Izvor energije	1973.	%	1985.	%	Indeks 1973—1985.
Ugljen	30	17	30	13	—
Nafta	116	66	97	40	83,6
Prirodni plin	15	9	37	16	213,3
Hidroenergija	11	6	13	5	118,2
Nuklearna energija	3	2	60	25	2.000,0
Novi nosioci energije	—	—	3	1	—
Ukupno	175	100	240	100	137,1

Interesantno je da se, uprkos općoj tendenciji za jačanje potrošnje ugljena, ovom analizom predviđa da će potrošnja ugljena stagnirati, pa će njegov udio pasti od 17% na 13%. Potrošnja nafte, gotovo isključivo iz uvoza, past će za oko 20 mln tona na ispod 100 mln tona, tako da će njen udio od ukupne potrošnje u 1973. godini od 66% pasti na 40% u 1985. godini. I potrošnja hidroenergije će također stagnirati, jer će za 12 godina porasti samo za 18%. Uzrok tome je visoko iskorištenje vodnih potencijala.

Potrošnja prirodnog plina će se udvostručiti uglavnom povećanim uvozom. No, glavni nosilac podmirenja povećane potrošnje energije bit će električna energija dobivena iz nuklearnih termoelektrana, jer će takva potrošnja porasti za dvadeset puta.

Novi nosioci energije trebali bi dati u 1985. godini tri milijuna tona u ekvivalentu nafte, iskorištenjem geotermalne, sunčane i solne energije. Interesantno je da nije uzeto u obzir iskorištavanje energije plime i oseke iako se u tom smjeru vrše opsežna ispitivanja.
(Petroleum Economist, IV. 1975).

V. B.

POTROŠNJA ENERGIJE U ZEMLJAMA ČLANICAMA SEV-a

Zemlja	1950.	1960.	1970.	1980.	1990.	2000.
Bugarska	5,3	12,3	28,4	60	80	110—120
Čehoslovačka	32,6	62,5	80,0	110	...	...
Madžarska	9,1	18,9	30,0	40	...	...
Njemačka Dem. Rep.	49,6	81,7	110,0	160	...	...
	34,8	64,2	118,0	200	300	400
	9,8	25,7	62,2	100	...	200
SSSR	405,0	694,0	1250,0	1850	2850	4900—5600
Ukupno — SEV	546,2	959,3	1678,6	2520	4000—4400	6500—7000

Socijalističke zemlje Istočne Evrope, članice SEV-a, imat će dinamiku u ukupnoj potrošnji energije (u mln tona u ekvivalentu nafte — 1 kg a 10.000 kcal) kako je prikazano u prethodnoj tablici.

Vidi se da bi ukupna potrošnja energije u zemljama - članicama SEV-a porasla do 2000. godine za oko tri puta, i iznosila 6,5 do 7,0 mlrd tona u ekvivalentu nafte.

Neke zemlje koristile bi u prvom redu vlastite izvore energije, no, razvoj tehnologije i strojeva, te veće mogućnosti korištenja prirodnog plina, kao i izgradnja nuklearnih termoelektrana bitno će utjecati na strukturu potrošene energije, tako da bi za sve članice SEV-a bila (u postocima) prema tablici desno.

Prema ovoj ocjeni struktura potrošnje primarnih nosilaca energije bi se s vremenom, kao i do sada, mijenjala pa bi do 1980. godine udio krutih goriva i nafte bio podjednak, tj.

Izvor energije	1950.	1970.	1980.
Kruta goriva	80,6	49,4	36,7
Nafta	14,5	32,1	35,2
Prirodni plin	3,3	14,7	23,3
Ostalo	1,6	3,8	4,8
Nuklearna energija	—		
Ukupno	100,0	100,0	100,0

oko 35%, dok je u 1970. godini bio oko 50% prema 32%, a u 1950. godini čak 80% prema 15%.

Udio hidroenergije bi se postepeno povećavao, pa bi zajedno s nuklearnom energijom iznosio 4,8%, u 1980. godini prema 3,8% u 1970. godini. U 1950. godini, kad još nije bilo nuklearne energije, udio hidroenergije bio je 1,6%.
(Petroleum Economist, IV 1975).

V. B.

POČELO BUŠENJE U TALIJANSKIM VODAMA JADRANSKOG MORA

Kompanija »International Energy Corp.« je saopćila da je počelo bušenje prvih eksperimentalnih bušotina u obalnom pojasu talijanske jadranske obale. Radove obavlja grupa kompanija na čelu s francuskim koncernom »Elf-Acquitaine«.

PROIZVODNJA NAFTE U ENGLESKOM PODRUČJU SJEVERNOG MORA

Prema izjavi vlade Velike Britanije, u naredne 3—4 godine proizvodnja nafte u Sjevernom moru iznosit će 20—30 posto manje nego što je planirano. Prema podacima ministarstva energetike proizvodnja nafte u ovoj godini iznosit će 1—2 milijuna tona, umjesto 25 milijuna tona koliko je ranije planirano, a u idućoj 15 milijuna tona, što će zadovoljiti samo 15 posto potražnje za naftom u zemlji. U 1977. godini predviđa se proizvodnja od 40 milijuna tona.

REZERVE SAUDIJSKE NAFTE MOGLE BI TRAJATI SVEGA 18 GODINA

Ako bi se vlada Saudijske Arabije priklonila tržišnim silama, njene rezerve nafte mogle bi biti iscrpljene za 18 godina, istakao je zvanični predstavnik Saudijske Arabije. Na konferenciji bankarskog udruženja države Nebraska, Jusuf Alireza izjavio je da se Saudijska Arabija neće složiti sa zahtjevima industrijski razvijenih zemalja da poveća proizvodnju nafte.

Alireza, financijski direktor saudijske »General Petroleum and Mineral Organization« je, također, istakao da ako njegova zemlja poveća proizvodnju nafte da bi zadovoljila sve veću potražnju, Saudijska Arabija bi iscrpila svoje rezerve prije vremena potrebnog da razvije ostalu industriju i cjelokupnu privredu.

Ako bi se tržišnim silama dozvolilo da diktiraju proizvodnjom nafte, ona bi se mogla povećati na 20 milijuna barela dnevno do 1980, sa sadašnjih 6,3 milijuna barela.

U slučaju takvog povećanja proizvodnje, procijenjene rezerve nafte u Saudijskoj Arabiji, od 130 milijardi barela, bile bi iskorištene za 18 godina.

Ako bi zadržala sadašnju proizvodnju, rezerve nafte u Saudijskoj Arabiji trajale bi oko 60 godina.

NOVA NALAZIŠTA PLINA I NAFTE U SJEVERNOJ ITALIJI

Najnovija otkrića naftonosnih polja i plinskih nalazišta u Malosi znatno poboljšavaju izglede za daljnja otkrivanja i opsežnija istraživanja na talijanskom poluotoku.

Talijanska grupa za istraživanje nafte »Agip Mineralrija« pronašla je u dolini rijeke Po, sjeverna Italija, rezerve koje se procjenjuju na 50 milijardi kubnih metara prirodnog plina i 40 milijuna tona nafte.

Radovi su počeli i na dvije druge bušotine, u Turbigu 40 km sjeverozapadno od Milana, i u Serenji južno od Begama. Agip će uskoro početi s bušenjem u Lakijareli, 30 km južno od Milana.

Za sada se iz Málose dobija 300 tona sirove nafte dnevno i stanovita količina prirodnog plina. Kompletna eksploatacija će početi krajem ove godine kada ENI završi tvornicu za separaciju prirodnog plina i nafte.

Tvornica neposredno spojena s bušotinama koje će za slijedeće dvije godine biti povećane na 12, automatski će prenositi proizvode plinovodima i naftovodima.

Plinovod će biti spojen s rafinerijom ENI u Sanazaru i velikim cjevovodom Saipema, filijale kompanije ENI, koji dolazi iz Sovjetskog Saveza.

Proizvodnja u Malosi bit će povećana na 3 milijarde kubnih metara prirodnog plina i 2,5 milijuna tona nafte za slijedećih 20 godina.

PROIZVODNJA NAFTE I NJEZINIH DERIVATA

Proizvodnja u naftnoj privredi bila je u prvom tromjesečju ove godine nešto manja od realizirane proizvodnje u isto vrijeme prošle godine, pri čemu je bilo nejednako kretanje proizvodnje po vrstama proizvoda. Tako je proizvedeno za 17.000 tona manje benzina, dizel goriva za preko 30 tisuća tona, a ulja za loženje za oko 25.000 tona.

U prvom tromjesečju ove godine proizvedeno je oko 375.000 tona benzina, a u prvom tromjesečju prošle godine oko 392 tisuća tona. Kako se u ovu godinu ušlo sa zalihama koje su bile dvostruko veće od zaliha na početku prošle godine, i pored niže proizvodnje, trgovinska mreža je dobro osigurana svim vrstama benzina, tako da se zadovoljavaju želje i potrebe potrošača. U ovom razdoblju je uvoz benzina (motorni, avionski, specijalni) bio skoro tri puta manji od realiziranog uvoza u isto vrijeme prošle godine, a benzin se nije izvozio. Realizacija je bila niža od proizvodnje, što je

uvjetovalo dalji porast zaliha, a to je istovremeno i indikator da se započelo sa štednjom i ove vrste goriva. Zalihe su na početku travnja ove godine bile za oko 30.000 tona veće od zaliha u početku travnja prošle godine. S obzirom na nivo zaliha i mogućnost proizvodnje, realno je očekivati dobru opskrbu i u narednom razdoblju, kao i u turističkoj sezoni.

Na tržištu se ranijih godina osjećao nedostatak plinskog ulja. Međutim, na početku ove godine i u razdoblju sjetve to nije bio slučaj. Proizvodnja je u prvom tromjesečju bila manja od proizvodnje ostvarene u isto vrijeme prošle godine za oko 5 posto — proizvedeno je 638.000 tona. Zbog priličnog prošlogodišnjeg uvoza znatnije su porasle zalihe, koje su na početku ove godine bile nekoliko puta veće. Uvoz je u prvom tromjesečju ove godine bio za oko 60.000 tona manji od ostvarenog uvoza za isto vrijeme prošle godine — uvezeno je oko 126.000 umjesto oko 186.000 tona. Izvezeno je samo nešto više od 1.000 tona. Ovog goriva ima dovoljno. I u slijedećem razdoblju očekuje se dobra opskrba ovim gorivom.

Proizvodnja loživog ulja u razdoblju siječanj-ožujak ove godine, u usporedbi s realiziranom proizvodnjom za isto vrijeme prošle godine, bila je manja za oko 2 posto. Proizvedeno je oko 1,135.000 tona a za isto vrijeme prošle godine oko 1,165.000 tona. Uvoz je bio veći za oko 23.000 tona, a ostvareni izvoz za nešto manje od 10.000 tona u usporedbi sa prvim tromjesečjem prošle godine. Ponuda je bila dobra i pored pada proizvodnje. Realizacija je bila niža od proizvodnje, a samo nešto veća od realizacije u isto vrijeme prošle godine. Zalihe su za oko 50.000 tona manje od zaliha na početku travnja prošle godine.

POTRAGA ZA NAFTOM

U Zatonu kod Zadra počeli su pripremni radovi na montiranju novog tornja s kojim će stručnjaci zagrebačke »INE« još jednom u potrazi za naftom prodrijeti u dubinu zemlje.

Računa se da će bušenje početi u kolovozu, a nova bušilica treba da prodre do 5.000 metara.

U potrazi za naftom u blizini Zadra, stručnjaci »INE« ovom bušotinom, ponovo se vraćaju na kopno.

Kao što je poznato oni su ranije izvršili nekoliko uspjelih bušenja u podmorju zadarskog Arhipelaga.

U RUJNU PLINOVODI DO OSIJEKA

Osijek će u rujnu ove godine plinovodom biti povezan s bogatim nalazištem plina koji je prije dvije godine otkriven kod sela Boksić Lug u općini Našice. Ovo nalazište je već povezano sa sistemom plinovoda u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske i od kraja prošle godine plin se već eksploatira. Zalihe plina kod Boksić Luga procijenjuju se na 8,5 milijardi kubnih metara.

Prvi potrošači plina u Osijeku bit će termoelektrana na plin snage 50 megavata, koja se upravo gradi, zatim tvornica opeke, keksa i kruha »Sloboda« i neki industrijski kapaciteti industrijsko-poljoprivrednog kombinata »Osijek«. Predviđa se da će samo Osijek godišnje trošiti više od 120 milijuna kubnih metara plina. Osim Osijeka, plinovodom će biti povezano još šest općina u sjevernom dijelu Slavonije.

Ekos Tanjuga 61, 62, 68, 69 i 71.

TEP

TVORNICA ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA, ZAGREB - VRAPČE

Proizvodi:

— KABELSKE GLAVE I SPOJNICE DO 35 kV,
— NISKONAPONSKE RAZVODNE UREĐAJE,
— S SVJETILJKE,
— S INSTALACIONI MATERIJAL I SIGNALNE UREĐAJE,
— INSTALACIONI MATERIJAL INDUSTRIJSKE NAMJENE.

TELEFONI:
CENTRALA: 573-099
PRODAJA: 573-414
NABAVA: 573-336
TELEX: 21-361

TEP — Zagreb, Vrapče
Oranički odvojak 18

Vijesti iz elektroprivrede

UTVRĐIVANJE REZERVI UGLJENA U HRVATSKOJ

Današnja energetska situacija na području Hrvatske vrlo je nepovoljna i za uklapanje deficitarnosti valja pristupiti iskorištenju svih raspoloživih izvora energije. Uz snagu rijeka, prije svega Drave i Save, te proširenog uvođenja tekućeg goriva u oblast energetike, i ugljen predstavlja vrijedan izvor energije. Nakon masovnog zatvaranja rudnika prije deset godina u Hrvatskom Zagorju, Podravini, Istri i Dalmaciji, danas se ponovno orijentira na ugljena nalazišta. Naime, prije nekoliko godina u SR Hrvatskoj je donesen Zakon o supstituciji po kojem je zatvoren veći broj rudnika lignita i mrkog ugljena. Energetskom krizom, ne samo u našoj zemlji nego i u svijetu, stvoreno je drukčije mišljenje što se tiče ekonomičnosti ugljena, osobito za proizvodnju električne energije.

Istražni radovi

Izvršno vijeće Sabora SRH nedavno je dalo grubu ocjenu o istražnim radovima, koristeći se pri tome stručnim sudom najmjerodavnijih: Saveza rudarskih, geoloških i metalurških inženjera i tehničara Hrvatske, Privredne komore Hrvatske — savjet za energetiku. Prema toj ocjeni Hrvatska je što se tiče ugljena dosta neistražena, ali i ono malo što je istraženo upućuje na značajne rezerve. To se posebno odnosi na lignit čija bi eksploatacija mogla biti povoljnija od one u dosadašnjim ugljenokopima. To potvrđuju i nalazi poduzeća »Rudar« kod Vrgin Mosta, gdje su utvrđene debele naslage ugljena na malim dubinama, tako da bi se površinskim kopom moglo osigurati gorivo za termoelektranu snage i preko 100 MW.

Bušači »Naftaplina« u traženju nafte i plina, utvrdili su da u dravskoj i u savskoj dolini slojevi lignita dosižu debljinu i do 100 m, pa na ovom području valja proširiti istražne radove.

Na istražnim radovima na području Bukovice, sjeverna Dalmacija, kod Biovčeva sela, utvrđene su rezerve od oko 3,5 milijuna tona lignita. I tu bi se mogla izgraditi termoelektrana snage 100 MW.

I nedaleko Splita, na Raduši, utvrđene su rezerve od 5,5 milijuna tona lignita.

Najuspješnija ispitivanja izvršena su na području Istarskih ugljenokopa »Raša«. Uložena su znatna financijska sredstva u istraživanje novih nalazišta na potezu Ripenda — Plomin. Računa se na rezerve od oko 7 milijuna tona kamenog ugljena, samo na dužini od 2,5 km. Što se ide dalje prema Učki ugljena je sve više. Stoga se nastavljaju istraživanja toga područja. Glavni nosilac radova je »Elektroprivreda« Rijeka.

Rudari su već počeli probijanje podzemnih hodnika, a planirano je da se početkom 1977. pristupi eksploataciji novog rudnika Ripenda. Istovremeno se radi na izradi projekta TE Plomin II, instalirane snage 150 MW. Ova elektrana opskrbljavat će električnom energijom konzum većeg dijela Hrvatske: industrijskog dijela područja Dalmacije, Gorskog Kotara i industrijskih centara sve do Zagreba.

Da bi se definitivno utvrdilo kolike su rezerve ugljena u SR Hrvatskoj valja pristupiti sistematskim i kompleksnim istraživanjima, te izraditi temeljite energetske i ekonomske analize.

Smatra se da je elektroprivreda najveći potrošač ugljena za pogon termoelektrana, pa ona mora učestvovati u glavnim istraživanjima, prvenstveno na područjima gdje je planirana izgradnja elektroenergetskih objekata.

Savjet za naučni rad SR Hrvatske vjerojatno će financirati izradu studije o izgledima proizvodnje ugljena i nalazišta urana u Hrvatskoj. U vezi s traženjem ugljena donesen je zaključak da se pristupi i traženju urana — goriva za buduću nuklearnu elektranu u Jugoslaviji.

Ako nalazi budu povoljni, operativne poslove eksploatacije ugljena treba da preuzme koordinacioni odbor u kojem bi bili zastupljeni predstavnici Privredne komore SRH, elektroprivreda Hrvatske, rudarske organizacije i ostali nadležni organi i interesne zajednice.

I. R.

KONDENZATORSKE BATERIJE

Na osnovi licitacionog elaborata bila je raspisana međunarodna licitacija za isporuku kondenzatorskih baterija. Najbolje uvjete ponudila je firma AEG-ASEA s kojom je zaključen ugovor. Na osnovi ovog programa slijedeće TS 110/35 (30) kV moraju dobiti kondenzatorske baterije:

TS 220/110 kV Mraclin	50 MVAr
TS 110/30 kV Resnik	20 ,,
TS 110/30 kV Rakitje	12 ,,
TS 110/35 kV Nedeljanec	8 ,,
TS 110/35 kV Zabok	8 ,,
TS 110/35 kV Bjelovar	8 ,,
TS 110/35 kV Karlovac	8 ,,
TS 110/35 kV Ivanić	8 ,,
TS 110/35 kV Virovitica	8 ,,

Investiciona vrijednost opreme iznosi 13.745.307 dinara, a građevinskih i elektromontažnih radova oko 33.000.000 dinara.

Kako će dobavljač isporučiti baterije u 1975. godini, potrebno je, u tom vrlo kratkom vremenu, izvršiti projektantske i ostale građevno-elektromontažne radove. S obzirom na angažiranost projektantskih kapaciteta projektnih organizacija moglo bi doći do zastoja na ovom programu.

DISPEČERSKI CENTAR — RASPISANA LICITACIJA

U prosincu 1974. raspisana je licitacija, sa završetkom 10. travnja ove godine, za sustav daljinskog nadzora, upravljanja i dispečiranja postrojenja u prijenosnoj mreži 110, 220 i 380 kV SRH.

Prema elaboratu predviđa se jedan republički dispečerski centar (RDC) u Zagrebu, a na području regije Zagreb tri niža centra daljinskog upravljanja (CDU) i po jedan centar u Splitu, Rijeci i Osijeku.

Osnovni zadaci RDC-a su ekonomski dispečing, nadzor i upravljanje mrežom 380 i 220 kV, nadzor dijela 110 kV mreže, regulacija frekvencija-snaga, kontrola sigurnosti mreže.

Osnovni zadaci centra nižeg nivoa CDU su operativno vođenje i nadzor mreže područja, kao i optimizacija slivova.

Nadzor i upravljanje 35 kV vodova prenio bi se po ovom programu na distributivna poduzeća.

Ukoliko bi ova licitacija uspjela s obzirom na značaj koji se pridaje RDC-u i osigurana sredstva, može se računati da će se kroz naredne 3—4 godine ovaj sustav u potpunosti pustiti u rad.

»Elektroprenos - 63«

POČETAK GRADNJE HE ZAKUČAC II

Rebalansom petogodišnjeg plana izgradnje elektroenergetskih objekata u Hrvatskoj obuhvaćena je i gradnja HE Zakučac II, što u stvari predstavlja drugu fazu izgradnje HE Zakučac I.

Prema izrađenoj tehničkoj dokumentaciji stručnjaka »Elektroprojekta« iz Zagreba, u drugoj fazi će se montirati dva agregata, ukupne instalirane snage 260 MW.

He Zakučac II koristit će vode akumulacija: Peruće oko 520 hm^3, Buškog Blata 800 hm^3 i Prančevića 5 hm^3.

Glavni energetski podaci novog postrojenja su:

— dovodni tunel, promjera 6,5 m i dužine 9,5 km,
— dva tlačna vertikalna cjevovoda, promjera 3,70 m, a dužine po 230 m.

U postojećoj podzemnoj strojarnici montirat će se dvije Francisove turbine, snage po 130 MW, i protoka po 60 m^3/sek.

Nakon izvršenih priprema pristupljeno je gradnji glavnih građevnih objekata. Glavni izvođač je poduzeće »Konstruktor« iz Splita. U ovoj godini počeli su radovi na proširenju i uređenju pristupnog tunela u Gatama. Do kraja travnja završeno je oko 50 posto radova na iskopu vodne komore. U završnoj su fazi pripreme za gradnju dovodnog tunela, tako da će se uskoro pristupiti bušenju tunela u punom profilu.

Investitor je još prošle godine raspisao licitaciju na kojoj je izabran isporučitelj glavne opreme.

Dva generatora i dva transformatora, te rasklopno postrojenje s montažom, isporučila je tvornica »Rade Končar«. Investitor je tvornici »Litostroj« povjerio izradu i montažu dviju turbina s predturbinskim i leptirastim zatvaračima. Na izradi i montaži tlačnog cjevovoda radit će stručnjaci poduzeća »Metalna« iz Maribora.

Predviđeno je da prvi agregat bude stavljen u pogon do 31. prosinca 1977. a drugi do 1. rujna 1978. godine.

I. R.

HE ĐERDAP II

Jugoslavenska i rumunjska Mješovita komisija za »HE Đerdap« sporazumjele su se o gradnji HE Đerdap II. Mjesto nove hidroelektrane bilo bi 80 km nizvodno od današnje HE Đerdap I. Pripremni radovi počeli bi potkraj ove godine.

Glavni objekt čine dvije hidroelektrane, dvije brodske prevodnice i dvije neprelivne brane. Prema idejnom projektu HE Đerdap II raspolagat će s instaliranom snagom 432 MW i godišnjom proizvodnjom od dvije milijarde i 600 milijuna kWh električne energije.

Brodske prevodnice bit će istih dimenzija kao i kod HE Đerdap I, pa će biti pogodne za riječno-morske brodove i do 5000 tona nosivosti.

Naša poduzeća izvest će radove zaštite obalnog pojasa HE Đerdap I HE Đerdap II. Rumunji će izgraditi glavni objekt HE Đerdap II, a naše elektroprivredne organizacije će nabaviti i montirati agregate.

Planirano je da nova đerdapska hidroelektrana bude gotova do 1983. godine.

I. R.

SEMINAR »JUREMA 75«

U okviru Proljetnog zagrebačkog velesajma održan je od 22. do 26. travnja ove godine »XX međunarodni seminar JUREMA 75«. Seminar je izazvao veliko zanimanje naših i inozemnih stručnjaka koji se bave problematikom razvoja i primjene mjerenja i regulacije, te automatskog vođenja pogona, teorije sistema i kibernetike. Stručnjaci iz Jugoslavije i 12 evropskih zemalja održali su 179 predavanja. Seminaru je prisustvovalo oko 300 stručnjaka. Predavači su bili iz svih naših republika, kao i stručnjaci iz drugih država.

Posebno su organizirana predavanja pod nazivom »I. skup o nastavi mjerenja, automatike i teorije sistema«. Stručnjaci iz industrije osvrnuli su se na pitanje nastave i izobrazbe kadrova koji neposredno rade na zadacima mjerenja i automatike, projektiranja i održavanja. Na skupu je naglašena važnost laboratorijskog i praktičnog rada tijekom školovanja, pa i ubuduće na sličnim skupovima valja sistematski raspravljati o toj problematici.

U isto vrijeme održana je i međunarodna izložba uređaja i instrumenata mjerne i regulacione tehnike i automatizacije.

Na seminaru je izneseno više prijedloga korisnih za rad JUREME. Zaključeno je da se »XXI međunarodna priredba JUREMA 76« održi u Zagrebu od 19. — 13. travnja 1976.

I. R.

PLAN INVESTICIJA OOUR-a »ELEKTRE« ZAGREB

Sve Osnovne organizacije udruženog rada u sastavu poduzeća »Elektra« Zagreb usvojili su investicione planove za 1975. godinu.

U »Elektri« Bjelovar investiciona ulaganja u ovoj godini su oko 13,466 milijuna dinara. Najveći dio investicija osiguran je iz vlastitih fondova. Korišten je i kredit od 2,216 milijuna dinara, koji će se utrošiti za gradnju TS 35/10 kV Bjelovar III. Građevni dio ove transformatorske stanice bit će završen ove godine, a cijela stanica u 1976.

Nova TS Bjelovar III s 35 kV kabelom bit će spojena s postojećim transformatorskim stanicama Bjelovar I i Bjelovar II. Na taj način će se oko Bjelovara stvoriti 35 kV prsten što će znatno poboljšati elektroenergetsku situaciju toga područja.

Dio investicija koristit će se za rekonstrukciju i proširenje niskonaponske mreže, naročito seoskih, te izmjenu vodiča na niskonaponskim mrežama.

U »Elektri« Čakovec planirane investicije iznose oko 14,660 milijuna dinara. Plan obuhvaća rekonstrukciju i gradnju 35 kV prijenosnih postrojenja, a najznačajnije je gradnja TS 35/10 kV Dekanovec. U programu je i gradnja većeg broja TS 10/0,4 kV i vodova, kao i rekonstrukcija niskonaponske mreže. Proširit će se vozni park nabavkom teretnih i osobnih vozila.

U »Elektri« Čakovec se velika pažnja posvećuje tehničkom i tehnološkom napretku u distribuciji električne energije i u tu su svrhu izdvojena znatna sredstva za izradu studija i istraživanja.

U »Elektri« Koprivnica ovogodišnja investiciona ulaganja od 40,081 milijun dinara uglavnom će se utrošiti za završne radove TS 110/35 kV Virovitica i početak gradnje — prve etape TS 110/35 kV Ludbreg. Ovi objekti su značajni za konzum sjeverne Hrvatske, jer garantiraju čvrstu naponsku točku, sigurnost pogona i kvalitetniju opskrbu potrošača. Izvest će se i rekonstrukcija postojeće 10 kV i niskonaponske mreže.

Magistralni 10 kV vodovi za seosku potrošnju bit će građeni na željezno-rešetkastim stupovima i pojačani za 20 kV napon. Za neke pogone nabavit će se nova mehanizacija i graditi poslovna zgrada sa skladištem i radionicom u Đurđevcu. Ove godine započet će radovi na uvođenju tonfrekventne komande i na kompenzaciji jalove energije. Za kompenzaciju jalove energije predviđena su veća sredstva kako bi se ona što više smanjila, poboljšao napon i propusna moć postrojenja.

Sve investicione zahvate uglavnom izvode radnici »Elektre« Koprivnica, osim gradnje TS 110 kV i vodova sa željezno-rešetkastim stupovima što će ih izvesti »Dalekovod«.

U »Elektri« Križ je odobren investicioni plan u iznosu od oko 51,864 milijuna dinara. Najznačajniji objekti koji će se graditi u ovoj godini su dalekovod 35 kV Međurić — Daruvar i transformatorske stanice 35/10 kV u Kutini i Križu. Nadalje, planirana je rekonstrukcija TS 10/0,4 kV, niskonaponske mreže i izgradnja poslovnih prostorija u Križu.

»Elektra« u Križevcima za 1975. godinu raspolaže s financijskim sredstvima od oko 8,3 milijuna dinara koja će se upotrijebiti uglavnom za interpolacije TS 10/0,4 kV i za radove na izgradnji nove TS 110/35 kV Križevci, te za proširenje poslovnog prostora.

Za TS 110/35 kV Križevci investicije u visini od oko 30% osigurat će »Elektra«, dok će ostali dio dati »Elektroprivreda« Zagreb, križevačke privredne organizacije i banke. U rujnu će započeti gradnja dalekovoda 110 kV Križevci — Koprivnica. Dalekovod će biti dovršen do ožujka 1976. a cijeli objekt u 1977. godini.

»Elektra« Zabok. Planirane investicije iznose oko 32,28 milijuna dinara. Sredstva će se prvenstveno uložiti za uvođenje suvremene mehanizacije po pogonima, gradnju pogonske zgrade u Donjoj Stubici, i UKV uređaja, zatim rekonstrukcija postrojenja u vezi s prelaskom na 35 kV napon, rekonstrukcija TS 35/10 kV Zlatar-Bistrica, interpolaciju DV 110 kV Zabok — Krapina — Straža u postojeću 30 kV mrežu i rekonstrukciju niskonaponske mreže.

U »Elektri« Varaždin iznos od 70 milijuna dinara investirat će se u razne objekte u prijenosnoj mreži varaždinske regije. Od ovog iznosa 11 milijuna dinara otpada na zaostale investicije. Gradnja novog dispečerskog centra u Varaždinu koji će se graditi spada u red najznačajnijih objekata. Nadalje, planirana je izgradnja dalekovoda 110 kV Nedeljanec — Varaždin i dalekovoda 10 kV Varaždin — Vinica. Jedan dio sredstava uložit će se za modernizaciju opreme i zamjenu voznog parka. Vršit će se pripreme za gradnju TS 35/10 kV u Varaždinskim Toplicama i dalekovoda 35 kV Varaždin — Varaždinske Toplice.

U »Elektri Zagreb planirana su ukupna sredstva za investiranje u 1975. godini u iznosu oko 290,94 milijuna dinara. Najveći dio sredstava oko 60% osigurava »Elektra« iz svojih vlastitih fondova, te 9% iz doprinosa za sanaciju mreže, a 31% su kreditna sredstva.

Najveći dio investicija koristit će osnovne organizacije udruženog rada koje su udružene u »Elektru« Zagreb pa će svota od oko 287 milijuna dinara biti raspoređena prema njihovim stvarnim potrebama.

Iz kredita će se financirati u OOUR-a Distribucija električne energija gradnja TS 110 kV i izgradnja mreže Zagreb — Zapad, zatim TS 30/10 kV Žitnjak i kabelski vod Toplana — Žitnjak II i TS 30/10 kV Uklopna I. U planu je djelomična rekonstrukcija poslovne zgrade u Gundulićevoj ulici.

Ovogodišnje investicije »Elektre« Zagreb, oko 191,5 milijun dinara, uložiti će se za modernizaciju, rekonstrukciju i proširenje distributivne mreže na užem i širem zagrebačkom području.

Sve brojčane vrijednosti izražene su u novim dinarima.

Podaci: Plan investicionih ulaganja »Elektre« Zagreb za 1975. godinu.

I. R

Nove knjige

Kolektiv autora: **ERFASSUNG UND AUSWIRKUNGEN VON LUFTVERUNREINIGUNGEN.** VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1972. 184 strana s puno tablica, grafikona i slika. Cijena: 8,80 M.

Kao i u drugim industrijaliziranim zemljama, tako se i u Njemačkoj Demokratskoj Republici sve više pažnje posvećuje ekološkim problemima. Zato je nakladna kuća VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie iz Leipziga počela izdavati posebnu seriju knjiga posvećenu ekološkoj tematici, pod naslovom »zaštita čovjekove okoline i tehnika« (»Technik und Umweltschutz«). Prikazano djelo je druga knjiga ove serije. Ona sadrži zbir predavanja o higijeni zraka, što su održana na 3. kolokviju Istočnonjemačkog društva za goriva i tehniku sagorijevanja (»Brennstofftechnische Gesellschaft der DDR«).

Većina radova objavljenih u ovoj knjizi posvećena je pitanjima koja spadaju u uži tematski krug »energetika-okruženje«. Tako npr. autori triju članaka opisuju mjerenja i analize koncentracije SO_2 u Čehoslovačkoj i DR Njemačkoj. Neki drugi radovi se bave problemima općeg zagađivanja zraka, kao i zagađivanjem zraka s 3,4-benzypren-om i prašinom. U dva članka se razmatra utjecaj zagađivanja okoline na čovjekovo zdravlje, posebno uloga kancerogenih faktora.

Druge teme su povećanje efikasnosti električnih filtera u elektranama, reduciranje štetnih emisija kod postrojenja za mješanje bitumena, sprečavanje korozije materijala izloženog raznim imisijama, kao i problem smanjivanja ukupnih emisija u naseljima supstitucijom upotrebljenog goriva za grijanje prostorija.

Za malu cijenu ova brošura pruža široku paletu korisnih informacija i sugestija za poboljšanje naše ekološke situacije, posebno s aspekta energetike.

S. Gehrecke

Kolektiv autora: **TECHNOLOGIE DER ABWASSERREINIGUNG UND EMISSIONSKONTROLLE DER LUFT.** VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1973. 171 strana s puno tablica, grafikona i slika. Cijena: 8,20 M.

Treća knjiga nove istočnonjemačke ekološke serije »Technik und Umweltschutz« posvećena je tehnologiji prečišćavanja otpadnih voda kao i tehnici kontrole zagađenosti zraka. Iz oblasti prečišćavanja otpadnih voda obrađene su ove teme:

— Tehnološki principi prečišćavanja otpadnih voda u primarnoj preradi nafte kao i u petrokemiji;
— Tehnološki aspekt biološkog prečišćavanja vode;
— Prečišćavanje otpadnih voda iz procesa petrokemijske sinteze;
— Iskustva s upotrebom recirkulatora u petrokemijskoj industriji;
— Mogućnosti prečišćavanja otpadnih voda u proizvodnji poliestera.

Problematiku zagađenosti zraka tretiraju slijedeća tri rada:

— Ekonomski eksperiment održavanja čistoće zraka u kotaru Halle (NDR);
— Mogućnosti registriranja i kontroliranja prašinastih i plinovitih emisija aparatima;
— Utjecaj meteoroloških konstelacija na koncentraciju SO_2 u atmosferi.

Ova brošura iz Istočne Njemačke prezentira široko praktično iskustvo iz oblasti zaštite čovjekove sredine.

S. Gehrecke

Grupa autora: **TASCHENBUCH DER INFORMATIK,** Band 3, Anwendungen und spezielle Systeme der Nachrichten. Verarbeitung, Redakcija T. Heinemann, Izdavač Springer Verlag, Berlin — Heidelberg — New York; opseg 463 strane, 302 slike. Cijena uvezanog DM 57.—, US Dolara 23.30.

Ovo je treća i posljednja knjiga ovog opsežnog i vrlo sistematski sastavljenog djela. O prva dva dijela izvjestili smo u broju 9—10, 1974. ovog časopisa. Treći dio se bavi primjenom obrade podataka u tri grupe problema: komercijalnih, tehničko naučnih i procesnih. Obrađena materija podijeljena je u 6 poglavlja čije se oznake nastavljaju iz 2 dijela.

U poglavlju 10. govori se o obradi podataka u komercijalne svrhe. Opisani su sistemi obrade, te primjene kod upravljanja, kupovanja, upravljanja skladištem, trgovanja, proizvodnje, evidencije osoblja i slično. Govori se također o organizaciji banke podataka i strojnoj dokumentaciji.

O primjeni obrade podataka u nauci i tehnici raspravlja se u 11 poglavlja. Navode se analize u procesu stvaranja konstrukcije, upotreba u razvoju konstrukcija, te odgovarajuće metode i uređaji.

Upotreba u procesnoj tehnici navedena je u poglavlju 12. U posebnim potpoglavljima opisane su grupe uređaja, elementi programiranja, zadaci i koncepcije rješenja. Nadalje se govori o upravljanju strojevima, brojčano upravljanje crtačim automatima, upravljanje u prometu te upravljanje u industriji. Poglavlje završava digitalnom obradom signala.

U 13. su poglavlju obuhvaćeni specijalni zadaci obrade podataka. Kao prvo opisane su metode obrade crteža pomoću digitalnog elektroničkog računala, struktura tehničkih sistema za prepoznavanje, model vjerojatnosti, procesori za obradu slika i uzoraka, numerički postupak za procjenu raznolikosti znakova, optičko učitavanje crteža i postupci za oslikavanje.

Nadalje je u ovom poglavlju obrađeno automatsko raspoznavanje jezika i sintetički jezik, te automatska obrada prirodnih i formalnih jezika.

Poglavlje 14 posvećeno je prijenosu podataka, gdje je uz osnovne pojmove pregledno dana tehnika prijenosa, modulacioni postupak, djelovanje vanjskih utjecaja na osobine prijenosnih sistema podataka i na kraju daljinska obrada podataka.

Posljednje, 15. poglavlje, ovog cijelog djela obuhvaća problem obrade informacija u čovjeka (organi mišljenja, prijenos podataka putem živaca, centralni i živčani sistem).

Kao što se iz ovog kratkog prikaza vidi, ovo je djelo obuhvatilo uistinu kompleksno cijelu problematiku obrade podataka i to vrlo pregledno i sistematski, pa se njime mogu služiti stručnjaci vrlo raznolikog profila. Kao i u prva dva dijela i ovdje je iza svakog obrađenog odsječka dan opširan pregled odgovarajuće literature.

B. Markovčić

Kolektiv autora: **ÖKONOMIK DER ENERGIEWIRTSCHAFT.** VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1972. 236 strana, 81 slika i 17 tablica.

Ova knjiga, koja se ove godine javila na tržištu u prvom izdanju, predviđena je kao udžbenik ekonomije za mlade kadrove u energetskim privrednim granama, naročito u elektroprivredi i u rudnicima. Autori su nastojali da učenicima daju primjer kako se opća načela ekonomije mogu uspješno primijeniti na specifične prilike energetskih privrednih grana. U uvodu se govori o položaju energetskih grana u

složenom sistemu cjelokupne privrede, a naredna poglavlja o planiranju i upravljanju procesom, organizacije proizvodnje, racionalnom gospodarenju materijalom i osnovnim sredstvima, problematici radne snage, kao i knjigovodstvenoj praksi u tim granama. Knjiga je pisana za učenike u privredi i srednje ekonomske i tehničke škole, a može se i upotrijebiti za učenike u privredi energetskih grana.

S. Gehrecke

Rieger-Fischer: **DER FREILEITUNGSBAU,** drugo potpuno prerađeno izdanje. Izdavač Springer-Verlag, Berlin — Heidelberg — New York 1975, 322 strane, 155 slika. Uvezano DM 98.—, US Dolara 40,20.

Nakon prvog izdanja ove knjige 1960. godine, tehnika gradnje vodova dalje se razvijala, a izašli su i novi propisi i smjernice, što je tražilo da se knjiga preuredi. Knjiga ima ukupno 8 poglavlja, a završava bogatim popisom literature.

U prvom se poglavlju govori općenito o pristupu gradnji nadzemnog voda počevši od odabiranja trase, trasiranja, geodetskih radova, odabiranja stupova i određivanja stupnih mjesta. Ovdje je obrađen i proračun provjesa, položaj užeta i sigurnosni razmaci.

Drugo polavlje je posvećeno žicama i užetima. Tu se govori o materijalu i konstrukciji užeta.

O izolatorima, njihovom materijalu i obliku, kao i o dimenzioniranju za određene napone, govori se u četvrtom poglavlju. Dotaknuto je i pitanje ispitivanja vodova.

Posebno poglavlje-četvrto, posvećeno je armaturama, stezaljakama i prigušivačima vibracija. Vrlo je pregledno dana njihova konstrukcija i opisana uloga u gradnji nadzemnih vodova.

Problem uzemljenja i zaštite od groma dotaknut je u petom poglavlju samo na nekoliko strana, vezan naravno potpuno na VDE propise.

Šesto poglavlje se bavi konstrukcijom stupova dalekovoda (drvenim, betonskim i čeličnim). Poglavlje je opsežno, jer se detaljno obrađuju proračuni uzimajući u obzir i rad na elektroničkim računalima.

Fundiranju stupova posvećena je u ovoj knjizi velika pažnja, pa o ovom problemu govori pretposljednje, 7. poglavlje, na 60. stranici.

Posljednje, 8. poglavlje, bavi se montažom nadzemnih vodova, opisujući sve važne faze montaže.

Kao što se iz ovog kratkog sadržaja vidi, knjiga je posvećena isključivo problematici mehaničkog dijela projektiranja i gradnje dalekovoda, pa kao takva, zbog svoje preglednosti, može poslužiti kao odličan priručnik praktičarima i studentima.

B. Markovčić

Kolektiv autora: **LARMBEKAMPFUNG-HUMANISTISCHES ANLIEGEN UND GESELLSCHAFTLICHE VERPFLICHTUNG.** Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1973. Cijena 8,50 M.

Četvrta knjiga istočnonjemačke serije »Tehnika i zaštita čovjekove okoline« posvećena je zaštiti od buke. Od 29. svibnja do 2. lipnja se u Dresdenu održao VII međunarodni kongres Internacionalne asocijacije protiv buke AICB (Association internationale centre le bruit), a referati su otisnuti upravo u ovoj brošuri. Teme su slijedeće:

— Borba protiv buke- humana obveza i društveni zadatak (Junghans).
— Medicinsko-fiziološki rezultati istraživanja utjecaja buke (Klosterkötter).
— Oštećenja sluha kod radnika izloženih buci (Dieroff).
— Oštećenja sluha u bugarskoj industriji (Apostolov).
— Metode mjerenja buke (Odin).
— Određivanje utjecaja buke na sluh (Kraak).
— Suvremene metode mjerenja na području zaštite od buke (Scechey).
— Arhitektonsko-građevinski zahtjevi zaštite od buke (Fasold).
— Potrebe zaštite od buke u stambenoj izgradnji (Lang).
— Zaštita od buke na radnom mjestu kao projektanski zadatak (Schirmer).
— Metode dokazivanja utjecaja buke na čovjekove umno-tjelesne radnje (Rentzsch).
— Smanjenje buke u građevinarstvu (Zaborov--Kljačko).
— Kontrolni sistem za mjerenje buke cestovnih vozila (Connell).
— Smanjenje buke gradskog prometa (Bruckmayer).
— Nova metoda mjerenja buke prometa (Stuhrmann).
— Tolerancije avionske buke (Grandjean).
— Određivanje bučnih zona oko aerodroma (Hilscher).
— Rezultati diskusije (Junghans).

S. Gehrecke

ISPRAVAK

U broju 5 - 6, u članku inž. Josipa Lakote: Automatizacija u termoelektranama (2. dio) pogrešno je otisnut tekst ispod slike 10.
Pravilan tekst glasi:

Zavisnost dozvoljenih brzina promjene broja okretaja dn/dt
i dozvoljenih brzina promjene snage dP/dt
o temperaturnim razlikama $\Delta\vartheta$.
Pozitivni iznosi $\Delta\vartheta$ odgovaraju padu temperature od unutrašnje prema vanjskoj stijenki zida kućišta.

HIDROFORI »RADE KONČAR«

Primjena

Primjena hidroforskih postrojenja je svestrana. Hidrofori s kotlovima zapremine 90, 130 i 180 litara upotrebljavaju se za opskrbu vodom manjih stambenih zgrada i pojedinih domaćinstava, iz bunara, cisterne, odnosno kada je tlak u cjevovodu prenizak. Mogu povući vodu iz dubine do 7 metara ispod ulaznog otvora pumpe.

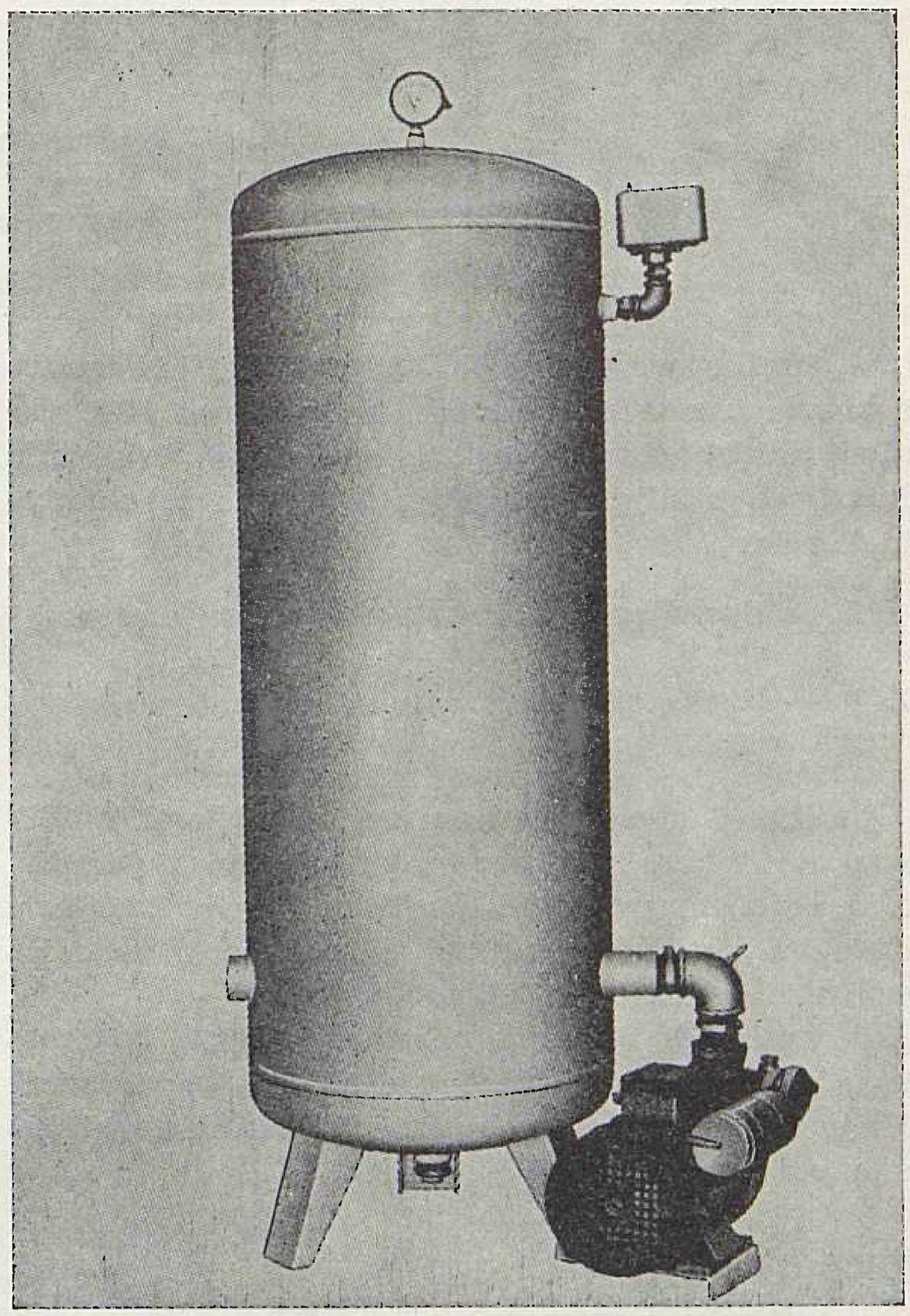
Opis

Hidroforska postrojenja izrađena su prema standardu JUS M. E2.100. Sastoje se od tlačnog kotla s odgovarajućom opremom (tlačna sklopka i manometar) pumpnog agregata (vrtložna pumpa i elektromotor). Tlačni kotao je izrađen od čeličnog lima, a s unutrašnje i vanjske strane presvučen je tankim slojem plastične mase. Plastificiranje je najnoviji postupak, gdje je unutrašnja i vanjska dekorativna zaštita ujedno zaštita protiv korozije, a otporna je i na razne kemijske sastojke koji se nalaze u vodi.

Svi hidrofori navedeni u tablici imaju pumpe projektirane i ispitane u Elektrotehničkom institutu »Rade Končar«. Tehničke i eksploatacione karakteristike su prilagođene potrebama domaćeg i inozemnog tržišta.

Karakteristike agregata su:

— mala težina, male dimenzije,
— osiguravaju normalan rad i dobavu vode i kod sniženog napona i do 170 V,
— mogućnost rada na mjestima s mnogo prašine, vlage kao i na otvorenom prostoru,
— dozvoljena temperatura vode je 80°C, pa čak i više. Kod više temperature opada usisna visina.



Izbor hidrofora

Izbor odgovarajućeg tipa hidrofora ovisi o postojećoj električnoj mreži i naponu mreže (trofazna mreža 3 × 380 V ili 3 × 220 V, ili jednofazna mreža 220 V), o prosječnoj dnevnoj potrošnji vode i o potrebnoj manometarskoj visini (visini dizanja vode).

Tehničke karakteristike hidrofora

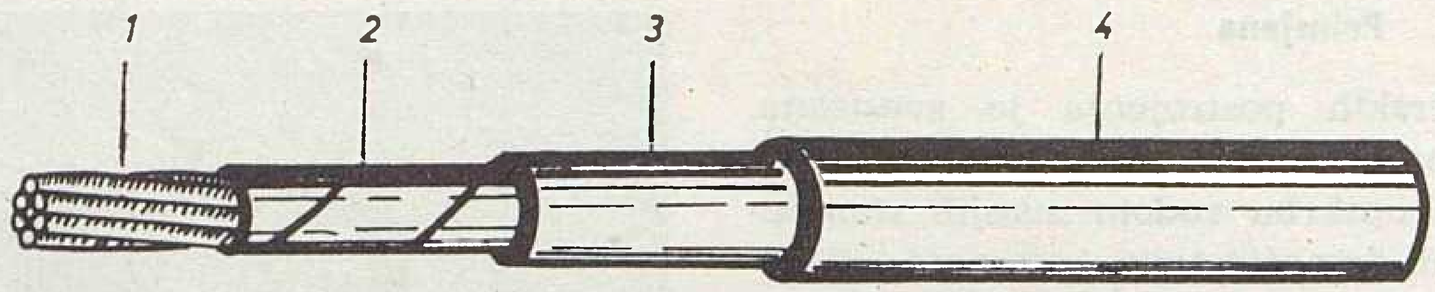
Tip hidrofora	Zapremina lit.	Gabarit		Najveći dozvoljeni tlak AT	Protok lit/min	Visina dizajna H M V'ST	Vrsta struje[1]	Snaga KW	Težina kp
		Visina H mm	Promjer D mm						
HMV1-90	90	880	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	43
HMV2-90	90	880	400	4	20—60	50—15	jednofaz.	0,75	46
HTV2-90	90	880	400		20—60	50—15	trofazna	0,75	46
HMV1-130	130	1210	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	51
HMV2-130	130	1210	400		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	54
HTV2-130	130	1210	400	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	54
HMV3-130	130	1210	400		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	55
HTV3-130	130	1210	400		42—78	30—10	trofazna	1,1	55
HMV1-180	180	1310	450		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	59
HMV2-180	180	1310	450		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	62
HTV2-180	180	1310	450	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	62
HMV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	63
HTV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	trofazna	1,1	63

[1] Pumpni agregati VPM imaju jednofazne motore za napon 220 V, 50 Hz
Pumpni agregati VPT imaju trofazne motore za napon 3×380 V (prespojivi na 3×220 V) 50 Hz

ELKA

TVORNICA ELEKTRIČNHH KABELA ZAGREB — JUGOSLAVIJA

LOKOMOTIVSKI KABELI



1 — bakreni pokositreni finožični vodič; 2 — poliester folija; 3 — gumena izolacija na bazi etilen-propilen kaučuka; 4 — policloroprenski plašt;

Od početka ove godine ELKA proizvodi lokomotivske kabele prema međunarodnim propisima UIC 895.

Ovi prosisi, čiju važnost priznaju sve najvažnije industrijske zemlje, predviđaju dva tipa lokomotivskih kabela:

BT — tipska oznaka kabela za nazivni napon 750 V,

HT — tipska oznaka kabela za nazivni napon 3000 V.

Oba tipa kabela izrađena su od najkvalitetnijih materijala i time osiguravaju dugotrajan i pouzdan rad u najtežim uvjetima, onakvim kakvi vladaju u tračničkim vozilima općenito, a posebno u električnim i dizel-električnim lokomotivama.

ELKA proizvodi oba tipa visokokvalitetnih lokomotivskih kabela, u dimenzijama od 1,5 do 185 mm², kako je to označeno u priloženim tablicama konstruktivnih podataka.

KABEL BT — 750 V

— Tipska oznaka	BT
— Standard	UIC 895/70
— Nazivni napon	750 V
— Ispitni napon	2000 V
— Boja plašta	crna
— Termička klasa izolacije	85° C

KABEL HT — 3000 V

— Tipska oznaka	HT
— Standard	UIC 895/70
— Nazivni napon	3000 V
— Ispitni napon	12000 V
— Boja plašta	žuta
— Termička klasa izolacije	85° C

1. Bakreni pokositreni finožični vodič
2. Izolacija od EPR — gumene mješavine
3. Plašt od polikloroprena.

PODRUČJE I MJESTO PRIMJENE:

Jakostrujne instalacije u tračničkim vozilima, trolejbusima i sličnim mjestima, gdje se traži kvalitetan i termički, mehanički i kemijski otporan energetski kabel velike savitljivosti.

ISPITIVANJA:

Vrlo rigorozna ispitivanja u toku proizvodnje, a posebno završna ispitivanja na gotovom kabelu, daju zajedno s visokom kvalitetom ugrađenog materijala i najmodernijim procesom proizvodnje, garanciju visoke kvalitete ovog našeg proizvoda.

KONSTRUKTIVNI PODACI LOKOMOTIVSKIH KABELA:

Presjek mm²	BT — 750 V			HT — 3000 V		
	Debljina izolacije mm	Debljina plašta mm	Vanjski promjer mm	Debljina izolacije mm	Debljina plašta mm	Vanjski promjer mm
1,5	0,8	1,0	5,7	2,6	1,4	10,0
2,5	0,9	1,0	6,3	2,6	1,4	10,5
4	1,0	1,0	7,3	2,6	1,4	11,3
6	1,0	1,0	7,9	2,6	1,4	11,8
10	1,2	1,0	9,5	2,6	1,4	13,2
16	1,2	1,2	11,1	2,6	1,5	14,5
25	1,4	1,4	13,5	2,6	1,7	16,5
35	1,4	1,4	15,1	2,6	1,7	18,1
50	1,4	1,4	17,0	2,8	1,7	20,6
70	1,5	1,5	19,1	2,8	1,7	22,2
95	1,7	1,5	21,3	3,0	1,8	24,6
120	1,8	1,6	24,0	3,1	1,8	27,0
150	2,0	1,6	26,0	3,1	2,0	29,0
185	2,2	1,7	28,5	3,2	2,0	31,1

B. Tokić, dipl. ing.

GOD. 24 (1975) energija BROJ 9—10

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

UTJECAJ PROMJENE NAPONA NA OPTEREĆENJA U ČVOROVIMA 110 kV

Boris Markovčić, Zagreb

Pri analizi prilika u elektroenergetskom sitsemu uzima se da opterećenja ostaju konstantna. Međutim, kod znatnih naponskih promjena treba uzeti u račun odgovarajuću promjenu opterećenja. Opisan je utjecaj tih promjena na prilike u mreži i mogućnosti realnijeg računanja prilika uzimajući u obzir promjene napona.

DK 621.316.1

U elektroprivrednoj je praksi često potrebno rekonstruirati neki pogonski događaj u sistemu. Račun se tada provodi na elektroničkom računalu, kako bi se zatim mogle izvršiti potrebne analize. To se događa redovito tada kad se radi o težim kvarovima i ispadima kojima je uobičajena posljedica znatno sniženje napona u sistemu ili nekom njegovu dijelu. Ispitivanje prilika kod sniženih napona dolazi u obzir i tada kad je potrebno ispitati rad sistema kod remonta ili ispada značajnih elektroenergetskih objekata i ustanoviti napone koji bi još bili pogonski snošljivi.

Ovakvi se zadaci kod nas često pojavljuju u okviru zadataka vezanih za analizu mogućnosti prijenosa električne energije, iz centralnog područja Jugoslavije na zapad, gdje, naročito u zagrebačkom području, vlada stalna nestašica jalove snge. Analizom prilika na elektorničkom računalu često su dobiveni naponi lošiji od onih koji su se pokazali u praksi ili pak iteracije računa nisu bile konvergentne. Iz tih se činjenica može bez sumnje zaključiti da postoje neke bitne razlike između stvarnih prilika u sistemu i upotrijebljenog matematičkog modela na temelju kojeg se provode računi na stroju.

Prilikom rekonstrukcije nekog pogonskog događaja svakako su kod nas odgovarajući podaci najveći problem.

Podaci o djelatnim i jalovim opterećenjima prilično su kompletni samo za karakteristične srijede u mjesecu, no i te se vrijednosti registriraju kao jednosatni prosjeci. Poteškoće koje nastaju prilikom uzimanja nekog podatka mogu se najbolje uočiti na konkretnom primjeru jednoga od pogonskih dijagrama učinjenog za opterećenje u TS Jarun 19. XII 1973. (sl. 1). Vrlo je teško donijeti ispravnu odluku o veličini nekog određenog opterećenja kod tolikih razlika u stepenicama dijagrama. Da li je npr. u 19 sati bilo opterećenje 22 MVA ili 46 MVA? Najvjerojatnije nešto treće.

Posebne poteškoće nastaju ako je u vrijeme analiziranog pogonskog događaja upravo neka veća proizvodna jedinica ulazila u pogon ili iz pogona, odnosno, općenito, ako se mijenjalo neko veće opterećenje. Prigodom kvarova upravo su takvi promjenljivi režimi česti, pa je teško registrirati stvarno stanje u mreži, što sigurno dovodi do osjetljivih netočnosti.

To su, međutim, problemi koji nas posebno tište s obzirom na organizaciju i opremljenost postrojenja. No kad oni i ne bi postojali, mnogi se pogonski događaji ne bi mogli vjerno rekonstruirati, naročito u pogledu naponskih prilika, jer programi na računalima ne uvažavaju regulacione efekte sistema ni po naponu ni po frekvenciji.

Općenito se za promjenu djelatne i jalove snage u odnosu prema promjeni napona i frekvencije može dati relacija:

$$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial U} \Delta U + \frac{\partial P}{\partial f} \Delta f$$

$$\Delta Q = \frac{\partial Q}{\partial U} \Delta U + \frac{\partial Q}{\partial f} \Delta f$$

Prvi članovi tih dviju jednadžbi izražavaju regulacioni efekt djelatne, odnosno jalove snage po naponu, a drugi članovi po frekvenciji.

Prilikom praktičkog računanja prilika u sistemu netočnosti se pojavljuju kod sniženih napona zbog zanemarenja promjene opterećenja s naponom, dok se frekvenciju može redovito smatrati konstantnom.

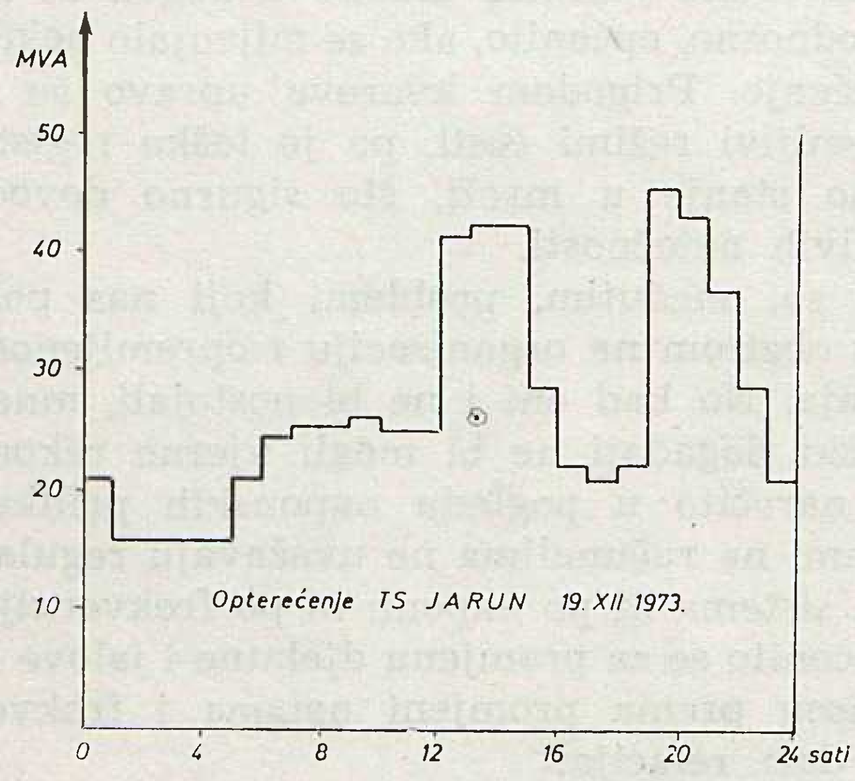
U daljnjem će se razmatranju pretpostaviti konstantnost frekvencije, pa se efekt samoregulacije sistema po frekvenciji neće uzimati u obzir. Prema tome se razmatranje svodi na pitanje konstantnosti, odnosno promjene djelatnog i jalovog

opterećenja pri promjeni napona u sistemu i utjecaj promjene opterećenja na naponske prilike.

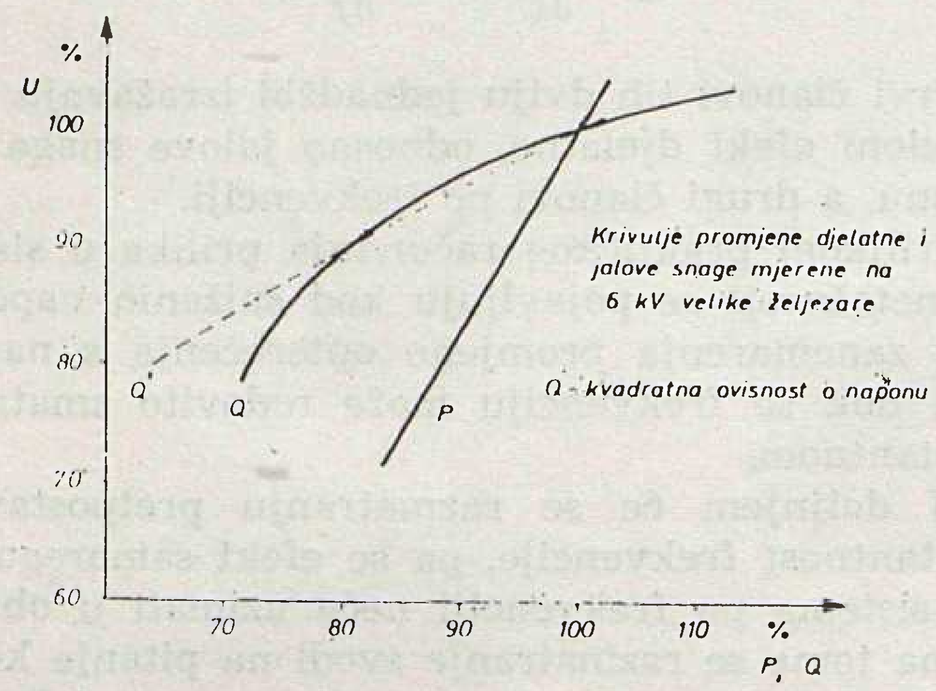
Različita trošila imaju različite statičke karakteristike, tj. ovisnost potroška djelatne P = f(U) i jalove snage Q = f(U) o naponu.

Djelatna snaga P koju uzimaju čisti termički potrošači mijenja se s kvadratom napona, a koju uzima rasvjeta s potencijom 1,5 ... 1,7. Kod asinhronih su motora promjene djelatne snage većinom neznatne (ovisno o tome što pokreću).

Jalovu snagu troše prvenstveno asinhroni motori i transformatori. Njiov se potrošak može podijeliti u dva dijela: jalovu snagu magnetiziranja i jalovu snagu gubitaka. Jalova snaga magnetiziranja (UI_μ) naročito je velika kod asinhronih motora, a njezina ovisnost o naponu vezana je krivuljom magnetiziranja. Jalova snaga gubitaka u rasipnim reaktancijama razmjerna je kvadratu opterećenja. Ona ima manje značenje za sinhrone motore, ali zato mnogo veće za transformatore. Treba istaknuti da jalovi gubici (razmjerni s I^2X) ne padaju s naponom, već naprotiv rastu. Tome su dva uzroka. Sniženjem napona, uz konstantno opterećenje, povećava se razmjerno struji, a jalovi gubici rastu s njezinim kvadratom. Povećani tok struje, osobito povećana jalova komponenta, još više snizuje napon, što u krajnjem slučaju može dovesti do naponskog sloma. Prema tome, asinhroni motori sniženjem napona smanjuju uzimanje jalove snage, a opterećeni transformatori je povećavaju.



Sl. 1.



Sl. 2.

Usmjerivači i elektrolučne peći imaju svoje posebne karakteristike, no o njima, kao rjeđim trošilima, neće ovdje biti govora.

Iz ovog se letimičnog pregleda razabire da su statičke karakteristike pojedinih trošila vrlo različite, pa je, prema tome, kompleksna statička karakteristika neke transformatorske stanice ovisna o zastupljenosti pojedinih vrsta trošila u njezinu pojnom području. Kako je pak zastupljenost različita prema sezonama i dobi dana (motori, grijanje, rasvjeta), mijenjaju se i karakteristike krivulja P = f(U) i Q = f(U). Općenito se ipak može reći da je u svim praktičnim slučajevima napajanja većeg područja mnogo jače izražena promjena jalove snage po naponu nego promjena djelatne. Kompleksne karakteristike snimljene na transformatorima viših naponskih nivoa strmije su od onih na nižim nivoima s istim konzumom, jer više dolazi do izražaja potrošak jalove snage ovisan o opterećenju, nego potrošak za potrebe magnetiziranja.

Na sl. 2. prikazana je, u postocima, ovisnost djelatne i jalove snage o naponu za veću željezaru (L1). Vrijednosti su mjerene na strani 6 kV.

Na sl. 3. prikazane su takve krivulje za kompleksni konzum široke potrošnje, mjerene na 15 kV, transformatorske stanice 60/15 kV (L3).

Karakteri krivulja Q = f(U) bitno se razlikuju. Dok bi se krivulja konzuma željezare mogla, barem oko nazivnog napona, aproksimirati krivuljom kvadratne ovisnosti, krivulja općeg konzuma prema sl. 3. čak traži odnos na potenciju veću od 3.

Ovisnost djelatne snage o naponu u oba je slučaja linearna, samo što je kod konzuma željezare nešto strmija.

S obzirom na promjenljivost i različitost karaktera statičkih karakteristika, u literaturi se predlažu različiti približni matematički izrazi pomoću kojh bi se mogle jednostavno aproksimirati stvarne krivulje.

a) Linearni odnos jalove i djelatne snage (L3) prema relaciji:

$$Q = A_1 + k_1 U$$
$$P = A_2 + k_2 U$$

gdje su $A_1 \cdot A_2 \cdot k_1$ i k_2 konstante.

Takvo bi približenje odgovaralo za male promjene napona oko nazivnog napona.

b) Kvadratni odnos također za Q i P (L2) prema relaciji $Q = k_p U^2$ $P = k_p U^2$ gdje su k_2 i k_p konstante.

Navedeni odnos pokazuje da je pretpostavljeno kao da se opterećenje sastoji od paralelnog otpora i prigušnice koji su dimenzionirani tako

da kod nazivnog napona uzimaju zadanu snagu opterećenja.

c) Naponska ovisnost opterećenja može biti također izražena prema ovim relacijama:

$$\left(\frac{U_1}{U_n}\right)^p = \frac{P_1}{P_n} \qquad \left(\frac{U_1}{U_n}\right)^q = \frac{Q_1}{Q_n},$$

gdje su P_n i Q_n odgovarajuće snage kod nazivnog napona, a P_1 i Q_1 kod nekon napona U_1 (L6). Ako su p = q = ø, opterećenja su konstantna i neovisna o naponu. Ako je pak p = q = 1 snaga se mijenja linearno, što odgovara konstantnoj struji, a p = q = 2, konstantnoj impedanciji. Prema L5 i 6 općenito se dobivaju povoljni rezultati ako je p 1, a q = 2. No ima u literaturi i prijedloga da se uzme p = ø a q = 2.

Vidi se, dakle, da se na više načina pokušalo simplificirati problem, no za primjenu nekog od predloženih načina trebalo bi znati stvarne odnose u sistemu, tj. zakonitost promjene opterećenja s naponom.

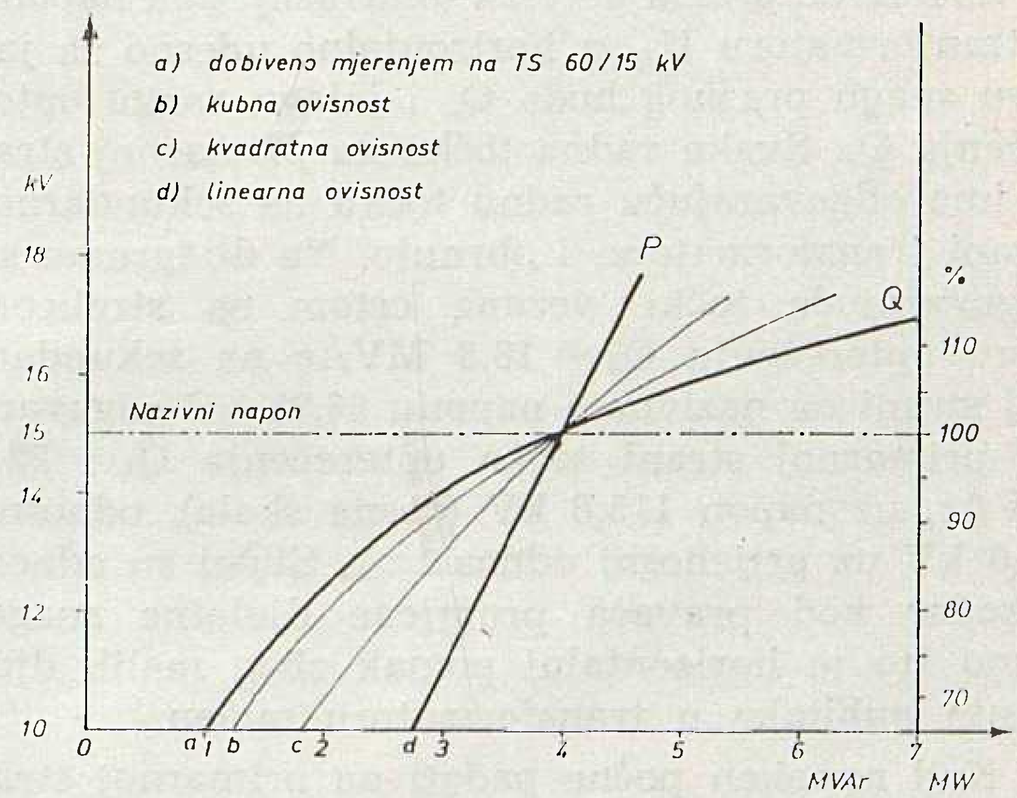
Prilikom analiza često je potrebno provjeravati naponske prilike u prijenosnoj mreži, što, međutim, nije nikakva poteškoća dok se naponi u potrošačkim čvorovima 110 kV kreću oko nazivnog napona. Kako je poznato, u našoj su mreži transformatori 110/35 kV uvijek regulacioni pod teretom, pa je sekundarni napon praktički konstantan. Prema tome, pretpostavka o konstantnom opterećenju vrijedi tako dugo dok na transformatorima nije iskorištena sva mogućnost regulacije. Kad kontakt stigne na posljednji stupanj regulacione sklopke, a napon na primarnoj strani dalje pada, transformator se vlada kao neregulacioni. Zatim počinje napon padati i na sekundarnoj strani. Tek od tog momenta pada i opterećenje u ovisnosti o naponu. Na kraju dugih vodova ili na periferiji slabe mreže, ako se prenosi i jalova snaga, napon pada vrlo brzo. Pogon je moguć ako krivulja ovisnosti napona o prenesenoj jalovoj snazi i statička karakteristika opterećenja imaju zajedničku stabilnu radnu točku.

Na sl. 4. prikazana je krivulja pada napona na kraju dugog voda (slabe mreže) u ovisnosti o o prenesenoj jalovoj snazi uz konstantnu djelatnu snagu i krivulja kogmpleksne statičke karakteristike Q = f(U) opterećenja na kraju voda. Te se dvije krivulje sijeku, a presjecište predstavlja točku stabilnog rada. Pretpostavi li se, međutim, da je opterećenje neovisno o naponu, statička je karakteristika vertikalni pravac, koji uopće ne siječe prijenosnu karakteristiku, pa je takav pogon nemoguć. Matematički modeli koji se upotrebljavaju prilikom računanja na računskom stroju, kako je već istaknuto, upravo računaju s takvim karakteristikama, što pri znatnim promjenama napona ne može dovesti do rezultata.

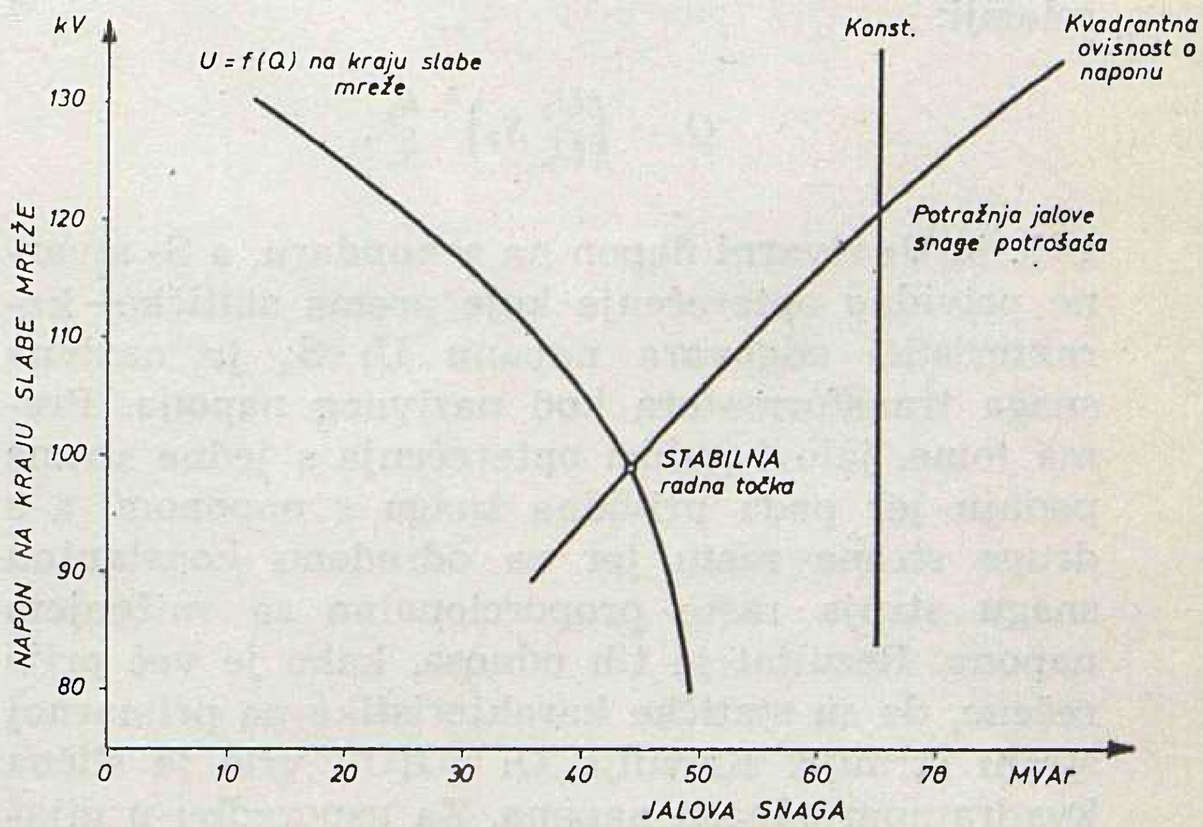
U našim analizama prijenosnih mreže redovito se uzima da je opterećenje konzuma priključeno na čvorište 110 kV, što znači da se opterećenja 110/35 kV uz pretpostavku da je opterećenje moguće uvijek držati konstantnim. Međutim, kakvi odnosi stvarno vladaju na primarnoj i sekundarnoj strani neregulacionih i regulacionih transformatora, pokazat će se na nekoliko dijagrama.

U dijagramu na sl. 5. nacrtane su statičke karakteristike pretpostavljenog opterećenja za primarnu i sekundarnu stranu transformatora 40 MVA, prijenosnog odnosa 110/36,75kV, s u_k = = 10,6%, gubicima u željezu P_{Fe} = 40 kW u bakru P_{Cu} = 170 kW i struje praznog hoda I_0 = = 0,58%.

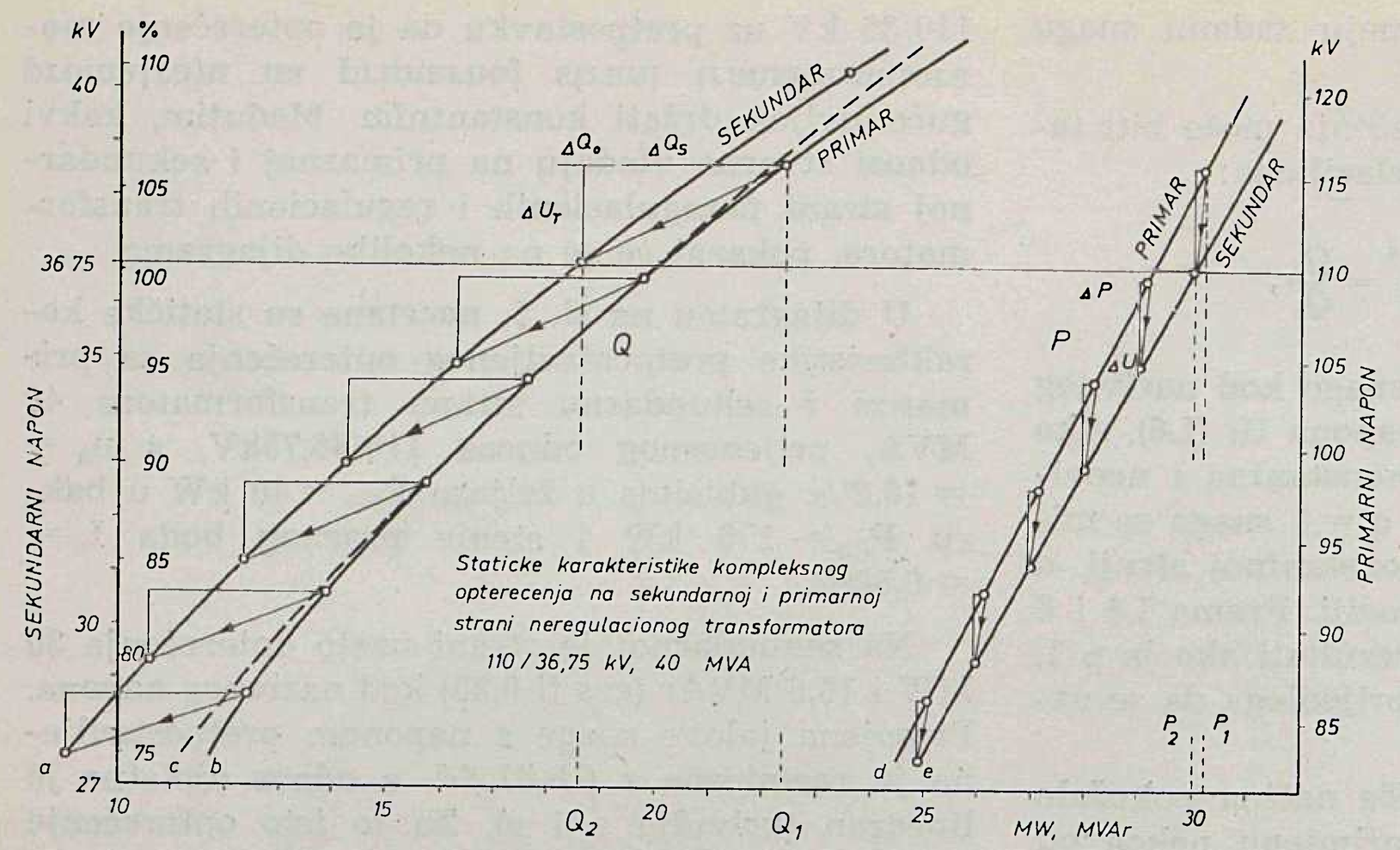
Na sekundarnoj je strani uzeto opterećenje 30 MW i 18,6 MVAr (cos fi 0,85) kod nazivnog napona. Promjena jalove snage s naponom pretpostavljena je razmjerna s $(U_2/U_n)^{2,5}$, a odnos djelatne je linearan (krivulja a i e). Za to isto opterećenje statička karakteristika uzeta na primarnoj strani



Sl. 3.



Sl. 4.



Sl. 5.

transformatora dana je krivuljama b i d. Krivulja koja se odnosi na primarnu stranu pomaknuta je vertikalno prema gore za unutrašnji pad napona u tranformatoru U_T, a horizontalno udesno za jalovu snagu praznog hoda Q_0 i jalovu snagu opterećenja Q_s. Svaka radna točka na primarnoj strani ima odgovarajuću radnu točku na sekundarnoj strani transformatora, i obrnuto. Na dijagramu su odgovarajuće točke vezane crtom sa strelicom Npr., opterećenju $Q_2 = 18{,}6$ MVAr na sekundarnoj strani na nazivnom naponu 36,75 kV odgovara na primarnoj strani točka opterećenja $Q_1 = 22{,}4$ MVAr, uz napon 115,6 kV (desna skala), odnosno 38,6 kV uz prijenosni odnos 1 : 1. Slični su odnosi također kod pravaca promjene djelatne snage, samo što je horizontalni pomak zbog malih djelatnih gubitaka u transformatoru malen.

Kad napokon počne padati na primarnoj strani, pada i na sekundarnoj, pa se opterećenje smanjuje u skladu sa statičkom karakteristikom. Jalova snaga magnetiziranja transformatora Q_0 brzo se smanjuje (prema karakteru krivulje magnetiziranja), a jalova snaga gubitaka se mijenja prema relaciji:

$$Q_s = \left(\frac{U_2}{U_n} S_2\right)^2 \frac{u_k}{S_n},$$

gdje je U_2 stvarni napon na sekundaru, a S_2 stvarno prividno opterećenje koje prema statičkoj karakteristici odgovara naponu $U_2 \cdot S_n$ je nazivna snaga transformatora kod nazivnog napona. Prema tome, jalovi gubici opterećenja s jedne strane padaju jer pada prividna snaga s naponom, a s druge strane rastu jer za određenu konstantnu snagu struja raste proporcionalno sa sniženjem napona. Rezultat je tih odnosa, kako je već prije rečeno, da su statičke karakteristike na primarnoj strani strmije. Krivulja $Q_1 = f(U_1)$ vrlo je slična kvadratnom odnosu napona. Za usporedbu u dijagramu je nacrtana krivulja takvog odnosa crtkano.

Za ilustraciju su u tablici 1. dane vrijednosti za karakteristične točke dijagrama. Ako je, međutim, transformator regulacioni, odnosi su bitno drugačiji. Na dijagramu na sl. 6. nacrtane su također statičke karakteristike opterećenja za sekundarnu i primarnu stranu transformatora za jednaki transformator kao prije, ali uz mogućnost regulacije 110 ± 15%36,75 kV. Napon kratkog spoja tog transformatora iznosi 11,6 — 10,6—9,8%, u ovisnosti o položaju regulacione sklopke.

Tablica 1.

Sek. napon %	kV	Q_2 MVAr	P_2 MW	Q_0 MVAr	Q MVAr	Q_1 MVAr	P MVAr	P_1 MW	U %	U_1 kV
110	40,43	23,6	32	0,65	3,46	27,7	0,20	32,20	5,43	126,9
100	36,75	18,6	30	0,23	3,50	22,3	0,17	30,17	4,95	115,6
95	38,58	16,3	29	0,17	3,26	19,7	0,16	29,16	4,55	109,6
90	33,08	14,3	28	0,12	3,22	17,6	0,16	28,16	4,22	103,6
85	34,91	12,4	27	0,09	3,22	15,7	0,16	27,16	3,30	97,7
80	29,40	10,6	26	0,08	3,25	13,9	0,16	26,16	3,30	91,6
75	31,23	9,1	25	0,07	3,31	12,5	0,16	25,16	3,20	86,0

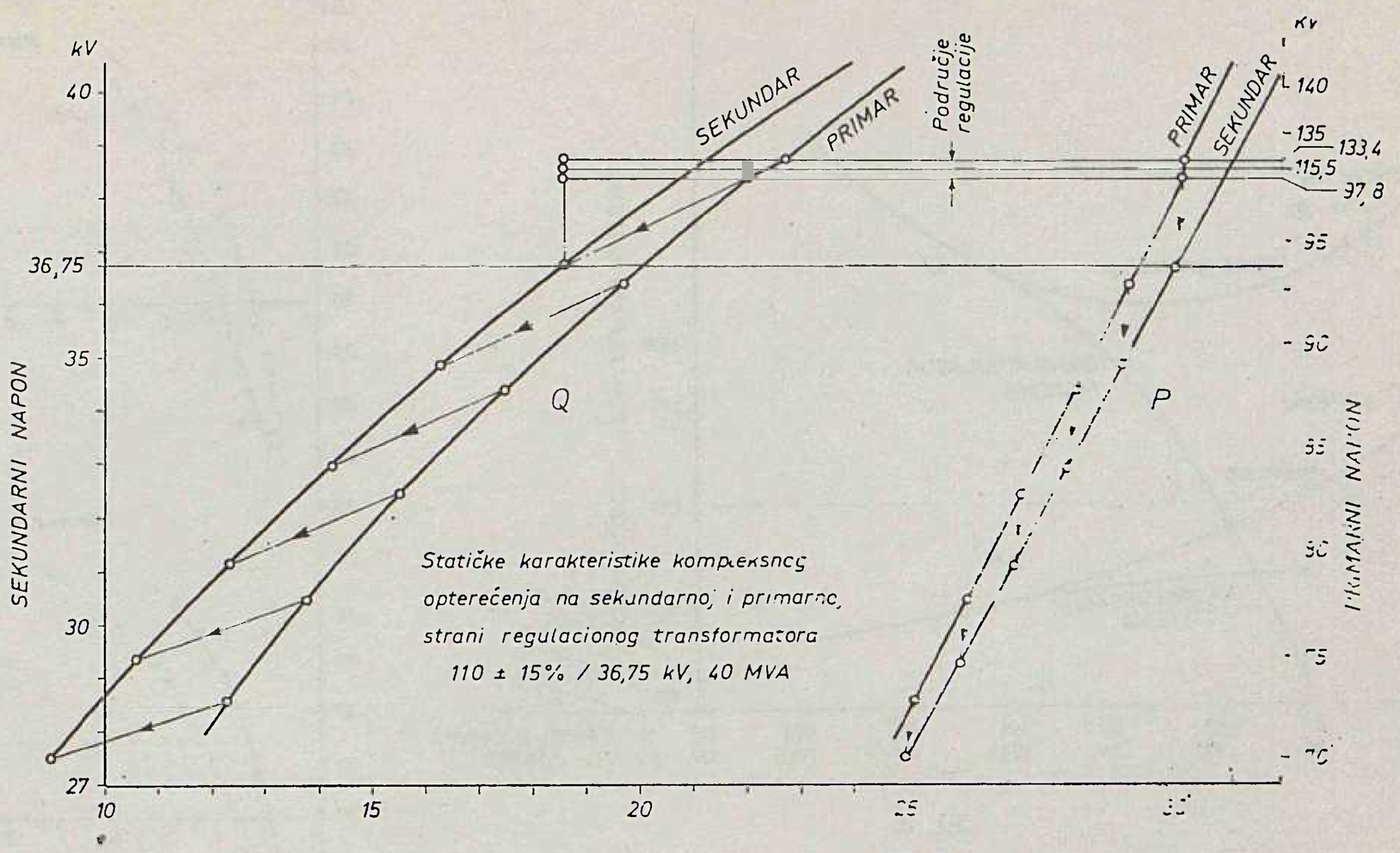
Na crtežu se vidi da je statička karakteristika na sekundarnoj strani transformatora ostala ista, a na primarnoj ima lom unutar uskog pojasa regulacije. Ispod pojasa regulacije transformator se ponaša kao neregulacioni, prijenosnog odnosa 93,5/36,75 kV, sa $u_k = 9{,}8\%$, a iznad tog pojasa prijenosnog odnosa 126,5/36,75 kV s $u_k = 11{,}6\%$. Pojas regulacije, ovdje konkretno između 97,8 i 133,4 kV, prešao bi u točku da se u toku regulacije ne mijenja u_k. Naravno, ovo razmatranje vrijedi pod uvjetom da regulaciona sklopka slijedi primarni napon tako da sekundarno stalno ostaje 36,75 kV. Skala primarnog napona na sl. 6 (desna skala) učinjena je prema položaju regulacione sklopke, pa su naponi lijeve (sekundarne) i desne (primarne skale međusobno korespondentni u praznom hodu.

Dijagram za potpuno jednake prilike, ali samo za jalovu snagu, nacrtan je također na sl. 7. Razlika je jedino u tome što je desna naponska skala primarne strane nacrtana u cjelini za prijenosni odnos srednjeg položaja regulacione sklopke (110/ /36,75 kV). Statička karakteristika opterećenja na sekundarnoj strani transformatora ostala je nepromijenjena, a primarna ima u regulacionom području gotovo vertikalnu liniju, pa je za konkretan slučaj područje (97,8 do 133,4 kV) konstantnog opterećenja. Radnoj točki 4' na sekundarnoj strani

odgovaraju, već prema položaju regulacione sklopke, radne točke 4a, 4b, 4c na primaru.

Na istom dijagramu označena je crtkano statička karakteristika na primaru za isto opterećenje, ali transformator dva puta veće snage, tj. 80 MVA uz jednaki u_k, ali odgovarajuće veće P_{Fe} i P_{Cu}.

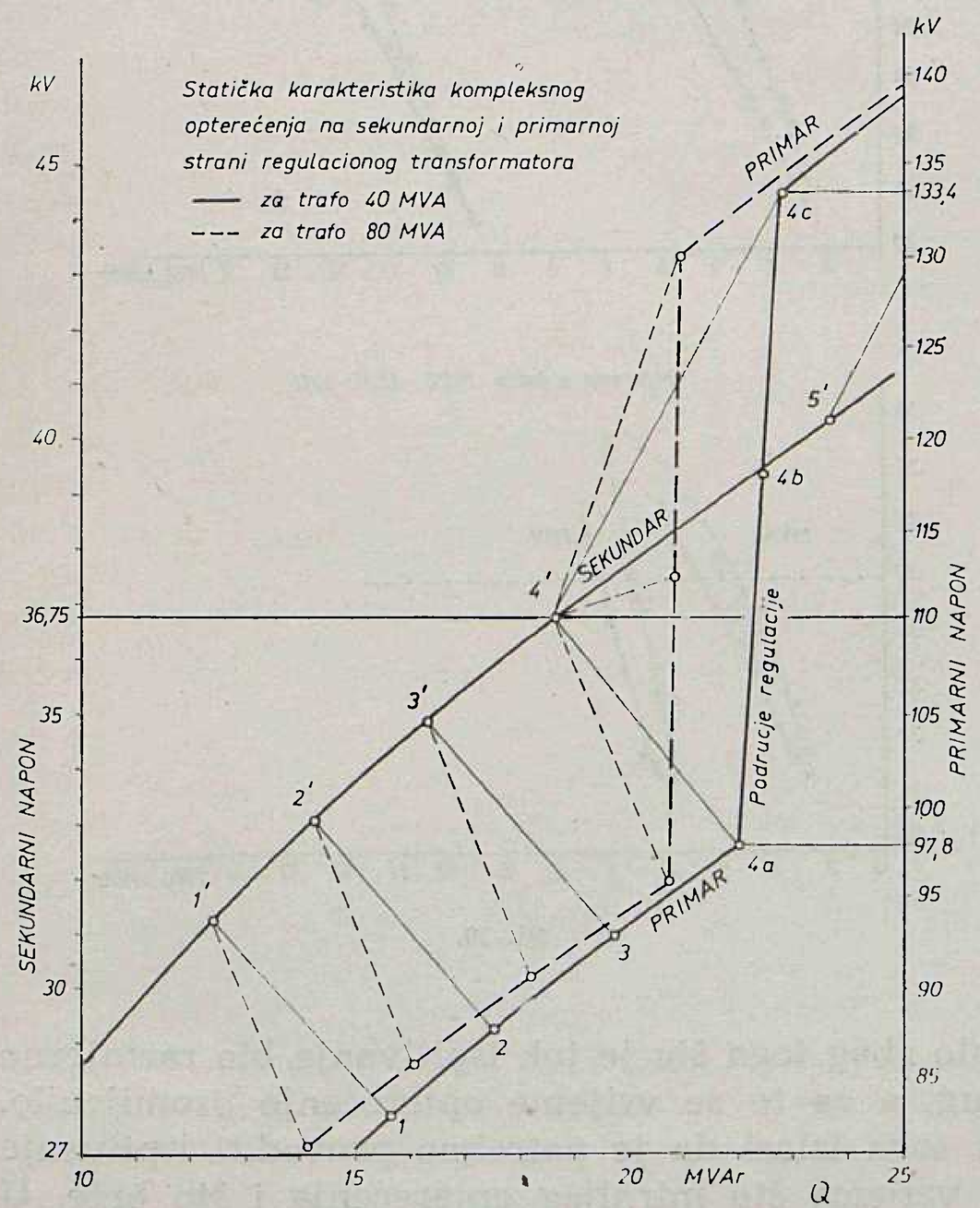
U ovom se slučaju pravac reguliranog područja pomakao desno zbog jalove snage gubitaka i spustio se niže zbog manjeg unutrašnjeg pada napona.



Sl. 6.

Prilike koje odgovaraju abnormalno visokim naponima, iznad regulacionog područja, u praksi dolaze rijetko, već je mnogo interesantnija točka ispod koje se transformator vlada kao neregulacioni. Ona je to niža što je manji untrašnji pad napona u transformatoru (najniža u našem slučaju 93,5 kV u praznom hodu), a on pak ovisi o u_k transformatora, opterećenju u odnosu na veličinu transformatora i faktoru snage opterećenja prema relaciji:

$$\Delta u_T = \frac{S_2}{S_n} u_k \sin\varphi \frac{U}{U_2} 100\%.$$

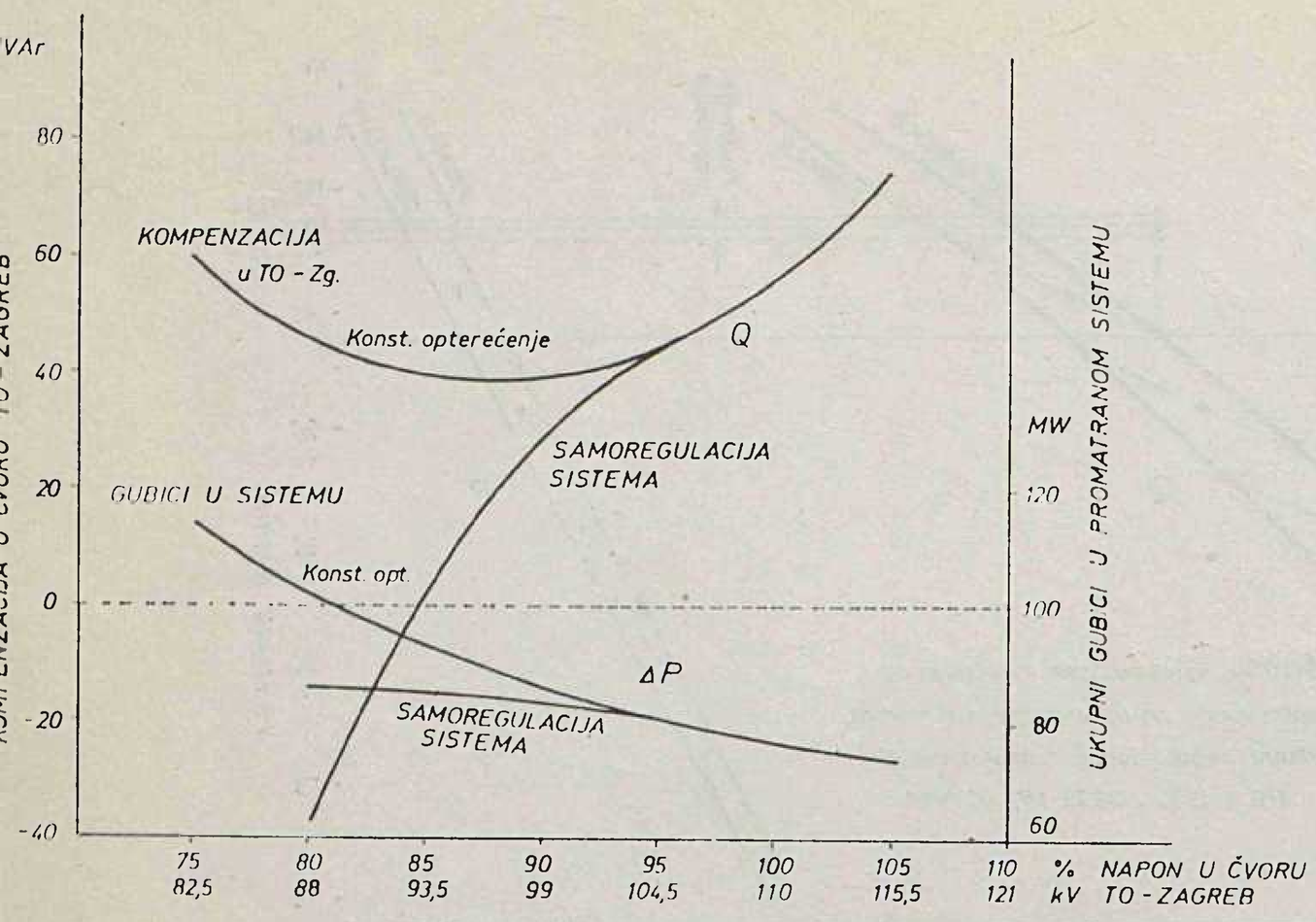


Sl. 7.

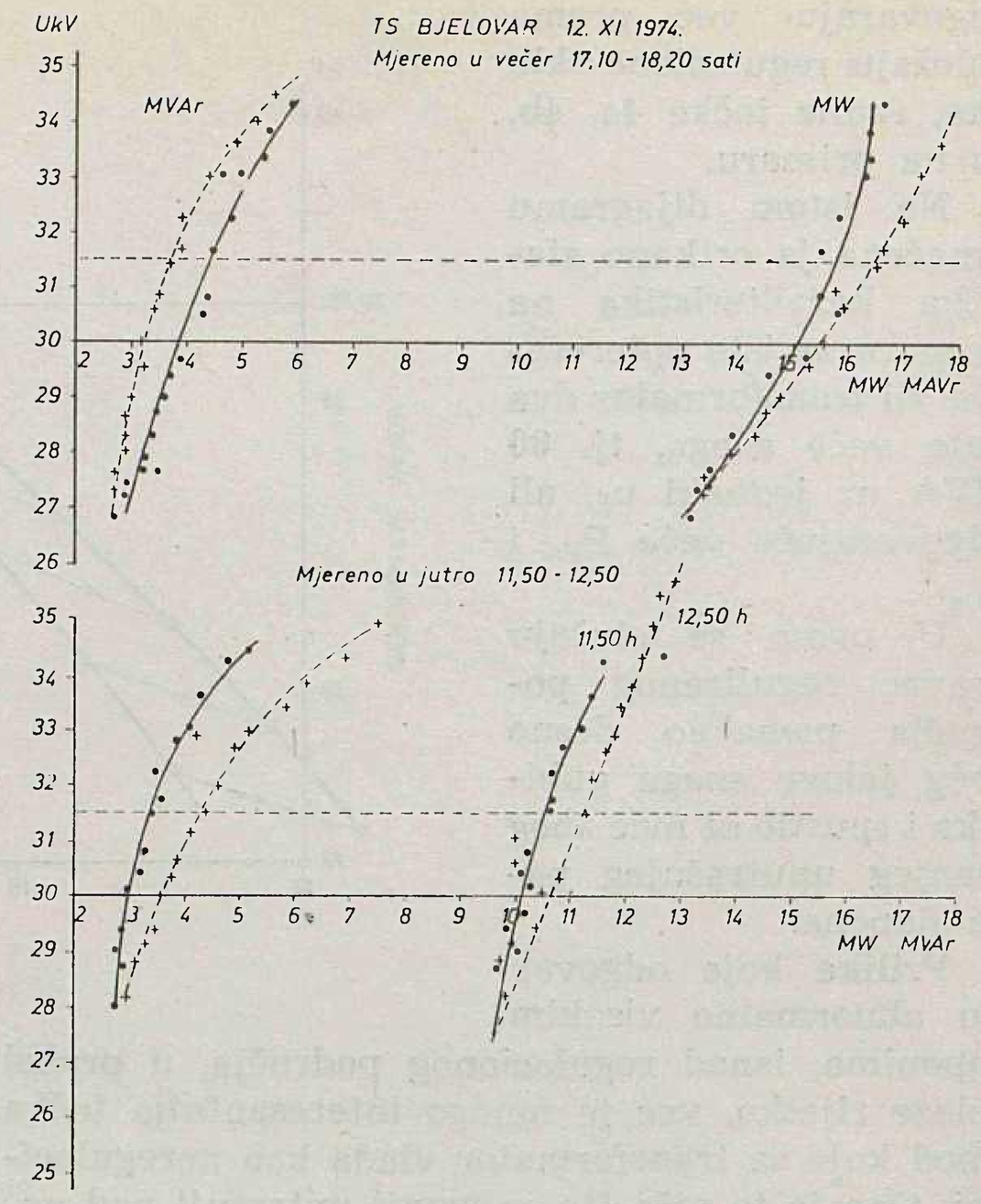
Kao što se iz ovog razmatranja vidi, prilike su prilično složene kako s obzirom na stvarni odnos $Q_2 = f(U_2)$ i $P_2 = f(U_2)$ u određenom slučaju, tako i s obzirom na utvrđivanje regulacionog pojasa u kojemu se Q_2 i P_2 mogu smatrati neovisnima o promjenama napona. Zanimljivo je na primjeru razmotriti utjecaj promjene opterećenja s naponom, uzimajući u račun regulacione opsege transformatora 110/35 kV, makar uz grublje pretpostavke.

Razmatran je centralni i zapadni elektroenergetski sistem Jugoslavije za konkretne pogonske prilike iz proljeća 1974, kad je razmjena Hrvatske sa Slovenijom bila jednaka ø. Promatrane su promjene u potrebnoj jalovoj snazi u Zagrebu, tj. točnije u čvoru 110 kV TO Zagreb, i promjene snage gubitaka u sistemu ako se napon u navedenom čvoru mijenja od 75% do 105% nazivnog napona. Jedanput je to urađeno pod pretpostavkom da su opterećenja s obzirom na napon konstantna, a drugi put da se jalova opterećenja mijenjaju s kvadratom odnosa napona, a djelatna linearno. Opterećenja su bila priključena na čvorove 110 kV, a njihova se promjena računala tek u onim čvorovima gdje je napon pao ispod 90% nazivnog napona, tj. gdje je pao ispod 99 kV, jer je prosječan unutrašnji gubitak napona procijenjen na 5%. (Potrebne proračune na elektroničkom računalu proveo je mr Z. Tonković). Rezultati tih računa prikazni su na dijagramu sl. 8. Ako su opterećenja konstantna, dobije se vrlo zanimljiva krivulja promjene jalove snage u ovisnosti o naponu u promatranom čvoru. Krivulja ima minimum kod 87% nazivnog napona uz potrebnu kompenzaciju od 39 MVAr. Kod viših i kod nižih napona potrebne su veće snage kompenzacije.

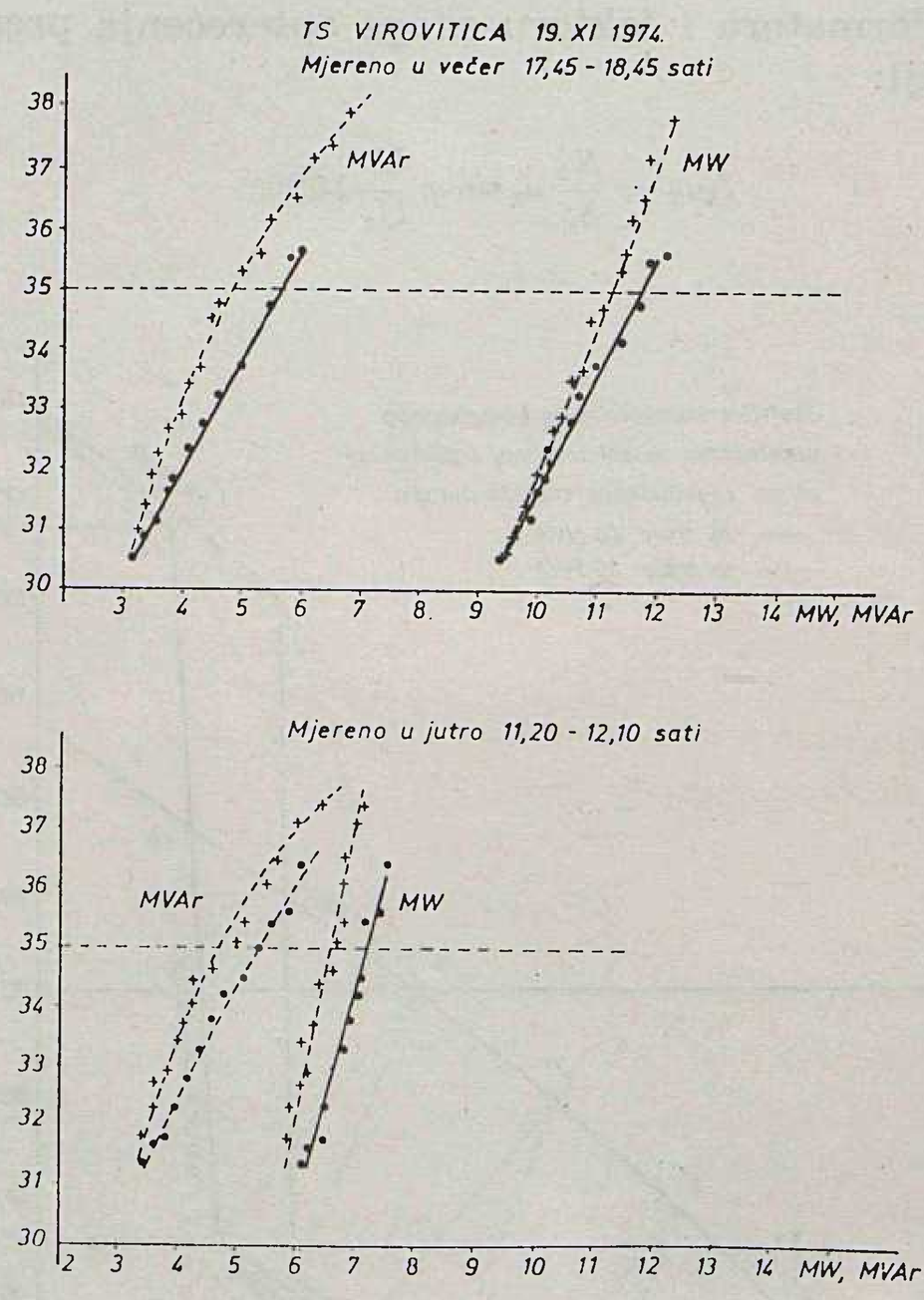
Ako se pak provede realniji postupak i primjeni promjena opterećenja s naponom, kako je prije izneseno, krivulja potrebne jalove snage



Sl. 8.



Sl. 9.



Sl. 10.

raste. Kod nižih napona ona se bitno razlikuje od krivulje dobivene uz konstantna opterećenja. Razlike povišenjem napona bivaju sve manje, a potpuno nestaju kad napon u svim čvorovima dostigne barem 99 kV, tj. kad može opet djelovati regulaciona sklopka i održavati konstantan napon.

Gubici u promatranom sistemu također se razlikuju. Kod nižih su napona, u slučaju naponske ovisnosti opterećenja, osjetno niži. To je razumljivo jer sniženjem napona padaju opterećenja, a time i tokovi u mreži.

Na sl. 2. i 3. prikazane su, kako je prije izneseno, dvije statičke karakteristike navedene u literaturi, a u prijašnjem je primjeru računano s eksponentima p i q također prema preporukama iz literature. Međutim, bilo bi interesantno znati kakav karakter imaju statičke karakteristike opterećenja u čvornim točkama naše mreže. Budući da se takva mjerenja kod nas nisu još vršila, za prvi je početak mjerna grupa Elektroprijenosa — Zagreb snimila karakteristike u tri čvorne točke 110 kV u večernjem i jutarnjem vrhu. Dvije su pojne točke manjih mjesta, to su Bjelovar i Virovitica, a treća Resnik — pojna točka istočnog dijela Zagreba. Karakteristike su snimane na taj način što su pri pomicanju regulacione sklopke od najvišeg do najnižeg položaja i natrag mjereni na niženaponskoj strani naponi i odgovarajuće djelatne i jalove snage. Na temelju toga nacrtani su dijagrami na sl. 9. i 10. Za transformatorsku stanicu Resnik nije se mogao dobiti sličan dijagram jer dispečerska služba nije dopustila prevelike oscilacije napona. Regulaciona sklopka pomicana je od 15. do 9. stupnja, pa su za taj raspon provedena mjerenja i nacrtan dijagram sl. 11.

U dijagramu za TS Bjelovar i TS Virovitica su za svako mjerenje dobivene dvostruke krivulje. Jedna krivulja odgovara snazi kad se regulaciona sklopka spuštala, a druga kad se dizala. To je nastalo zbog toga što je tok ispitivanja bio razmjerno dug, a za to se vrijeme opterećenje promijenilo. Iz toga izlazi da je potrebno provoditi isptivanje u vrijeme što mirnijeg opterećenja i što brže. U dijagramu za TS Resnik nisu se krivulje mogle

odvojiti, no slijed mjernih točaka je prilično nepravilan.

Promatrajući snimljene krivulje, može se doći do ovih zaključaka:

a) Krivulje jalove snage su zakrivljenije od krivulja djelatne snage i sliče dijelovima krivulje magnetiziranja. Zakrivljenje im je veće u dijelu iznad nominalnog napona nego ispod njega.

b) Krivulje jalove snage su zakrivljenije u jutarnjim satima, što je uzrokovano većim udjelom motora u opterećenju. Daljnja posljedica te činjenice jest lošiji jutarnji faktor snage.

c) Budući da jalova snaga brže pada s naponom od djelatne, kod nižih napona faktor snage je viši (bolji). Ta je činjenica jače izražena u jutarnjim satima. Kod povišenih napona, iznad nazivnog, potreba na jalovoj snazi naglo raste, što predstavlja efikasnu samoobranu sistema od previsokih napona.

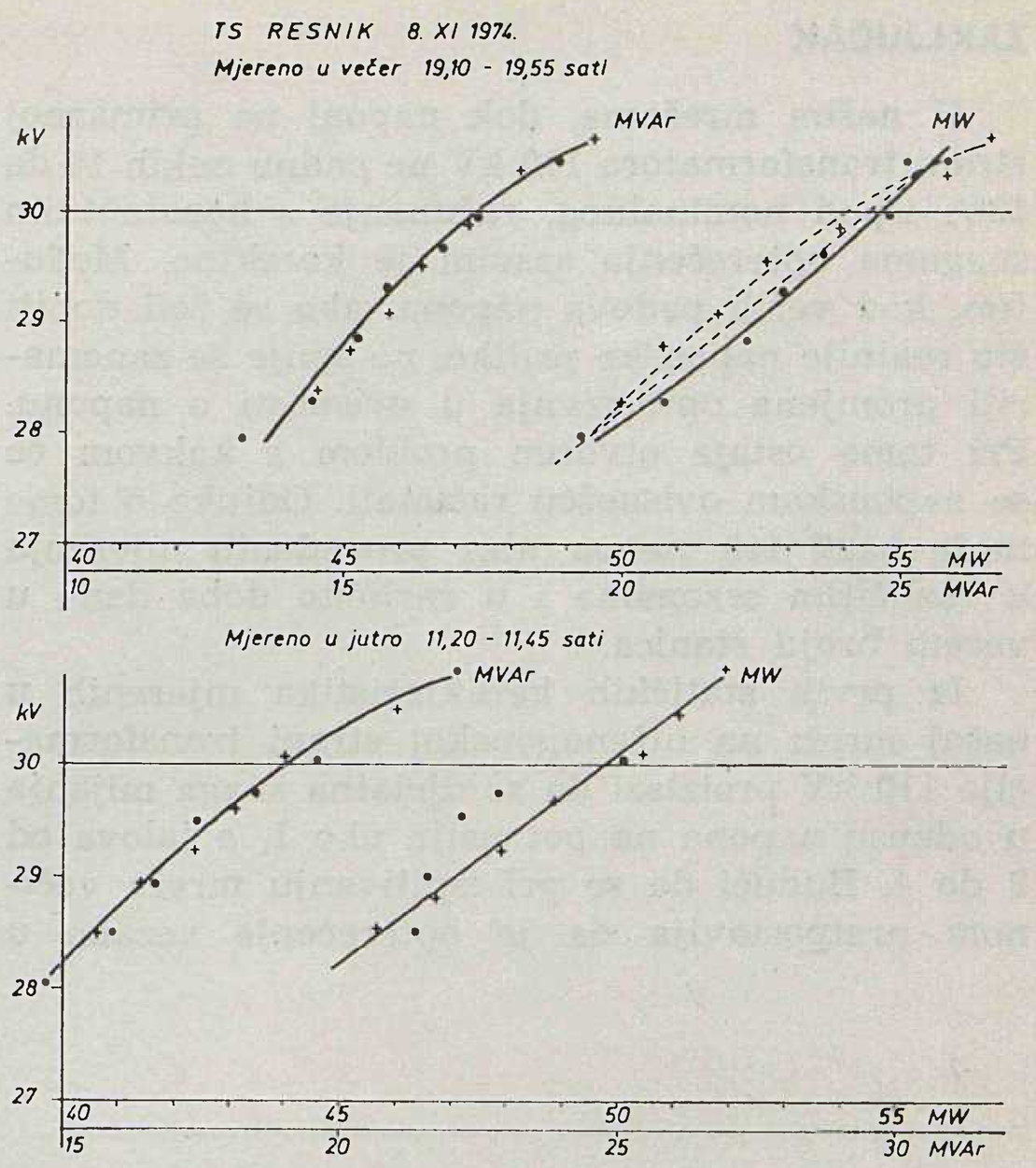
Za dobivene krivulje pokušao se naći prikladan matematički izraz funkcije P = f(U) i Q = f(U) pomoću kojeg bi one mogle najpovoljnije aproksimirati. Ako bi se to željelo izvesti koliko-toliko točno samo za naponski pojas ± 10% oko nazivnog napona, funkcija ne bi mogla biti jednostavna. To, međutim, nije ni potrebno jer, kako je prije istaknuto, dio iznad nazivnog napona, kod opsega regulacije kakav je na nivou 110 kV u našoj mreži, jedva da se uopće može očekivati. Prema tome je moguće eliminirati upravo gornji, najzakrivljeniji dio krivulje i aproksimirati samo dio ispod nazivnog napona. U tom se pak slučaju mogu primijeniti prije iznesene jednostavne relacije

$$\left(\frac{U_1}{U_n}\right)^p = \frac{P_1}{P_n} \qquad \left(\frac{U_1}{U_n}\right)^q = \frac{Q_1}{Q_n}.$$

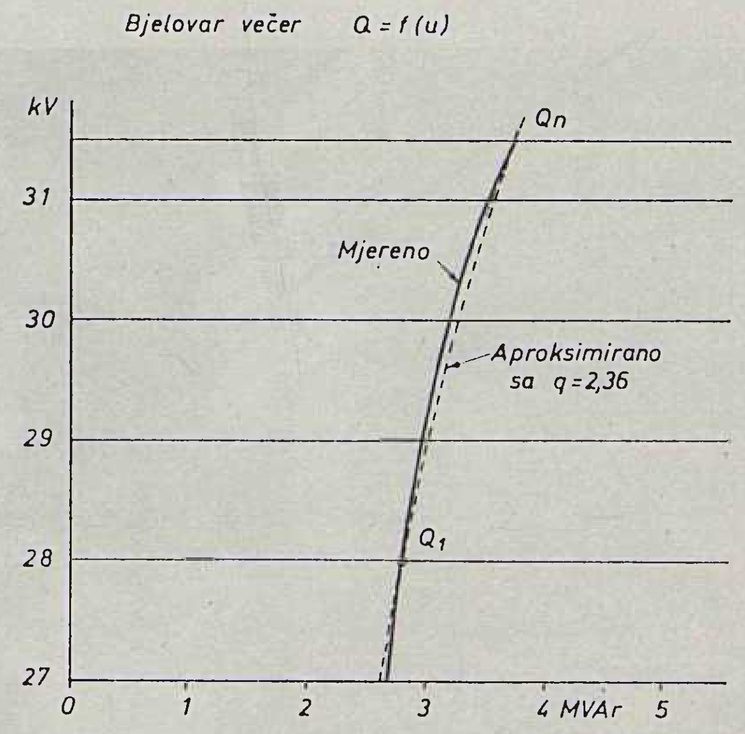
Da se odrede krivulje aproksimacije, potrebno je izračunati eksponente p i q. Na krivuljama P = = f(U) i Q = f(U), dobivenim mjerenjem, uzmu se vrijednosti snage P_n i Q_n kod nazivnog napona i po jedna vrijednost P_1 i Q_1 u donjem dijelu krivulje. Pomoću tih vrijednosti izračunavaju se pripadni eksponenti:

$$p = \frac{\log\left(\frac{P_1}{P_n}\right)}{\log\left(\frac{U_1}{U}\right)} \qquad q = \frac{\log\left(\frac{Q_1}{Q_n}\right)}{\log\left(\frac{U_1}{U_n}\right)}.$$

Kao primjer je uzeta izmjerena krivulja Q = = f(U) u TS Bjelovar u večernjim satima (iz dijagrama sl. 9), za koju je uzimajući Q_n = 3,7 MVAr (U_n = 31,5 kV) i Q_1 = 2,8 MVAr (U_1 = 28 kV) izračunat eksponent q = 2,36. Pomoću tako nađenog eksponenta izračunata je aproksimativna krivulja Q = f(U). Obje su krivulje nacrtane u dijagramu sl. 12. Opisani postupak proveden je kod svih mjerenjem dobivenih krivulja (sl. 9, 10, 11) pa su utvrđene slijedeće vrijednosti eksponenata uvedene u tablici 2.



Sl. 11.



Sl. 12.

Tablica 2.

	TS Bjelovar		TS Virovitica		TS Resnik	
	P	Q	P	Q	P	Q
večer	1,2 . . 1,5	2,0 . . 2,4	1,2 . . 1,6	3,2 . . 3,8	1,2	3,3
jutro	0,6 . . 1,0	2,5 . . 3,2	1,1 . . 1,2	3,1 . . 3,9	1,5	3,6

Kao što se iz tih mjerenja vidi, vrijednost obaju eksponenata kreće se u prilično širokim granicama od stanice do stanice. Veće su razlike kod jalove snage.

ZAKLJUČAK

U našim mrežama, dok naponi na primarnoj strani transformatora 110 kV ne padnu nekih 10 do 13% ispod nominalnog, računanje s konstantnim snagama opterećenja sasvim je korektno. Međutim, kod većih padova napona, ako se želi dobiti što realnije naponske prilike, ne smije se zanemariti promjena opterećenja u ovisnosti o naponu. Pri tome ostaje otvoren problem s kakvom će se naponskom ovisnošću računati. Odluka o tome može pasti tek nakon niza provedenih mjerenja u različitim sezonama i u različito doba dana u većem broju stanica.

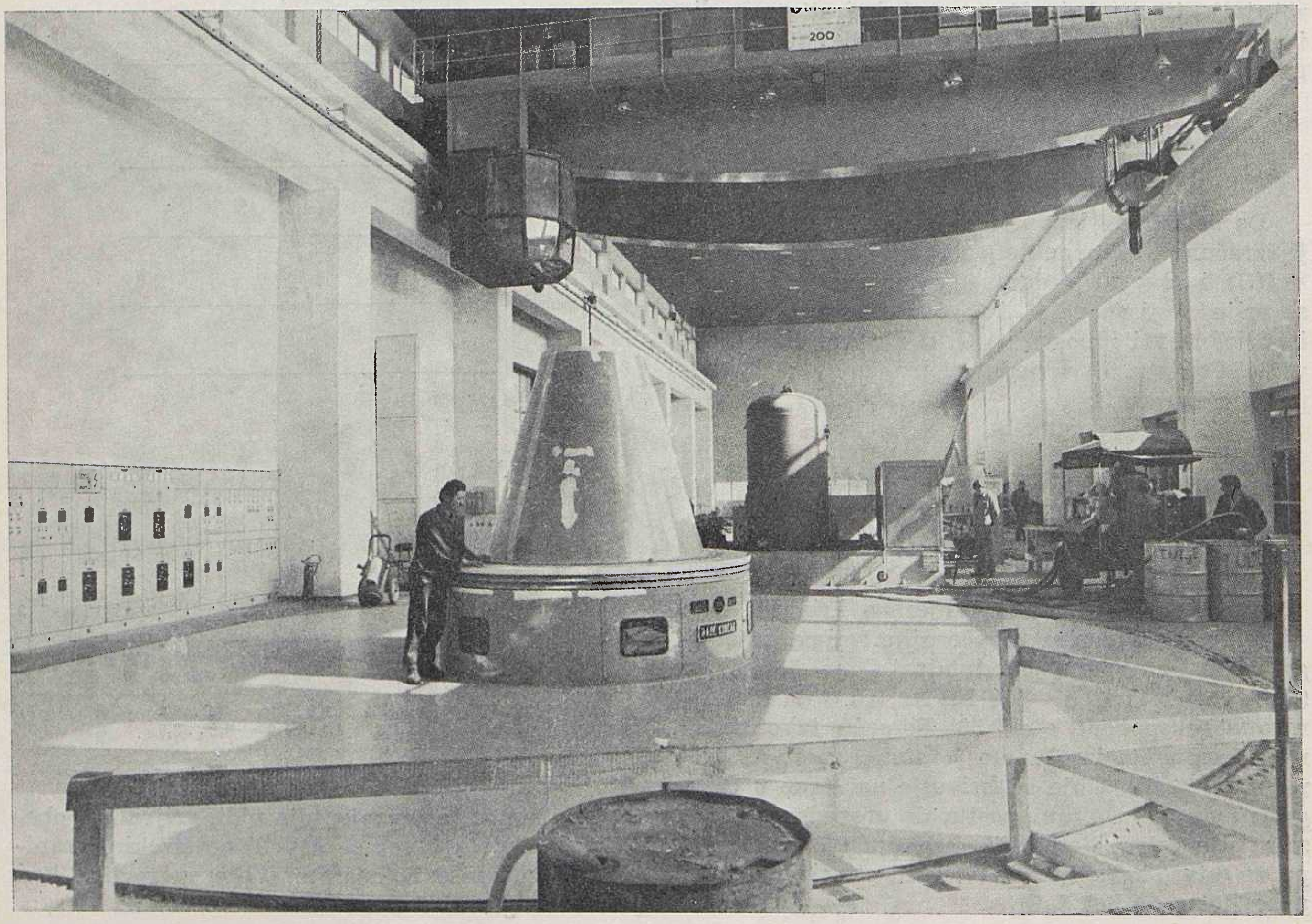
Iz prvih statičkih karakteristika mjerenih u našoj mreži na niženaponskoj strani transformacije 110 kV proizlazi da se djelatna snaga mijenja u odnosu napona na potenciju oko 1, a jalova od 2 do 4. Budući da se pri ispitivanju mreža većinom pretpostavlja da je opterećenje vezano u čvornim točkama na sabirnice 110 kV, dakle ispred mrežnog transformatora, eksponent odnosa napona sigurno je niži od prije spomenutog [strmija krivulja Q = f(U)] pa se prilikom isptivanja vjerojatno ne bi učinila velika pogreška ako se pretpostavi p = 1, q = 2 do 3.

LITERATURA

1. Kaminski: Stabilität des elektrischen Verbundbetriebs VEB — Berlin 1959.
2. Venikov: Perehodnie elektromehaničeskie procesi v električeskih sistemah, Moskva 1970.
3. Langer: Regulungstechnischer Einsatz des Transformators ETZ—A 1960 br. 7.
4. Markovčić: Regulacioni transformator u elektroprivrednom sistemu, Institut za elektroprivredu, Zagreb 1964.
5. Murty: Optimale Lastflussberechnung im Verbendnetzbetrieb unter Berücksichtigung der spannungsabhängigen Lastcharakteristik an den Verbraucherkaoltenpunkten-Dizertation. Prikaz ETZ-a 1974, br. 10.
6. Funk: Die Spannungsabhängigkeit von Drehstromlasten Elektrizitäts irtschaft 1968, br. 8.

Naslov pisca: Boris Markovčić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

IZGRADNJA HE VARAŽDIN, instalirane snage 86 MW STROJARNICA, smještena na kraju dovodnog kanala jugoistočno od naselja Svibovec. U strojarnici su smještena dva agregata s kaplan turbinama i generatorima na vertikalnoj osovini. Svaka od turbina je dimenzionirana za 225 m³/s. Generatori su snage po 43 MW.. U strojarni će biti smješteno rasklopno postrojenje 35, 10 i 0,4 kV, a rasklopno pos-trojenje 110 kV i generatorski transformator bit će na otvorenom prostoru iznad turbinskih dovoda.



UNUTRAŠNJI PRENAPONI U MREŽAMA NAJVIŠIH NAPONA

Jaroslav Jirkü, Brno

Opisani su najvažniji uzroci nastajanja sklopnih prenapona, princip računanja veličina prenapona, kao i mjere za njihovo smanjenje, odnosno sprečavanje. Prikazan je također statistički pristup rješavanju koordinacije i olacije i izbor izolacije.

DK 621.316.1

1. UVOD

U mrežama najviših napona osobito su značajni unutrašnji prenaponi, jer se učestalost atmosferskih prenapona smanjuje gotovo eksponencijalno s pojačanjem izolacije vodova. Od unutrašnjih prenapona, pak, osobito su značajni sklopni prenaponi, koji dosižu opasne vrijednosti i mogu ugroziti izolaciju pogonskih sredstava. Uz gospodarstveno sniženje razine izolacije vodova najviših napona, koja odgovara približno 2,2-2,5-strukom nazivnom naponu, sklopni prenaponi su naročita opasnost za izolaciju mreže. Kako sklopni prenaponi nastaju pri svakom namjernom ili slučajnom sklapanju, nije moguće učestalost njihove pojave znatnije ograničiti, pa nastojimo njihov iznos zadržati u dopuštenim granicama.

Stvarni unutrašnji prenaponi, čija je vlastita frekvencija jednaka ili tek neznatno različita od pogonske frekvencije, odnosno njezinih harmoničnih nadvalova, javljaju se samo iznimno, u izrazitoj zavisnosti od spoja mreže, pogonskih uvjeta i nelinearnosti zasićenja induktiviteta. Učestalost njihove pojave može se vrlo ograničiti primjenom pogonskih zahvata, a uz upotrebu uobičajenih zaštitnih sredstava njihov se iznos može sniziti samo uz vrlo velike poteškoće.

Najznačajniji sklopni prenaponi nastaju kod:

a) uklapanja i isklapanja dugih neopterećenih vodova,

b) isklapanja većih struja na drugom kraju voda

c) nastanka kratkog spoja na dugom vodu i

d) uklapanja i isklapanja transformatora i prigušnica.

Pri gospodarstvenom određivanju razine izolacije i izboru zaštitnih mjera u mrežama najviših napona mora se obratiti najveća pažnja najčešćim sklopnim prenaponima, koji se javljaju pri uklapanju dugih neopterećenih vodova.

2. PRENAPONI PRI UKLAPANJU DUGIH VODOVA

Nakon uklapanja rasprostiru se uzduž voda strujni i naponski valovi, pri čemu se oni prigušuju, reflektiraju u nehomogenim točkama i međusobno superponiraju. Tjemena vrijednost i oblik ovih sklopnih prenapona ovise osim o dužini i svojstvima voda još i o veličini nadomjesnog izvora, spoja mreže i trenutka uklapanja pojedinih polova prekidača. Budući da trenutak uklapanja, tzv. uklopni kut, ima statistička svojstva, mora se i kod sklopnih prenapona računati sa statističkim zakonitostima.

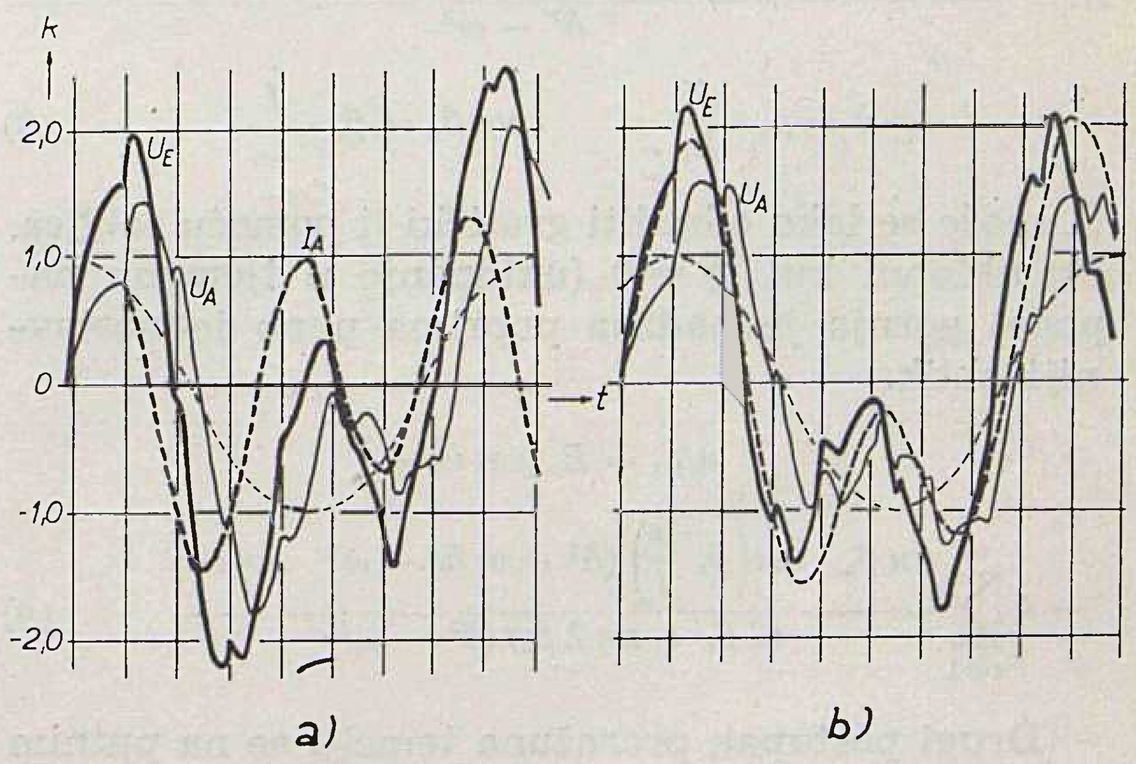
Statističke značajke prenapona uklapanja mogu se primjenom pojednostavnjenog postupka, utvrditi kao umnožak relativnog faktora prenapona $\varkappa$ i pogonska napona U.

$$K = \varkappa \cdot U \tag{1}$$

Prosječni faktor prenapona $\varkappa$ i pripadno rasipanje $T_{\varkappa}$ pri različitim sklopnim pojavama, određeni su brojnim mjerenjima na mrežama, pa tako treba računati kod uklapanja dugog nenabijenog voda s $\varkappa = 1{,}5 \div 1{,}6$ i $\Theta_{\varkappa} = 0{,}18 \div 0{,}20$, dok će kod ponovnog uklapanja voda sa zatečenim nabojem biti $\varkappa = 1{,}6 \div 1{,}7$ i $\Theta = 0{,}35 \div 0{,}40$. Odstupanje tako utvrđenog najvišeg iznosa (u 2% slučajeva) procjenjuje se s 15÷20% stvarnog iznosa.

Budući da navedena točnost, osobito u mrežama najviših napona, može biti nedovoljna, te kako ispravnost pretpostavke o nepromjenljivosti faktora prenapona nije općenito dokazana, mora se pri određivanju prenapona uklapanja za stanoviti vod, spoj mreže i rasklopni uređaj upotrijebiti točniji postupak. Proračuni ili modelna mjerenja prenapona uklapanja i njegovih statističkih značajki slijede po tom na temelju poznatih svojstava voda te uz zadani spoj mreže i poznatu raspodjelu uklopnog kuta korištenog prekidača (npr. za preumatski prekidač $M_{\alpha} = 60°$ i $\Theta_{\alpha} = 40\%$).

Na slici 1. predočen je tok prenapona uklapanja voda 400 kV, 340 km u tjemenu pogonskog na-



Sl. 1.

pona (a), kao i nešto prije tog trenutka (b). Najviši prenapon može nastupiti u prvom ili drugom poluvalu vlastitog titranja. Budući da u oba poluvala najviši prenapon može pokazati različite zavisnosti od svojstava ispitivanog kruga, izbor pravog uklopnog kuta, koji uzrokuje najviši prenapon, praktički je nemoguć.

Točniji proračun statističkih značajki prenapona zavisi o točnosti ulaznih podataka onih veličina koje utječu na pojavu prenapona. Te veličine ili njihove statističke značajke npr. uklopni kut, prigušenje, valni otpor, karakteristika zasićenja, koefcijent refleksije itd.) mogu se utvrditi na ispitivanom vodu i upotrijebljenim uređajima. Radi li se pak o vodu u projektu, mogu se s dobrim približenjem upotrijebiti veličine prije utvrđene na sličnim vodovima i tipskim uređajima. Naknadna mjerenja mogu potvrditi izbor usvojenih veličina ili dovesti do manje korekcije.

U pravom približenju može se provesti proračun prenapona uklapanja u jednofaznom nadomjesnom krugu s koncentriranim parametrima voda (induktivitetom i kapacitetom bez prigušenja (sl. 1).

$$u_{(t)} = E_0 \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2} \left[\cos(\omega t - \varphi) - \cos\varphi \cdot \cos\omega_0 t + \right.$$

$$\left. + \frac{\omega}{\omega_0} \sin\varphi \cdot \sin\omega_0 t \right]$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{\left(L + \frac{L_v}{2}\right) \cdot C_v} \qquad (2)$$

gdje je: L — nadomjesni induktivitet izvora,
L_v i C_v — induktivitet i kapacitet voda,
φ — uklopni kut.

Ova jednadžba je dovoljna za stvaranje predodžbe o toku prenapona. Točniji proračun pomoću Heavisideova operatora daje jednadžbu toka prenapona u točki x km udaljenoj od početka voda dugog L km.

$$u_{x(t)} = E_0 \left[\cos\omega(t - \varphi) - 4 \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\sin\beta_s \cdot \cos\left(\beta_s \frac{l - x}{l}\right)}{2\beta_s + \sin 2\beta_s} \cdot A \right]$$

$$A = \frac{\delta^2 \cdot \cos\omega\varphi \cdot \cos\delta t + \omega\delta \sin\omega\varphi \cdot \sin\delta t - \omega^2 \cdot \cos\omega(t - \varphi)}{\delta^2 - \omega^2}$$

$$\delta = \beta_s \cdot \frac{Z}{L_v} \qquad \cot g\, \beta_s = \beta_s \cdot \frac{L}{L_v} \qquad (3)$$

β_s može se lako odrediti grafički li pomoću tablica. Uz uklopni kut $\Phi = 0$ (uklapanje u tjemenu napona) gornja jednadžba poprima puno jednostavniji oblik.

$$u_{x(t)} = E_0 \left[\cos\omega t - \right.$$

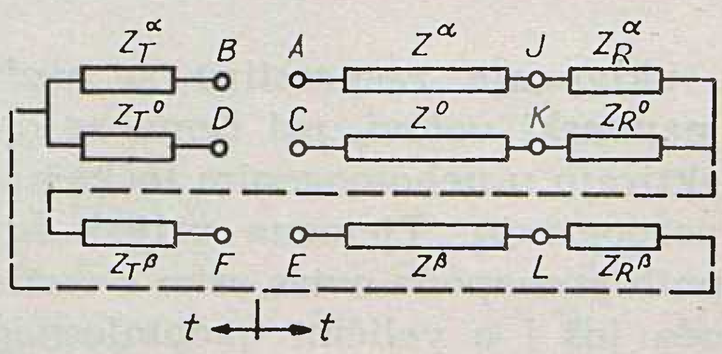
$$\left. - 4 \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\sin\beta_s \cdot \cos\left(\beta_s \frac{lx}{l}\right) (\delta^2 \cdot \cos\delta t - \omega^2 \cdot \cos\omega t)}{(2\beta_s + \sin 2\beta_s)(\delta^2 - \omega^2)} \right. \qquad (4)$$

Drugi postupak proračuna temelji se na putnim valovima. Pojedini naponski i strujni valovi putuju uzduž voda, te se pri tome prigušuju, a u nehomogenim točkama reflektiraju i lome. Faktori refleksije i refrakcije, kao i iznos prigušenja mogu se za stanoviti vod izračunati unaprijed te vrijede za cijelu valnu pojavu. Ovaj postupak omogućava proračun prenapona u različitim točkama mreže, a provodi se korak po korak u malim vremenskim razmacima (računskim koracima), te se primjenjuje i za proračun toka prenapona u trofaznim mrežama.

Za proračun valnih pojava u trofaznoj mreži može se primijeniti dobro poznata metoda komponenata s pripadnim nadomjesnim impedencijama. Kod valnih pojava mora se uzeti u obzir rasprostiranje i vremenski slijed strujnih i naponskih valova u pojedinim nadomjesnim mrežama. Općeniti odnosi, koji vode različitim nadomjesnim spojevima, ostaju na snazi i kod nadomjesnih mreža s homogenim vodovima, samo što se ovdje njihova valjanost proteže u prvom redu na rasklopišta mreže. Uporebljavaju se, također, i iste modificirane komponente impedancija i valnih otpora koje su bile potrebne za postavljanje nadomjesnih shema.

Na slici 2. prikazana je nadomjesna shema usvojena za proučavanje sklopnih pojava na dugim vodovima. Crtkane linije prikazuju općepoznati serijsko-paralelni spoj pojedinih nadomjesnih mreža (za operaciju u drugoj fazi). Odnos između faznih napona i njihovih komponenata ne vrijedi samo u svakom trenutku, već i u svakoj točki ispitivane nadomjesne mreže s dugim vodovima. U ovoj nadomjesnoj mreži nije iznos utisnutog strujnog i naponskog vala određen samo iznosom napona (struje) na sklopnom mjestu u ustaljenom stanju, već on zavisi i o iznosu putnih valova vraćenih i slomljenih na sklopnom mjestu. Pri proračunu sklopnih pojava na dugim vodovima pomoću αβo komponenata mora i za pojedine komponente biti zadovoljen uvjet da je zbroj utisnutih napona iz dodatnih izvora i napona koji na sklopnom mjestu nastaju zbog reflektiranih putnih valova jednak komponenti ustaljenog napona.

Grafički Bergeroov postupak može se primijeniti i kod αβo nadomjesnog spoja. Kod grafičke konstrukcije mogu se valne pojave riješiti nezavisno za pojedine nadomjesne spojeve, jer su samo u rasklopištu granični uvjeti nadomjesnog spoja međusobno povezani. Stoga je potrebno grafičku konstrukciju jedne sklopne operacije u svim nadomjesnim mrežama riješiti odjednom.



Sl. 2.

Uz rastavljanje trofazne mreže na poznate αβo komponente, kada na sklopnom mjestu dodajemo nadomjesni izvor, može se tok prenapona u ispitivanoj mreži proračunati pomoću matrica ako ustaljeni napon u trenutku sklapanja pretvorimo u putne valove. Rješavajući valne jednadžbe u matričnom obliku, uz simetriranje pomoću odabrane matrice transformacije $[S]_{33}$ rastavljamo trofaznu mrežu u nezavisne nadomjesne komponente, u kojima možemo valne pojave promatrati odvojeno. Pri proračunu izračunavaju se unaprijed koeficijenti valnih refleksija $(h)_{33}$ i lomova $(7)_{33}$ te se prenaponi na pojedinim spojnim mjestima računaju u koracima. U matričnom obliku povezani su koeficijent refleksije i loma na stanovitom spojnom mjestu voda s valnim otporima Z_1 i Z_2 ili valnim vodljivostima Y_1 Y_2 izrazom

$$[h]_{33} = ([l]_{33} - [Z_1]_{33}\,[y_1]_{33}) \cdot ([l]_{33} + [Z_1]_{33}\,[y_2]_{33})^{-1}$$

$$[f]_{33} = 2 \cdot ([l]_{23} + [Z_1]_{33} \cdot [y_2]_{33})^{-1} \cdot [l]_{33} \qquad (5)$$

Nakon simetriranja koeficijnata pomoću matrica transformacije $(S)_{33}$ dobivamo koeficijente $[h^x]_{33}$, $[f^x]_{33}$ i prenaponske valove $[U_h^x]_{33}$ i $[Uf]_{33}$.

$$[h^x]_{33} = [S]_{33}^{-1} \cdot [h]_{33} \cdot [S]_{33}$$

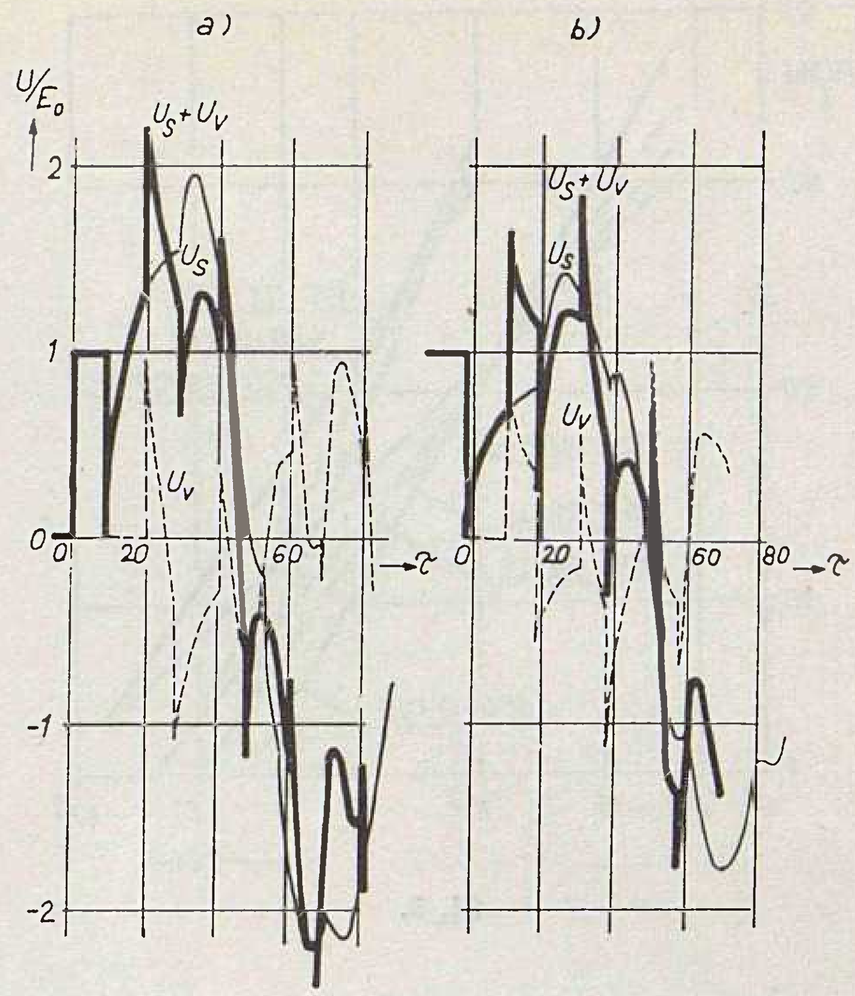
$$[f^x]_{33} = [S]_{33}^{-1} \cdot [f]_{33} \cdot [S]_{33} \qquad (6)$$

$$[U_h^x]_3 = [h^x]_{33} \cdot [U^x]_{33}$$

$$[U_q^x]_3 = [f^x]_{33} \cdot [U^x]_3$$

Ovaj postupak omogućava i proračun sklopnih pojava u trofaznoj mreži pomoću digitalnih računskih strojeva. U našem institutu izrađen je, prema ovom računskom prostupku, program za proračun sklopnih prenapona. Izračunati tokovi prenapona dobro se slažu s izmjerenima u mreži, tako da se za stanoviti vod mogu izračunati i statistička svojstva prenapona, odnosno ispitivati utjecaj pojedinih svojstava voda i mreže na sklopne prenapone.

Značajni utjecaj na iznos, a osobito na oblik sklopnog prenapona na uklopnom vodu imaju s njime usporedno ili serijski spojeni vodovi. Priključili li se nekom kratkom vodu neki dugi vod, nastala prenaponska pojava može se prikazati spajanjem dvaju osnovnih valova, tj. onog koji nastaje prilikom uključivanja jednog voda u ovisnosti o dužini oba voda, kao i onog koji nastaje zbog izbijanja kraćeg voda. Tok ukupnog prenapona prikazan je na slici 3, iz koje se može utvrditi da u promatranom slučaju treba računati s prilično oštrim superponiranim vršcima prenapona. Pa i onda kad prigušenje otkupi vrške toka, da najviši prenapon ne prekorači onaj što nastaje pri uklapanju jednog voda, može strmina superiornog prenaponskog vrška jako utjecati na preskočni napon izolacije. S takvim prenaponskim vršcima valja računati i onda kada su naponskom izvoru (opterećenja) na sabirnicama paralelno priključeni drugi vodovi. Na sabirnici paralelno priključeni vod vrlo velike dužine može povoljno utjecati na iznos i oblik prenapona uklapanja.



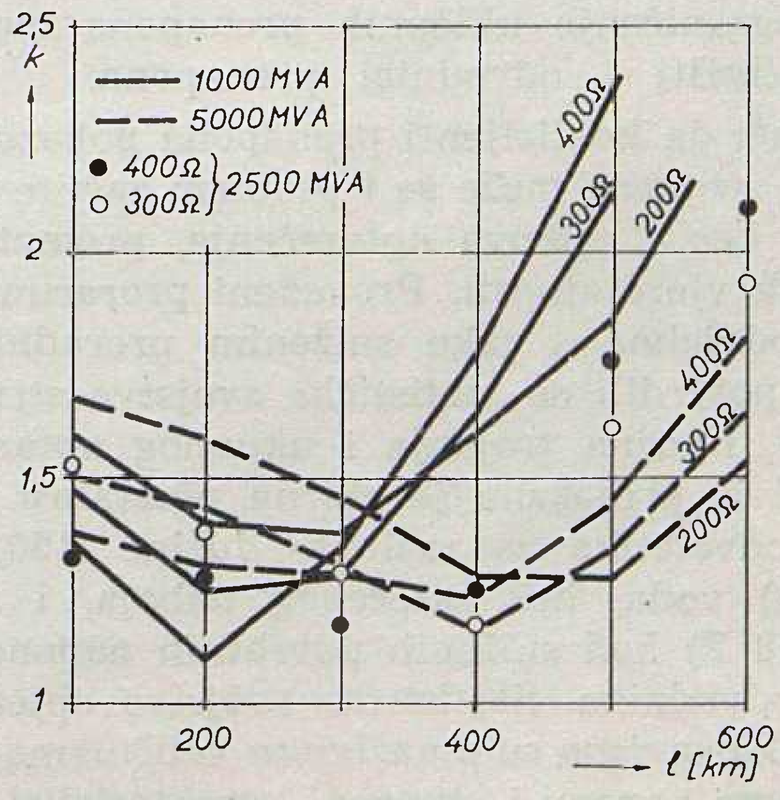
Sl. 3.

Pri uklapanju dugog voda s jednopolnim kratkim spojem (kod neuspješnog ponovnog uklapanja) sklopni prenapon zavisi o redoslijedu uklapanja faza, pa se moraju promatrati sve mogućnosti.

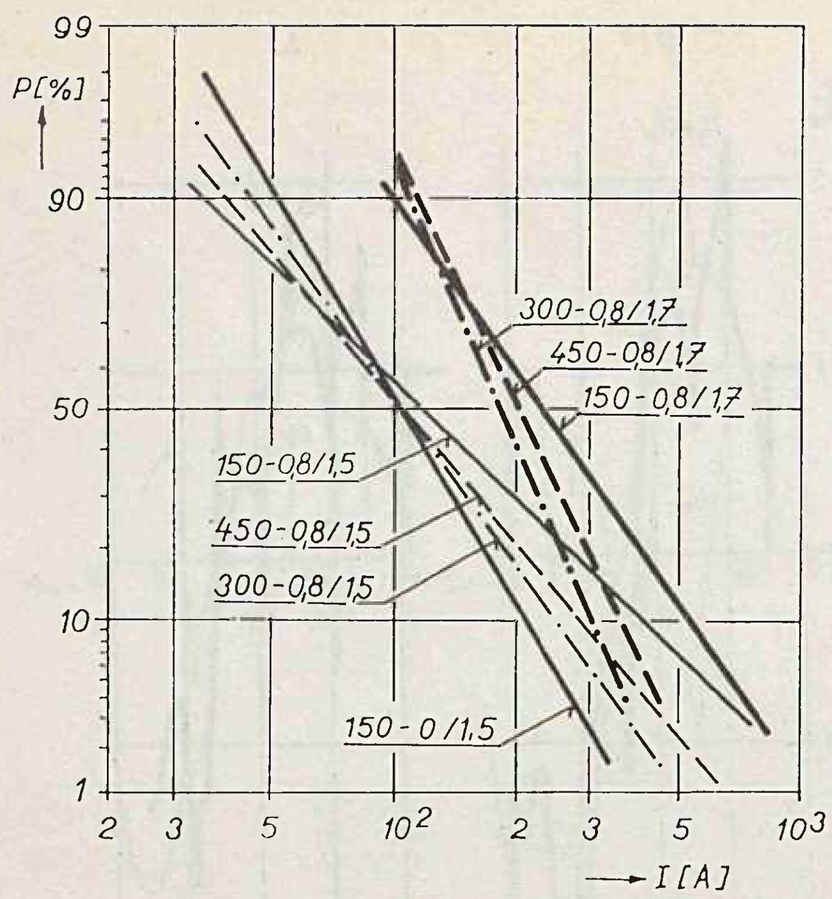
U posebne slučajeve uklapanja možemo ubrajati i povratna paljenja u prekidaču pri isklapanju dugog voda. Ovdje se radi o uklapanju nabijenog voda nakon prvog prelaza struje kroz nul-točku, tj. nakon prvog maksimuma prenapona. No kako suvremeni prekidači rade bez povratnih paljenja, ne moramo uzeti u obzir te visoke prenapone.

3. ZAŠTITNE MJERE ZA SVLADAVANJE UKLOPNIH PRENAPONA

Čini se da je najdjelotvornije sredstvo za smanjenje sklopnih prenapona otpor 200—400 oma s uklopnim vremenom 5 — 20 ms, koji se ugrađuje u prekidače. Na slici 4. prikazani su koeficijenti prenapona kod uklapanja dugog voda preko otpo-



Sl. 4.



Sl. 5.

ra na sklopki od 200 do 400 oma na izvor, čija nedomjesna snaga kratkog spoja iznosi 1000 do 5000 MVA. Uklopni prenapon s otpornom stepenicom u prekidaču neznatno je ovisio o vremenskom razdoblju u kojem je otpornik priključen, kao i o trenutku ukapčanja (uklopni kut). Sklapanje pomoću otpora dobro je zaštitno sredstvo za ograničenje sklopnih prenapona.

Dalja mogućnost za ograničenje sklopnih prenapona jest sinhrono uklapanje. Vod se uklapa u trenutku kada pogonski napon prolazi kroz nulu ili u blizini te vrijednosti. Taj uvjet, međutim, postavlja visoke zahtjeve na mehanizam prekidača. Kod brzog ponovnog uklapanja nekog drugog voda kompenziranog prigušnicima ostaje nakon isklapanja na vodu naponsko titranje slično pogonskom naponu. Ponovno uklapanje može nastupiti u trenutku najmanje razlike pogonskog napona i napona na vodu. Budući da je razlika frekvencije na polovima prekidača vrlo malena, pa potrebni trenutak uklapanja može uslijediti u razdoblju od nekoliko perioda, moguće je provesti sinhrono uklapanje bez teškoća.

Prigušnice na krajevima voda izazivaju samo neznatno sniženje prenapona.

Za ograničenje uklopnih prenapona mogu također služiti i odvodnici prenapona.

Budući da koeficijenti prenapona pokazuju statistička svojstva, može se i problem zaštite odvodnicima, kao i njihova opterećenja, promatrati sa stajališta vjerojatnosti. Provedeni proračuni zaštite odvodnicima s jako sniženim proradnim naponom potvrdili su statistička svojstva struje odvodnika, njezina trajanja i ukupnog opterećenja. Na slici 5. prikazana je zbirna učestalost pojave struje odvodnika za različite dužine (150, 300 i 450 km) voda, bez zatečenog naboja, i s njim (0,0 i 0,8 E) kod sniženih povratnih napona (1,5 i 1,7Eo) odvodnika. Statistička svojstva opterećenja odvodnika zavisna su o nazivnim veličinama mreže, proradnom naponu i otpornoj karakteristici odvodnika. Rješenje problema upotrebe odvodnika za jako ograničenje prenapona uklapanja ovisi o temeljitom poznavanju statističkih svojstava opterećenja odvodnika u pogonu, kao i o statističkim parametrima njihova dozvoljenog opterećenja te vijeka trajanja kod različitih opterećenja.

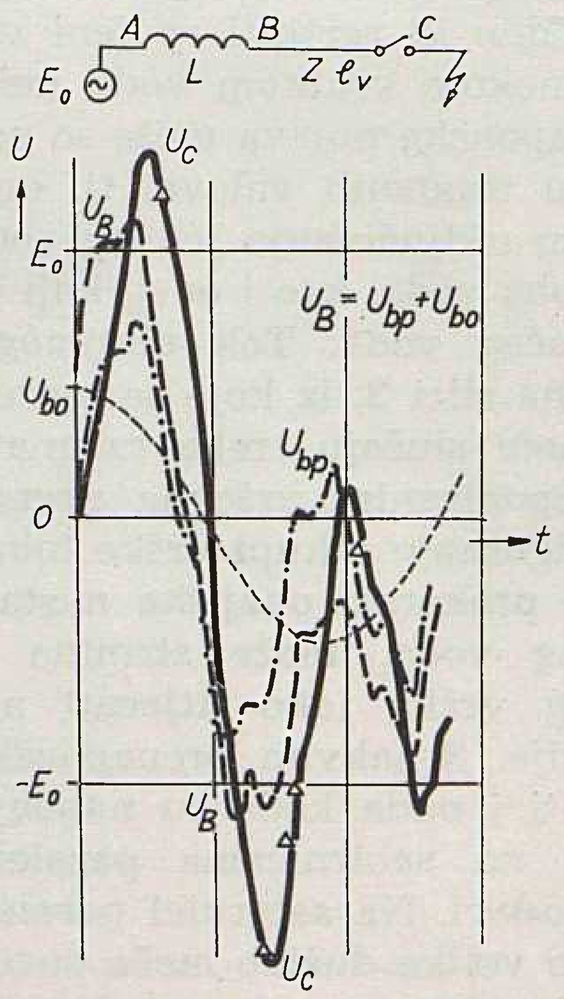
4. SKLOPNI PRENAPON KOJI NASTAJE PRI ISKLAPANJU STRUJA

Uz uklopne prenapone, prenaponi koji nastaju pri iskapćanju većih struja na kraju dugog voda slijedeća su značenja skupina sklopnih prenapona. Iskapčanje struje na kraju nekog voda, bilo kod rasterećenja, isklapanja kratkog spoja ili sklapanja u protufazi, uzrokuje prijelaznu pojavu kod koje prenaponski valovi putuju uzduž voda te se na njegovim krajevima odbijaju i lome, pa sastavljeni uzrokuju prenapon sličnog toka kao i pri uklapanju voda. Tok prenapona pri isklapanju, prikazan na slici 6, određen je superpozicijom prenapona i pogonskog napona. Valovit oblik toka prenapona preteže to više što je veća prijelazna komponenta prenapona (npr. pri iskapčanju struje kratkog spoja). Jednostavni proračun toka prenapona u jednofaznoj mreži može se provesti pomoću Herisidova operatora prema jednadžbi (3) te za napon na kraju voda (na stezaljkama prekidača) pisati (L 4):

$$U_{c(t)} = 4 \cdot I_0 \cdot Z \sum_{s=1}^{\infty} \frac{1}{2\beta_s + \sin 2\beta_s} \cdot \frac{\delta \cdot \omega}{\delta^2 - \omega^1} \cdot (\cos \omega t - \cos \delta t) \qquad (7)$$

Proračunati prenapon superponira se onom naponu koji bi bio u ispitivanoj točki da nije došlo do iskapčanja.

Prilikom proračuna prenapona isklapanja otpada statistički član ovisan o kutu isklapanja, jer

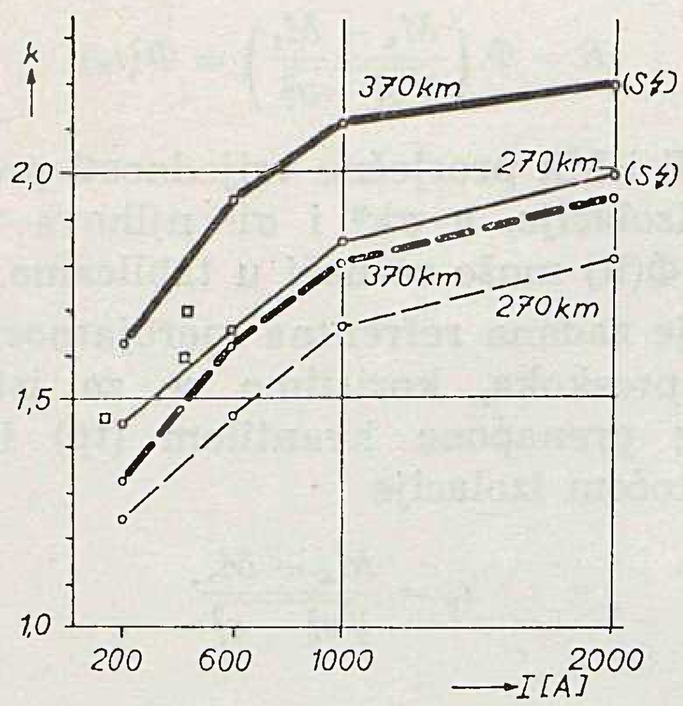


Sl. 6.

se isklapanje vrši u trenutku prolaza struje kroz nulu. Pri isklapanju faznih struja na nekom vodu s jednopolnim kutnim spojem iznos prenapona na pojedinim fazama zavisi o redoslijedu isklapanja faza. Najviši će napon nastupiti na zdravim fazama, kad se kratkospojena faza isklapa zadnja. Isklapa li se ona prva, treba očekivati manje prenapone. Budući da u pogonu pri iskapčanju kratkog spoja slijedi iskapčanje u pojedinim polovima prekidača u malim vremenskim razdobljima, može se prihvatiti visina prenapona između gore utvrđenih graničnih vrijednosti.

Na slici 7. prikazani su koeficijenti prenapona pri isklapanju struje s jednopolnim kratkim spojem i bez kratkog spoja, u ovisnosti o isklopnoj struji.
S kvadratom označene točke izmjene su kod kratkog spoja u nekoj mreži 400 kV.

Značenje ovih sklopnih prenapona u mrežama najviših napona osobito je veliko onda kada su prenaponi uklapanja dovoljno ograničeni ili isključeni.

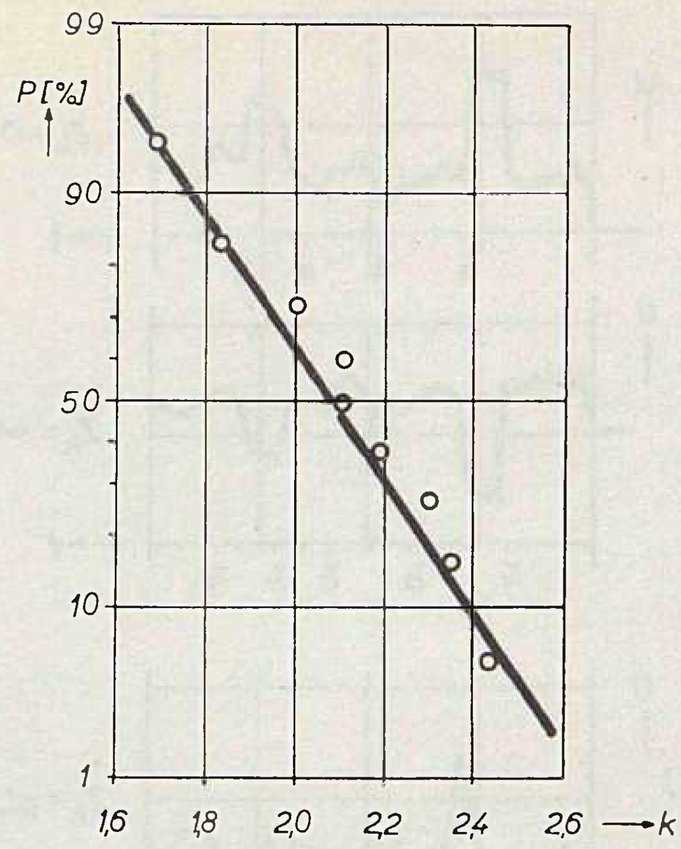


Sl. 7.

Prenaponsku zaštitu predstavljaju i u ovom slučaju odgovarajući otpori na sklopkama. Zbog većih energija ovih prenaponskih valova i s njima očekivanih većih opterećenja mora se upotreba odvodnika posebno ispitati za svaki slučaj.

5. PRENAPONI PRI ISKLAPANJU TRANSFORMATORA I PRIGUŠNICA

Značajni prenaponi mogu nastupiti i pri isklapanju induktiviteta (transformatora i prigušnica). Prekidanje struje izaziva jako prigušene visokofrekventne prenapone (od nekoliko kHz), koji mogu nastati pri pretvorbi magnetske energije u elektrostatsku. Najviši prenapon ovisan je u prvome redu o isklopnoj struji, kao i snazi reaktora te dozemnom kapacitetu iskopčanog kruga. Prilikom isklapanja može u prekidaču doći do višestrukog prekidanja struje i povratnih paljenja. Koeficijenti prenapona pokazuju statistička svojstva. Na slici 8 prikazana je sumarna raspodjela koeficijenta prenapona izmjerenih pri isklapanju prigušnice 400 kV, 100MVA (K = 2,07; O = 0,25).



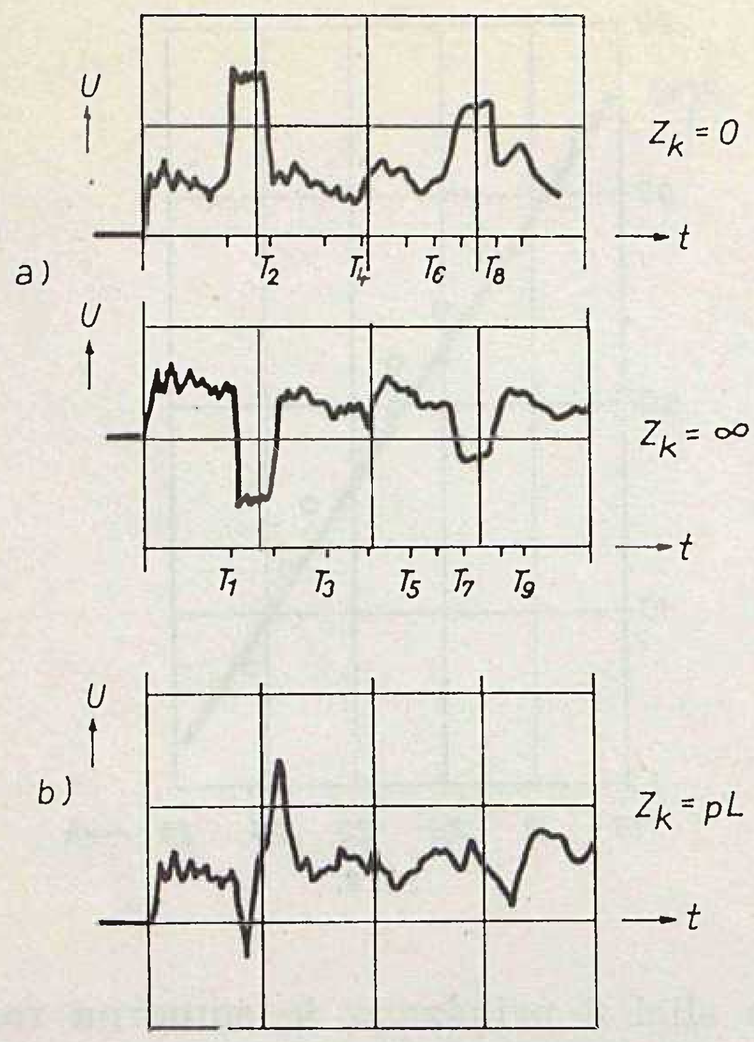
Sl. 8.

Budući da energija tih visokofrekventnih prenaponskih titranja nije prevelika, mogu se prenaponi svladati pomoću običnih odvodnika. Prenaponi pri uklapanju prigušnice ili transformatora neznatni su (K_z = 1,2; Θ_t = 0,2 do 0,3) i ne zahtijevaju dodatne zaštitne mjere. Oni se mogu lako svladati i pomoću uobičajenih odvodnika ako se na tercijarni namot transformatora priključi prigušnica, pa će porasti prenaponi pri isklapanju do vrijednosti koje nastaju pri isklapanju same prigušnice. Za svladavanje tih sklopnih prenapona upotrebljavaju se odvodnici.

6. OSTALI UNUTRAŠNJI PRENAPONI

Sklopnim prenaponima mogu se pribrojiti i oni koji nastaju kod jednopolnih kratkih spojeva. Radi različitih brzina vala u direktnom i nultom sistemu može u zdravoj fazi na mjestu kvara, a u vremenskom razdoblju između povratka naponskih valova reflektiranih od kraja voda u oba sistema, nastupiti povišeni naponski val. Teoretski može prenapon, kod kratkog spoja u sredini voda bez prigušenja i s kratkospojenim vodičima na njegovim krajevima, doseći iznos 2,2. Kod induktivnog opterećenja na krajevima voda (transformator, prigušnica, itd.) može prenapon doseći još više iznose. No, kako se u pogonu radi o vrlo kratkim vremenima i jako prigušenim vršcima prenapona, mogu prenaponi doseći najviši iznos od 2 Eo. Sniženje pogonskog napona za trajanje putnih valova uzrokuje daljnje sniženje prenapona. Na slici 9. prikazan je tok prenapona zdrave faze kod nastanka kratkog spoja u sredini voda bez prigušenja, čiji su krajevi kratko spojeni, odnosno otvoreni (sl. 9.a) te induktivno opterećeni (sl. 9.b).

S tim prenaponima treba računati samo kod vrlo dugih vodova najviših napona sa sniženom



Sl. 9.

razinom izolacije. Takvi prenaponski valovi mogu se spriječiti samo upotrebom skupocjenih filtara priključenih na oba kraja voda ili priključivanjem odvodnika u sredini voda.

Opasni prenaponi, čija je frekvencija približno jednaka frekvenciji pogonskog napona ili njezinih nadvalova, sasvim su iznimni i najčešće ovisni o uvjetima rezonancije. Proračun takvih unutrašnjih prenapona mukotrpan je, a njegova točnost je ograničena pretpostavljenim pojednostavnjenjima. Istraživanje unutrašnjih prenapona usmjereno je osobito na utvrđivanje mogućnosti nastajanja unutrašnjih prenapona kod zadanog spoja mreže, pogonskih uvjeta ili osobitih stanja kvara.

Bez obzira na stvarne iznose ovih opasnih rezonantnih i ferorezonantnih napona, moraju se takvi spojevi mreže i pogonski uvjeti unaprijed isključiti.

Pri korištenju odvodnika prenapona najviših napona sa sniženim proradnim naponom moraju se utvrditi ne samo ovi unutrašnji prenaponi, već i nedozvoljena povišenja pogonskog napona, pa treba isključiti takve pogonske uvjete ili spojeve mreže.

7. PRENAPONI KAO PODLOGA ZA KOORDINACIJU I IZBOR IZOLACIJE

Gospodarski faktor u sniženju investicionih ulaganja za izolaciju vodova i uređaja zahtijeva statistički pristup koordinaciji izolacije i izboru potrebnih mjera za zaštitu od prenapona. Treba li se dozvoljena vjerojatnost nekog preskoka izolacije ili stanovitog kvara ustanoviti i zadržati u području dozvoljenih granica, porebno je što točnije poznavati statistička svojstva pretpostavljenih prenapona, kao i čvrstoću izolacije. To vodi povećanim zahtjevima za rješavanje djelomičnih problema koje nude ulazni podaci za cjelovito rješenje. Moraju se usvojiti i primijeniti takvi računski postupci i pojednostavnjenja koji vode dovoljno točnim rezultatima.

Pri izboru izolacije u statističkoj obradi polazimo od dozvoljene vjerojatnosti preskoka izolacije, koja uz poznata statistička svojstva prenapona vodi odgovarajućoj razini izolacije. Jednadžba vjerojatnosti preskoka izolacije R glasi

$$R = \int_{-\infty} p_k(u) \cdot P_i(u) \cdot du \qquad (8)$$

gdje je fk (u) vjerojatnost gustoće prenapona, fi (u) funkcija učestalosti preskočnog napona izolacije.

Pod pretpostavkom Gaussove normalne raspodjele za obje navedene skupine dobivamo:

$$p_{(u)} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{u - Mu}{\sigma}\right)^2\right]$$

$$P_u = \int_{-\infty}^{u} p_{(u)} \cdot du \qquad (9)$$

$$R = \Phi\left(\frac{M_k - M_i}{\sqrt{\sigma_k^2 - \sigma_i^2}}\right) = \Phi(t_R) \qquad (10)$$

gdje su Mi i Mk prosječne vrijednosti prenapona i čvrstoće izolacije, a σk^2 i σi^2 njihova rasipanja. Funkcija $\Phi(R)$ može se naći u tablicama.

Kada je zadana refrentna vjerojatnost(P)5 dozvoljenih preskoka, koristimo se za istraživanje određenog prenapona kvantilom (tp) i prosječnom čvrstoćom izolacije

$$t_p = \frac{M_k - M_i}{\sqrt{\sigma_k^2 - \sigma_i^2}}$$

$$M_i = M_k - t_p \cdot \sqrt{\sigma_k^2 + \sigma_i^2} \qquad (11)$$

Točnost proračuna zavisi o utvrđenim statističkim svojstvima preskočnog napona izloacije i prenapona. Usprkos točnim mjerenjima čvrstoće izolacije i različitih korekcijiskih faktora kao i brojnim proračunima prenapona, može subjektivni faktor izbora različitih uvjeta i svojstava bitno utjecati na rezultat. Tako kod točno izmjerene čvrstoće izolacije u stanovitoj točki mogu različiti korekcijski faktori (atmosferski uvjeti, položaj izolirane točke, kiša itd.) doseći nekoliko postotaka; naprotiv, broj paralelno priključenih izoliranih točaka može uzrokovati smanjenje mjerenih vrijednosti od nekoliko desetaka postotaka. Usvojeni broj paralelnih točaka je, dakle, mjerodavan za proračun broja smetnji i izbor razine izolacije. I razlika između pretpostavljenog ispitnog vala u odnosu prema stvarnim prenaponskim valovima može izazvati promjenu nazivnih svojstava izolacije, a time i provedenih proračuna.

Statistička svojstva prenapona mogu se znatno razlikovati i kod zadanog spoja voda, uz poznate njegove parametre. Učestalost različitih prenapo-

na, koji nastaju pri različitim sklapanjima, mora se unaprijed procijeniti, te razmisliti o značenju pojedinih prenapona, čija će se svojstva upotrijebiti za proračun razine izolacije. Već pri proračunu koeficijenata prenapona različitih sklapanja i uvjeta mreže mora se usvojiti više pretpostavki, npr.:

a) upotrijebit će se iznosi vezani za fazne ili najviše vrijednosti koje se javljaju kod stanovitog trofaznog spoja,

b) koeficijenti prenapona mogu se pripisati najvišoj vrijednosti određenog poloviteta ili najvišoj vrijednosti određenog poloviteta ili najvišoj vrijednosti oba poloviteta stanovite prenaponske pojave,

c) kod ponovnog uklapanja mora se procijeniti iznos preostalog naboja na vodu, kao i udio tog naboja, čiji je polovitet suprotan pogonskom naponu,

d) približno treba utvrditi učestalost nadomjesne snage kratkog spoja koja je najnepovoljnija za koeficijente prenapona,

e) zanemaruje se moguće rasipanje usvojenog uklopnog kuta u ovisnosti o korištenom tipu prekidača,

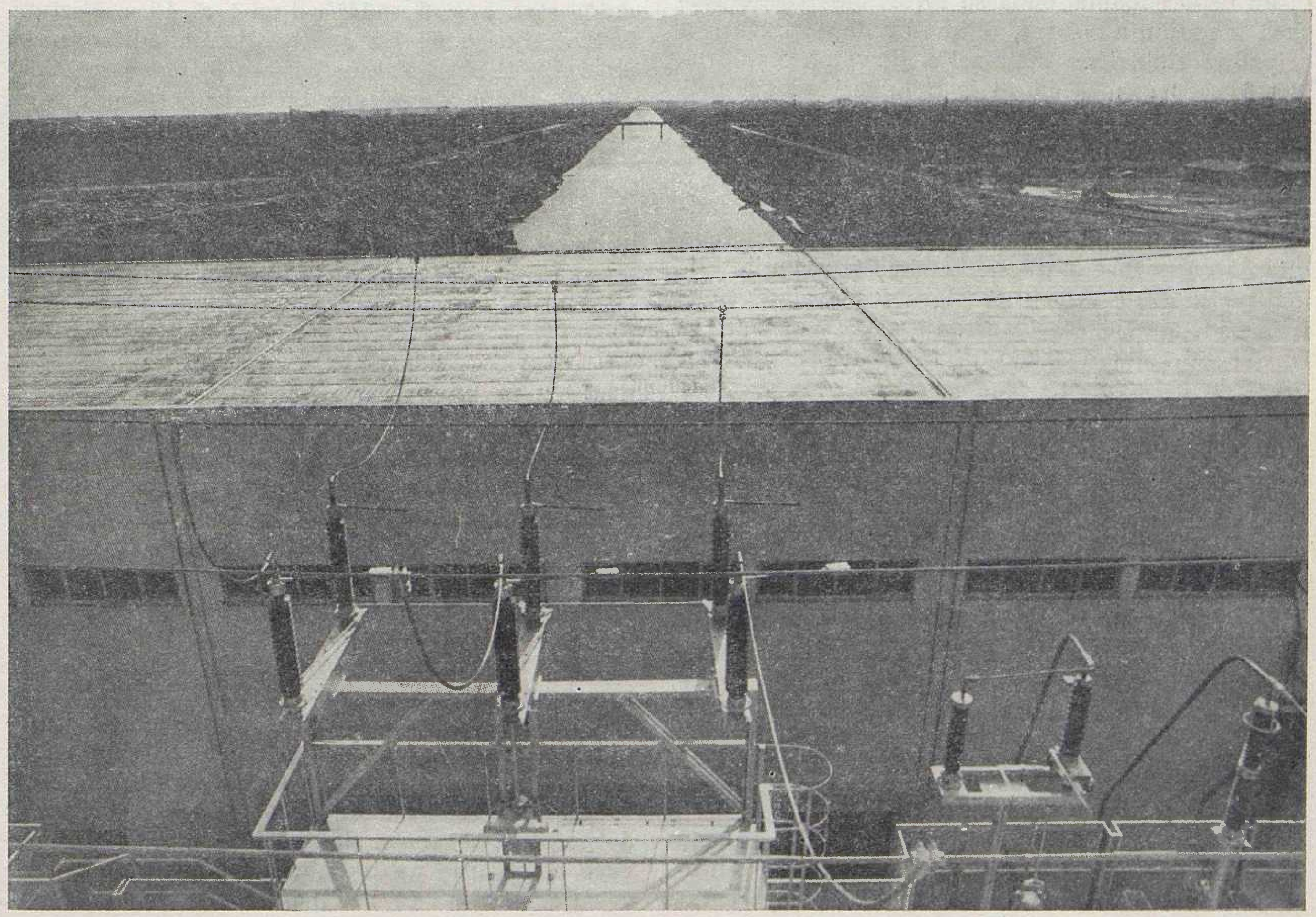
itd.

Istraživački radovi su danas usmjereni na određivanje značenja pojedinih utjecaja koji mogu znatno djelovati na korištena statistička svojstva, a time i na izbor izolacije. Razumijeva se da je s time skopčano djelotvorno korištenje mjera za zaštitu od prenapona, te potreba odgovarajućih uređaja i konstrukcije izolatora.

Koordinacija izolacije i izbor stupnja izolacije iz nazivnog reda zavise o svladavanju problema koji mogu nastati pri točnom određivanju statističkih svojstava i primijenjenim računskim postupcima.

Naslov pisca: Jaroslav Jirků, dipl. ing.

HE VARAŽDIN U IZGRADNJI. DOVODNI KANAL, dug 7,5 km, po cijeloj dužini smješten između nasipa od šljunka. Nasipi su visine 7,0 do 14 metara, a širine krune 4,0 m. Radi nepropusnosti kanal je izveden s asfaltno — betonskom oblogom, debljine oko 10,0 cm.



ELEKTROENERGETSKO NAPAJANJE I OSTALE ELEKTRIČNE INSTALACIJE SVEUČILIŠNOG RAČUNSKOG CENTRA „SRCE“ ZAGREB

Vladimir Hartl, Zagreb

U članku se opisuju rad i rezultati na osnivanju i projektiranju elektroenergetskih i drugih električnih instalacija te njihova izvedba u Sveučilišnom računskom centru, Zagreb.

DK 681.39:621.31

UVOD

U svakom elektroničkom računskom centru (ERC) kompjutor je najbitniji element, zbog čijeg se konačnog iskorištavanja i gradi centar sa svojim komponentama. Međutim, ne treba smetnuti s uma da siguran i ispravan rad kompjutora nije praktički moguć bez opskrbe električnom energijom vrlo visoke kvalitete i neophodnog osiguranja aero-termo uvjeta okoline. Ako je kompjuterski sistem većeg kapaciteta i većih operacionih mogućnosti, za zadovoljenje tih njegovih potreba u pravilu se zahtijevaju kvalitetniji dodatni uređaji (stabilizatori, klima-centrale i sl.) i smišljenije stapanje tih uređaja u rad kompjutora.

Slikovito rečeno, ako se kompjutor nazove »mozgom« ERC-a, kao što se često radi pri slikovitim usporedbama, onda su izvori elektroenergetskog napajanja »srce«, klima-uređaj »pluća«, a pripadne električne instalacije »krvotok«, pridružen tom »mozgu«. Zataji li bilo koji od tih pridruženih »organa«, »mozak« odmah ili za vrlo kratko vrijeme prestane obvaljati svoje funkcije

Kako bi se osigurali uvjeti za rad kompjutora u nekom ERC-u, već pri planiranju njegove izgradnje moraju na zadovoljavajući način biti riješena pitanja njegova elektroenergetskog napajanja, klimatizacije smještajnog prostora i pripadne električne instalacije. To planiranje za Sveučilišni računski centar povjereno je Institutu za elektroprivredu u Zagrebu.

Rješavanje problema vezanih za elektroenergetsko napajanje i električne instalacije podijeljeno je zbog važnosti i društvene uloge objekta u dvije etape. U prvoj etapi izrađena je studija o izboru pomoćnih elektroenergetskih izvora i organizacije pouzdanog napajanja kompjutora UNIVAC 1110, a zatim su na osnovi rezultata te studije i posebnih zahtjeva dobavljača kompujtora, u skladu s postojećim tehničkim propisima izrađeni i projekti električnih instalacija.

TOK I REZULTAT STUDIJE

Studijom se ponajprvo razmatrana osnovna pitanja zadatka, kao što su specifičnosti kompjutora kao trošila električne energije, utjecaj odstupanja kvalitete električne energije i prekida u njezinoj dobavi na rad kompujtora i, na kraju, sve realno dostupne mogućnosti osiguranja povoljnih elektroenergerskih uvjeta za efikasan i kvalitetan rad kompjutora.

U nastavku se razmatraju konkretni uvjeti za SRCE i na osnovi toga donose odluke o izboru sistema elektroenergetskog napajanja.

Kompujtor Sveučilišnog računskog centra u Zagrebu bit će sastavljen od ukupno 60 jedinica. Toliko jedinica bit će ukomponirano u taj sistem u tzv. konačnoj fazi. Ukupna instalirana električna snaga tog kompjutora iznosit će 137,9 kVA uz faktor snage 0,9. Od te instalirane snage 52,4 kVA otpada na trofazno priključene jedinice, a ostatak od 85,5 kVA na dvofazne priključke. Nazivni napon iznosi 120/208 V uz dozvoljena odstupanja od $\pm 6\%$ stat. i $+6$, -15% d za $t \leq 10$ s. Nazivna frekvencija je 60 Hz s dozvoljenim odstupanjem $\pm 0{,}8$ Hz ($1{,}3\%$). Faktor distorzije mora biti manji od 5%, a dopuštena odstupanja faznog kuta $120° \pm 5\%$. Svakoj jedinici je dobavljač, tvrtka UNIVAC, propisala potrebnu nazivnu struju za termički okidač obavezno primijenjenog automatskog prekidača u posebnoj elektroenergetskoj razdjelnici kompjutora. Prema nazivnoj struji tog termičkog okidača dimenzioniraju se priključeni elektroenergetski kabeli za kompjutorske jedinice. Uzemljivač za kompjutor može imati najveći prijelazni otpor od 3 oma. Ispod kompjutorske konfiguracije postavlja se mreža (u dvostrukom podu) čija su oka blizu 1 x 1 m, a koja se izrađuje od bakrenog lima vrlo malene debljine, najviše 0,15 mm. Tom mrežom se zamjenjuje sistem visokofleksibilnih bakrenih kabela, čime se povećava impedanca između »logičke« i »zaštitne« zemlje za više frekvencije. Time je znatno poboljšano odvođenje visokofrekventnih impulsa smetnji. Uzemljivač i spomenuta mreža povezuju se visokofleksibilnim bakrenim kabelom. Uključivanje kompjutora je izvedeno sekvencijalno. Najveće udare struje pri upuštanju proizvodi kontrola jedinica bubnjeva (FH 432 Control). Njezina uklopna snaga iznosi 12 kVA. Bubnjevi su pogonska osobitost ovog sistema. Od stanja poslije dužeg mirovanja do potpune pogonske stabilizacije, kod koje je moguće očitavanje na bubnjevima, tj. normalno odvijanje rada, može biti potrebno i nekoliko sati.

Kod manjih prekida rada potrebno je najmanje pola sata čekanja nakon uključenja da bi se mogao obavljati rad s bubnjevima. Zbog takvih karakteristika dobavljač kompjutora propisuje gotovo »vječni« rad bubnjeva. Da bi to bilo moguće, bubnjevi se u sistem razvođenja na razdjelnici kompjutora stavljaju u takav položaj da je jnihovo isključenje s dobave električne energije u normalnim prilikama u mreži moguće samo u izvanrednim prilikama u kompjutorskom centru (požar i sl.).

Predviđeno je da se kompjutorska konfiguracija kompletira u dvije faze. U prvoj fazi, koja se sada procjenjuje na 2—3 godine, instalira se dio konfiguracije s 38 jedinica. Ukupna instalirana električna snaga prve faze iznosi 88,2 kVA, od čega na trofazno priključivanje otpada 35,9 kVA. Ostatak je priključen dvofazno.

Iznenadni prekidi u dobavi električne energije, bez obzira na uzroke prekida, izazivaju prestanak rada kompjutora. Minimalno vrijeme potrebno operatoru da od časa »pada sistema« uspostavi opet normalno stanje obrade, kakvo je bilo prije prekida, iznosi tri minute, pod pretpostavkom da je prekid bio duži od 50 ms, a kraći od vremena potrebnog da operator primijeti prekid i počne operaciju ponovnog uspostavljanja normalnog stanja (otprilike 15 — 30 s).

Računajući da trajanje obrade jednog prosječnog programa traje 10 min (bez check -pointa), a da je u najneugodnijem slučaju došlo do prekida u dobavi električne energije u zadnjoj minuti njegova toka, potrebno je taj program nakon uspostave normalnog elektroenergetskog režima, ponoviti. Na taj način smo došli do prosječnog ukupnog izgubljenog vremena obrade s kojim valja realno računati pri svakom kratkotrajnom prekidu u dobavi električne energije. Ono iznosi 12 min. Da bismo dobili sliku o tome koliko se, približno, prekida u dobavi električne energije može očekivati u prvih deset godina rada centra, za potpunu izgradnju predjela u kojem se nalazi SRCE, izvršena je kratka analiza podataka o prekidima nastalim u elektroenergetskoj mreži grada Zagreba za naponske nivoe 30 kV i 10 kV. Radi se o prekidima isključivo zbog kvara elemenata mreže, zbog remontnih radova ili zbog prekapčanja i priključaka novih objekata, i to za 1972 g. Ta je analiza pokazala da se može očekivati pet prekida godišnje s trajanjem ispod 1 min, tri prekida godišnje koji traju do 5 min i pet prekida godišnje duža od 5 minuta. Valja upozoriti da u ove prekide nisu ubrojene najavljene ili nenajavljene redukcije u dobavi električne energije, kao ni prekidi izazvani u prvoj godini rada sistema, a do kojih neminovno dolazi pri »uigravanju« kompjutorskih jedinica međusobno i o ostalim pridruženim elektroenergetskim i klima-sistemima.

Koristeći se podatkom da jedan sat rada CPU kompjutorskog sistema kod rada centra u dvije smijene iznosi 30.000,00, izračunato je da gubici izazvani prije spomenutim prekidima u dobavi električne energije (radi se o tzv. primarnim gubicima) iznose godišnje 220.000,00 d. Eliminacijom svih prekida koji traju 5 minuta, što smijemo učiniti jer takve prekide »premošćujemo« iz aku-baterije stabilizatora, navedeni gubici još uvijek iznose 156,800,00 d, što je otprilike (71%) od prije navedene sume godišnjih gubitaka. Iako u aku-baterijama stabilizatora ima dovoljno energije i za duži tzv. elektroenergetski autonomni rad kompjutora, poslije pet minuta dolazi do njegova automatskog isključenja zbog neadekvatnih klima uvjeta.

Tzv. sekundarni gubici nastali prekidima u dobavi električne energije kompjutora, među kojima su npr. i oni nastali kod komitenata zbog nepravovremenog dobivanja rezultata obrade uglavnom se ne mogu izraziti novčano (u pravilu ne postoje potrebni elementi za proračun), iako oni mogu biti stvarno veći od primarnih gubitaka ako se promatrani kompjutorski sistem nalazi na ključnom mjestu u organizaciji društva. Za kompjutorski sistem koji je predmet ove obrade moglo bi se reći da će prije ili kasnije sigurno dobiti takvo ključno mjesto.

Isto tako, makar je nepobitno utvrđeno da će neophodna redukcija električne energije u republici u prve tri godine rada sigurno pogoditi ovaj centar, nije bilo moguće izračunati i taj utjecaj s dovoljnom sigurnošću. Međutim, bilo je lako konstatirati da gubici premašuju godišnju sumu izazvanu prije razmatranim prekidima u dobavi električne energije ako kompjutor u SRCE-u ne bi radio samo osam sati godišnje.

Rezultati svih navedenih računa i razmatranja pokazali su da SRCE treba neophodno opremiti vlastitim pomoćnim izvorom električne energije, jer godišnji troškovi za takav uređaj iznose manje od troškova izazvanih prekidima i ograničenjima u dobavi električne energije.

U tablici 1. prikazan je rezultat analize mogućih vršnih snaga u obje faze izgradnje SRCE-a, a u tablici 2 i ostalih snaga.

Tablica 1

VRŠNE SNAGE »SRCE«

Red. br.	Grupa potrošnje	foxfi	U prvoj fazi kVA		Konačno kVA	
			Ukupno	Na rezerv. napajanju	Ukupno	Na rezerv. napajanju
1	Rasvjeta	1,0	91,0	15,0	91,0	15,0
2	Komjutor	0,9	72,0	72,0	112,0	112,0
3	Pom. strojevi	0,8	16,0	16,0	16,0	16,0
4	Klimatizacija	0,7	262,0	126,0	304,0	162,0
5	Ostala trošila	0,3	9,0	—	9,0	—
	Ukupno		450,0	229,0	532,0	305,0

Tablica 2

INSTALIRANE SNAGE »SRCE«

Red. br.	Grupa potrošnje	U prvoj fazi kVA		Konačno kVA	
		Ukupno	Na rezerv. napajanju	Ukupno	Na rezerv. napajanju
1	Rasvjeta	91,0	15,0	91,0	15,0
2	Komjutor	90,0	90,0	140,0	140,0
3	Pom. strojevi	20,0	20,0	20,0	20,0
4	Klimatizacija	385,0	180,0	435,0	230,0
5	Ostala trošila	30,0	—	30,0	—
	Ukupno	616,0	305,0	716,0	405,0

Kao što se vidi iz tablice 1, očekivane vršne snage u pojedinim fazama izgradnje dozvoljavaju primjenu jednog ili više manjih dizelskih električnih agregata. Za pokriće potreba, odgovarajuća nazivna snaga jednog agregata morala bi iznositi najmanje 360 kVA. Mora se uzeti u obzir da aerotermo-instalacije imaju elektromotore relativno velikih snaga. Iako se ti motori upuštaju sklopkama zvijezda —trokut udarna opterećenja koja ona proizvode na dizelsko-električnom agregatu, a koja će se pojaviti gotovo uvijek kod početka rada agregata, moraju biti takve da ne izazovu prevelike padove napona i njihanja na generatoru. Da to osigura, proizvođači dizel-električnog agregata nerijetko propisuju da najveća nazivna snaga elektromotora priključenog na napajanje preko dizel-električnog agregata ne smije prelaziti trećinu nazivne snage agregata. Kako ti elektromotori u konkretnom slučaju imaju snagu blizu 50 kW uz cos fi 0,8 za klimatizaciju, bez obzira na fazu izgradnje, trebalo bi da minimalna nazivna snaga dizelskog električnog agregata bude 150 kVA. Kako je prva veća nazivna snaga iz standardnog proizvodnog niza 180 kVA premalena da pokrije potrebe ukupne potrošnje u prvoj fazi, dolazi u obzir jedinica najmanje snage 250 kVA. Dakle, na raspolaganju su dvije mogućnosti: da se odabere jedan agregat nazivne snage 360 kVA koji bi pokrio potrebe konačne izgradnje ili dva agregata, svaki po 250 kVA nazivne snage. U etapnoj izgradnji primjena dvaju agregata od po 250 kVA ima niz prednosti: Investicija za tu svrhu u prvoj etapi je manja i iznosi otprilike 56% investicije potrebne za slučaj da se odmah instalira agregat 360 kVA. Kako vremensko razdoblje za izvedbu druge faze nije još definirano, ovo je svakako velika prednost. Druga je prednost u konačnoj izvedbi da se podjelom tereta na dva agregata (na jedan klima-uređaji, a na drugi kompjutor) omogući sigurniji pogon za svaki slučaj, uz redukciju opterećenja redukcijom jedinica kompjutora u radu na manji mogući broj (isključivanje podsistema), daljnji rad kompjutora i onda kada je jedan agregat u kvaru. Prilikom primjene jednog agregata od 360 kVA ta mogućnost ne postoji, a investiciona vrijednost manja je u konačnoj fazi, sa samo jednim agregatom, za 8%. Prema tome, iz navedenih razloga odlučeno je da se primijene dva dizelska električna agregata, svaki nazivne snage 250 kVA. Izvršit će se podjela tereta, tako da na jedan dolaze aerotermo instalacije, a na drugi kompjutor i potrebna rasvjeta na rezervnom napajanju (1/3 rasvjete kompjutorske dvorane i komunikacijskih prostora).

Standardnom izvedbom predviđeno je da dnevni rezervoar sadrži gorivo za neprekidan četverosatni rad agregata. Količina goriva od 800 l, koliko iznosi potrebno gorivo za 4-satni rad, može se uskladištiti u posebnoj prostoriji bez posebnih zaštitnih mjera (ne treba podzemni rezervoar). S tom rezervom moguće je osigurati zapravo 8-satni neprekidan rad.

U pogledu kvalitete električne energije za osiguranje kvalitetnog i efikasnog rada kompjutora mjerodavni su propisi proizvođača kompjutera. Samo ako se ti propisi poštuju, proizvođač priznaje svoje garancije.

Dobavlja li se kompjutoru električna energija kojoj je kvaliteta izvan dopuštenih granica, moguće su neugodne posljedice. Ako je odstupanje od propisnih granica veće, tih je posljedica više i one su teške.

Kao posljedica dobave električne energije nepropisne kvalitete nastupaju pogreške u radu. Moguća su razna pogrešna očitavanja i upisivanja podataka i preskakanje nekih operacija ili njihovo pogrešno izvođenje. U najtežim slučajevima, pod djelovanjem električne zaštite, da bi se izbjeglo eventualno oštećenje dijelova kompjutora može se i zaustaviti rad.

Osigurati elektroenergetske uvjete za efikasan i kvalitetan rad kompjutora znači osigurati potrebnu kvalitetu dobavljene električne energije i kontinuitet u njezinoj dobavi. Prvi stupanj u ocjenjivanju koliko je elektroenergetski sistem počevši od izvora električne energije do mjesta priključka kompjutora na njega, sposoban osigurati tražene uvjete jest utvrđivanje podudarnosti nazivnih električnih veličina mreže na koju se priključuje kompjutor i tih nazivnih veličina kompjutora. Ako su one podudarne, dolazi u obzir razmatranje da li je mreža bez upotrebe dodatnih sredstava na mjestu priključka pogodna za priključak kompjutora. Stupanj prikladnosti ovisi, kao što je već rečeno, osim o sposobnostima električnog sistema da dobavlja energiju određene kvalitete s većim otstupanjima od dozvoljenog kroz kraće ili duže ukupno vrijeme, još i o mjestu kompjutora u organizaciji društva.

Kad je za osiguranje potrebnih elektroenergetskih uvjeta potrebno primijeniti dodatne uređaje, tj. kad elektroenergetski sistem ne može zadovoljiti tražene uvjete, tada su nam na raspologanju razne mogućnosti. Koju ćemo od njih iskoristiti, ovisi opet o ocijenjenim potrebama za svaki konkretan slučaj.

Kao što se vidi iz već navedenih podataka o elektroenergetskim karakteristikama kompjutera UNIVAC 1110, nazivne se električne veličine kom-

pjutora (nazivni priključni napon i nazivna frekvencija) i pojne električne mreže razlikuju. Tako je odmah utvrđeno, a da se ne razmatraju ostali uvjeti, da se između električne mreže i kompjutora mora interpolirati pretvarač, kojim će se napon i frekvencija pojne mreže pretvoriti za potrebe kompjutora na njegov priključni napon i frekvenciju.

U studiji su razmatrana i uspoređivana tri moguća tipa pretvarača, motor-alternator, rotacioni stabilizator i statički stabilizator.

Izabran je statički stabilizator kao najpovoljniji.

Teoretski se može upotrijebiti bilo koji broj n-stabilizatora. Međutim, potrebno je naći optimalan broj. Budući da je građevni prostor namjenjen stabilizatorima u novom Sveučilišnom računskom centru bio potpuno definiran, preostalo je da se optimalno rješenje traži u najnižoj specifičnoj cijeni uz povoljan faktor iskorištenja i danu redundancu kombinacije stabilizatora. Redundanca je pojam pogonske sigurnosti uvjetovan primjenom većeg broja uređaja ili dijelova uređaja. U ovom slučaju redudanca je omjer broja upotrijebljenih stabilizatora prema broju minimalno potrebnih stabilizatora da bi se zadovoljio rad uvijek iste kompjutorske konfiguracije. Faktor (R) kojim karakteriziramo redundancu pojedine kombinacije bit će, dakle, omjer između minimalno potrebnog broja i ukupnog broja stabilizatora dane kombinacije. Ako s n označimo ukupan broj stabilizatora u kombinaciji i pođemo s priznatog stajališta da se mora uzeti u obzir da je zanemarljivo mala vjerojatnost da će iz pogona zbog kvara ispasti više od jednog stabilizatora, onda možemo pisati za faktor R

$$R = \frac{n-1}{n}.$$

Uzmemo li da je za danu kompjutorsku kombinaciju UNIVAC 1110 nazivne priključne snage 140 kVA potreban najmanje jedan stabilizator nazivne snage 160 kVA, onda bi za dva, tri, četiri itd. paralelno priključena stabilizatora iste snage redudanca iznosila respektivno 1/2, 2/3, 3/4 itd. Međutim, za istu snagu kompjutora mogla bi se upotrijebiti za n = 3 i stabilizatori manje snage, a da redundanca ostane ista. Tako se umjesto dva od 160 kVA mogu upotrijebiti tri od 100 kVA. Uz navedenu pretpostavku da ne dolazi do ispada više od jednog, preostala dva, s ukupno 200 kVA, bila bi dovoljna da opskrbljuju kompjutor. Uz istu redudancu, međutim, povećano je iskorištenje postrojenja. Kao mjera iskorištenja uvođen je odnos između instalirane snage kombinacije stabilizatora (N_{n-stab}) i maksimalne instalirane snage kompjutora (N_k). Dakle, faktor korištenja iznosi:

$$A = \frac{N_{n-stab}}{N_k}.$$

Ako su upotrijebljena dva stabilizatora tada mora svaki biti od 160 kVA, kod redudance od 1/2 imamo iskorištenje za dani slučaj A = 2,28, a za kombinaciju od tri stabilizatora kod redudance od 2/3 A = 2,14, što je svakako povoljnije, jer što je faktor A manji, iskorištenje je bolje. To je ujedno mjera pogonskih troškova zbog gubitaka. Naime, što je faktor A manji, svaki od stabilizatora u kombinaciji je opterećen bliže svojoj nazivnoj snazi. Tako npr. stupanj djelovanja prilikom primjene dvaju stabilizatora u paralelnom poluopterećenom stanju znači postizanje stupnja djelovanja maksimalno 0,68, koliko je otprilike stupanj djelovanja stabilizatora opterećenog polovinom svoje nazivne snage.

Dakle, što se tiče redundace i faktora iskorištenja, bilo bi povoljnije upotrijebiti što veći broj stabilizatora. Međutim, pri praktičnoj izvedbi veći broj stabilizatora u paralelnom radu donosi i veći broj konstruktivnih problema, a time i drugačiju cijenu. Ovdje se kao mjera uvodi tzv. specifična cijena kombinacije (C_k). To je omjer između cijene kombinacije od n stabilizatora u paralelnom radu i cijene jednog stabilizatora minimalno potrebne snage za danu kompjutorsku konfiguraciju. Što je manji C_k, bit će povoljniji za danu kombinaciju.

Rezultati nalaženja optimalnog rješenja na opisani način skupljeni su u tablici 3. Nazivne snage stabilizatora izabirane su iz niza koji otprilike odgovaraju standardnim nizovima evropskih proizvođača. To je niz: 36,48, 75, 100, 125, 160, i 200 kVA.

Tablica 3.

REZULTATI USPOREDBE RAZNOG BROJA STABILIZATORA U PARALELNOM RADU

Broj stabilizatora u paralelnom radu n	Nazivna snaga jednog od stabilizatora kVA	Suma naziv snaga svih n stabilizatora kVA	R	A	C
2	160	320	1/2	2,28	2
3	100	300	2/3	2,14	1,88
4	48	192	3/4	1,37	1,89
5	36	180	4/5	1,29	2,21

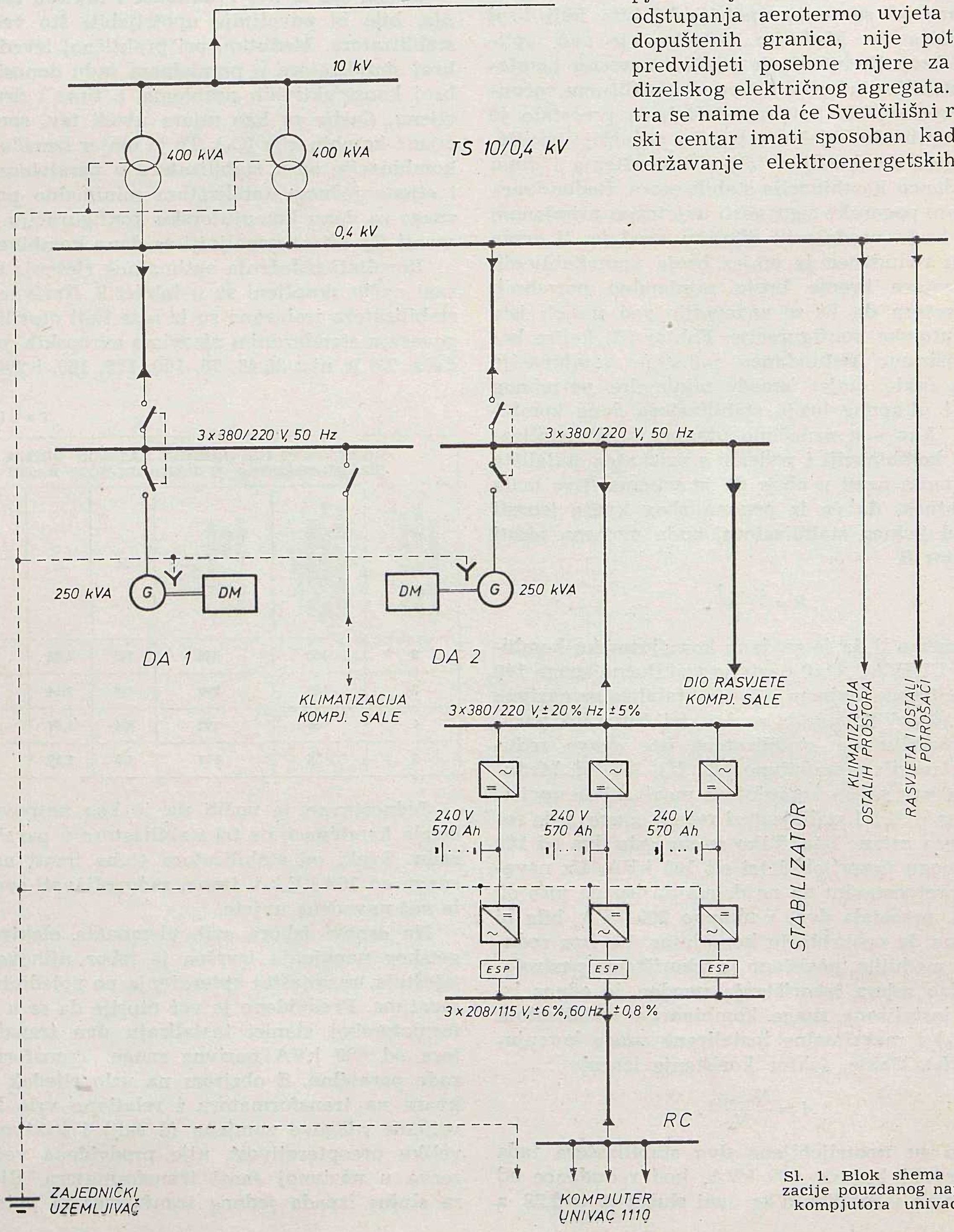
Jednostavno je uočiti da je kao najpovoljnija ostala kombinacija s tri stabilizatora u paralelnom radu. Svaki od stabilizatora treba imati nazivnu snagu od 100 kVA i, jasno, zadovoljavati sve ostale već navedene uvjete.

Na osnovi izbora svih elemenata elektroenergetskog napajanja izvršen je izbor njihova, razmještaja, razmještaj opterećenja po pojedinim elementima. Predviđeno je već otprije da se u transformatorskoj stanici instaliraju dva transformatora od 400 kVA nazivne snage. Transformatori rade paralelno. S obzirom na vrlo rijedak slučaj kvara na transformatoru i relativno vrlo kratko vrijeme njegove zamjene (6 sati) i kratkotrajnu veliku preopteretivost, nije predviđena veća rezerva u nazivnoj snazi transformatora. Rješenje za slučaj ispada jednog tranformatora potraženo

je u automatskom smanjenju opterećenja isključivanjem dijela trošila. To je u glavnom projektu riješeno tako da se prilikom ispada jednog transformatora preko pomoćnih kontakata njegove sklopke daje impuls za isključivanje glavnih sklopki onih izvoda preko kojih se napaja klimatizacija uredskih prostorija, njihova opća rasvjeta i trošila napajanja preko utičnica.

Trošila na rezervnom snabdijevanju energijom iz dizelskog električnog agregata normalno se napajaju iz pojne mreže. Tok napajanja ide preko sabirnica u rasklopnim pločama agregata. U slučaju nestanka mrežnog napona automatika u tim rasklopnim pločama inicira start dizel-električnih agregata i istovremeno vrši prekapčanje sklopkama s opskrbe iz električne mreže na opskrbu iz dizel električnog agregata.

Proces startanja, od vremena registriranja ispada električne mreže do časa kada se uključuje sklopkom napajanje iz dizel električnog agregata iznosi minimalno 30 s (ako start dizelskog električnog agregata odmah uspije). S obzirom na vrijeme od 5 min, za koje u kompjutorskoj dvorani još neće doći do odstupanja aerotermo uvjeta izvan dopuštenih granica, nije potrebno predvidjeti posebne mjere za start dizelskog električnog agregata. Smatra se naime da će Sveučilišni računski centar imati sposoban kadar za održavanje elektroenergetskih po-



Sl. 1. Blok shema organizacije pouzdanog napajanja kompjutora univac 1110

moćnih uređaja u stanju stalne pogonske spremnosti, pa će starat uslijediti unutar ovih kritičnih pet minuta. Reduntantni pogon s dizelskim električnim agregatima nije predviđen. Polazi se od stajališta da je nevjerojatno mala mogućnost istovremenog ispada električne mreže i kvara na jednom od agregata. Ako se takav slučaj ipak dogodi, predviđena je glavnim projektom mogućnost priključivanja tereta s agregata na agregat. Da bi jedan agregat mogao podnijeti teret, trebat će izvršiti prije priključivanja stanovitu redukciju priključaka u kompjutorskoj konfiguraciji. Plan redukcije se sastavlja na osnovi organizacije rada kompjutora u upravi Sveučilišnog centra, nakon što je postignut potpun pogon centra.

U slučaju ispada mrežnog napona, vrijeme koje je potrebno da se uspostavi normalno napajanje iz dizelskog električnog agregata premošćuju akumulatorske baterije priključene stabilizatorima. U baterijama je rezerva za pogon do 20 minuta.

Kad dođe do kvara na jednom od stabilizatora, za njegovo isključenje sa zajedničkih sabirnica predviđa se poseban tiristorski sklop s ultrabrzim djelovanjem (ispod 10 m s).

Pregledno se sva opisana organizacija elektroenergetskog razvoda da bi se postigla potrebna pouzdanost napajanja el. energijom kompjutora, vidi iz priložene sheme na sl. 1.

IZVEDBA ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Osim projekta elektroenergetskog napajanja i razvoda električne energije kojima se razrađuje i za realizaciju uobličuju rezultati prije opisane studije, izrađeni su u ovom Institutu i projekti za rasvjetu i sve ostale elektroenergetske instalacije za automatsku dojavu vatre i za klimatizaciju.

Sveučilišni računski centar ima oko 2400 m² neto-površine, od čega na smještaj kompjutora otpada oko 350 m², što čini 14% te površine. Za smještaj uređaja klimatizacije i kotlovnice, stabilizatora, dizelske električne stanice, transformatorske stanice, telefonske centrale, aku-baterija i ostalih pogonskih pratećih uređaja i radionica utrošeno je oko 1000 m² ili 40% ukupne površine. Ostak su predavaonice, radni prostor za osoblje vođenja i održavanja rada kompjutora, komunikacijski prostor te uredski prostor za upravu, administrativne i komercijalne službe Centra.

Elektroenergetsko napajanje objekta obavlja se putem vlastite transformatorske stanice predviđene u konačnoj izgradnji za instaliranu snagu 2 x 630 kVA. Stanica je kao prolazna uključena u 10 kV gradsku kabelsku mrežu. U početnoj fazi instaliran je samo jedan transformator snage 400 kVA, a mjerenje potrošnje električne energije obavlja se na nivou 0,4 kV. Pomoćni izvor električne energije u vidu dizelske električne stanice s dva agregata od 250 kVA nije izveden u početnoj fazi tako da sa NN-ploče transformatorske stanice pojni kabeli idu neposredno na glavnu razdjelnicu objekta u neposrednoj blizini. Na toj se razdjelnici formira kompletan elektroenergetski razvod objekta. Svi izvodi tog razvoda opskrbljeni su automatskim prekidačima s ugrađenom odgovarajućom nadstrujnom i kratkospojnom zaštitom te daljinskim okidačima. Preko tih okidača za nazivni napon 24 V istosmjerne struje prekidači su uključeni u tzv. sistem sigurnosnih tipkala i automatske dojave vatre. Glavni kabelski odvodi s te razdjelnice jesu odvodi preko stabilizatora k podrazdjelnici kompjutora, prema podrazdjelnicama klimatizacije i kotlovnice, prema podrazdjelnici za dizalo, konačno, prema katnim podrazdjelnicama za ostale električne instalacije.

Razvod je uglavnom izveden kabelima tipa PPOO, a tek jednim manjim dijelom tipa PP 41. Osim presjeka 4 x 240, koji je upotrijebljen za priključak glavne razdjelnice na TS 10/0,4 kV. Ostali su kabeli s presjecima 150, 120, 95, 50, 35 i 16 mm². Ukupna dužina kabela ugrađenih u razvod električne energije iznosi oko 1,5 kilometar.

U ovoj početnoj fazi ugrađen je samo jedan stabilizator snage 100 kVA. Priključena akumulatorska baterija u »full-float« spoju ima kapacitet 540 Ah. Sa stabilizatora se dovodi energija na podrazdjelnicu kompjutora. Ta podrazdjelnica, smještena na sredini čelnog zida kompjutorske dvorane, ima 10 polja. U prvom polju smješteni su glavni automatski prekidači, potrebni mjerni transformatori, pomoćni upravljački releji i sl., a na vratima tog polja ampermetri, voltmetar i frekventometar. Susjedno polje rezervirano je za uređaje i signalizaciju daljinskog upravljanja stabilizatorima i dizelskom električnom centralom. Zatim slijede četiri polja s izvodima za priključak kompjutorskih jedinica. Svaki izvod opskrbljen je automatskim prekidačem s odgovarajućom nadstrujnom i kratkospojnom zaštitom. Pretposljednje polje te razdjelnice rezervirano je za sklopnike tzv. blokade rada kompjutorskih jedinica. U posljednjem polju smješteni su priključci za vodove kontrolne ploče klimatizacije, koja se nalazi na zidu iznad razdjelnice kompjutora, te kontrolni registrirajući instrument za temperaturu i vlagu u kompjutorskoj dvorani. Razdjelnica kompjutora duga 10 m, a visoka 1,85 m opskrbljena je preglednom svjetlosnom signalizacijom koja se, kao i upravljački sistem, napaja iz posebnog izvora istosmjernom strujom 24 V. Elektroenergetska instalacija za priključak kompjutora izvedena je u šupljini dvostrukog poda, trožilnim i peterožilnim kabelima tipa PP 41, a presjeka 2,5,6 i 16mm². Ukupna dužina kabela ove instalacije iznosi oko 1,7 km.

Električna rasvjeta objekta izvedena je fluorescentnim žaruljama. U pogonskim su prostorijama one smještene u svjetiljke tzv. radioničkog tipa, a u svim ostalim prostorijama smještene u svjetljike s kapom od perspeksa, ugrađene u spušteni strop. Sve su temp. boje 4.500 K. U

kompjutorskoj dvorani prosječna visina horizontalne komponente rasvjetljenosti umjetne rasvjete iznosi 800 lx. Uključivanje te rasvjete je trostepeno. U prvom stupnju dio rasvjete (oko 300 lx) uključuje se prekidačima uz vrata. Taj je dio predviđen za potrebe radova na održavanju uređaja i čišćenje prostora. Uključivanjem posebnog prekidača na podrazdjelnici kompjutora uključuje se automatsko upravljanje s ostala dva stupnja. To je upravljanje zasnovano na djelovanju dviju fotoćelija, u ulozi davača impulsa, kao kod funkcije krajnjih kontakata. Pošto je upaljen prvi stupanj rasvjete i poseban prekidač na podrazdjelnici kompjutora, automatskim će djelovanjem prve fotoćelije udešene na minimalnu osjetljivost od 600 lx biti upaljen i drugi stupanj rasvjete ako prosječna osvijetljenost u kompjutorskoj dvorani iznosi manje od 600 lx. Ne postigne li se ni tom rasvjetom prosječna osvjetljivost od 600 lx, uključuje se i treći stupanj rasvjete, kojim se sigurno postiže rasvjetljenost blizu 800 lx. Ako utjecajem dnevne svjetlosti prosječna visina osvijetljenosti u dvorani bitno premaši 800 lx, djelovanjem druge fotoćelije isključuje se najprije treći stupanj, a zatim i drugi, ako prosječna rasvjetljenost u dvorani još uvijek iznosi 800 lx. U ostalim prostorijama upravljanje rasvjetom je lokalno. U tim prostorijama prosječna rasvijetljenost iznosi od 300 do 400 lx. Instalacija za rasvjetu izvedena je vodovima tipa PP 3 x 1,5(2,5) mm² u šupljini spuštenog stropa odnosno na odstojnim obujmicama u pogonskim prostorijama. U električnoj instalaciji za rasvjetu i onoj za utičnice, koja je izvedena u limenim kanalima u podu, te u instalaciji za klima-uređaje ugrađeno je oko 17 km, vodova tipa PP, oko 700 svjetiljaka i preko 100 utičnica.

SISTEM PROTUPOŽARNE ZAŠTITE

Investiciona vrijednost i društvena važnost Sveučilišnog računskog centra dvoljno govore o potrebi da sistem protupožarne zaštite mora, bez obzira na cijenu, biti maksimalno moguće pouzdan i efikasan. Objekt je građevinski, a s tim i u pogledu klimatizacije podijeljen u odjelne požarne zone. Ta je podjela građevinski tako predviđena da su ispunjeni uvjeti iz osnove preventivne protupožarne zaštite, pa se te zone mogu smatrati vatrootpornima s obzirom na građevni materijal i »vatroprigušivima« u unutrašnjem uređenju prostora. U ove prostore ubraja se u prvom redu kompjutorska dvorana u središtu treće etaže, zajedno s prostorom za korisnike (tehnološki: ulaz-izlaz materijala), prostorijama za odlaganje nosača podataka i prostorom za osoblje održavanja. Zatim su u toj grupi prostorija elektropogonske prostorije i strojarnica klimatizacije u suterenu. Kako su te požarne zone ujedno i zone povećane požarne opasnosti s obzirom na sadržaj takvih potencijalnih izvora, predviđeno je pridržavati se ovih uputa:

1. U kompjutorskoj dvorani i pripadnom prostoru za odlaganje nosača podataka, te u prostorijama osoblja za održavanje može trajno boraviti samo nužan broj potpuno izobraženih osoba, ne samo u radu na kompjutoru, već i u upravljanju elektroenergetskim postrojenjem, klimatizacijom i mjerama protupožarne zaštite.

2. U pomoćnim prostorijama, strojarnici klimatizacije, kotlovnici i sl. nije predviđen stalan boravak osoblja. Osoblje, izobraženo ne samo stručno nego i za protupožarnu zaštitu, ovdje može boraviti samo kad je to potrebno. Ove prostorije moraju biti smještene i osigurane tako da ulazak osoba koje nemaju za to odobrenje u ove prostorije nije moguć bez nasilja.

3. Pušenje u svim ovim prostorijama, uključivši i prostoriju gdje korisnici predaju i preuzimaju materijal, nije dozvoljeno.

4. Korisno je upotrijebiti posebna vrata s kombiniranim bravama (kao u hotelima). Postoje tri različite kombinacije. Jednom vrstom ključa moguće je otvoriti samo određenu bravu, drugom cijelu grupu brava, a trećim sve brave u objektu. (Ovo posljednje je naročito važno kod vizualne kontrole požarnog alarma i protupožarne intervencije osoblja.)

5. U svim prostorijama, u skladu s propisima, postavljen je potreban broj aparata za gašenje početnih požara klase E. Time bi osnovni uvjeti dobre protupožarne preventive bili ispunjeni za ovaj specijalni slučaj. U drugom dijelu objekta, s pretežno uredskim sadržajem, dvoljna je dobra organizacija preventive.

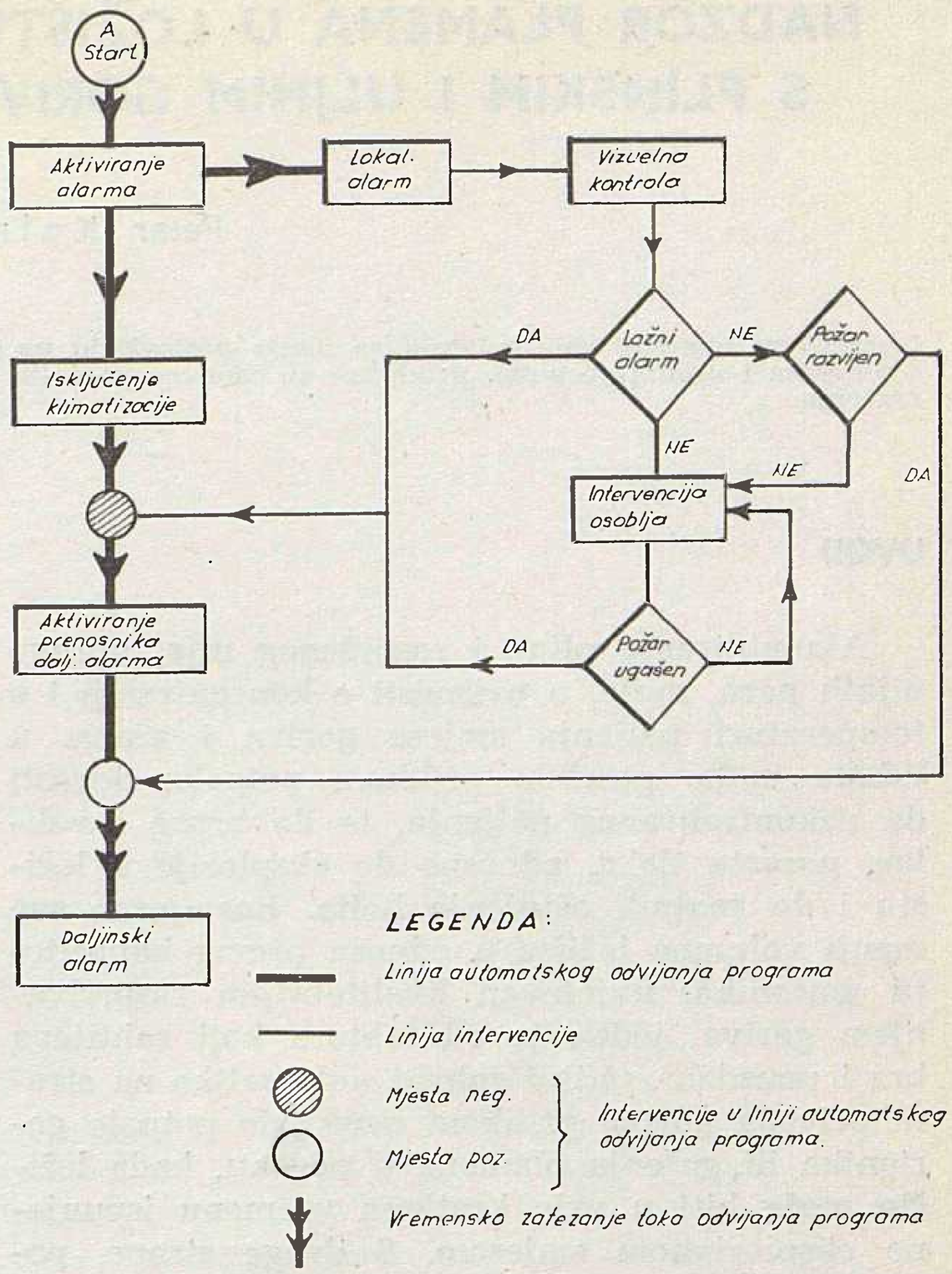
Na osnovi obrazloženja općih principa protupožarne zaštite u kompjutorskim centrima sastavljen je potreban program protupožarne intervencije za svaki dio zgrade. Taj program je prikazan blok-shemama na sl. 2.

U oba je slučaja zajednički automatski i stalan nadzor objekta sistemom ionizacionih javljača u prvom dijelu, a sistemom termodiferencijalnih javljača u drugom dijelu zgrade [uredi). Od časa otkrivanja požara slijede daljnje radnje u vatrodojavnoj centrali do obavještavanja profesionalne vatrogasne brigade i njezine intervencije. U oba slučaja postoji mogućnost intervencije u liniji automatskog odvijanja programa bilo tzv. pozitivnog (ubrzavanje obavještavanja profes. vatrogasaca ili negativnog (zaustavljanje daljnjeg toka jer je požar ugašen ili je alarm lažan).

Osobitost je predviđena u sistemu koji pripada kompjutoru i pripadnim uređajima za elektroenergetsko napajanje, klimatizaciju i sl. Tu su predviđene dvije paralelne grupe javljača za istu zonu. Tek kad dođe do aktiviranja jednog javljača iz svake paralelne grupe, može se dozvoliti daljnje automatsko odvijanje programa u vatrodojavnoj centrali. Naime, dok lažni alarm u prvom slučaju prostorija neće izazvati nikakve materijalne štete, ili u najgorem slučaju vrlo

malene, dotle npr. zaustavljanje pogona kompjutora može dovesti do vrlo velikih materijalnih gubitaka zbog potrebe za ponavljanjem programa, izgubljenog vremena rada dok se pogonske prilike vrate u zahtijevano stanje i niza drugih direktno nemjerljivih gubitaka.

Za daljinski alarm predviđen je poseban uređaj s ugrađenom magnetofonskom kazetom. Ako je u vatrodojavnoj centrali aktiviran prijenosnik daljinskog signala preko uređaja za daljinski alarm, šalje se automatski telefonski poziv preko jedne od normalnih telefonskih linija s direktnim izlazom u javnu telefonsku mrežu, vatrogasnoj brigadi. U instalaciju vatrodojave ugrađen je ukupno 121 javljač i oko 3 km vodova tipa PP 2 x 1,5.



Sl. 2. Blok shema programa protupožarne intervencije (kancelarijski i komunikacioni prostor)

UZEMLJENJE

Zajednički je uzemljivač izveden u obliku dva koncentrična prstena oko objekta. Za uzemljivač je upotrijebljeno bakreno uže kako bi se postigla potrebna trajnost. On služi istovremeno kao pogonsko i zaštitno uzemljenje transformatorske stanice, zaštitno i »logičko« uzemljenje kompjutora i kao gromobranska instalacija.

Transformatorska je stanica namijenjena isključivo Sveučilišnom računskom cetru. Kako i izvedba visokonaponskog priključka odgovara propisanim uvjetima, pogonsko je i zaštitno uzemljenje transformatorske stanice spojeno na isti uzemljivač, a u skladu s uvjetima elektrodistributivnog poduzeća. Uvjetima tog poduzeća također je propisana upotreba zaštite od previsokog dodirnog napona nulovanjem ili zaštitnim sklopkama. Struje odvoda, odnosno potencijal prema zemlji koji se pojavljuje na AC-filtrima ne omogućuje upotrebu zaštitnih sklopki, pa je trebalo ispuniti potrebne uvjete za nulovanje. U instalaciji je normalno predviđen poseban zaštitni vodič do samog trošila, s ishodištem na pripadnoj razdjelnici.

Osobitost u provedbi zaštite od previsokog dodirnog napona nulovanjem predstavlja priključak kompjutorskih jedinica. Za osiguranje bezprijekornog rada mora jedan pol »logičke« instalacije kompjutora imati vremenski stalan (referentni) potencijal. To se postiže priključkom na poseban uzemljivač ili na zajednički uzemljivač, ali neposredno.

Dio kompjutorskih jedinica ima svoja metalna obočja spojena s tim polom »logičke« instalacije kompjutora, a dio je izoliran. Prema prije istaknutom zahtjevu za stalnim potencijalom, kod svih onih kompjutorskih jedinica koje imaju svoja obočja galvanski vezana s »logičkom« instalacijom treba ta obočja izravno vezati na zajednički uzemljivač. To je i učinjeno putem već spomenute uzemljivačke mreže od bakrenog lima smješetne u dvostrukom podu. U skladu s tehničkim prosima za izvođenje elektroenergetskih instalacija u zgradama (čl. 7.111, 8.4, 8.41, 8.46 i 8.48), na ovaj se način i osigurava zaštita od previsokog dodirnog napona na ovim kompjutorskim jedinicama. Kod ostalih kompjutorskih jedinica ta je zaštita osigurana posebnim zaštitnim vodičem u sklopu pripadnog priključnog kabela. Gromobranska instalacija izrađena je na klasičan način sistemom »kaveza« od pocinčane čelične vrpce s kojom je vezana u odvode i čelična armatura u nosivim betonskim stupovima. Na mjestima priključka gromobranske instalacije s uzemljivačem on je proširen sa jednim cijevnim uzemljivačem.

Postignut prijelazni otpor zajedničkog uzemljivača mjeren je u sušno doba i iznosi 0,1 oma. To odgovara svim propisanim i postavljenim zahtjevima. Mjerenja efikasnosti provedene zaštite od previsokog dodirnog napona nulovanjem pokazala su također da ispunjavaju sve propisane zahtjeve.

Mjerenja na uzemljivaču i ispitivanje efikasnosti zaštite od previsokog dodirnog napona također je obavio Institut za elektroprivredu Zagreb.

Naslov pisca: Vladimir H a r t l, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

NADZOR PLAMENA U LOŽIŠTU KOTLOVA TERMOELEKTRANA S PLINSKIM I ULJNIM GORIVOM POMOĆU UV DETEKTORA

Petar Kalmeta, Zagreb

Izneseni su temeljni zahtjevi koji se danas postavljaju na zaštitni nadzor plamena u ložištima velikih parnih kotlova s plinskim i uljnim gorivom. Prikazane su osnovne značajke nadzora plamena u ultravioletnom dijelu njegova spektra zračenja.

DK 621.18:621.311.22

UVOD

Akumuliranje plina i raspršenog ulja, upravo uljnih para, može, u ovisnosti o koncentraciji i o temperaturi paljenja smjese goriva i zraka, u ložišta kotla, posebno prilikom potpale, dovesti do nekontroliranog paljenja, te do brzog i velikog porasta tlaka, odnosno do eksplozije u ložištu i do znatnih oštećenja kolta. Razmjerno sve manji volumen ložišta u odnosu prema kapacitetu gorionika, uvjetovan kvalitetnijim raspršivanjem goriva, jedan je od faktora koji zahtijeva brz i pouzdan zaštitni zahvat automatike na strani privoda goriva prilikom neuspjele potpale gorionika ili gašenja plamena u pogonu, kada ložište može biti u vrlo kratkom vremenu ispunjeno eksplozivnom smjesom. S druge strane, potrebu trajnog i pouzdanog nadzora plamena nameće intermitirani rad blokova, gdje se često obavlja potpala gorionika. S tog stajališta su kritične i česte promjene tereta bloka, bilo da se one obavljaju sa svim gorionicima u pogonu (mogućnost izlaska radne točke gorionika iz područja stabilnosti u toku prijelaznog stanja, kada postoji mogućnost gašenja plamena), bilo da se obavljaju gašenjem — paljenjem pojedinih gorionika, posebno kod dvokorpusnog kotla.

Neovisno o tome radi li se o automatskim, poluautomatskim ili ručno upravljanim gorionicima (L. 4,5), funkcija uređaja za nadzor plamena je u detektiranju izostanka plamena nadziranog gorionika (ili, samo u posebnom slučaju, grupe gorionika) u vremenu kada bi on morao postojati. Signal »plamena nema« uzrokuje zatvaranje i blokiranje brzozatvarajuće armature privoda goriva dotičnog gorionika (ili grupe gorionika) i davanje alarma.

U razvijenih sistema zaštitnih blokada kotla signal o nepostojanju plamena, prilikom neuspjele potpale ili prilikom gašenja plamena u pogonu, incira program obustavljanja kritičnog gorionika. U ovisnosti o kriterijima iz samog postrojenja navedeni program uključuje i korake kao što su, primjerice, provjetravanje ložišta, ispuhivanje uljne sapnice parom, upravljanje pneumatskim pogonom uljnog koplja, zatvaranje tangencijalnih klapni u zračnoj kutiji. Dodatno, na temelju odgovarajućeg analognog signala uređaja za nadzor plamena moguće je suditi o relativnom intenzitetu nadziranog plamena ili o ispravnosti samog uređaja.

Uređaj za zaštitni nadzor plamena (»Flammenwächter«) sadrži u osnovi detektor plamena (Flammenfühler«, »Lictempfänger«) i kontrolnu jedinicu (»Schaltgerät«) s pripadnim pojačalom signala plamena, jedinicom ispitivanja funkcionalnosti uređaja za nadzor plamena, jedinicom prilagođenja nadzora određenoj vrsti goriva, te s relejem plamena koji upravlja bezozatvarajućom armaturom privoda goriva i inicira alarm. Ovdje će biti razmotreni ključni principi nadzora plamena pomoću UV uređaja za nadzor koji su zajednički svim izvedbama i razinama automatizacije funkcionalne grupe »loženje kotla uljem i/ili plinom«.

Još ne postoje domaći propisi ili preporuke koje bi na odgovarajući način razmatrale zaštitni nadzor plamena u ložištu kotlova općenito. Nacrt Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju i upotrebu kotlovskih postrojenja, ZJE, 1. 1974, propisuje (član 94, t. 7): »Svaki kotao ložen kapljevitim gorivima mora biti opremljen barem jednim uređajem za kontrolu plamena koji mora dovoljno brzo izazvati prekid goriva u slučaju gašenja plamena«. Član 95 (mjere sigurnosti pri loženju plinom) propisuje: »Zaporni uređaj (riječ je o brzozatvarajućoj automatskoj armaturi — op. p.) treba zatvoriti dovod plina u slučajevima kada (između ostalog — op. p.) dođe do gašenja plamena.«

Od inozemnih propisa u vezi sa sigurnosnim mjerama i zaštitnim uređajima parnih potlova loženih uljem i/ili plinom u nas su najpoznatije zapandonjemačke smjernice »Sicheritstechnische Richtlinien — Gas« (SR — Gas) i »Sicherheitstechnische Richtlinien — Oel« (SR — Oel) koje su poslužile kao osnova za čl. 94. i 95. prije navedenog Pravilnika. Smjernice VDE 0116/...68 »Bestimmungen für die elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen« također obuhvaćaju i razmatranje uređaja nadzora plamena i u ložištu kotlova termoelektrana. Američki standardi NFPA* — 85 B »Explosion prevention in multiple burner boiler furnaces, gas fired« i NFPA — 85 D »Explosion prevention in multiple burner boiler furnaces, oil fired« u stanovitoj su mjeri analogne smjernicama SR—Gas i SR—Oel.

* National Fire Protection Association, USA

UV-UREĐAJ ZA NADZOR PLAMENA

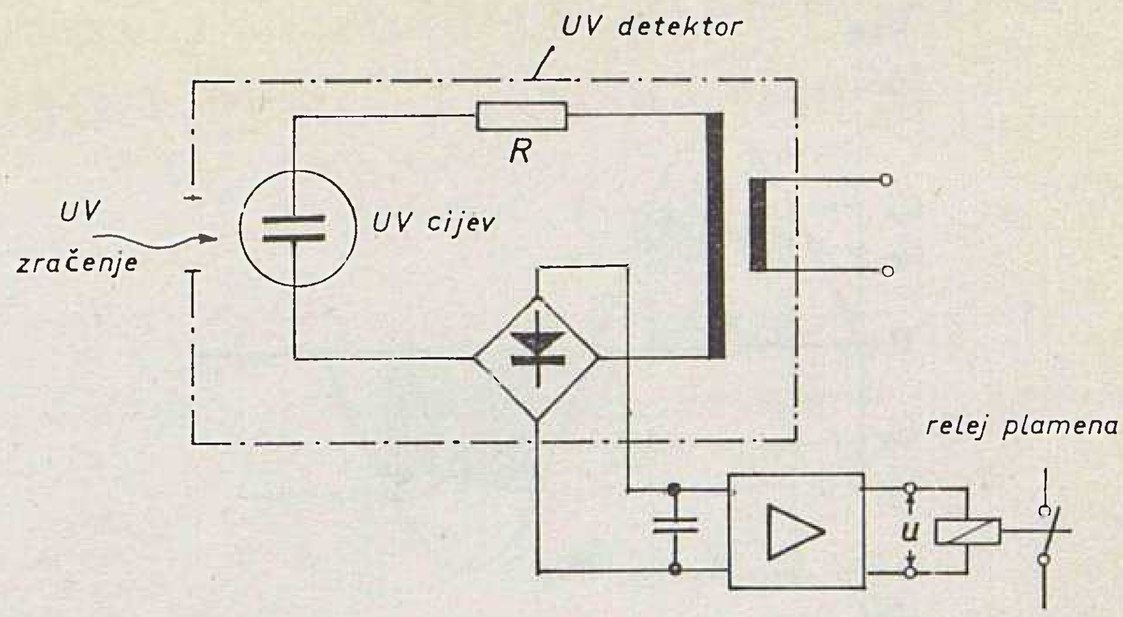
Na uređaj za nadzor plamena postavljaju se ovi zahtjevi:

1. Zadovoljavajuća selektivnost, odnosno što manji utjecaj plamena ostalih gorionika ili užarenih dijelova ložišta (ozid, šljaka) na nadzor pojedinih gorionika.
2. Mogućnost prilagođenja plamenu različitih goriva.
3. Pouzdanost, tj. mogućnost trajne, automatske kontrole funkcionalnosti.
4. Mogućnost nadziranja plamena prema zahtjevima 1, 2 i 3 u čitavom opsegu tereta gorionika, neovisno o broju i izvedbi ostalih gorionika u pogonu.

Nadzor plamena moguće je obavljati na temelju niza značajki i popratnih pojava procesa izgaranja goriva prema kojima su razvijene različite vrste uređaja za nadzor. Primjerice, ionizacijski uređaj za nadzor koristi se ionizirajućim djelovanjem plamena; fotometrijski uređaji za nadzor osjetljivi su na vidljivi ili infracrveni dio spektra zračenja plamena, bilo na njegov srednji intenzitet, bilo na njegove pulzacije. Međutim, za nadzor plamena u ložištima kotlova termoelektrana, posebice kod kombiniranog loženja plinom i uljem, jedino uređaj za nadzor s ultravioletnim (UV) detektorom plamena (kraće — UV uređaj za nadzor plamena) udovoljava prije navedenim zahtjevima.

UV uređaj se rjeđe upotrebljava za nadzor plamena ugljene prašine. Tome su uzrok produkti izgaranja ugljene prašine koji u znatnoj mjeri apsorbiraju UV zračenje. Također, oblik plamena ugljene prašine, kao i ostale njegove značajke, dosta se mijenjaju prilikom promjena tereta, tako da je otežano dobivanje stabilnog signala UV detektora u čitavom radnom opsegu nadziranog gorionika. Nadalje, sama ugljena prašina koja istrujava iz gorionika apsorbira dio UV zračenja plamena. Stoga je, primjerice, za potrebe C.E.G.B. razvijen uređaj za nadzor plamena ugljene prašine osjetljiv na pulzacije intenziteta zračenja plamena u vidljivom dijelu spektra (»Flicker Detector«). Također ni tvrtka Bailey (Francuska) svoj UV detektor ne predviđa za nadzor plamena ugljene prašine (L. 8). Međutim, moguće je naići i na zadovoljavajuća iskustva nadzora plamena ugljene prašine pomoću UV detektora (primjerice L. 9).

UV cijev (točnije, cijev s dvije elektrode s izbijanjem u plinu) detektora plamena ima podešenu spektralnu osjetljivost na zračenje između minimalno 1900 — 2000 Å i maksimalno 2500 — 3000 Å valne dužine, ovisno o uvjetima pogona i o filozofiji proizvođača. Ukupna je energija plinskog i uljnog plamena u tom području malena, samo oko 0,1 — 0,3% maksimalne energije, a UV emisija je vezana uglavnom na korijen (jezgru) plamena uz ušće gorionika. Fotoelktron izbačen iz elektrode upadom UV kvanta ionizira međuelektrodni plin, te uzrokuje lavinsko izbijanje i propaljivanje cijevi. Metal elektroda ima izlaznu energiju elektrona koja odgovara energijama fotona s valnom dužinom manjom od, primjerice, 2900 Å (molidben). Stoga je, idealno gledano, nemoguće da vidljivo ili infracrveno zračenje pobudi UV cijev. U odnosu prema energiji zračenja osjetljivost je nagore ograničena materijalom staklenog balona cijevi.



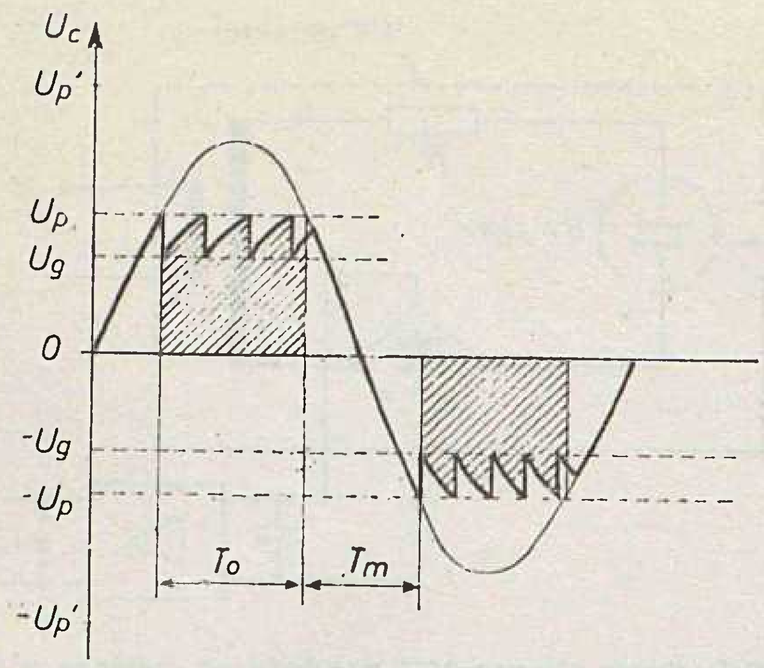
Sl. 1. Principna shema UV uređaja za nadzor plamena

Na sl. 1. pojednostavnjeno je prikazana jedna od mogućih izvedbi UV uređaja za nadzor plamena. Na UV cijev priključuje se napon koji je veći od napona njezinog propaljivanja uz izloženost UV zračenju (U_p), ali je manji od napona propaljivanja uz neizloženost UV zračenju (U_p'). Impuls struje koji se prilikom propaljivanja cijevi zatvori u njezinu krugu izazove pad napona na predotporu R koji je tako izabran da se tom prilikom napon na cijevi smanji ispod napona U_p i cijev se gasi dosegnuvši zaporni napon Ug (v. sl. 2). Upad slijedećeg UV kvanta u cijev obnavlja čitav proces u okviru samogasećeg spoja cijevi. Ispravljeni, integrirani i pojačani tako dobiveni impulsi upravljaju relejem plamena. Napon upravljanja releja Ur mjera je srednjeg intenziteta UV zračenja. Naponi manji od praga prorade releja (odnosno srednji intenzitet parazitarnih izvora UV emisije koji ne smiju biti interpretirani kao postojanje plamena) interpretiraju se kao signal — »plamena nema«.

OSJETLJIVOST

Intenzitet zračenja plamena u UV području općenito je nekoliko puta veći kod plinskog plamena nego kod uljnog i praktički je ovisan o omjeru H/C spaljivanog goriva. Stoga se kod kombiniranog loženja uljem i plinom mora sa stajališta osjetljivosti prilagoditi UV uređaj za nadzor plamena trenutno spaljivanom gorivu.

UV cijev može raditi s naponom mrežne frekvencije, s punovalno ispravljenim i s istosmjernim naponom. Na sl. 2. prikazan je napon cijevi s izmjeničnim napajanjem, uz izloženost UV zračenju, u samogasećem spoju, gdje je u svakoj poluperiodi moguće dobiti više strujnih impulsa, ovisno o in-



Sl. 2. Napon na UV cijevi u samogasećem spoju, uz izloženost UV zračenju

tenzitetu UV zračenja. Očito je da se iznosom narinutog napona, uz istu frekvenciju, može povećati vrijeme osjetljivosti cijevi (T_o) na UV zračenje, a smanjiti mrtvo vrijeme (T_m) u toku kojeg je napon na cijevi (U_c) manji od napona propaljivanja uz izloženost UV zračenju (U_p). Dakle, povećanjem napona na UV cijevi povećava se osjetljivost uređaja za nadzor plamena.

Osjetljivost UV uređaja za nadzor moguće je mijenjati i na strani upravljačkog napona releja plamena ne mijenjajući pri tome napon, udešen na optimum, narinut na UV cijev. Primjerice, na taj način, preko djelitelja napona u sklopu kontrolne jedinice, tvrtka ECA — Fireye realizira promjenu osjetljivosti UV uređaja u omjeru 1 : : 128 (L. 1). Tvrtka DURAG primjenjuje diskretno podešavanje osjetljivosti promjenom napona narinutog na UV cijev preko otcjepa transformatora detektora, pri čemu se tvrdi da takav koncept pruža bolju selektivnost UV uređaja za nadzor plamena (L. 3).

Punovalno ispravljen napon priključen na UV cijev daje jednake prilike kao kod izmjeničnog napona. Istosmjerno, pak, napajanje prema naravi same stvari pruža najveću osjetljivost zbog izostanka mrtvog vremena (v. sl. 2), i s tim u vezi mogućeg maksimalnog iskorištenja energije UV zračenja emitiranog plamenom. Osjetljivost je moguće mijenjati djeliteljem upravljačkog napona releja plamena.

U sva tri ukratko opisana slučaja potrebno je imati stabiliziran napon napajanja uređaja nadzora plamena kako moguće promjene napona ne bi, uz ostale smetnje, uzrokovale nekontrolirane promjene osjetljivosti UV uređaja za nadzor. To je osobito važno u uvjetima pogona, kada je razlika između signala »plamen postoji« i praga izbacivanja releja plamena (»plamena nema«), mjerena naponom upravljanja releja, malena. Stoga se navodi općenito susretan zahtjev da promjene napona mreže do +10/15% ne smiju, između ostalog, utjecati na osjetljivost UV uređaja za nadzor plamena.

SELEKTIVNOST

Slijedeća svojstva plamena i samog ložišta uvjetuju selektivan nadzor plamena na UV području njegova zračenja:

— Najjači izvor UV zračenja je primarni, ograničeni dio plamena gorionika (jednak otprilike 1/3 njegove ukupne veličine), upravo korijen plamena pri ušću gorionika.

—Obično je nedovoljna energija (uglavnom u infracrvenom vidljivom dijelu spektra) zračenje užarenih dijelova ložišta za proradu releja plamena. Što su temperature ložišta (ili tekuće šljake) više i što je UV cijev namještena na veću valnu dužinu spektralne osjetljivosti, to će biti manja selektivnost UV uređaja za nadzor u odnosu prema zračenju užarenih dijelova ložišta.

Prema prvoj okolnosti, utjecaj plamena susjednog gorionika na UV uređaj za nadzor plamena razmatranog gorionika bitno je smanjen jer postoji gotovo uvijek jasna prostorna odijeljenost između primarnih zona njihovih plamenova, čak i uz najniža opterećenja. U odnosu prema tercijarnoj i sekundarnoj zoni, položaj primarne zone plamena malo se mijenja prilikom promjena tereta.

AUTOMATSKA KONTROLA FUNKCIONALNOSTI

Pri kraju vijeka trajanja UV cijevi smanjuje se napon njezina propaljivanja uz neizloženost UV zračenju (U'_p v. sl. 2) ispod narinutog napona. Temperatura ambijenta, osim iznosa napona i struje cijevi, ima najveći utjecaj na njezino starenje. Naime, pri višim je temperaturama olakšan ulazak raznih onečišćenja u međuelektrodni prostor, bilo iz staklenog balona cijevi, bilo iz područja utaljenosti elektroda u balon. Stoga je moguće propaljivanje cijevi i pri neizloženosti UV zračenju (dakako, tehnički zanimljivim UV zračenjem ovdje se ne smatra stalno prisutna ultravioletna komponenta kozmičkih zraka), te aktivacija vidljivom ili infracrvenom svjetlošću.

Takva je pojava uvjetovala zahtjev na automatsku kontrolu funkcionalnosti UV uređaja za nadzor plamena (v., primjerice, L. 4 i 5).

Automatska kontrola funkcionalnosti UV uređaja za nadzor realizira se na dva načina:

1. Dvokanalna izvedba

Ako signali oba kanala dvocijevnog uređaja za nadzor plamena (primjerice, »UV — Doppelflammenwächter« tvrtke DURAG, L. 2,3) nisu sinhroni, nadzirani gorionik ne smije biti startan, ili se obustavlja i daje se alarm. Praktički je, naime, nemoguće da se obje cijevi nađu istodobno pri kraju vijeka trajanja. Nedostatak je ovog sistema

kontrole funkcionalnosti u neidentičnim pogonskim uvjetima obiju cijevi s obzirom na nadzirani plamen, tako da može doći do obustavljanja gorionika i uz postojanje njegova plamena, i uz funkcionalnu ispravnost obiju cijevi. Također, obje cijevi ne mogu biti i tehnološki identične, a eventualne nesimetrije u razdiobi njihovih napona uzrok su različitim osjetljivostima.

Ovako realizirana automatska kontrola funkcionalnosti nema ničeg zajedničkog s redundantnim nadzorom plamena gorionika s dva detektora gdje može, ali i ne mora, biti izvedena kontrola funkcionalnosti. Kod redundantnog nadzora plamena radi se o ovom: ako jedan od dva UV detektora pridružena nadziranom gorioniku prolazno izgubi signal (primjerice, zbog kratkotrajnih otklona ili nesimetričnog zatamnjenja nadziranog plamena), drugi će detektor najvjerojatnije i nadalje signalizirati postojanje plamena i održati gorionik u pogonu. Neispravnost makar jednog od detektora, pretpostavivši da imaju vlastitu kontrolu funkcionalnosti, uzrokovat će obustavu gorionika. Takva se koncepcija nadzora primjenjuje da bi se osiguralo od nepotrebnih obustavljanja gorionika i redukcije snage bloka prilikom otežana nadzora plamena. Upotrebljava se ondje gdje se postavljaju visoki zahtjevi na raspoloživost bloka, te u kotlova s manjim brojem gorionika.

2. Jednokanalna izvedba

Jednokanalna izvedba s oscilirajućim zaslonom (»Shutter«) periodički, u toku kratkog vremena, sprečava pristup zračenja prema UV cijevi simulirajući tako gašenje plamena. Ako čitav krug od UV cijevi do releja plamena ispravno radi, relej će ostati pobuđen. U protivnom će gorionik biti obustavljen i blokiran. U slučaju gašenja plamena funkcija kontrole funkcionalnosti ne smije isključiti mogućnost pravodobnog obustavljanja privoda goriva.

Nedostatak ove koncepcije kontrole funkcionalnosti jest relativna nepouzdanost oscilirajućeg zaslona na kojeg se postavljaju visoki zahtjevi u odnosu prema nepovoljnom ambijentu njegova rada (ponajprije vibracije i visoka temperatura). Ako se zaslon pokvari (bilo da je blokiran u otvorenom bilo u zatvorenom položaju), potrebno je predvidjeti automatsko izbacivanje releja plamena.

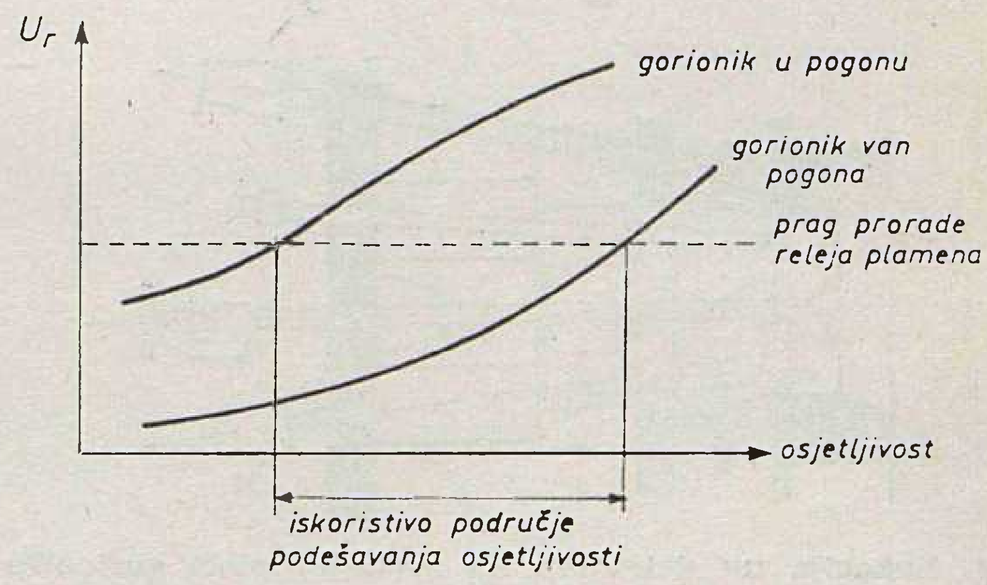
I općenito, ako bilo koja komponenta UV uređaja za nadzor s dovodima od detektora do kontrolne jedinice postane neispravna (ovdje je uključen i ispad hlađenja UV detektora tlačnim zrakom ili vodom), kao i prilikom ispada napajanja, potrebno je, neovisno o izboru koncepcije kontrole funkcionalnosti, predvidjeti obustavljanje i blokiranje dovoda goriva nadzirnog gorionika i davanja alarma. Samo za to ovlaštena osoba smjela bi u pogonu premostiti funkciju kontrole funkcionalnosti uređaja za nadzor plamena.

U svakom je slučaju potrebno, neovisno o automatskoj kontroli funkcionalnosti, od proizvođača uređaja za nadzor plamena tražiti podatak o procijenjenom vijeku trajanja isporučenog UV detektora u ovisnosti o parametrima ambijenta u kojem će detektor biti u pogonu (primjerice, 10 000 sati uz temperaturu od 100°C). Na temelju toga podatka moguće je pravodobno i u prikladnom trenutku obaviti preventivnu zamjenu UV detektora novim. Primjerice, u TE Wolfsburg, BRD, takva se izmjena obavlja svakih 12 mjeseci (L. 3).

NAMJEŠTANJE

Zahtjevi na povećanu osjetljivost UV uređaja za nadzor plamena u suprotnosti su s dijelom zahtjeva za njegovu selektivnost. Na sl. 3. kvalitativno je prikazan odnos između obje navedene karakteristike prilikom prilagođenja nadzora jednom gorioniku. Iskoristivo područje namještanja osjetljivosti UV uređaja je između toliko smanjene osjetljivosti da on ne »vidi« vlastiti plamen, tj. izbacuje relej plamena, i one osjetljivosti kod koje je relej pridržavan unatoč tome što je njegov plamen ugašen, i to pod utjecajem sujednih gorionika u pogonu ili ostalih parazitarnih izvora UV zračenja u ložištu (primjerice potpalna iskra). Optimalno je pokušati prilagoditi osjetljivost na sredini toga područja. Kod kombiniranog loženja uljem i plinom poželjno je imati dva područja osjetljivosti UV uređaja za nadzor plamena (za ulje i plin zasebice), unutar kojih je, prema okolnostima zasebice moguće namjestiti optimum. Znatne teškoće prilikom nadzora plamena mogu posebice nastati ako se u blizini gorionika koji spaljuje teško ulje nalaze gorionici koji spaljuju plin, i to zbog različito namještenih osjetljivosti odgovarajućih UV uređaja za nadzor.

Opasnost od eksplozije veća je pri loženju plinom nego pri loženju uljem. Također, prilikom spaljivanja ulja moguće su kratkotrajne oscilacije intenziteta zračenja koje općenito ne utječu na sigurnost pogona i pri tome gorionik ne smije biti obustavljen. Plinski plamen karakterizira jednolikije zračenje. Stoga vrijeme odziva uređaja za nadzor na gašenje plinskog plamena mora biti kraće nego prilikom gašenja uljnog plamena. Vrijeme



Sl. 3. Selektivnost UV uređaja za nadzor plamena

odziva uređaja za nadzor plamena mjeri se od gašenja plamena (odnosno od pojave trenutnog zatamnjenja plamena koje se interpretira kao signal »plamena nema«) pa do akcije obustavljanja privoda goriva. Vrijeme odziva ne smije biti veće od vremena sigurnosti, utvrđenog prema konkretnim prilikama, najduže u toku kojeg je dopušten ulazak goriva iz nadziranog gorionika u ložište nakon gašenja njegova plamena. Primjerice, u okviru zapadnonjemačkih tehničkih propisa za parne kotlove (TRD), smjernice za sigurnost visokotlačnih kotlova loženih plinom i uljem (L. 4,5) preporučuju maksimalna vremena sigurnosti prilikom potpale i gašenja plamena u pogonu, u ovisnosti o gorivu i snazi gorionika. Međutim, time nije moguće jednoznačno odrediti vremena sigurnosti u svakom posebnom slučaju jer se ako ništa drugo mora još uzeti u obzir geometrija ložišta i tip pojedinog goriva.

Poželjno je da izvedba uređaja za nadzor plamena pri prijelazu s jednog goriva na drugo omogući istodobnu promjenu vremena odziva i područja osjetljivosti za izabrano gorivo. Ako takav preklop nije automatiziran, smije ga obaviti samo za to ovlaštena osoba, a također i naknadno prilagođavanje vremena odziva uređaja za nadzor plamena, postoji li za to potreba i mogućnost. Vrijeme odziva uređaja za nadzor plamena ne smije ovisiti o srednjem intenzitetu plamena neposredno prije njegova gašenja.

LOKACIJA UV DETEKTORA

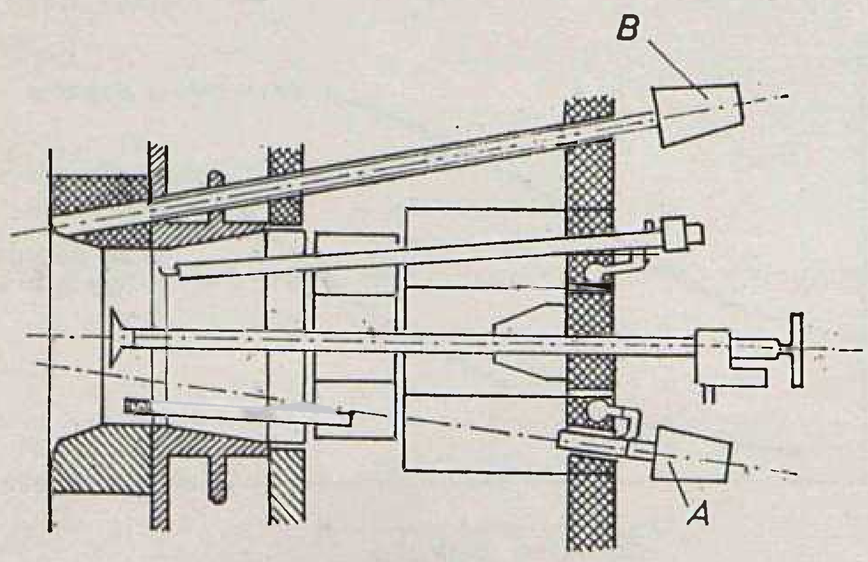
Montaža detektora zahtijeva veliku pozornost, posebice kod nadzora uljnog plamena, i o njoj u velikoj mjeri ovisi ispravan nadzor. Pri tome je potrebno voditi brigu o:

— vrsti i tipu goriva,

— osnovnim značajkama plamena (emisiji, dužini, usmjerenosti, rotaciji, promjeni položaja potpalne zone u odnosu prema držaču plamena ili vrtložniku . . .),

— položaju ostalih gorionika, te onog potpalnog u odnosu prema nadziranom gorioniku,

— kontinuiranoj promjeni snage koja u normalnom pogonu dolazi u obzir,



Sl. 4. Lokacija uv detektora na prednjoj ploči gorionika s vidnom cijevi u zračnoj kutiji (A) i lokacija s vidnom cijevi u ozidu ušća gorionika (B)

— podacima o graničnim parametrima ambijenta koji vrijede za UV detektor određenog tipa,

— konstrukciji gorionika.

Kod loženja uljem ili uljem i plinom detektor se najčešće montira s vidnom cijevi ugrađenom u ozid ušća gorionika, pod onim kutem u odnosu prema osi gorionika koji će osigurati zadovoljavajući nadzor uljnog plamena (v. sl. 4, lokacija detektora označena s »B«). Naime, prilikom nadzora uljnog plamena vidna linija detektora ne smije biti blokirana uljnom maglicom pri korijenu plamena koja djeluje apsorbirajuće na UV zračenje. Gustoća, finoća i kut širenja uljne maglice ovisi o mehanizmu raspršivanja, odnosno o viskozitetu ulja, te o opterećenju gorionika, odnosno o dosegnutoj snazi prilikom starta kotla. Načelno gle dano, raspršivanje ulja pomoćnim medijem daje finiju i gušću uljnu maglicu no mehaničko raspršivanje (primjerice, osnovne značajke pojedinih tipova gorionika prema ASME). Uljnom maglicom se tumači pojava, posebno pri spaljivanju teškog ulja, da uz niske terete signal UV detektora ima maksimum, a pri većim se opterećenjima smanjuje i čak može doći do lažnog signala o gašenju plamena. S druge strane, pri niskim opterećenjima gorionika, zbog eventualnog lošijeg izgaranja, plamen može biti zatamnjen čađom, što također može u ekstremnom slučaju uzrokovati pojavu signala »plamena nema« i gašenje gorionika. Moguće je, osim toga, i općenito reći da će nadzor plamena biti to teži što je veći postotni udio ugljika u gorivu, a time, i u ložištu veće količine CO_2 i čađe koje apsorbiraju dio UV zračenja.

UV detektor je moguće montirati na prednju ploču gorionika (v. sl. 4, lokacija detektora označena s »A«). Pri tome se u vidnom polju UV cijevi trajno nalazi korijen plamena, a UV značenje nije reducirano atmosferom ložišta koje djeluje apsorbirajuće (čađa, vodena para, CO_2), posebno pri potpali ili ispuhivanju susjednih gorionika parom u slučaju da su spaljivali ulje, bilo zbog čišćenja, bilo trajno, radi hlađenja uljne sapnice. Prolazna smanjenja pretička zraka (u slučaju da regulacija zraka ne slijedi dovoljno brzo promjenu goriva) prilikom povećanja tereta također uzrokuju smanjenu UV emisiju. To su razlozi koji govore u prilog ovakvoj lokaciji UV detektora osobito u slučaju nadzora plinskog plamena. Međutim, ona se pokatkad pokazuje kao neprihvatljiva zbog nedovoljnog vidnog polja UV cijevi uzrokovanog konstrukcijom gorionika (plinska koplja, potpalni gorionik, vrtložnik, držač plamena . . .), a posebno pri loženju uljem zbog maglice i vodene pare za raspršivanje koja također apsorbira dio UV zračenja. Također, i male aksijalne promjene položaja korijena uljnog plamena u odnosu na vrtložnik ili držač plamena mogu uzrokovati znatne oscilacije signala UV detektora.

Rijetko se susreće lokacija detektora u zračnoj kutiji gorionika. Tome je uglavnom razlog visoka temperatura i teži pristup samome detektoru. Upotrebljava se samo kada nekom drugom lokacijom

nije moguće dobiti zadovoljavajući signal UV detektora.

Razmještaj gorionika u ložištu osobito je značajan pri izboru metode nadzora njihova plamena. Primjerice, kod loženja u više razina plamen gorionika ispod može zbog uzgona utjecati na UV detektor gorionika u gornjoj razini. Smetnje pri nadzoru plamena moguće su i kod nasuprot smještenih gorionika u ložištu.

ZAKLJUČAK

Uređaj za nadzor plamena jedan je od najvažnijih elemenata zaštite kotla s obzirom na štete koje mogu nastati prilikom neuspjele potpale, odnosno gašenja plamena gorionika u pogonu. Jedina praktički upotrebljiva vrsta uređaja za nadzor glavnog uljnog i plinskog plamena, posebno pri kombiniranom spaljivanju ulja i plina u ložištima kotlova termoelektrana, jest UV uređaj uz automatsku i trajnu kontrolu njegove funkcionalnosti. Jedino u slučaju kraćeg pogona u nuždi smiju se premostiti funkcije uređaja za nadzor plamena. Pri tome se one moraju nadomjestiti trajnim stručnim nadzorom, ako ostali nadzirani gorionici nisu u pogonu.

Svaka konstrukcija gorionika zahtijeva posebno rješenje lokacije UV detektora. Štoviše, mjesto ugradnje UV detektora na jednom gorioniku u pravilu nije podjednako dobro, posebice kod nadzora uljnog plamena, u čitavom njegovu opsegu tereta. Stoga je potrebno još pri konstrukciji novoga gorionika voditi brigu o mogućnosti nadzora njegova plamena.

Izbor UV cijevi, montaža detektora, te prilagođenje pojačala njegova signala, vođenje kabela od detektora do kontrolne jedinice, kao i ispitivanje i puštanje u pogon kompletnog uređaja za nadzor plamena trebalo bi obavljati uz suradnju korisnika i proizvođača.

LITERATURA

1. Flame Safeguard — UVP — 35,45; ECA — Fireye Bull. CX — 741 (E)
2. H. Benkiwtz: Flammenüberwachungen an Oel — und Gasfeurungen grosser Dampferzeugungsanlagen, Mitt. der VGB 1966, H. 103, S. 66—69
3. B. Pollmanns: Erfarhungen mit UV-Flammenwächtern bei Erdgas — und Oelbetrieb im Kraftwerk Wolfsburg, Mitt. der VGB 1971, H. 4, S. 312 — 321
4. TRD — 34136, Sicherheitsechnische Richtlinien — Gas, 5. 1971.
5. TRD 34134, Sicherheitstechnische Richtlinien — Oel, 12. 1969.
6. H. P. Niepenberg: Industrie — Gasfeuerungen, Verlag »Betriebs — Oekonom«, Verden/Aller, 1973.
7. H. P. Niepenberg: Industrie — Oelfeurungen, Verlag Gustav Kopf und Co. KG, Stuttgart, 1973.
8. Electrical Instruments, Bull. E 0021, Bailey — France
9. K. H. Bieber: Betriebserfahrungen mit automatischen Kohlenstaubfeuerungen und Oelzündfeurungen Mitt. der VGB 52, 1972. H. 6, S. 468 — 472.

Naslov pisca: Petar Kalmeta, dipl, ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA

KARLOVAC

Obavlja kemijsku zaštitu (kotlovsku impregnaciju) svih vrsti željezničkih pragova, pragova za smještaj kranskih dizalica, stupova za TT i EV vodove, kocaka za hale, rudno drvo i ostali gradevinski materijal od drveta.

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

REENERGETIZACIJA STARIH PARNIH TERMOELEKTRANA

Vladimir Potočnik, Zagreb

Opisani su principi reenergetizacije starih parnih termoelektrana odnosno pretvara parnog bloka u kombinirani plinsko-parni blok (kombi-blok). Osim primjera iz prakse, prikazane su mogućnosti i efekti reenergetizacije starih termoelektrana u našoj zemlji.

DK 621.311.22

UVOD

Pod pojmom reenergetizacije (»repowering«) starih parnih termoelektrana razumijeva se pretvaranje parnih blokova dodavanjem plinskoturbinskog postrojenja u kombinirane plinsko-parne blokove (kombi-blokove).

Parni blokovi temoelektrana malih snaga, niskih parametara pare i visokog specifičnog potroška topline priličan su problem za elektroprivredu, jer zbog svoje neekonomičnosti i pogonske nefleksibilnosti ne mogu naći ulogu u elektroenergetskom sistemu, a dobar dio opreme i objekata u takvim termoelektranama još je u relativno dobrom stanju, pa nije za otpis.

Brz razvoj plinskih turbina, koje su dostigle jedinične snage od oko 100 MW u jednoosovinskoj izvedbi, pružio je priliku da se ožive stare termoelektrane reenergetizacijom, kojom se postiže povišenje ukupne snage i poboljšanje specifičnog potroška topline i pogonskih karakteristika. Na taj način reenergetizirana stara parna termoelektrana može se sasvim dobro uklopiti u područja srednjih i vršnih opterećenja elektroenergetskog sistema, a ujedno poslužiti i kao dobra rezerva u sistemu.

Reenergetizacija se može provesti u vrlo kratkom roku (oko jedne godine), uz relativno skromne investicije i bez velikih prostornih zahtjeva.

Budući da se radi o plinskim turbinama, reenergetizacija termoelektrane je pretežno vezana za primjenu kvalitetnijih i skupljih goriva, što je u nekim okolnostima značajan nedostatak.

Važno je naglasiti da se mogućnosti reenergetizacije ne odnose samo na termoelektrane, nego i na toplane i industrijske energane, kod kojih su neki faktori još povoljniji (raspoloživost otpadnih plinovitih goriva, propisi o zaštiti atmosfere itd.).

U svijetu i kod nas izveden je, ili se izvodi, određen broj zahvata reenergetizacije starih termoelektrana i energana.

PRINCIPI REENERGETIZACIJE

Reenergetizacija parnog bloka može se izvesti na više načina, ovisno o specifičnim okolnostima određenog postrojenja:

a) *Reenergetizacija parne turbine,* kod koje se umjesto postojećeg generatora pare ugrađuje plinskoturbinsko postrojenje i parni kotao na ispušne plinove sa dodatnim loženjem ili bez njega.

b) *Reenergetizacija ciklusa* rješenje je slično onome pod a), samo što se para iz ispušnog kotla upotrebljava za predgrijavanje pojne vode.

c) *Reenergetizacija električnog generatora* kod koje se generator parne turbine upotrebljava za plinsku turbinu.

d) *Reenergetizacija generatora pare* kod koje se plinska turbina dodaje postojećem generatoru pare umjesto tlačnih ventilatora.

e) *Kombinacije prethodnih izvedbi.* Radi potpunosti treba spomenuti i *reenergetizaciju plinskoturbinskog postrojenja,* odnosno dodavanje postojećoj plinskoj turbini parnog postrojenja u obliku ispušnog kotla za proizvodnju ogrjevne ili tehnološke topline ili ispušnog kotla s parnom turbinom (kombi-blok).

Od svih nabrojenih izvedbi dosad se u praksi najviše afirmirala izvedba a), odnosno reenergetizacija parne turbine, pa će biti detaljnije ovdje opisana. Razlozi tome su u ovim činiocima:

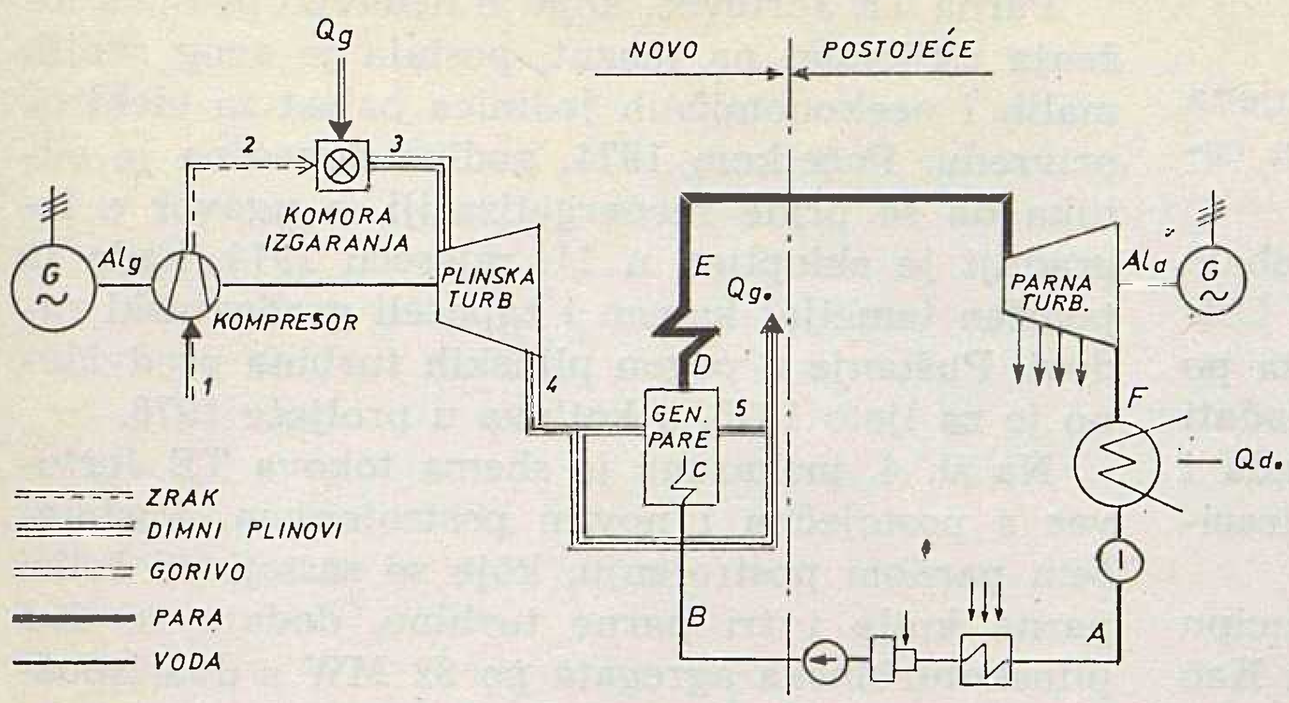
— dodatna električna snaga može se brzo izgraditi,
— postiže se bitno sniženje specifičnog potroška topline uz relativno niske specifične investicije,
— lokacija ne predstavlja problem, jer se upotrebljava postojeći teren, a ne traži se povećanje količine rashladne vode,
— bitno se poboljšavaju pogonske karakteristike postrojenja (fleksibilnost, start itd.),
— radikalno se smanjuje onečišćenje atmosfere jer je postrojenje efikasnije i primjenjuje se kvalitetnije gorivo.

Na sl. 1. prikazana je principijelna shema reenergetizacije parne turbine bez dodatnog loženja u ispušnom kotlu. Važna pretpostavka za taj slučaj jest da je temperatura ispušnih plinova plinske turbine (za moderne plinske turbine kreće se oko 500 °C) viša bar za oko 50 °C od temperature pregrijane pare postojećeg parnog postrojenja.

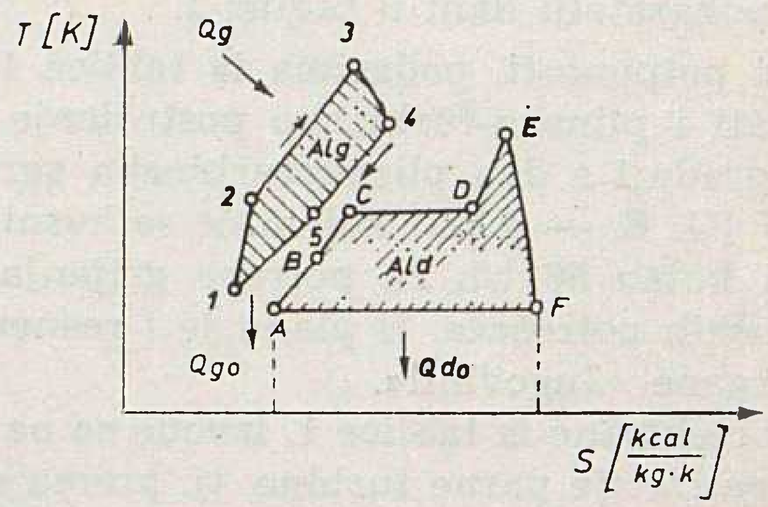
Kao što se vidi iz sl. 1, postojeći generator pare nadomješta se ispušnim generatorom pare, u kojem se para proizvodi toplinom ispušnih plinova plinske turbine. Uz to se sistem goriva starog generatora pare zamjenjuje sistemom goriva plinske turbine.

Odgovarajući ciklus prikazan je u toplinskom dijagramu na sl. 2.

Stanja fluida, odnosno radnih tvari označena su na slikama 1. i 2. brojevima 1—4 (zrak — dimni plinovi) odnosno slovima A — F (para — voda).



Sl. 1. Principijelna shema reenergetizacije parne turbine



Sl 2. Plinsko-parni ciklus reenergetizacije prema sl. 1.

Iz sl. 2. vidljivo je termičko poboljšanje ciklusa reenergetizacijom — postojećem relativno niskotemperaturnom ciklusu (Clausius-Rankineov ciklus — parna turbina), dodaje se visokotemperaturni ciklus (Jouleov ciklus — plinska turbina), čime se kompenziraju termički nedostaci i jednog i drugog ciklusa.

Stupanj djelovanja kombi-bloka na klemama generatora prema lit. (4) može se izraziti u obliku:

$$\eta_{kombi} = \eta_d \frac{1 + \frac{Nd}{Ng}}{\eta_d \left(1 + \frac{f}{\eta_g}\right) + \frac{Nd}{Ng}}, \qquad (1)$$

odnosno uz zanemarenje gubitaka plinskoturbinskog postrojenja na okolinu (otprilike 2%) u jednostvanijem obliku:

$$\eta_{kombi} = \eta_d \frac{1 + \frac{Nd}{Ng}}{\eta_d + \frac{Nd}{Ng}} \qquad (2)$$

Oznake znače:

η_d, η_g — stupanj djelovanja parnoturbinskog, odnosno plinskoturbinskog dijela kombi-bloka na klemama generatora

$\frac{Nd}{Ng}$ — odnos snaga parnoturbinskog i plinskoturbinskog dijela

f — faktor gubitaka plinskoturbinskog dijela na okolinu.

Formula 1. prikazana je na sl. 3.

Premda sl. 3. daje nešto pojednostavnjenu ovisnost stupnja djelovanja kombi-bloka o glavnim utjecajnim faktorima, ipak je očito poboljšanje u odnosu prema parnom bloku, posebno kod malih odnosa snaga Nd/Ng, odnosno s malim udjelom ili bez dodatnog loženja u ispušnom generatoru pare.

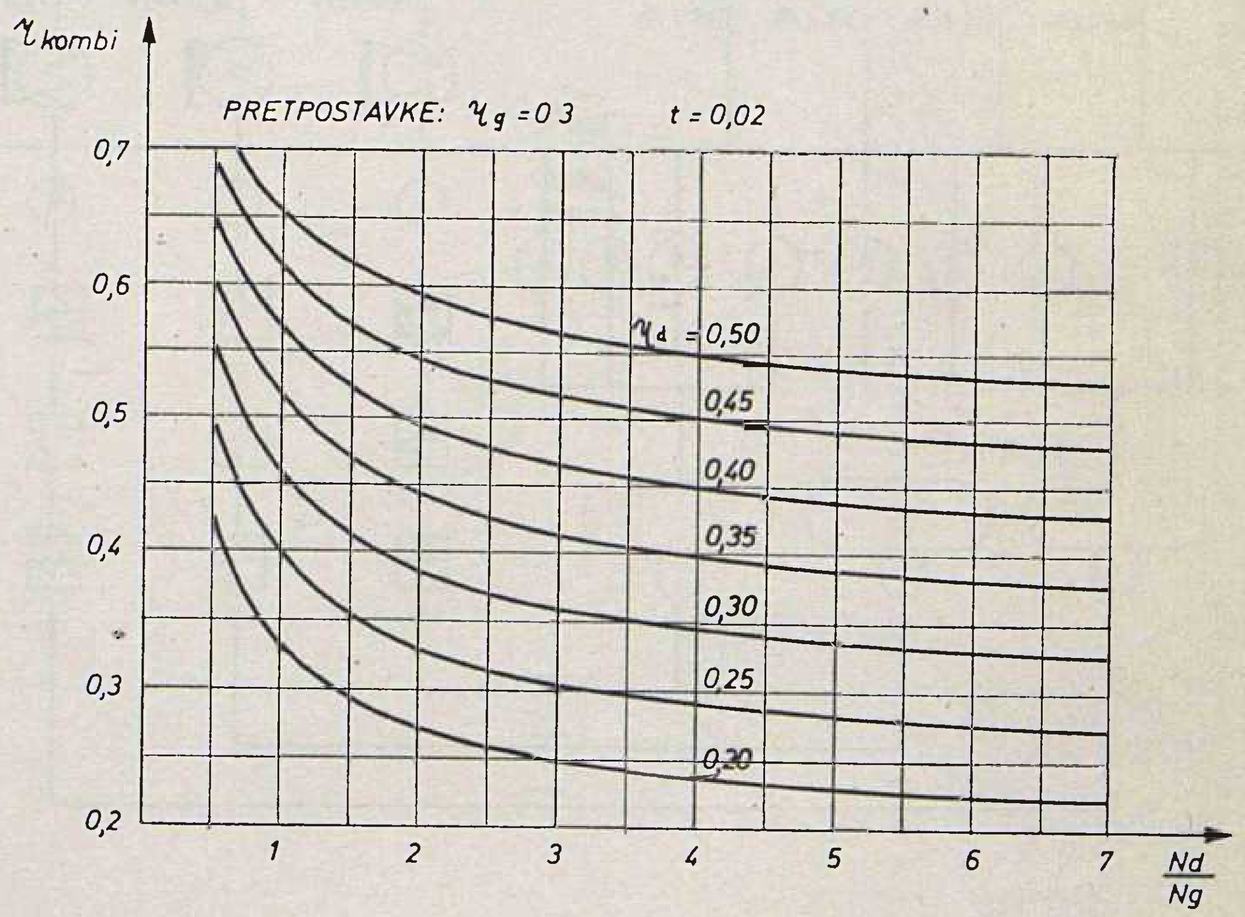
Pri tome treba imati na umu da se smanjenjem odnosa snaga za konkretni slučaj smanjuje i stupanj djelovanja parnog dijela postrojenja (η_d) što djelomično smanjuje poboljšanje stupnja djelovanja kombi-bloka.

Za reenergetizaciju parnih blokova u starim termoelektranama posebno su zanimljiva rješenja s plinskom turbinom i ispušnim generatorom pare bez dodatnog loženja, jer to rješenje ima znatne prednosti s obzirom na investicije, pogonsku fleksibilnost i jednostavnost u usporedbi s rješenjima s generatorima pare s dodatnim loženjem. U tom slučaju odnos snaga kreće se oko

$$\frac{Nd}{Ng} = 0{,}5,$$

odnosno snaga plinskoturbinskog dijela približno je dva puta veća od snage parnoturbinskog dijela kombi-bloka.

Za takav slučaj u obzir za reenergetizaciju dolaze parni blokovi snage do otprilike 50 MW i parametara pare do približno 45 at i 450 °C. Ako su parametri pare viši, potrebno je dodatno loženje u generatoru pare, kako bi se dobili traženi parametri pare.



Sl. 3. Stupanj djelovanja kombi-bloka u ovisnosti o odnosu snage parne i plinske turbine.

PRIMJERI REENERGETIZACIJE KOD NAS

U našoj zemlji reenergetizacija je primijenjena na tri stare parne termoelektrane, za koje su osnovni pokazatelji dani u tablici 1.

Radi potpunosti, podacima iz tablice 1. trebalo bi dodati i plinsko-turbinsko postrojenje TE Osijek u gradnji s dva plinskoturbinska agregata po 25 MW (G. E. — AEG) kojem će se kasnije dodati ispušni kotao 56 t/h za potrebe grijanja grada i tehnoloških potrošača. U planu je i reenergetizacija energane »Jugovinil«.

Sve elektrane iz tablice 1. izvode se na principu reenergetizacije parne turbine, tj. prema sl. 1. Kao primjer bit će detaljnije opisana reenergetizacija TE Jertovec, čija je realizacija u završnoj fazi.

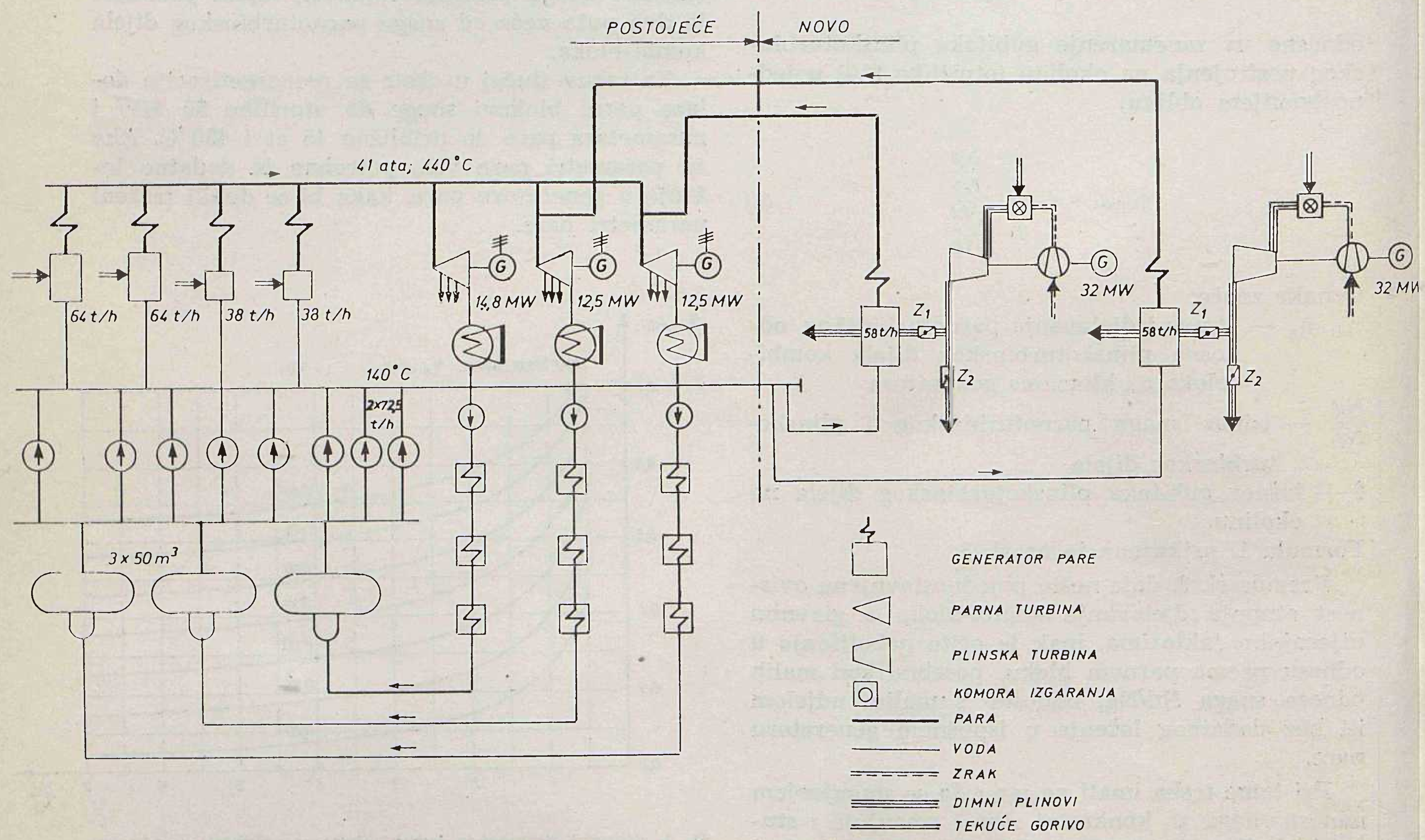
Parna TE Jertovec, koja je nedavno prešla s loženja ugljenom na mazut, postala je zbog svojih malih i neekonomičnih jedinica balast za elektroprivredu. Početkom 1974. godine donesena je odluka da se priđe reenergetizaciji, a ugovor o izgradnji je sklopljen u 11. mjesecu 1974, kada je položen temeljni kamen i započeli građevinski radovi. Puštanje u pogon plinskih turbina predviđeno je za ljeto 1975, a kotlova u proljeće 1976.

Na sl. 4. prikazana je shema tokova TE Jertovec s postojećim i novim postrojenjem. Postojećem parnom postrojenju, koje se sastoji od četiri parna kotla i tri parne turbine, dodaju se dva plinskoturbinska agregata po 32 MW s dva ispušna kotla po 58 t/h pare koji daju paru za dvije parne turbine po 12,5 MW. Time su realizirana

Tablica 1

REENERGETIZACIJA STARIH PARNIH TERMOELEKTRANA U JUGOSLAVIJI

Naziv TE	Snaga (MW			Parametri		Specif. potrošak topline (kcal/kWh)	Gorivo	God. puštanja u pogon
	Para	Plin	Uk.	Para	Plin			
Brestanica	2x12,5 = 25	3x25	100				laka ulja	1974/75.
Trbovlje	12,5 20 32,5	2x32	96,5	2x16,5 = = 33 kg/s 40 at 440°C	2x160 = = 320 kg/s ε = 10 t_4 = 500°C			
Jertovec	2x12,5 14,8 39,8	2x32	103,8	2x16,1 = = 32,2 kg/s 41 at 440°C	2x160 = = 320 kg/s ε = 10 t_4 = 500°C	ca 2350	laka ulja, zemni plin	1975/76.



Sl. 4. Shema tokova TE Jertovec nakon reenergetizacije

dva kombi-bloka. Sabirnički sistem na strani pare i pojne vode omogućuje i druge kombinacije u pogonu.

Plinske turbine su jednoosovinske izvedbe otvorenog ciklusa s 18-stepenim kompresionim dijelom, trostepenim ekspanzionim dijelom i osam radijalno raspoređenih komora izgaranja. Turbina je preko reduktora spojena na generator izlaznog napona 11 kV. Na drugom kraju turbine priključen je startni uređaj.

Osnovne karakteristike plinskih turbina dane su u tablici 2.

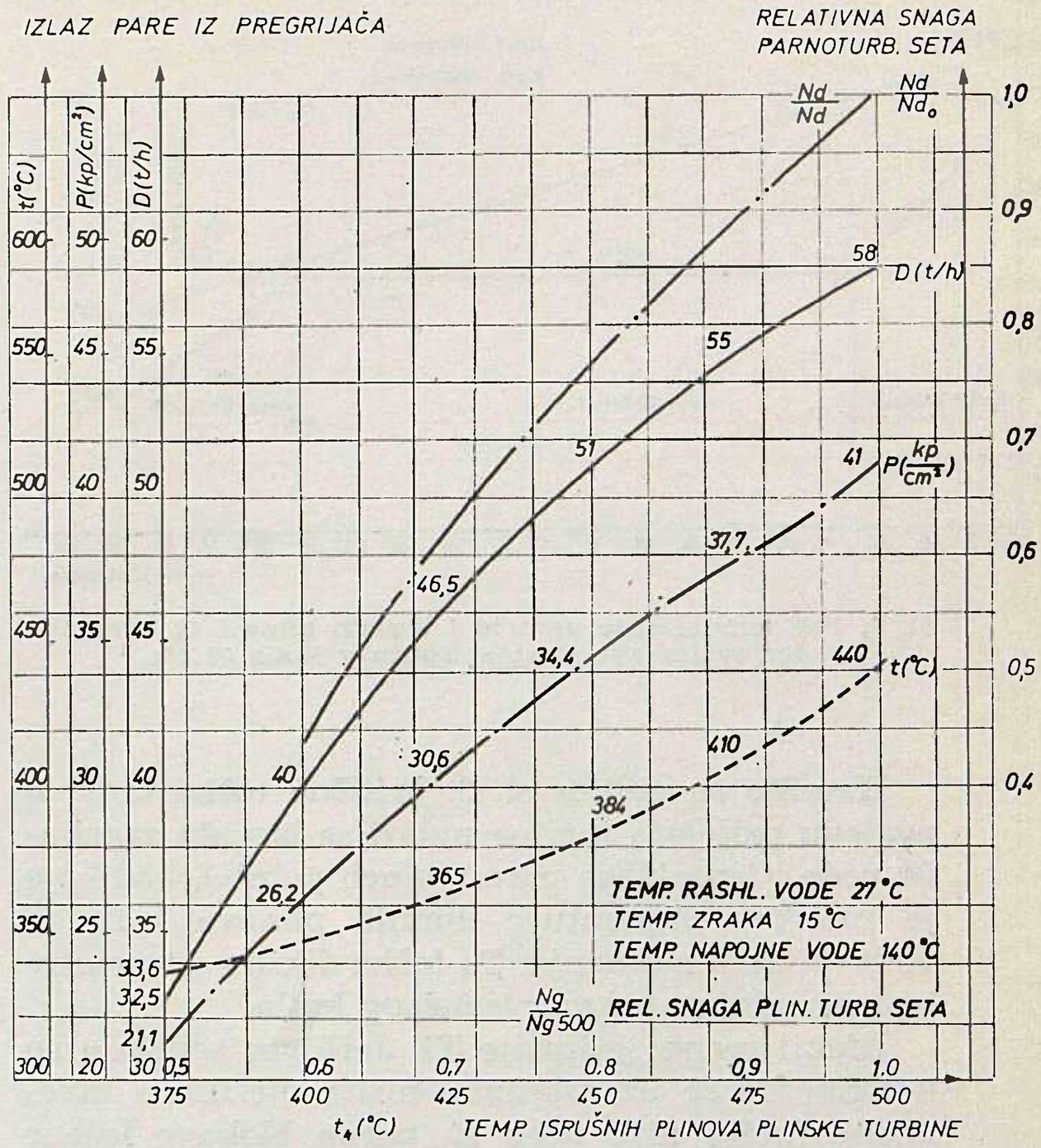
Spoj plinske turbine i ispušnog kotla na strani ispušnih plinova izveden je tako da je moguć njihov zajednički rad (na sl. 4. zaklopka z_1 otvorena, zaklopka z_2 zatvorena), kao i rad plinske turbine bez ispušnog kotla (zaklopka z_1 zatvorena, z_2 otvorena), kad plinska turbina radi preko obilaznog ispuha opskrbljenost ispušnim prigušivačem buke.

Plinskoturbinski agregati mogu startati i bez veze s vanjskom mrežom, s pomoću vlastite akubaterije (»crni« start).

Proizvodnja i parametri pare u ispušnom kotlu ovise o temperaturi ispušnih plinova plinske turbine, koja je funkcija snage plinske turbine.

Na sl. 5. prikazana je ta zavisnost za konstantnu temperaturu pojne vode od 140°C.

Ispušni kotao je jednostavne izvedbe i sastoji se od cijevnih ogrjevnih površina vertikalno nanizanih odzdo prema gore (pregrijač pare, isparivač i zagrijač vode), kotlovskog bubnja i jedne cirkulacijske pumpe za pojačanje cirkulacije u isparivaču pare. Kotao je viseće izvedbe, a na nosivoj čeličnoj konstrukciji kotla visine oko 15 m postavljen je čelični dimnjak visok oko 45 m (ukupno 60 m).



Sl. 5. Proizvodnja i parametri pare ispušnog kotla plinske turbine 32 MW

Na sl. 6. prikazan je tok temperatura pare i dimnih plinova, kao i raspodjela toplinskih tokova za pojedine dijelove ispušnog kotla.

Tablica 2

OSNOVNE KARAKTERISTIKE PLINSKIH TURBINA ZA JERTOVEC

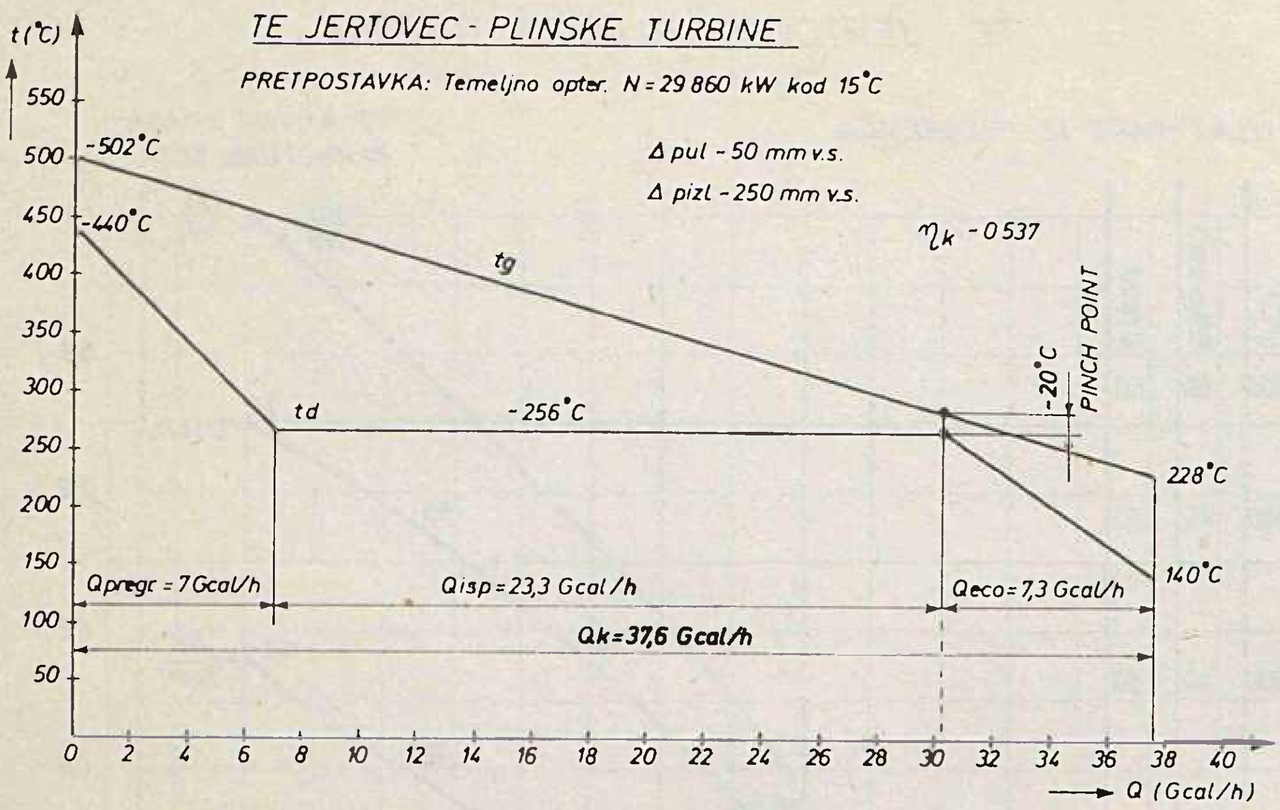
a) Bez ispušnog kotla

Gorivo	Opterećenje	Snaga (kW)	Specifični potrošak topline (kcal/kWh)	Količana zraka (kg/s)	Ulazna temperatura (°C)	Izlazna temperatura (°C)
Prirodni plin	Temeljno	32324/30893	3070/3172	160/155,5	1025	496/498,7
	Vršno	34941/33394	3003/3103	160/155,5	1060	521/523,7
Ekstra lako loživo ulje	Temeljno	31496/30076	3140/3244	160/155,5	1020	496/498,7
	Vršno	34015/32402	3075/3177	160/155,5	1060	521/523,7

Napomena: Podaci u brojniku vrijede za temperaturu okolnog zraka 15°C, tlak, 1,013 ata (nivo mora), i standardni nivo buke »A« na ulazu i izlazu, dok podaci u nazivniku vrijede za smanjeni nivo buke »B«. Maksimalna snaga 40 MW.

b) S ispušnim kotlom i za nivo buke »B«

Prironi plin	Temeljno opterećenje	30791	3182	155,5	1020	499,2
Ekstra lako loživoulje	Temeljno opterećenje	29977	3255	155,5	1020	499,2



Sl. 6. Tok temperatura pare td i dimnih plinovi tg u raznim ogrjevnim površinama ispušnog kotla 58 t/h

Kao što se vidi iz sl. 3, kritična točka kotla u pogledu prijelaza topline nalazi se između zagrijača vode i isparivača pare (»pinch point«), kod koje je razlika temperature dimnih plinova i fluida voda — para najmanja. Ta točka diktira parametre i proizvodnju ovakvog ispušnog kotla.

Efekti reenergetizacije TE Jertovec sadržani su u tome što se uz relativno niske specifične investicije (nešto niže nego za parne blokove ložene mazutom ili plinom snage oko 300 MW):

— u vrlo kratkom vremenu snaga elektrane povećava se s oko 40 MW na oko 100 MW, odnosno za oko 2,5 puta

— specifični potrošak topline za proizvodnju električne energije u cijeloj elektrani popravlja s oko 3800 kcal/kWh na oko 2600 kcal/kWh (sam kombi-blok ima 2350 kcal/kWh),

— bitno se popravljaju pogonske karakteristike elektrane (brzina starta i promjene opterećenja, mogućnost »crnog« starta, tehnički minimum nula itd.),

— primjenom kvalitetnijih goriva smanjuju štetni utjecaji na okolicu,

— reenergetizacije ne zahtijeva dodatne količine rashladne vode, jer se sva hlađenja na plinskoturbinskom postrojenju vrše zrakom.

Važno je također napomenuti da su problemi oko lokacije takvog postrojenja zanemarivi u odnosu prema problemima lociranja novih termoelektrana.

Time TE Jertovec ponovno dobiva ulogu u elektroenergetskom sistemu za pokrivanje vršnih i srednjih električnih opterećenja.

Ovdje valja naglasiti da su efekti reenergetizacije donekle smanjeni dominantnom primjenom kvalitetnijih goriva, koja su skupa (laka loživa ulja) ili nisu na raspolaganju (prirodni plin). Međutim, primjena jeftinijih goriva za plinske turbine, kao što su mazut i ugljen, nije isključena uz odgovarajuću prethodnu pripremu goriva. Određen broj plinskih turbina već danas radi na mazut a razvoj metoda rasplinjavanja ugljena stvara mogućnosti primjene i ugljena kao goriva za plinske turbine. No, budući da je namjena reenergetiziranih starih termoelektrana pokrivanje vršnih i srednjih električnih opterećenja, što znači da se koristi relativno manji broj sati godišnje, cijena goriva nema bitnu ulogu.

Cijena električne energije za predviđeno gorivo (ekstra lako loživo ulje po 0,326 d/1 000 kcal) kretale bi se od 0,9—1,4 d/kWh.

MOGUĆNOSTI I EFEKTI REENERGETIZACIJE U JUGOSLAVIJI

Prema lit. (5) prikazani su blokovi termoelektrana kod nas koji dolaze u obzir za reenergetizaciju u tablici 3.

Tablica 3

PREGLED PARNIH BLOKOVA TERMOELEKTRANA JUGOSLAVIJE SNAGE DO 50MW

Jedinična snaga	Broj parnih blokova	Ukupna snaga (MW
do 25 MW	9	121
25 — 50 MW	18	581
Ukupno	27	702

Dakle, približno 700 MW u malim parnim blokovima dolazi u obzir za reenergetizaciju, što omogućuje dodavanje oko 1500 MW snage u plinskoturbinskim agregatima, odnosno realizaciju oko 2200 MW snage u kombi-blokovima.

To znači da bi se reenergetizacijom starih termoelektrana kod nas mogla izbjeći gradnja 5 parnih blokova snage po 300 MW.

Pođemo li od ovih navedenih relativno skromnih pretpostavki:

— prosječni stupanj djelovanja starih TE 25%
— godišnje korištenje starih TE 2000 h/a
— prosječni stupanj djelovanja blokova 300MW 39%
— godišnje korištenje blokova 300 MW 4500 h/a
— prosječni stupanj djelovanja kombi-blokova (ispravno odabranih) 41%
— specifične investicije za reenergetizaciju niže za oko 10% nego za nove parne blokove,

i uz pretpostavku da reenergetizirani blokovi moraju proizvesti istu količinu električne energije godišnje kao i parni blokovi (stari i novi), dolazimo do rezultata prikazanih u tablici 4, koji dosta zorno ilustriraju efekte reenergetizacije.

Premda su rezultati kalkulacija prikazani u tablici 4. osnovani na pretpostavkama koje u konkretnom slučaju mogu doživjeti stanovite korekcije, ipak se na temelju njih kao i prethodnog opisa mogu rezimirati slijedeće glavne prednosti reenergetizacije starih parnih termoelektrana kod nas:

Tablica 4

MOGUĆI EFEKTI REENERGETIZACIJE PARNIH BLOKOVA DO 50 MW U TERMOELEKTRANAMA JUGOSLAVIJE

	Bez reenergetizacije	s reenergetizacijom
Snaga	stari blokovi 700 novi blokovi 1500 ukupno 2200 MW	2200 MW
Potrošak goriva (Tcal/god.)	19,27	17,1
Ušteda u gorvu	—	2,17 Tcal/god. ili 217000 t/god. tek goriva, ili 700 000 t/god. ugljena (H_d = 3100 kcal/kg)
Ušteda u investicijama	—	oko 750.10^6
Trajanje izgradnje	3—4 god.	1—2 god.
Ušteda radi kraćeg trajanja izgradnje	—	oko 750.10^6 d
Količana rashladne vode za protočno hlađenje (Δt = 10°C)	63 m3/s	18 m3/s

a) oživljavanje uloge starih TE povećanjem snage efikasnosti i pogonske fleksibilnosti,

b) povećanje udjela u elektroenergetskom sistemu fleksibilnih jedinica s brzim startom, koje se mogu dobro uklopiti za pokrivanje vršnih i srednjih električnih opterećenja,

c) ušteda goriova na širem planu,

d) ušteda investicija,

e) znatno manji problemi u vezi s lokacijom, upotrebljava se postojeći teren i nema povećanja rashladnog sistema,

f) kraći rok izgradnje,

g) bolja zaštita okolice od termičkih i kemijsko-mehaničkih polucija.

Naravno, kao značajni nedostatak programa reenergetizacije važno je spomenuti problem goriva za plinske turbine, o kome je već bilo govora. No, kao što je već rečeno, primjena jeftinijih tekućih goriva za plinske turbine uz adekvatnu pripremu goriva nije isključena, a programi plinifikacije u našoj zemlji otvaraju nove perspektive na tom području.

Realizacijom programa reenergetizacije starih parnih termoelektrana, udio plinskih turbina u ukupnoj snazi našeg elektroenergetskog sistema popeo bi se na oko 10% (za 1980/81. god.), što se u razvijenijim zemljama smatra normalnom veličinom.

Na kraju treba istaknuti da mogućnosti sudjelovanja domaće industrije na području reenergetizacije starih termoelektrana nisu manje nego na području parnih blokova većih snaga (npr. 300 MW), pogotovo nakon puštanja u pogon »Tvornice plinskih turbina Jugoturbina« u Karlovcu.

ZAKLJUČAK

Reenergetizacija starih parnih termoelektrana pretvaranjem parnih blokova u kombi-blokove danas je realna mogućnost za popravljanje uloge tih elektrana u elektroenergetskom sistemu. Tim se ujedno mogu postići značajne uštede u investicijskim ulaganjima i potrošku goriva, mogu se popraviti karakteristike sistema dodavanjem plinskih fleksibilnih jedinica, i popraviti uvjeti zaštite okoline.

U našoj elektroenergetskoj situaciji nije neznačajna ni činjenica da se takvi zahvati mogu izvesti u znatno kraćem roku nego izgradnja novih velikih elektrana. Prva pogonska iskustva iz reenergetiziranih termoelektrana kod nas (Brestanica, Jertovec, Trbovlje) pokazat će u kojoj su mjeri postignuti očekivani efekti.

U vezi s tim bilo bi zanimljivo ponovno razmotriti bilancu naših energetskih goriva, kako bi se mogle ustanoviti realne mogućnosti za reenergetizaciju starih parnih termoelektrana kod nas.

LITERATURA

1. R. Coats, W. Mc. Diamond: Increased Efficiency and Output through Repowering, ESOA-7411, IV. G.E. European Gas Turbine State of the Art Congress, Vienna 1974.
2. R. Schwieger: Repowering Experiency growing rapidly in Utility Plants, Power 11/73.
3. V. Potočnik: Plinske turbine za proizvodnju električne i toplinske energije, Energija 22 (1973) br. 11—12.
4. V. Potočnik: Teoretske osnove i tehničko-ekonomske usporedbe procesa para-plin u odnosu na parnoturbinski proces u termoenergetskim postrojenjima (Magistarski rad), Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 1975.
5. J. Janjić, V. Božičković: Informacija o energetsko-termotehničkoj problematici u termoelektranama za sjednicu I. O. Društva tehničara Jugoslavije, Novi Sad 1973.

Naslov pisca: mr Vladimir Potočnik, dipl. ing.
Elektroprojekt, Zagreb

POGON I ODRŽAVANJE INSTALACIJA OSVETLJENJA

Kiril A. Tropin, Beograd

TEHNIČKI PRIJEM INSTALACIJA OSVETLJENJA

(Sovjetska iskustva i propisi)

Tehnički prijem instalacija osvetljenja se obavlja obično komisijski kada se stave na raspolaganje sledeći radionički crteži: osnove prostorija, odnosno područja na otvorenom prostoru, s ucrtanim vodovima osvetljenja, pojnim tačkama, razvodnim pločama i svetlećim telima; šema napajanja (samo u slučaju komplikovane šeme koja se jasno ne vidi iz crteža osnove) krakteristični preseci sa svetlećim telima (samo za prostorije, u kojima raspored svetlećih tela nije dovoljno jasan iz crteža osnove).

Crteži moraju da sadrže sve parametre instalacija osvetljenja: napon mreže i svetlosnih izvora, vrsta razvodnih ormara i pomoćnih razvodnih ploča za osvetljenje, nazivne struje okidača automatskih prekidača i topljivih uložaka osigurača, tip, presek i način polaganja provodnika i kablova, vrsta napona i snaga stacionarno montiranih zaštitnih transformatora za dobizanje malih napona — 12—16 V, vrste svetlećih tela, njihova visina vešanja, snage sijalica, normirane osvetljenosti i klasifikacija prostorije u pogledu ugroženosti od požara i eksplozije.

Pri tehničkom prijemu instalacija osvetljenja obavljaju se provere i ispitivanja:

— provera da li svi elementi električne opreme za osvetljenje odgovaraju projektu,

— provera snaga instalisanih sijalica,

— provera osvetljenosti od instalacije opšteg osvetljenja u svim prostorijama i pojedinačna provera osvetljenosti na radnim mestima,

— pojedinačno ručno ispitivanje da li su pouzdano učvršćena svetleća tela, zaštitna stakla na svetiljkama, pomoćne razvodne ploče i ormančići za osvetljenje, prekidači, utične kutije i ostali elementi opreme električnog osvetljenja,

— pojedinačna provera pouzdanosti kontakata,

— pojedinačna provera delovanja automatskih i polužnih prekidača i sličnih aparata,

— provera kvaliteta zaštitnog uzemljenja, odnosno nulovanja, pojedinih elemenata instalacije električnog osvetljenja,

— proverava se da li se raspolaže uređajima i napravama za bezopasno tehničko održavanje aparata instalacije osvjetljenja.

U sastav komisije za tehnički prijem instalacije osvetljenja obično ulaze predstavnici investitora, organa zaštite na radu, vatrogasne službe, projektanske organizacije i dr.

MERENJA OSVETLJENOSTI

Osvetljenosti se tokom pogona smanjuju usled svetlosnih gubitaka (starenje i zaprljanost svetlosnih izvora, svetiljki, površina zidova i tavanice prostorije i spoljne površine opreme). Zbog toga treba kontrolisati osvetljenosti radnih mesta.

Osvetljenosti najslabije osvetljenog radnog mesta ne bi smele ni u jednom trenutku da iznose manje od 60% nazivne osvetljenosti. To je najniža vrednost pri kojoj treba preduzeti mere za održavanje instalacije osvetljenja.

Za merenje obično se koristi merač osvetljenosti (luksmetar) s fotoelemenetom i skalom, na kojoj se osvetljenosti očitavaju neposredno u luksima.

Izmerene vrednosti osvetljenosti od opšteg osvetljenja, ili osvetljenja radnog mesta u odabranim tačkama, unose se u plan osvetljenja i upoređuju sa vrednostima iz projekta, odnosno normi. S obzirom na znatne promene svetlosnog fluksa usled promena napona, potrebno je voltmetrom meriti i napon u odgovarajućem strujnom kolu i očitavati ga istovremeno s očitavanjem vrednosti osvetljenosti.

Vrednosti očitane na luksmetru treba korigovati korekcionim faktorom. Korekcija se odnosi na netačnost mernog instrumenta i na uticaj spektra merene svetlosti. Osim toga treba uzeti u obzir i promene radnog napona.

Promena radnog napona za ± 1% od nazivnog napona u granicama do ± 5% izaziva sledeće približne promene svetlosnog fluksa:

± 3,0% — za sijalice sa živinom parom visokog pritiska i fluorescentne sijalice visokog pritiska,

± 3,8% — za sijalice s usijanim vlaknom i za sijalice sa živinom parom i usijanim vlaknom (mešana svetlost),

± 1,7% — za fluorescentne sijalice,

± 0,6% — za natrijumove sijalice niskog pritiska.

Meračem osvetljenosti može da se odredi i faktor transmisije, ako se prvo izmeri osvetljenost, a zatim fotoelement pokrije materijom čiji faktor transmisije treba odrediti, pa se ponovo očita vrednost na meraču. Odnos ove vrednosti prema ranije očitanoj vrednosti predstavlja faktor propusljivosti — transmisije.

Približni faktor refleksije neke površine može da se odredi pomoću merača osvetljenosti, ako se prvo izmeri osvetljenost zadate površine, a zatim se fotoelement merača polako odmiče od date površine sve do udaljenosti na kojoj se skretanje kazaljke merača više ne menja. Pročitana vred-

nost na skali merača osvetljenosti podeljena sa ranije očitanom vrednošću daje faktor refleksije. Ovaj način merenja može da se primeni samo na površine koje su veće od 12 × 12 cm.

Osvetljenost je najvažniji pokazatelj stanja instalacije osvetljenja. Preporučuje se da se merenja osvetljenosti obavljaju svaka četiri meseca, ali da se ne preteruje u prevelikom broju mernih tačaka, kako to čine neki ispitivači.

OCENA INSTALACIJE OSVETLJENJA

Na osnovu pregleda i izmerenih vrednosti radi ocene neke instalacije osvetljenja treba utvrditi, odnosno izračunati:

— srednju osvetljenost od opšteg osvetljenja,
— osvetljenosti radnih mesta,
— osvetljenost najslabije osvetljenog radnog mesta,
— odnos najslabije osvetljenog radnog mesta prema srednjoj osvetljenosti prostorije (za nove uređaje),
— vrednosti i odnose sjajnosti,
— kontraste i senke,
— boju izvora svetlosti,
— vremensku ravnomernost.

Na kraju dobiveni podaci upoređuju se s vrednostima iz projekta.

Pri oceni ekonomičnosti osvetljenja treba uzeti u obzir ne samo troškove celokupne instalacije, amortizacije i troškove korišćenja, već i povećanu proizvodnost, smanjenje proizvodnih troškova i bolji kvalitet izrade, kao posledicu dobog osvetljenja.

Ekonomičnost osvetljenja može se do izvesne mere zanemariti da bi se postigli estetski i dekorativni efekti, s tim da oni ne smeju nepovoljno uticati na osobine dobrog osvetljenja.

ZAŠTITA NA RADU I ODRŽAVANJE INSTALACIJE OSVETLJENJA

Instalacija osvetljenja zahteva neprekidno tehničko održavanje i to: redovno čišćenje svetlećih tela, blagovremenu zamenu pregorelih sijalica, tekući i preventivni remont, itd.

Ako se navedene mere ne sprovode nastaje nagli pad stepena iskorišćenja instalacije osvetljenja i raste opasnost od električnih trauma.

Pravilno organizovani pogon mora da obezbedi stalno tehničko održavanje, tekući i preventivni remont instalacije osvetljenja, neprekidno funkcionisanje osvetljenja i traženi nivo vrednosti osvetljenosti. Treba također omogućiti bezopasno održavanje i potpuno isključiti mogućnost povreda. Posljednja okolnost je naročito važna, jer je još uvek velik broj povreda na instalacijama osvetljenja.

Tabela 1

POVREDE NA INSTALACIJAMA OSVETLJENJA U INOSTRANSTVU

Zemlja	Period	Broj nesrećnih slučajeva (u zagradama smrtni slučajevi)			
		Ukupno na elektr. instalacijama	Instalacije za osvetljenje		
			Ukupno	Stacionirane instalacije	Prenosne instalacije
Engleska	1956. i 1975.	1.484 (72)	118 (9)	42 (2)	76 (7)
Austrija	od 1956. do 1963.	4.356 (587)	361 (74)	113 (8)	248 (66)
Švajcarsk	1955., 1957. i 1958. g.	868 (73)	524 (38)	Nema podataka	38 (8)

* Na mreži napona do 250 V (osvetljenje, aprati za domaćinstvo itd.).

Prema statističkim podacima iz inostranstva (L. 4.) broj povreda u elektranama i transformatorskim stanicama izazvanih opremom instalacije osvetljenja iznosi 4,4% od ukupnog broja povreda. Pri tom najveći deo povreda od instalacija osvetljenja otpada na prenosne svetiljke — 80% od ukupnog broja povreda na instalacijama osvetljenja, a ostalih 20% otpada na stacionarne svetiljke.

Tehničko održavanje, pregled i remont instalacije osvetljenja obavljaju kvalifikovani električari u beznaponskom stanju. U prostorijama s dnevnom svetlošću i na otvorenom prostoru navedene radove pravilnije je obavljati po danu.

Isključenja pojedinih deonica instalacije osvetljenja radi remonta se vrši pomoću glavnog poluožnog ili automatskog prekidača na glavnoj razvodnoj ploči za osvetljenje ili pomoću prekidača (automata) sekcija i skidajući topljive uloške na pomoćnoj ploči za osvetljenje (ako postoje osigurači).

Pregorele sijalice odmah se zamenjuju, snaga novih sijalica, koje se nameštaju treba da odgovara projektu.

Nije dozvoljeno da se u svetiljke nameštaju sijalice većih snaga, od snage za koju je konstruisana svetiljka.

U protivnom slučaju nastaće prekomerno zagrevanje svetiljke, grla i provodnika, dok zaštitno staklo može da pukne. Nikakva uputstva u pogledu štednje električne energije ne predviđaju da se osvetljenost smanji ispod vrednosti predviđene normama osvetljenosti. Sem toga, ako se nameste sijalice koje ne odgovaraju vrednostima iz projekta, naglo se menja raspodela svetlosti, koju ostvaruju svetiljke. Tako npr. neki tipovi svetiljki predviđeni za sijalice od 200 W imaju osetno manji stepen korisnosti, ako se stave sijalice od 60 W i više ne daju opšte osvetljenje, već samo svetlu mrlju ispod svetiljke. Neke svetiljke sa reflektorima od fino poliranog metala ili ogledala sa sijalicama manjih snaga rade kao projek-

tori tako da se na podu dobija jasan lik usijanih vlakana sijalice, itd.

Pomoću difuzora (mlečnog, opalnog ili matiranog zaštitnog stakla) može da se smanji prekomerna sjajnost (blesak) svetlećih usijanih vlakana sijalice. Sem toga zaštitno staklo štiti unutarnji prostor svetlećeg tela od nepovoljnog dejstva okoline.

Treba pažljivo kontrolisati da su nameštena i dobro učvršćena zaštitna stakla. Tendencija da se sa svetiljki skidaju mat i mlečna zaštitna stakla da bi se povećala osvetljenost povlači samo negativne posledice, jer će biti veća smetnja od bleska, nego korist od povećanja osvetljenosti, ako su zaštitna stakla bila pravilno odabrana.

U svetiljkama za fluorescentne sijalice rasteri se koriste u nizu slučajeva kao difuzori svetlosti.

Zbog toga ne sme se dozvoliti da se difuzori, tj. rasteri skidaju sa svetiljki.

Polomljena zaštitna stakla i rastere treba odmah zameniti ispravnim.

Pouzdan rad rezervnog osvetljenja predstavlja važan preduslov za uspešno otklanjanje kvarova. Svi elementi instalacije rezervnog osvetljenja moraju da budu stalno u ispravnom stanju. Svetleća tela rezervnog osvetljnja moraju da se opreme svetlosnim izvorima, čija snaga odgovara projektu i moraju da budu stalno uključeni za vreme pogona svetiljki radnog osvetljenja.

Dežurno pogonsko osoblje bez obzira da li u prostoriji postoji ili ne rezervno osvetljenje oprema se pogonski ispravnim uvek spremnim prenosnim svetlosnim izvorima (akumulatorske i dr. svetiljke).

Veliku opasnost za osoblje predstavljaju ručne prenosne električne svetiljke. Teške posledice povlači kršenje pravila korišćenja ovih svetiljki u proizvodnim prostorijama elektrana, transformatorskih stanica i drugih industrijskih postrojenja: priključivanje ručnih prenosnih svetiljki direktno na mrežu 220 (110) V, neispravnost zaštitnih transformatora, spojevi pomoću utikača i utikačke kutije i prenosnih provodnika, greške u konstrukciji prenosnih svetiljki. Tako npr. od 38 smrtnih slučajeva na mreži do 250 V evidentiranih 1955, 1957. i 1958. godine u Švajcarskoj, 8 slučajeva se desilo od prenosnih svetiljki (tabela 1). U Engleskoj od 9 smrtnih slučajeva zabeleženih u periodu od 1956. do 1957. godine na instalacijama osvetljenja 7 slučajeva se desilo usled prenosnih svetiljki.

U Austriji u periodu od 1955. do 1963. godine od 74 smrtna slučaja na instalacijama osvetljenja 66 slučajeva prouzrokovale su prenosne svetiljke.

Kao što se vidi iz navedenih statističkih podataka, koji se odnose na električne traume u inostranstvu, naročito je nepovoljno stanje u pogledu nesrećnih slučajeva kada se koristi prenosno osvetljenje. Ovde se opasnost od povreda električnom strujom povećava time, što se radnik duže vreme nalazi u neposrednom dodiru s pojedinim delovima instalacije osvetljenja (ručne svetiljke, prenosni provodnici, prenosni zaštitni transformatori) i često pod nepovoljnim spoljnim uslovima (elektroprovodljivi podovi, velike mase metala opreme, itd.). Zbog toga kršenje pravila zaštite na radu pri korišćenju prenosnog osvetljenja dovodi do naročito teških posledica.

Treba strogo paziti na pravilno korišćenje prenosnih ručnih svetiljki.

U toplim, a vlažnim radnim prostorijama i kada se radi na otvorenom prostoru koriste se prenosne ručne svetiljke za napon 12 V.

Prenosne ručne svetiljke se priključuju na stacionarnu mrežu utikačkih kutija napona 12 V ili preko zaštitnih transformatora na utikačke kutije 220, odnosno 110 V.

Spojevi pomoću utikača i utikačke kutije 220, odnosno 10 V moraju da imaju treći dodatni kontakt za uzemljenje (nulovanje).

Spojevi pomoću utikača i utikačke kutije 12 V moraju svojom konstruktivnom izradom da se razlikuju od spojeva pomoću utikača i utikačke kutije 220 ili 110 V, i da se isključuje mogućnost pogrešnog uključenja utikača 12 V u utikačke kutije 220 ili 110 V.

Spojevi pomoću utikača i utikačke kutije 12 V moraju po svojoj boji da se upadljivo razlikuju od boje spojeva utikačem i utikačkom kutijom 220, odnosno 110 V.

Treba primenjivati specijalnu bezopasnu prenosnu svetiljku nezavisno o visini pogonskog napona. Držka prenosne svetiljke se izrađuje od izolacionog materijala otpornog na vlagu i toplotu. Sijalica i grlo su izrade zaštićene od dodira, a mehanički obezbeđeni jednom metalnom sigurnosnom mrežom. Sigurnosna mreža se učvršćuje na dršci svetiljke tako, da se ona može skinuti jedino pomoću specijalnog alata. Prenosni provodnici su od teškog okruglog gumenog gajtana tipa GG/T sa bakarnim žilama.

Dužina prenosnog okruglog gajtana GG/T od utikačke kutije 220, odnosno 110 V, do prenosnog zaštitnog transformatora ne sme da bude veća od 2 m.

Zabranjeno je da se prenosni zaštitni transformatori unose unutar kotlova, rezervoara od čeličnog lima i sl. Zaštitni transformator mora da se postavlja van opreme pri izvođenju sličnih radova.

Treba omogućiti hitnu zamenu dotrajalih ili oštećenih pojedinih elemenata instalacije osvetljenja (sijalice, topljivi ulošci, zaštitna stakla i sl.). Radi toga u električarskoj radionici ili u dežurnog električara postoji rezerva zaštitnih stakala za svetiljke, sijalice i topljivih uložaka svih dimenzija koje se koriste u pogonu.

U radioničke crteže i šeme unose se sve promene, koje se vrše u instalaciji osvetljenja u toku eksploatacije.

Da bi se postiglo pravilno rukovođenje u toku eksploatacije instalacije osvetljenja treba sem odgovarajućeg broja montera koji neposredno održavaju instalaciju osvetljenja u električarskoj radionici predvideti radno mesto tehničara za osvetljenje, ako instalisana snaga osvetljenja iznosi od 250

do 750 kW, odnosno inženjera za osvetljenje kada je instalisana snaga osvetljenja od 750 do 2 000 kW, a inženjera i tehničara za osvetljenje, ako ta snaga prelazi 2 000 kW.

Ovo lice (da ga nazovemo »svetlotehničar«) treba da se oslobodi svih drugih obaveza i zaduženja.

Za pogon i održavanje manjih instalacija osvetljenja treba da se zaduži neko lice pored svoje redovne dužnosti.

ULOGA ODGOVORNOG LICA ZA INSTALACIJU OSVETLJENJA — »SVETLOTEHNIČARA«

Zadaci iz oblasti eksploatacije osvetljenja mogu uslovno da se podele u tri grupe:

a) Nadzor u toku izvođenja nove instalacije osvetljenja,

b) održavanje instalacije osvetljenja na početnom tehničkom nivou,

c) modernizacija i usavršavanje instalacije osvetlenja.

Odgovorno lice za eksploataciju osvetljenja (»svetlotehničar«) učestvuje u rešavanju pitanja potpune rekonstrukcije osvetljenja s tim da se projekat preda odgovarajućoj organizaciji. Ne ulazeći u rad ove organizacije, on omogućava da se izda detaljni projektni zadatak u kojem se izlažu specifični zahtevi u pogledu osvetljenja prostorija i radnih mesta, navode se karakteristike sredine itd. Kasnije »svetlotehničar« učestvuje u prijemu završenog projekta i u nadzoru nad izvođenjem. Za vreme izvođenja radova važno je paziti da se svetiljke i drugi delovi predviđeni projektom ne zamenjuju lošijim prema svojim osobinama, da se fluorescentne sijalice pravilno raspodele između faza instalacije, itd.

Sledeća grupa zadataka iz svetlosne tehnike ima više stvaralački karakter. Iz mnogih razloga projekti često ne sadrže detaljna i pravilna rešenja pitanja osvetljenja pojedinih radnih mesta. Iznalaženje pogodnih rešenja spada u dužnost »svetlotehničara« koji mora u ovom radu da uzme u obzir sve zahteve u pogledu kvaliteta osvetljenja i da ostvari objektivnu ocenu rezultata neki put uz učešće istraživačkih organizacija. U ovom pogledu delatnost »svetlotehničara« preduzeća nema granica i često njegovi predlozi mogu da budu od opšteg interesa i da dobiju širi publicitet.

Proizvodnja živi i razvija se. Sve promene tehnološkog postupka, rekonstrukcije prostorija i sl. zahtevaju da se instalacija osvetljenja odmah uskladi sa izmenjenim uslovima. Ovo treba takođe da organizuje »svetlotehničar«.

Razvija se i sama tehnika osvetljenja. »Svetlotehničar« preduzeća mora da bude inicijator za uvođenje novih svetlosnih izvora u svom preduzeću, svetlećih tela, da sledi preporukama naučnih instituta, itd. On takođe mora kritički ocenjivati kvalitet uređaja za osvetljenje, koje proizvodi industrija i da njoj pomaže svojim zapažanjima.

Zadaci »svetlotehničara« preduzeća, kao što se vidi, obimni su i raznovrsni. Postoji nada da će ova grana stručnjaka odigrati odlučujuću ulogu u nastojanju da se poboljšaju uslovi osvetljenja i da se samim tim poboljšaju i radni uslovi naših ljudi.

RASPORED SVETILJKI

Raspored svetiljki predstavlja jedno od specifičnih pitanja za rešenje opšteg osvetljenja. Poštojući opšte smernice u pogledu najpovoljnijeg rasporeda svetiljki s obzirom na godišnje troškove, svetlotehničku i energetski ekonomičnost, itd. pri praktičnoj primeni tih smernica treba pre svega imati u vidu građevinske karakteristike zgrade, mogućnosti održavanja instalacije osvetljenja i kvalitet osvetljenja.

Najvažnije praktično pitanje, na koje često zaboravljaju projektanti, ali uvek imaju pred očima pogonci, predstavlja mogućnost da se priđe svetiljci radi održavanja. Svi aspekti u pogledu kvaliteta osvetlljenja, ekonomičnosti i drugih faktora postaju nemoćni i besmisleni, ako se svetiljke rasporede tako, da neće moći da se održavaju. Zbog toga često razmatrajući principe izvođenja opšteg osvetljenja, mora da se počne od izbora pristupačnih mesta za svetiljke ili obrnuto od načina na koji će se prilaziti svetiljkama.

EKSPLOATACIJA INSTALACIJA OSVETLJENJA

Stanje instalacija osvetljenja, a prema tome i njihova efikasnost, u mnogome zavisi ne samo od pravilnosti prvobitnih projektantskih rešenja, već i od tehničkog nivoa eksploatacije.

Stabilnost prvobitnih uslova osvetljenja se postiže održavajući čistoću i ispravnost svetlećih tela, svih elemenata instalacije, svetlosnih otvora za prirodno osvetljenje i reflektirajućih površina prostorija, kao i blagovremnom zamenom sijalica.

Zbog toga mora (dužnost »svetlotehničara«) da se predvidi organizacija i tehnologija čišćenja svetlećih tela prema lokalnim prilikama. Čišćenje može da se vrši neposredno sa poda, koristeći kranove, lestvice, specijalne pokretne tornjeve i sl., s tim da se sveleća tela skidaju ili ne. U zavisnosti od vrste materija koje se talože određuje se način na koji se one odstranjuju: jednostavno pajanje prašine; brisanje vlažnim i suvim krpama, koristeći razne vrste rastvarača (petrolej i sl.).

Prašina je glavni neprijatelj osvetljenja i u izvesnim slučajevima apsorbuje (bez preuveličavanja) 100% svetlosnog fluksa sijalica.

Treba paziti na opštu očuvanost sveleći tela, a naročito njihovih reflektujućih površina i delova za uvođenje priključnih provodnika.

U prostorijama ugrožnim od požara i eksplozije, kao i u pogonima sa nepovoljnim karakteristikama sredine, treba paziti ne samo na ispravnost

zaštitnih stakala, već i na pouzdanost njihove zaptivenosti.

Ovde se ne rasmatra pitanje održavanja mreže i električnih aparata, ali mora da se podvuče ona naročito uloga, koju igra u instalaciji osvetljenja nivo i stalnost napona. Ovom pitanju treba pokloniti naročitu pažnju izvodeći po potrebi preraspodelu svetlećih tela, odnosno opterećenja, povećavajući preseke provodnika itd.

Mada održavanje otvora za osvetljenje i kosmetički remont prostorija ne spadaju u dužnost energetičara, ipak oni moraju da vode računa o blagovremenom izvođenju ovih radova. Čak i u takvim skoro idealnim u pogledu čistoće prostorijama, kao što su izložbene sale Ermitaža u Lenjingradu, moglo se naći dvostruko zastakljene tavanice, koje su imale koeficijent propustljivosti svega 15% (!), a posle čišćenja od prašine — 85%.

ZAMENA SIJALICA

Sijalice za usijanim vlaknom, po pravilu se zamenjuju kada pregore. Međutim, pitanje zamene fluorescentnih sijalica nije tako jednostavno. Po isteku svog garantovanog veka trajanja one mogu još da »gore«, ali praktično više ne zrače svetlost. Takve sijalice moraju da se zamene pre nego što pregore.

Za velike instalacije osvetljenja s otvorenim svetiljakama može da se preporuči korišćenje Folkertovog dodirujućeg merača sjajnosti. Skretanja galvanometra, kojim se oprema merač, srazmerna su svetlosnom fluksu sijalice. Za svaki tip sijalica može da se odredi vrednost svetlosnog fluksa kada treba izvršiti njihovu zamenu (npr. za 30% manja od početne vrednosti fluksa).

U inostranstvu sada se propagira metoda grupne zamene sijalica u velikim instalacijama osvetljenja. Radi toga vodi se evidencija broja radnih časova sijalica, a pošto prođe predviđeno vreme zamenjuju se sve sijalice bez izuzetka dakle, uključujući i one, koje još nastavljaju da gore. Preporučuje se da se rok zamene usvoji reda 80% od nazivnog veka trajanja sijalica. Prema zakonu raspodele sijalica prema veku njihovog trajanja dobija se neznatan procenat sijalica, koje pregorevaju pre roka opšte zamene. Pri grupnoj zameni sijalica povećava se njihov prosečni svetlosni fluks u toku određenog vremena. Održavanje postaje jevtinije i može da se obavlja u pogodno vreme s obzirom na proizvodnju. Međutim, potrošnja sijalica pri korišćenju ove metode svakako se povećava.

U instalacijama osvetljenja sa fluorescentnim sijalicama treba pre svega paziti na ispravnost šema veza, sprečavati da sijalice trepere, da kolo za startovanje bude stalno zatvoreno (neprekidno svetljenje samo krajeva sijalice) i slične neispravnosti. Ako se poveća brujanje prigušnica treba proveriti da li su one dobro pričvršćene i sklopljene. Aparate, koji ne mogu da se poprave, treba zameniti.

ČIŠĆENJE I TEHNIČKO ODRŽAVANJE UREĐAJA INSTALACIJE OSVETLJENJA

Periodično čišćenje omogućava da se sačuva stepen korisnosti svetlećih tela.

Prema sovjetskim normama čišćenja treba obavljati redovno u rokovima navedenim u tabeli 2.

Tabela 2

ROKOVI ČIŠĆENJA ELEMENTA INSTALACIJA OSVETLJENJA

Objekat, koji se čisti	Instalacije unutarnjeg osvetljenja			Instalacije osvetljenja na otvorenom prostoru
	Čiste prostorije	Prostorije sa srednjim izdvajanjem prašine, dima i čađe	Prostorije s jakim izdvajanjem prašine, dima i čađe	
Svetleća tela i sijalice svih vrsta osvetljenja	2 puta mesečno	3 puta mesečno	4 puta mesečno	1 put u 4 meseca
Zadnja strana razvodnih ploča za osvetljenje, osigurača itd.	1 puta u 4 meseca	1 put u 2 meseca	1 put mesečno	1 put u 4 meseca
Prednja strana ploča za osvetljenje, kućišta prekidača, utikačkih kutija, itd.	kada se primeti prašina ili prljavština			

U naročito prašnjavim radnim prostorijama može da se ukaže potreba da se svetleća tela čiste još češće.

Treba da se očiste: sijalica, grlo, zaštitno staklo, površine koje reflektuju svetlost i spoljni delovi kućišta svetlećeg tela.

Pri čišćenju svetlećeg tela treba istovremeno proveriti ispravnost pojedinih njegovih delova: grla, zaštitnog stakla, reflektujućih površina, kontakta i priključka za uzemljenje (nulovanje) kao i izolaciju priključnih provodnika. Primećene neispravnosti treba odmah otkloniti.

Radovi na tehničkom održavanju svetlećih tela (zamena sijalica, čišćenje svetiljki itd.), koja su postavljena na velikoj visini, obavljaju se uz korišćenje specijalnih uređaja i opreme, koji omogućavaju da osoblje bezbedno radi.

U radnim prostorijama opremljenim dizalicama ključno pitanje predstavlja mogućnost održavanja svetiljki sa dizalica. Pravila zaštite na radu doz-

voljavaju takav način održavanja, ali zahtevaju da visina vešanja svetiljke iznosi najmanje 1,8 m odnosno da najmanja visina svetiljki bude u nivou donjeg pojasa krovnih vezača. Ako je rastojanje od poda krana do krovnog vezača preveliko, svetiljke. treba spustiti do dozvoljene visine. Praktična mogućnost korišćenja dizalica se određuje njihovom konstrukcijom i učešćem (zauzetošću) u tehnološkom postupku.

Sa jednogrednih kranova po pravilu ne može da se vrši održavanje svetiljki. U izuzetnim slučajevima mogu da se predvide specijalni uređaji u vidu »korpe« za montera.

Nešto bolje mogu da se koriste dvogredni kranovi, na kojima mora da se napravi ograđena platforma. Sem toga treba da postoji dovoljan slobodan prostor između platforme i krovnih vezača ili do greda tavanice.

Mosne dizalice imaju pod, ali učešće u tehnološkom postupku može sprečiti da se one koriste i za održavanje osvetljenja. Montažne i remontne dizalice nisu mnogo zauzete. U pogledu ostalih dizalica nema jednoznačnih podataka. Čak i u pogonima s istim proizvodnim programom, tj. iste namene ali u raznim preduzećima, pitanje korišćenja dizalica za održavanje osvetljenja rešava se različito usled mnogih lokalnih uzroka.

Varijante rasporeda i održavanja svetiljki u pogonima velike visine bez dizalica i sa stalno zauzetim dizalicama mogu da se podele na sledići način:

1. Vešanje svetiljki na pristupačnoj visini,
2. Korišćenje za prilaz svetiljkama postojećih ili specijalno izgrađenih mostića, platformi i sl.
3. Oršavanje s pokretnih tornjeva, lestvica i sl.
4. Vešanje svetiljki s mogućnošću njihovog spuštanja radi održavanja.

U nekim prostorijama elektroenergetskih posrojenja opremljenim mosnim kranovima (mašinska sala, kotlarnica, toranj za reviziju transformatora), koji su malo zauzeti održavanje svetiljki, postavljenih ispod tavanice obavlja se sa ovih mosnih dizalica, poštujući sve odredbe pravila zaštite na radu.

U onim objektima gde mosnih kranova nema, održavanje svetiljki se vrši koristeći sledeća sredstva:

a) ako je visina vešanja svetlećih tela manja od 5,5 m koriste se lestvice jednokrake ili dvokrake odgovarajuće konstrukcije, pod uslovom da se lestvice mogu postaviti ispod svetiljke. Svetiljkama, postavljenim iznad glomazne, kabaste opreme, transportnih traka i sl. ne može da se priđe sa dvokrakih lestvica,

b) ako je visina vešanja svetlećih tela iznad 5,5 m koriste se pokretni teleskopski ili drugi tornjevi na razvalačenje i lestvice opremljene u gornjem delu platforme ili nekom drugom napravom za nošenje ljudi; takođe se koriste uređaji za spuštanje (ručni vitlovi),

c) u instalacijama osvetljenja na otvorenom prostoru — krug elektroenergetskih postrojenja, brana i dr. kada se radi o velikom broju svetiljki i većoj visini vešanja (6—7 m i više) koriste se teleskopski podizači (tornjevi) montirani na automobilima,

d) u instalacijama osvetljenja reflektorima, kao i instalacijama osvetljenja za obeležavanje prepreka za vazdušnu plovidbu predviđaju se stacionarne lestvice sa zaštitnom ogradom.

Sem toga postoji niz naprava za održavanje svetiljki s poda npr. u obliku šipke sa zahvatom sijalice i sa obratnim četkama. Slične naprave mogu da se izrade na licu mesta.

PROVERA I PREGLEDI INSTALACIJA ZA OSVETLJENJE

Periodične kontrole i preventivni remont opreme i aparata instalacije za osvetljenje ostranjuju potrebne uslove za pouzdan pogon instalacije osvetljenja, kao i za zaštitu osoblja na radu. Kontrola i pregled stanja instalacije osvetljenja obavljaju se u rokovima navedenim u tabeli 3.

Pri pregledima instalcija osvetlenja treba utvrditi stanje i ispravnost pomoćnih razvodnih ploča za osvetljenje i njihovih kućišta, svetlećih tela i njihovih zaštitnih stakala, grla, polužnih i automatskih prekidača, prebacivača, utikačkih kutija, automata, osigurača, razvodnih kutija, prenosnih i stacioniranih zaštitnih transformatora, prenosnih ručnih svetiljki i fenjera, raznih kontakata, izolacije provodnika, uređaja za uzemljenje. Treba obratiti pažnju:

a) da se pomoćne razvodne ploče za osvetljenje, koje se postavljaju na pristupačnoj visini, smeste u kućištima sa vratnicama, koja se zatvaraju,

b) da polužni prekidači imaju zaštitne poklopce, čija konstrukcija obezbeđuje bezbedno rukovanje,

c) da svetiljke imaju ispravna zaštitna stakla i reflektore i da su pouzdano uzemljene (nulovane), a da svetiljke za rezervno osvetljenje obeležene znacima za raspoznavanje,

d) da su prekidači, prebacivači, utikačke kutije, osigurači, razvodne kutije opremljeni neoštećenim poklopcima,

e) da su grla pouzdano učvršćena u svetlećim telima, da se ne okreću kada se zamenjuju sijalice, a da su elektroprovodljivi delovi grla pouzdano uzemljeni,

f) da su kontaktni spojevi u aparatima na glavnoj i pomoćnim pločama za osvetljenje, razvodnim kutijama čvrsto pritegnuti i da se ne zagrevaju prekomerno. Nagorele kontakte treba očistiti ili zameniti novim,

g) da konstrukcija prenosnih svetiljki odgovara svim zahtevima u pogledu bezopasnosti (tabela 1), da prenosni i stacionarni zaštitni transformatori imaju neoštećena kućišta i da nemaju spo-

Tabela 3

ROKOVI PLANSKIH PREVENTIVNIH PREGLEDA I REMONATA		
Objekti za pregled i remont	Prostorije sa suvom (normalnom) sredinom i instalacije osvetljenja na otvorenom prostoru	Prostorije sa vlažnom ili mokrom sredinom, nagrizajućim gasovima i parama, ugrožene od požara ili eksplozije
Razvodne ploče za osvetljenje, prekidači, utikačke kutije, svetleća tela i drugi elementi instalacije osvetljenja, koji pripadaju radnom osvetljenju	1put u 4 meseca	1 put u 2 meseca
Isto to, ali koji pripadaju rezervnom osvetljenju	1 put u 2 meseca	1 put mesečno
Provera uređaja za automatsko prebacivanje rezervnog osvetljenja	1 put u toku 24 časa	

jeve sa kućištem transformatora i prelaza napona pojne mreže u kolo 12—36 V, a da su kućišta transformatora i namotaji malog napona pouzdano uzemljeni; da prenosni pirključni provodnici ručnih svetiljki i zaštitnih transformatora budu mehanički zaštićeni od oštećenja (teški gumeni gajtan tipa GG/T),

h) da izolacija provodnika nije oštećena, da priključni provodnici za svetiljke i aparate (prekidači, utikačke kutije itd.) nisu zategnuti, da su učvršćeni i da se ne klate, a da su na mestima uvoda zaštićeni od trenja.

Vrednosti osvetljenosti se mere u svim pogonima i na glavnim radnim mestima. One ne smeju, da budu manje od vrednosti navedenih u normama osvetljenosti.

Sve neispravnosti primećene pri proverama i pregledima instalacija osvetljenja treba odmah otklanjati.

ODRŽAVANJE REFLEKTORA I SVETILJKI ZAŠTIĆENIH OD IZAZIVANJA EKSPLOZIJE

Čišćenje i zamenu sijalica u reflektorima treba obavljati veoma oprezno da se ne bi promenio položaj samog reflektora, niti njegovog uređaja za fokusiranje.

Pri zameni sijalice u reflektoru treba paziti da se nova sijalica prema svojim dimenzijama, a naročito u pogledu položaja svetlosnog centra ne razlikuje od pregorele sijalice, jer će se u protivnoms lučaju poremetiti fokusiranje reflektora.

Reflektujuće staklo (odsijavač) povremeno se obriše mekom krpom, a isto tako i zaštitno staklo reflektora ili se ona operu sapunicom. Posle pranja ih treba dobro obrisati čistim mekim krpama, da budu potpuno suvi. Reflektori se svake godine bojadišu masnom ili emajl bojom.

U prostorijama ugroženim od eksplozije preduzimaju se posebne mere opreznosti pri eksploataciji instalacije osvetljenja.

Uređaji za osvetlenje u takvim prostorijama moraju da budu pod stalnim nadzorom.

Osvetlenje ne sme da se uključuje, ako svetiljke nemaju zaštitna stakla, zaptivne uloške ili su neispravne na neki drugi način. Zamena sijalica sme da se vrši samo u beznaponskom stanju, s tim da pre zamene sijalice svetiljka nije bila uključena duže vreme, tj. kada se ohladi i sama sijalica i svi delovi svetiljke.

Za vreme eksploatacije svetiljke nije dozvoljeno:

a) da se odvrću vijci, premazani crvenom bojom,

b) da se pri rasklapanju i sklapanju svetiljki oštete naležuće površine pojedinih elemenata kućišta,

c) da se hladnom vodom polivaju zaštitna stakla, kada su svetiljke upaljene.

Remont svetiljki sme da obavlja obučeno osoblje, koje je dobilo specijalna uputstva.

Svetiljke smeju da se koriste samo u onim prostorijama ugroženim od eksplozije, za koje su one namenjene (prema grupama paljenja i eksplozivnim razredima smeša eksplozivnih gasova i para).

POGON I ODRŽAVANJE FLUORESCENTNIH I KSENONSKIH SIJALICA

Fluorescentne sijalice

Komplikovana šema veza i posebni uslovi rada fluorescentnih sijalica stvaraju izvesne teškoće u toku eksploatacije.

Pri niskim temperaturama okoline ili nižim vrednostima napona fluorescentne sijalice mogu da se ne upale. Fluorescentne sijalice mogu da otkažu i usled nekih neispravnosti pojedinih elemenata šema veza.

Fluorescentnu sijalicu treba isključiti, ako se primeti neka neispravnost u njenoj instalaciji, jer u protivnom slučaju neispravni elemenat u šemi veza može da izazove kvar drugih elemenata instalacije.

Neispravnost startera može da izazove kvar fluorescentne sijalice i predspojne sprave, dok neispravna sijalica može da ošteti starter i predspojnu spravu.

U tabeli 4. navode se karakteristični slučajevi neispravnosti fluorescentnih sijalica i načini njihovog otklanjanja.

Neispravne fluorescentne sijalice treba čuvati u posebnim prostorijama (skladištima) u kutijama za pakovanje, s tim da se one kasnije uklone sa teritorije objekta. Pre nego što se flourescentne sijalice otpreme iz njih mora da se izvuče i da se uništi živa, koju one sadrže. Radi deaktivizacije žive koristi se rastvor koji sadrži 0,1% kalijum-

Tablica 4

MOGUĆE NEISPRAVNOSTI FLUORESCENTNIH SIJALICA I NAČINI NJIHOVOG OTKLANJANJA

Red. br.		Mogući uzrok	Način otklanjanja
1.	2	3	3
	Sijalica se ne pali	Prekid strujnog kola (loš kontakt prekid u kolu grla ili predspojne sprave.	Proveriti ispitnom sijalicom. Otkloniti prekid (osigurači, kontakti, naleganje sijalice u grlima).
		Mrežni napon je prenizak	Izmjeriti napon volmetrom. Ugraditi stabilizator napona, ako je napon trajno prenizak.
		Pregorelo je grejanje sijaličnih elektroda	Zameniti sijalicu
		U bestartnih spojeva: Pomoćni uređaj za palenje nedostaje ili nije uzemljen,	Ugraditi pomoćni uređaj za palenje i uzemljiti ga.
2.	Sijalične elektrode stalno svetle usled usijanja. Sijalica neće da zatreperi i da se upali	Pogrešne veze (starter je premošten),	Proveriti veze uklanjajući starter i kondenzator za zaštitu od radio smetnji. Usijanje mora da nestane.
		Neispravan starter.	Zameniti starter. Usijanje mora da prestane.
		Neispravan kondenzator za zaštitu od radio smetnji.	Zameniti kondenzator za zaštitu od radio smetnji. Usijanje mora da nestane.
3.	Svetlost sijalice treperi, sijalica je nova i proverena u drugoj svetiljci.	Predspojna sprava je nepravilno dimenzionirana	Proverite ispravnost nadpisa. Po potrebi zameniti predspojnu spravu.
		Pogrešne veze	Proveriti priključak provodnika od startera na grlo sa ugrađenim starterom. (vidite sl. 1). U duo predspojnih sprava obratiti pažnju na ispravnost polariteta namotaja prigušnice.
		Temperatura sijalice preniska	Ostaviti sijalicu izvesno vreme u zagrejanoj prostoriji, a zatim brzo namestiti u svetiljku. Koristiti sijalice za niske temperature.
		Mreža napona je preniska	Izmeriti napon voltmetrom. Ugraditi stabilizator napona, ako je napon trajno prenizak.
		Starter je u kvaru ili ne odgovara sijalici	Proveriti ispravnost natpisa. Po potrebi zameniti starter.
4.	Sijalica treperi, sijalica je korištena i do sada je ispravno gorela u istoj svetiljci.	Sijalica je dotrajala	Zameniti sijalicu.
		Starter je u kvaru	Zameniti starter.
		Temperatura ili napon prenizak.	Videti odgovarajuće preporuke pod rednim brojem 3.
5.	Sijalica je pocrnela.	Sijalica je dotrajala.	Zameniti sijalicu.
		Sijalica suviše često isključivana	Sijalicu treba radije isključiti. Po potrebi premestiti prekidač i dograditi dodatno osvetljenje sijalicama sa usijanim vlaknom za kratkotrajnu upotrebu.
		Starter je u kvaru ili ne odgovara sijalici.	Proveriti starter i po potrebi zameniti.
		Nedovoljno predgrejanje elektroda (start na hladno) — greška u vezama.	
		Nepravilno dimenzionirana predspojna sprava.	Naročito pri duo predspojnim spravama obratiti pažnju na pravilan polaritet namotaja za paljenje. Proveriti natpise, a po potrebi i električne karakteristike predspojne sprave.
		Predspojna sprava je u kvaru. Npr. u kapacitivnom delu duo predspojne sprave kondenzatora je u kratkom spoju. Zbog toga elektrode se ne zagrevaju dovoljno pre palenja, a pogonska struja je prevelika.	Proveriti predspojnu spravu. Po potrebi zameniti.
		Kondenzovanje žive.	Nestaje samo po sebi posle kraćeg vremena gorenja ili ako se sijalica okrene za 180° oko duže osi.
		Pocrnela mesta se poklapaju sa podeocima rastera svetiljke usled nejednakog hlađenja.	Povećati rastojanje između sijalice i rastera. U metalnih rastera pocrnela mesta obično se javljaju u blizini metalnih prečki, a u rastera od veštačke mase — na mestima otvora (povećano odvođenje toplote).
6.	Sijalica treperi, staza pražnjenja se obrće, javljaju se tragovi različite sjajnosti spiralnog, kružnog i zmijastog oblika.	Sijalica još nije dovoljno dugo gorela	Treperenje mora da prestane posle 20 časova gorenja sijalice.
		Sijalica je u kvaru	Zameniti sijalicu.
		Jake i brze promene napona. Nedovoljan, labilan kontakt.	Izmeriti napon i proveriti električnu instalaciju.
7.	Sijalica se pali sa znatnim zakašnjenjem (30 s i više).	Mrežni napon je prenizak.	Izmeriti napon voltmetrom. Ugraditi stabilizator napona, ako je napon trajno prenizak
		Starter je u kvaru ili ne odgovara sijalici.	Proveriti starter i po potrebi zameniti.
		U svetiljci sa sijalicama u duo spoju jedna sijalica pali se uvek kasnije.	Prekompenzovana sijalica u duo spoju se pali od 5 do 40 s kasnije. Ako takvo paljenje smeta treba upotrebiti termostarter.
8.	Sijalica upadljivo slabo svetli.	Mrežni napon je prenizak.	Izmeriti napon voltmetrom. Ugraditi stabilizator napona, ako je napon trajno prenizak.
		Nepravilno dimenzionirana prespojna sprava.	Proveriti natpise, a po potrebi i električne karakteristike predspojne sprave.
		Moguć je utjecaj temperature, ako su pojedina mjesta tamnija ili ako krajevi sijalice jače svetle.	Zaštititi sijalicu od strujanja hladnog vazduha.
9.	Sijalice iste instalacije za osvetljenje različito svetle.	Nejednaka starost sijalica.	U jednoj svetiljci upotrebiti sijalice jednake starosti.
		Sijalice raznih boja svetlosti ili od različitih proizvođača.	U jednoj svetiljci upotrebiti sijalice iste boje svetlosti i od istog proizvođača.
		Predspojna sprava ne odgovara nekim sijalicama.	Međusobno zameniti sijalice da bi se ustanovilo da li je greška do sijalice ili do predspojnih sprava.
		Sijalice su izložene različitim temperaturama. Svetlosni fluks opada, ako su temperature preniske ili previsoke.	Zaštititi svetiljke od strujanja hladnog vazduha, odnosno pojačati hlađenje svetiljki.

manganata (svetloroza boje) s dodatkom 5 ml koncentrisane sone-kiseline na jedan litar rastvora. Deaktivizaciju žive obavlja specijalno obučeno osoblje u posebnoj prostoriji (živinoj sobi).

KSENONSKE SIJALICE

Normalni radni položaj ksenonske sijalice je horizontalni ili pod nagibom od najviše 30° prema horizontalnoj ravni. Pri radovima sa svetiljkom i pripadajućim predspojnim spravama nužno je strogo poštovati pravila zaštite na radu, jer za napajanje ksenonskih sijalica koristi se napon 380 V, a za paljenje sijalice služi napon 30—50 kV. Paljenje ksenonske sijalice treba obavljati samo u hladnom stanju da bi se sprečio proboj kvarca cevi ksenonske sijalice usled impulsa visokog napona. Pri radovima s upaljenom ksenonskom sijalicom treba preduzeti mere da bi se oči i koža radnika zaštitili od dejstva ultrabljubičastog zračenja.

U tabeli 5 prikazane su neispravnosti u šemi veza ksenonske sijalice, njihovi uzroci i načini otklanjanja.

Tabela 5

MOGUĆE NEISPRAVNOSTI U KOLU UREĐAJA ZA STAVLJANJE U POGON KSENONSKE SIJALICE, NJIHOVI UZROCI I NAČINI OTKLANJANJA

Neispravnost	Uzrok	Način otklanjanja
1	2	3
U sijalici se stvara staza varničenja, ali sijalica se ne pali	Napon napajanja je ispod dozvoljene granice. Poremećena je veličina vazdušnog zazora iskrišta. Sijalica je dotrajala.	Mrežni napona mora biti u granicama 380 ∓ 20 V Podesiti iskrište. Zameniti sijalicu.
U sijalici se ne stvara staza varničenja, a u mreži nastaje kratki spoj.	Provodnici za napajanje sijalice su u kratkom spoju. Proboj mrežnih kondenzatora.	Otkloniti kratak spoj Zameniti kondenzatore
U sijalici se ne stvara staza varničenja, ali postoji generacija visoke učestanosti.	Impulsni transformator je probio. Oštećena je izolacija visokonaponskih provodnika. Sijacija je dotrajala.	Zameniiti transformator Otkloniti oštećenje izolacije. Zameniti sijalicu.
Nema generacije visokog napona.	Pregoreo je osigurač. Probio je kondenzator u kolu transformatora Iskrište je rasdešeno.	Zameniti osigurač. Zameniti kondenzator. Podesiti iskrište.

UMESTO ZAKLJUČKA — KRATKA UPUTSTVA ZA POGON I ODRŽAVANJE POJEDINIH DELOVA INSTALACIJA OSVETLJENJA

1. U preduzećima najmanje 1 put u 4 meseca obavljaju se kontrolna merenja osvetljenosti: za opšte osvetlenje u svim prostorijama, a za kombinovano osvetljenje (opšte + lokalno) vrše se pojedinačna merenja.

2. Proverava se da postoje i da su u ispravnom stanju zaštite od zaslepljivanja.

3. Zidovi i tavanica proizvodnih i skladišnih prostorija periodično se boje u svetle tonove.

4. Pored osigurača, polužnih i automatskih prekidača i drugih aparata, montiranih na razvodnim pločama za osvetlenje, moraju da postoje natpisi sa podacima o nameni aparata i nazivnoj struji topljivog uloška.

5. Kontaktni spojevi na razvodnim pločama za osvetlenje i aparatima moraju da budu pouzdano učvršćeni i dobro pritegnuti.

6. Aparati, koji se postavljaju na razvodnim pločama za osvetljenje ne smiju das e prekomerno zagrevaju.

7. Namotaji nižeg (malog) napona zaštitnih transformatora moraju da se uzemlje.

8. Otvoreni nezaštićeni delovi pod naponom zaštitnih transformatora moraju da budu zaštićeni od slučajnog dodira.

9. Nazivna struja topljivih uložaka osigurača mora da odgovara opterećenju i preseku provodnika, koji se štite.

Nije dozvoljeno da se stavlja tanka nedimenzionisana žica u svojstvu topljivih uložaka osigurača.

10. Nije dozvoljeno da se umesto topljivih uložaka sa lozom postavljaju otvoreni ulošci (premoštenja) od žice.

11. Prekidači, prebacivači i utikačke kutije ne smeju da se opterećuju strujama većim od trajno dozvoljenih struja opterećenja za dotični aparat.

12. Poklopci prekidača, prebacivača i utikačkih kutija ne smeju da budu razbijeni ili da se skidaju.

13. Provodnici, koji izlaze iz prekidača, prebacivača i utikačkih kutija, moraju imati izolaciju počev od mesta priključka provodnika na kontakte.

14. Utikačke kutije za mali napon 12—36 V moraju da se razlikuju od utikačkih kutija za 220, odnosno 110 V, koje se postavljaju u istoj prostoriji. Utikački 12—36 V ne smiju da ulaze u utikačke kutije za 220, odnosno 110 V.

15. Snage sijalica u svetlećim telima ne smeju da budu veće od maksimalno dozvoljenih za dotični tip aparata.

16. Zaštitna stakla svetlećih tela moraju da budu pouzdano učvršćena. Učvršćenja ne smeju da popuštaju usled potresa, njihanja ili zagrevanja aparata. Zaštitna stakla većih dimenzija (prečnika preko 350 mm) moraju naknadno da se učvrste zaštitnom mrežom.

17. Kuke, konzole i druge naprave za pričvršćenje svetiljki ili reflektora moraju pouzdano da se učvršćuju za noseće konstrukcije (tavanice, zidove i sl.).

18. Provodnici, koji se uvlače u svetleća tela, ne smeju da se izlažu zatezanju usled njihanja svetlećih tela. Nije dozvoljeno da svetleće telo visi na priključnim (napojnim) provodnicima.

19. Zglobovi nosača svetiljki za lokalno osvetljenje moraju da budu pritegnuti toliko čvrs-

to, da oni ne menjaju svoj položaj pod dejstvom težine svetiljke ili usled potresa mašine ili opreme, na kojima se postavljaju svetiljke.

20. Ručne prenosne svetiljke, kao i prenosni zaštitni transformatori, moraju da se opremaju gibljivim gajtanom ili provodnikom, zaštićenim od mehaničkih od mehaničkih oštećenja (GG/T).

21. Grlo svetiljke ili reflektora ne sme da se okreće, kada se sijalica zavrće ili odvrće.

22. Održavanje mreže osvetljenja na ovtorenom prostoru obuhvata još i održavanje provodnika, zatega, ankera, ormara i kućišta za smeštaj opreme i sl.

Održavanje stubova obuhvata takođe bojenje zaštitnim premazom svih elemenata, koji služe za nošenje svetiljke, a podložni su koroziji tako, da ih treba posebno štiti u eksploatacije (stubovi, kandilabri, konzole, ormani, kučišćta i sl.).

LITERATURA

1. C. H. Šturm: Električke predspojne i spojne sheme za fluorescentne sijalice. »Elektrokovina«. Maribor. 1954.
2. A. A. Fedorov (glavni urednik) i dr.: Spravočnik energetika promyšlennyh predprijatij (Drugi tom). Gosenergoizdat. Moskva-Leningrad. 1963.
3. N. V. Volockoj, G. M. Konorring, M. S. Rjabov, A. S. Šajkevič: Električeskoje osvešćenie proizvodstvennyh i groždanskih zadnij. Moskva. 1964.
4. G. Ju. Gordon i A. A. Toktejev: Elektrotravmatizm na električeskih stancijah i podstancijah. »Električeskije stancii« br. 9/1970.
5. M. S. Dadionov: Prožektornoje osvešćenije. »Energija«. Leningrad. 1971.
6. A. Ja. Koc.: Osvešćenie električeskih stancij i podstancij. »Energija«. Moskva, 1973.
7. Jugoslovenski komitet za osvetljenje. Preporuke za osvetljenje. »Glas«. Beograd 1974.

Naslov pisca: Kiril A. Tropin, dipl. ing.
Združeno elektroprivredno poduzeće Srbije, Beograd

ISPRAVAK

U broju 7—8, u članku inž. Franje Černohausa Problematika ekonomske raspodjele opterećenja transformatora u Termoelektrani-Toplani Zagreb i mogućnosti primjene u transformatorskim stanicama, pogrešno je otisnuto u:

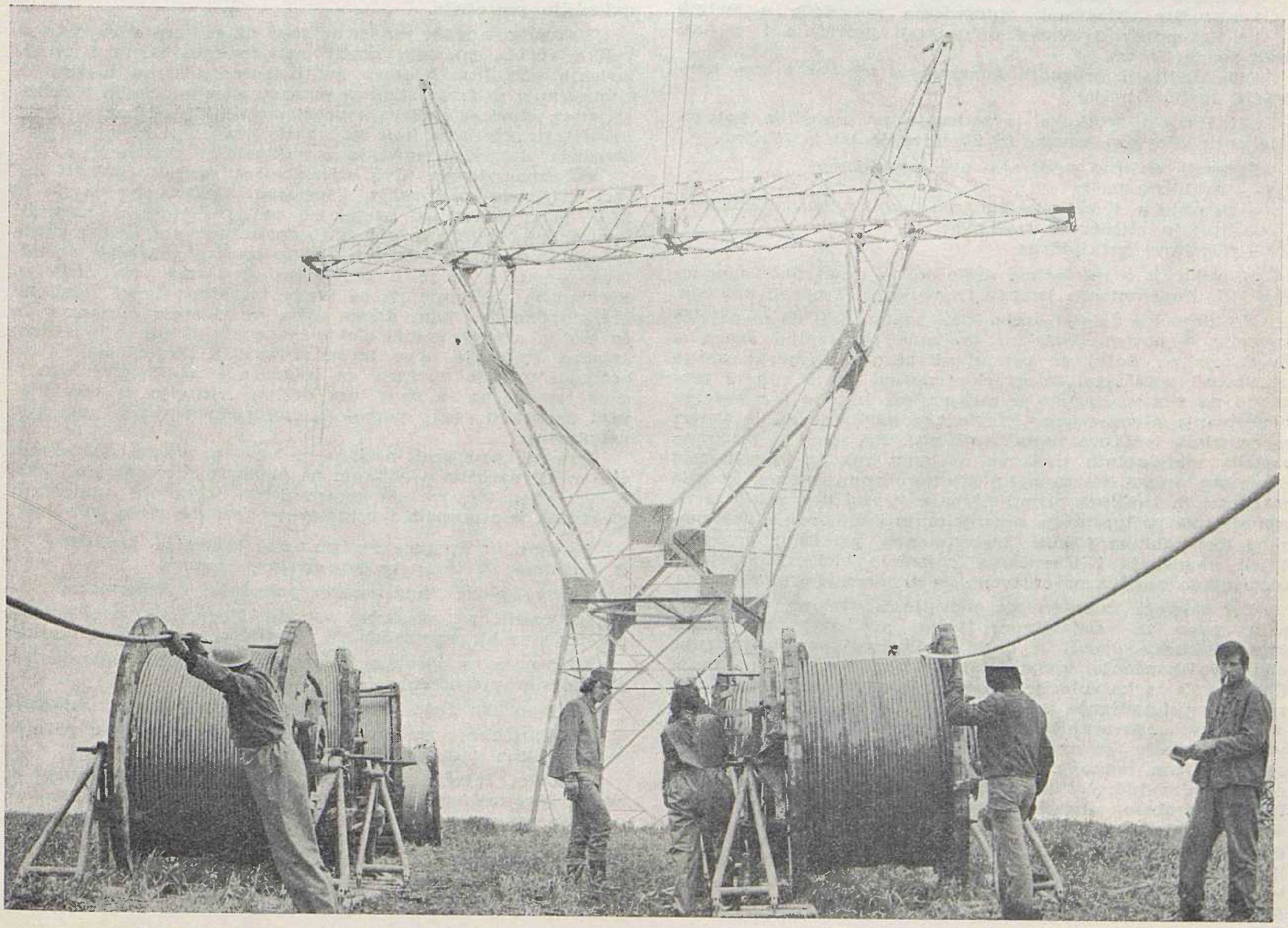
— uvodnom dijelu članka u 9 redu 74%, a mora biti 47%

— nazivniku formula 5 i 6 mora biti U^2,

— formuli 9 ispod korijena u nazivniku treba biti $\sqrt{\ }$ kn,

— formuli 11 umjesto $E = \sqrt{\ldots}$, a mora biti $S = \sqrt{\ldots}$

Nakon završetka radova na prvoj dionici DV 380 kV Sid — Ernestinovo, oko 51 km, nastavljeni su radovi na izgradnji druge dionice DV 380 kV Ernestinovo — Kamensko, duge oko 98 km. Montažu izvode stručne ekipe poduzeća »Dalekovod« iz Zagreba.



SAVJETOVANJE UNIPEDE O TARIFAMA ELEKTRIČNE ENERGIJE MADRID 21. DO 24. IV 1975.

U organizaciji Studijskog komiteta UNIPEDE-a (Međunarodna unija proizvođača i distributera električne energije) za tarifiranje električne energije u Madridu je od 21. do 24. IV 1975. održano savjetovanje pod nazivom »Kolokvij o tarifiranju električne energije — Madrid 1975«.

Savjetovanje je održano u Kongresnoj dvorani »La Union y el Fenix Español«. Svi referati i materijali tiskani su na francuskom i engleskom jeziku. Osim na ta dva jezika, sva izlaganja referenata i diskutanata simultano su prevođena još i na njemački i španjolski jezik.

Savjetovanju je prisustvovalo 265 sudionika iz ovih zemalja: Alžira, Austrije, Belgije, Danske, Francuske, Grčke, Irske, Italije, Japana, Jugoslavije, SR Njemačke, Norveške, Nizozemske, Poljske, Portugala, SAD, svedske, Švicarske, Španjolske, Urugvaja i Velike Britanije. Bio je prisutan i predstavnik Obale Slonove kosti koji je ujedno zastupao UPDEA (Unija proizvođača i distributera energije Afrike). Ta organizacija sada okuplja 12 frankofonskih zemalja, a ima ambiciju da u skoroj budućnosti okupi sve afričke elektroprivredne organizacije.

Nakon svečanog otvaranja i pozdravnog govora predsjednika UNIPEDE-a prezentirana je prva grupa referata koja obrađuje temu: *Teorija tarifiranja i kalkulacija troškova.*

Tema je detaljno razrađena u ovim referatima:

1.1. Amortizacija i tarifiranje (Francuska)

1.2. Kalkulacija troškova kao osnovica za tarifne stavove (Švedska)

1.3. Troškovi priključka, udio potrošača i utjecaj na tarife (Španjolska)

1.4. Teoretske baze zao obračunavanje troškova priključka (Švedska)

1.5. Metoda kalkulacije utjela potrošača na niskom naponu u troškovima njihova priključka, primijenjena kod grčke elektroprivrede

1.6. Prihodi od priključaka u teoriji i u praksi (Finska)

1.7. Šestosatna snaga u Švedskoj

1.8. Studija dijagrama opterećenja potrošača u Belgiji

1.9. Raspodjela troškova u funkciji potrošnje i u funkciji snage (Irska)

1.10. Analiza i prognoza konzuma u odnosu prema koncepciji tarifa (Italija)

1.11. Podjela troškova investiranja na pojedine kategorije potrošača kao osnova za utvrđivanje tarifa (Grčka).

Referati opširno tretiraju ove probleme:
— Strukturu tarifa
— Strukturu i kalkulaciju troškova i nivoa cijene
— Studiju elemenata troškova
— Troškove priključaka.

U diskusiji o referatima došlo je do usporedbe, a ponekad i do konfrontacije između francuskih i švedskih metoda.

Ne ulazeći u detalje, treba ipak napomenuti da se najviše govorilo o novim švedskim tarifama (šestosatna snaga u Švedskoj) po kojoj se pri utvrđivanju obračunske snage dosadašnji uobičajeni integracioni period od 15 minuta proširuje na 6 sati. Razlike u mišljenjima bilo je i o sistemu određivanja nivoa cijena. Prevladava mišljenje da je sistem marginalnih troškova najprihvatljiviji. Pri tome je inicirana metoda marginalnih troškova na dugi rok (a long terme) u odnosu prema dosadašnjem kratkoročnom sistemu. Teorija marginalnih troškova primijenjena u praksi kod nekih tarifnih sistema pretpostavlja organiziranje i djelovanje ekonomskog dispatchinga (»Unit Commitment«), pri čemu se redoslijed ukapčanja i iskapčanja pojedinih elektroenergetskih postrojenja zasniva prvenstveno na ekonomskim elementima.

Pri takvom radu trošak energije u svakom pojedinom satu ravan je varijabilnom trošku posljednje angažirane termoelektrane uzevši u obzir i dio troškova pokretanja, odnosno iskapčanje, kao i troškove ispada u sistemu (defaillance). Za te kalkulacije potrebna je savršena organizacija, sređeno prikupljanje podataka i njihova mehanografska obrada, uz odgovarajući stručni aparat i mnogo raspoloživog vremena. Jasno je da se za takav način kalkuliranja prosječna cijena radne energije mijenja svake godine i ovisi o ostvrenim hidrološkim prilikama zbog kojih je trebalo, ili nije trebalo, angažirati skuplje termoelektrane. Treba odmah naglasiti da se ova teorija u praksi korigira prema postojećim uvjetima. Ovo je, međutim, osnovna teorija za utvrđivanje tarifa za energiju (tarifa za snagu je vezana uz stalne troškove i manje je podložna promjenama) na principu marginalnih troškova na kratki rok.

Novi dugoročni sistem previđa kalkulaciju troškova i onih elektrana koje bi se gradile u slijedećem petogodišnjem, odnosno desetogodišnjem razdoblju. Tako utvrđeni nivo cijena i odgovarajuće tarife prilagođeni su već danas potrebama budućeg konzuma pa su u tarifi sadržana i adekvatna sredstva za razvoj. Dobiva se dojam, naročito s obzirom na sistem marginalnih troškova kao osnovice za utvrđivanje potrebnog nivoa cijene za tarifne kalkulacije, da pojedini diskutanti upotrebljavaju iste pojmove, ali ih različito shvaćaju. Može se stoga zaključiti da svaka zemlja, tumačeći iste principe, dolazi do različitih specifičnih rješenja. Došla su do izražaja i dva suprotna shvaćanja: 1. da se potrošač mora prilagođavati potrebama elektroprivede i prema tome dobar je potrošač svaki onaj koji popravlja krivulju opterećenja; da potrošač plaća prilično skupo električnu energiju i da je prema tome ima pravo upotrebljavati kako njemu najbolje odgovara.

Druga grupa referata obuhvaća temu: *Uvjeti tržišta, financijski imperativi, inflacija:*

2.1. Iskustva »South Western Electricity Board« o utjecaju tarifa sate malog opterećenja ili sličnih tarifa na razvoj opterećenja akumulacionog grijanja (Velika Britanija)

2.2. Optimalne forme tarifiranja električne energije (Francuska)

2.3. Neka razmišljanja o tarifama zamišljenim radi ograničenja porasta konzuma električne energije (Nizozemska)

2.4. Tarifiranje električne energije. Prikazivanje nekih zahtjeva javnog mnijenja (Norveška)

2.5. Prilagođavanje tarifa financijskim imeperativima i evoluciji troškova (Grupa eksperata UNIPEDE-a)

2.6. Odnos između marginalnog troška na dugi rok i računovodstvene prakse, naročito u razdobljima inflacije (Velika Britanija)

2.7. Financijska kontrola i tarifiranje prema marginalnim troškovima (Švedska)

2.8. Nove tarife za električnu energiju u Japanu (Japan)

Diskusija o referatima vodila se o ovim osnovnim pitanjima:
— problemi tarifa i inflacije
—problemi tarifa i nivoa cijena
— degresivne i progresivne tarife kao sredstvo za racionalizaciju potrošnje.

Diskusija se može remizirati tako da se konstatira kako se velika većina izjasnila protiv progresivnih tarifa i protiv kočenja potrošnje. Gotovo svi diskutanti su se založili za stimuliranje grijanja stanova pomoću akumulacionih elektrogrijalica, čime se rješavaju problemi velikih noćnih viškova, naročito u zemljama koje su razvile i sve više razvijaju proizvodnju električne energije u nuklearnim elektranama.

Svi smatraju da nivo cijene mora svakako pokriti barem troškove poslovanja (Engleska elektroprivreda je u 1974. imala deficit od preko 160 milijuna funti) i osigurati neki primjereni dio za izgradnju novih objekata. Cijena snage u tarifi mora ipak ovisiti o načinu na koji potrošač iskorištava snagu, a to je u pojedinim zemljama vrlo različito. Prevladava mišljenje da se tarife moraju uzimati relativno kratkoročno jer nam danas ništa ne pomaže činjenica da će možda u 2 000. godini električna energija biti vrlo jeftina. Japanci su svoje nove tarife obrazložili činjenicom da su potrošili previše energije za osiguranje rapidnog industrijskog razvoja pa su zbog toga došli u situaciju da sada moraju ograničiti svaku potrošnju električne energije koja nije neophodna.

Posebni problemi nastaju u vezi s radom nuklearnih elektrana, naročito s obzirom na ekologiju i zagađenje. Zbog toga i zbog stavova javnog mnijenja izgradnja nuklearnih elektrana je usporena i naglo rastu troškovi nove izgradnje.

Treće grupe referata razmatra probleme: *O tarifama za isporuke na visokom naponu:*

3.1. Tarife za industrijske potrošače (Nizozemska)

3.2. Tarife na visokom naponu Norveškog nacionalnog poduzeća za hidropotencijale i električnu energiju (Norveška)

3.3. Tarife na visokom naponu u Francuskoj (ugovori s fleksibilnim potrošačima)

3.4. Isporuka fleksibinim potrošačima u Velikoj Britaniji

3.5. Tarifiranje za upotrebu električne energije u važnim industrijskim granama (Belgija).

U ovim referatima, kao i u referatima (raportima) o nacionalim tarifama, tretirana je vrlo složena problematika ugovora sa specijalnim potrošačima. Osnovne postavke u pojedinim zemljama vrlo su različite pa bi bilo potrebno iz tih referata skupiti najvažnije dijelove i prezentirati ih za našu elektroprivrednu javnost u posebnom materijalu (integralni stručni prijevod).

Od svih prezentiranih referata koji tretiraju specijalne potrošače samo norveški izričito navodi postignute prosječne cijene, a kod nekih drugih (Španjolska, Velika Britanija, Grčka) te se cijene mogu izvesti.

U diskusiji koja je usljedila postavljeno je nekoliko pitanja. Predstavnik ZJE Tocigl Benito obratio se autorima elaborata koji tretiraju domenu tarifa za isporuke električnee energije na visokom naponu, a naročito autorima referata 3.1. i 3.5.

On je rekao:

»U našoj zemlji suočeni smo sa prilično brzim razvojem proizvodnje aluminija, kao i prozivodnje ostalih velikih potrošača električne energije (ferokrom, ferosilicij itd.).

Problemi koji nam se postavljaju u odnosu prema tom trendu rasta nisu samo energetske prirode, već su pretežno vezani za tarife električne energije i uz godišnje prosječne cijene koje proizlaze iz primjene tih tarifa. Potrebno je ove prosječne cijene utvrditi na nivou koji omogućava spomenutim industrijama da konkurentno nastupaju na svjetskom tržištu.

Mi smo vrlo zaintveresirani za podatke o tarifama u drugim zemljama za isporuke električne energije tim industrijama a naročito nas zanima postignuta godišnja prosječna cijena.

U referatima koji su prezentirani na ovom skupu i koji zadiru u probleme tarifiranja na visokom naponu nedostaju precizni i detaljni podaci o tim pitanjima.

Samo norveški referat sadrži određene detaljne podatke o troškovima i cijenama.

Želim vam postaviti ovo pitanje:

Da li je moguće danas ovdje ili kasnije putem Studijskog komiteta UNIPEDE za tarife električne energije, čiji sam i ja član, dobiti informacije o postignutim prosječnim cijenama u 1974. godini za isporuke električne energije spomenutim industrijama, velikim potrošačima električne energije.«

Na to pitanje odgovorilo je nekoliko referenata.

Dubois (Belgija), autor referata 3.5:

»Slažem se s kolegom Tociglom da tarife moraju biti kompetitivne. Potrošači o kojima je on govorio imaju kod nas djelomično pokrivenu potrošnju vlastitom proizvodnjom. Međutim, pitanje koje je pokrenuo naš jugoslavenski kolega vrlo je delikatno, ali to je ipak istinski problem.

Uvijek čujemo od naših potrošača da udrugim zemljama isti ili slični potrošači dobivaju mnogo bolje uvjete, ali je komparacija nemoguća. To je realni problem koji se i nama postavlja i koji moramo pokušati riješiti zajednički u jednom užem krugu, a ne ovdje na ovako velikom skupu.

Problem je realno postavljen, on je i nama vrlo važan, pogotovo u pogledu konkuretnosti, ali je vrlo delikatan.

Predstavnik VDEN (Nizozemska) u ime autora referata 3.1:

»Žalim što ne raspolažem podacima koje traži naš jugoslavenski kolega. Moram, međutim, konstatirati da mi te podatke možemo dati, ali se oni u principu ne obavljuju.«

J. Tveit (Norveška), autor referata 3.2:

»Mi nemamo krize električne energije. Imamo velike prihode uz niske tarife jer imamo male troškove. Smatramo da i dalje moramo održavati niske cijene električne energije kako bi naša industrija mogla konkurirati drugima. Imamo strukturu tarifa koja je jasna i razumljiva.

Našem jugoslovenskom kolegi moram odgovoriti da smo, kao što je i sam naglasio, okvirne podatke o cijenama za aluminij prikazali u našem referatu. Na raspologanju smo mu za detalje u direktnim kontaktima ili u toku slijedećeg rada Studijskog komiteta.

Staurenghi (Italija):

»S velikim brojem potrošača elektrometalurgije, elektrokemije i rudnika imamo zaključene ugovore o popustima na osnovi spremnosti potrošača da obustavi rad svojih peći i pogona do 60 dana godišnje.

Radi se o potrošačima koji imaju ukupnu angažiranu snagu od 2 400 MW. Ti se ugovori nisu primjenjivali prošlih godina jer nije bilo potrebe. U prošloj jeseni i zimi zbog kritične energetske situacije i loših hidroloških prilika morali smo primijeniti odredbe ugovora.

Došlo je do oštre reakcije. Spomenuta su socijalna pitanja, broj radnika koji se nalaze u integracionoj kasi, problemi vezani za recesiju koji se ograničenjem potrošnje još više zaoštravaju itd.«

Sven Lalander (Švedska) »Predsjednik Studijskog komiteta za tarife UNIPEDE-a:

»Ispričavam se jer vrijeme odmiče. Ipak moram ponovno govoriti. Naš jugoslavenski kolega je pokrenuo jedno vrlo važno pitanje. On traži brojke o cijenama električne energije za aluminij.

Dubois kaže da je to vrlo delikatno pitanje. Ja smatram da je to vrlo važno pitanje i da mi u Komitetu moramo tom pitanju posvetiti naročitu pažnju. Mi smo inače i prije prikupljali te podatke i oni su se publicirali u izdanjima UNIPEDE-a.

Treba reći da su se ti podaci razlikovali u načinu iskazivanja. Pojedine zemlje daju različite podatke, ovisno o načinu kako oni rade i često to nije usporedivo. U nekim zemljama su te velike industrije u privatnim rukama, a Komitet nije uvijek mogao dobiti točne cijene.

Ovo se pitanje postavlja svima nama, naročito za aluminij koji ima osjetne popuste u usporedbi s ostalim industrijama.

Prije naftne krize cijene električne energije za aluminij bile su vrlo niske; poslije naftne krize nema više nikakvih podataka o cijenama za aluminij, pa na pitanje našeg jugoslavenskog kolege mogu reći samo to da postoji jedan velik, ogroman upitnik koji bismo morali raščistiti, jer ako smo prije dobivali podatke, trebali bismo to imati i sada.

Harmsworth (Velika Britanija):

»Mi smatramo da smo riješili pitanje cijena ovih velikih potrošača, posebnim tarifama za »špicu«. To mi smatramo kao koncesiju s naše strane, a neki potrošači smatraju da je to penaliziranje.«

Marti (Šponjalska), referat 5.1:

Kod nas se iz realizacije električne energije formira egalizacioni fond na nacionalnom nivou u kojemu se slijevaju pozitivne razlike regija s većom realizacijom i nižim troškovima.

Iz egalizacionog fonda pokrivaju se negativne razlike npr. na Kanarskim otocima, gdje su troškovi mnogo veći od cijena. Iz tog egalizacionog fonda pokrivaju se niže cijene (popusti) za aluminij i ostale specijalne potrošače o kojima je govorio naš jugoslavenski kolega

To bi bio i naš odgovor na njegovo pitanje.«

Četvrta grupa referata obuhvaća *fiskalne namete i tarife na niskom naponu:*

4.1. Tarifiranje u Francuskoj za isporuke na niskom naponu. Teoretski i praktički aspekti izrade univerzalne tarife

4.2. Iskustva u pogledu provođenja tarifne reforme na niskom naponu: problemi koji su se pojavili pri uvođenju univerzalne tarife kod EDF (Francuska)

4.3. Sistem tarifa na niskom naponu u Norveškoj

4.4. Blok-tarife i tendencija izjednačavanja tretmana između kategorija potrošača u Danskoj.

4.5. Utjecaj fiskalnosti na cijene električne energije (Španjolska)

4.6. Efekti fiskalnosti na tarifnu politiku javnog elektroprivrednog poduzeća (Grčka)

4.7. Fiskalna opterećenja kod proizvodnje i distribucije električne energije (grupa eksperata UNIPEDE-a)

4.8. Tarife za električno grijanje u Austriji s naročitim osvrtom na direktno grijanje (Austrija).

Iz diskusije o tarifiranju na niskom naponu moglo bi se zaključiti da u praksi na niskom naponu svaka zemlja dolazi do različitih specifičnih rješenja. Ipak, sva ta rješenja imaju kao zajedničku polaznu osnovu nivo troškova i troškovni princip.

Na žalost na niskom naponu uglavnom se odbacuju svi električni parametri koji vrijede na visokom naponu, tako da se tu praktično prelazi na »paušalno« (bez odgovarajućih podloga) tarifiranje. I tamo gdje su se ti parameti zadržali oni se ipak primjenjuju različito.

U petoj grupi pojedine zemlje prezentirale su svoje referate *o nacionalnim tarifama* kako slijedi:

5.1. Evolucija tarifa za električnu energiju u Španjolskoj

5.2. Naconalni raport Ujedinjenog Kraljevstva

5.3. Tarifa za električnu energiju u Grčkoj. Tarifa u praksi, principi i ciljevi

5.4. Principi iskorišteni u Švedskoj za izradu tarifa

5.5. Sadašnja situacija i tendencija razvoja tarifa u švicarskim elektroprivrednim organizacijama

5.6. Nacionalni raport Austrije

5.7. Nacionalni raport Irske

5.8. Tarife za električnu energiju u Italiji

5.9. Tendencija o unificiranju tarifa za električnu energiju u Finskoj

5.10. Nacionalni raport Norveške: evolucija tarife i njezini uzroci

5.11. Tarifiranje u SAD.

U Jugoslaviji smo vrlo kasno dobili obavijest o održavanju savjetovanja (u veljači 1975), kad su svi rokovi za prijavu referata bili davno prošli. Bilo je inače poželjno da i ZJE prezentira bar izvještaj o dosadašnjem razvoju tarifne politike i tarifnog sistema u našoj zemlji.

Autori referata prilikom tumačenja nacionalnih tarifa naglasili su:

(5.1.) Španjolska — Ministarstvo industrije kontrolira tarife električne energije pa je nametnulo, mimo volje elektroprivrede, progresivnu tarifu za potrošnju u kućanstvima

iznad 40 kWh mjesečno. Postoji egalizacioni fond. Popusti iz tog fonda daju se ravnomjerno na cijenu snage i cijenu energije.

Inicirane su nove studije o tarifama i tarifnom sistemu.

(5.2.) Velika Britanija — Nove tarife donijele su u 1975. godini povećanje cijena svim potrošačima, u ovisnosti o porastu troškova goriva. Sada se još uvijek radi s gubitkom, ali se značajnije promjene očekuju od 1976. godine. Više od 50% potrošača kućanstva uvelo je akumulaciono grijanje koristeći se noćnim viškovima. U noćnim satima na raspolaganju su još uvijek velike količine električne energije.

Na pitanje da li se tarifama može izmijeniti ponašanje potrošača, Englezi odgovaraju potvrdno i dokazuju da se ciljevi postavljeni tarifnom politikom postepeno realiziraju.

Neki potrošači nazvani »specijalni«, koji mogu prihvatiti ograničenje snage ili obustavu isporuke u doba vršnog opterećenja sistema, koriste se posebnim tarifama za »prekidljive« isporuke.

(5.3.) Grčka — Vlada je, suprotno mišljenju stručnjaka iz elektroprivrede, propisala progresivne tarife. To je posljedica krizne situacije iz 1974. godine, kad je zbog redukcija naglo pala potrošnja, pa je industrija radila u vrlo teškim uvjetima. Postoji samo jedno centralizirano javno poduzeće koje posebno tarifira električnu energiju po grupama potrošnje (visoki, srednji i niski napon). Unutar grupa postoje grupe potrošača. Tarifna politika se zasniva na principu pokrića troškova uz osiguranje jednakog tretmana svih potrošača, neovisno o njihovu geografskom položaju. Posebne odredbe reguliraju obračun snage u satima najvećeg opterećenja (»špice«.)

(5.4.) Švedska — Novi racionalniji tarifni sistem koji se zasniva na dugoročnim marginalnim troškovima i koji prenosi strukturu troškova na sve potrošače od najvećih do najmanjih, a koji je u 1973. godini uvela najveća kompanija »Vattenfall«, ne primjenjuje se još u čitavoj zemlji. Kod različitih poduzeća — isporučilaca tarife i nivo cijena su još uvijek različiti.

Trebat će još mnogo vremena za organizaciono i tarifno ujedinjenje. Država stimulira unificiranje i daje slobodne ruke elektroprivrednim organizacijama u određivanju tarife ako one teže racionalizaciji proizvodnje i potrošnje.

Nove jedinstvene tarife bit će dovršene do 1978. godine.

Veliki potrošači imaju pravo izbora isporučioca, pri čemu su vlasnici mreže visokog napona dužni pružiti usluge tranzita uz utvrđene naknade. Ti potrošači imaju pravo na tranzit električne energije i onda kada za sebe izgrade vlastite energetske izvore u bilo kojem kraju zemlje. Pismeni dugoročni ugovori reguliraju primjenu tarife i zaključuju se sa svim potrošačima na visokom naponu, kao i s potrošačima na niskom naponu kod kojih se posebno mjeri i obračunava snaga.

Obračunska snaga utvrđuje se kao prosječna snaga u vremenu od 6 sati najvećeg preuzimanja. Sezonske tarife određene su posebno za 8. i 4. mjesec. Posebni uvjeti za velike i specijalne potrošače utvrđuju se u pregovorima između udruženja isporučioca i organizacije velikih potrošača.

(5.5.) Švicarska — Potrošače lektrične energije opskrbljuje oko 1200 elektroprivrednih organizacija.
Prihvaćeno je tarifiranje na osnovi teorije marginalnih troškova koju, međutim, ne mogu slijediti sva elektroprivredna poduzeća zbog poteškoća u praktičnoj primjeni.

Vlada je formirala komisiju za kontrolu cijena. Od 1963. godine cijene su povećane za samo 10%. U pogledu mjerenja snage u Švicarskoj se, u suprotnosti sa švedskim teorijama, smatra da bi integraciono razdoblje trebalo sniziti na 3 — 5 minuta.

(5.6.) Austrija — Progresivne tarife u Austriji nisu filozofija elektroprivrede; one su nametnute iz političkih razloga.

Struktura tarife praktički se ne mijenja u posljednjih 30 godina.

Tarifa na visokom naponu proizlazi iz sistema koji potječe još iz 1949. godine.

Sve donedavno postojao je vrlo visok stupanj razumijevanja od organa državne kontrole cijena. Sada je kontrola cijena znatno pooštrena.

Cjena snage obračunava se na osnovi triju najvećih mjesečnih opterećenja u toku godine, utvrđenih u razdoblju od 15 minuta.

Veliki važni potrošači napajaju se direktno iz nacionalne mreže (»Verbundnetz«) i koriste se specijalnom tarifom (»Verbundtarif«).

Specijalne tarife na visokom naponu predviđaju ukidanje doprinosa za snagu za potrošače koji prihvate prekid isporuke u određenim satima dana.

(5.7). Irska — Revizija prezentirane tarife je u toku. Uskoro će se izraditi nova struktura tarife. Od 15-minutnog integracionog perioda prijeći će se na 6-satno, što će donijeti značajnije promjene.

(5.8) Italija — Prezentirane tarife nedavno su prevedene u integralnom tekstu. U toku ove godine izvršena je izmjena tarife u tom smislu da je cijena za potrošnju u kućanstvu do 150 kWh mjesečno snižena a povišena je cijena za daljnju potrošnju. Ova prva obuhvaća gotovo 90% potrošača kućanstva;

(5.9) Finska — Oko 300 poduzeća samostalno prodaje električnu energiju. Većinom su to komunalna poduzeća čiji su vlasnici općine.

Poduzeća vode različitu tarifnu politiku, pa ima dosta razlika, naročito u nivou cijena. Čine se znatni napori da se tarife unificiraju.

(5.10) Norveška — Godišnja proizvodnja norveške elektroprivrede iznosi 75 TWh od čega se 35 TWh troši za aluminij i elektrometalurgiju.

Engleski stručnjaci često ponavljaju: »Cijena norveške električne energije je model za naše potrošače. Hoće li ta cijena u budućnosti osjetnije porasti da nama ostalima olakša život?

Cijena u Norveškoj za ostale na žalost, sporo raste, i to samo nakon dužih vremenskih razdoblja. Ne isplati se dizati cijenu elktrične energije, jer ako rastu cijene, raste i dobit, a onda vlada poveća samo poreze i zahvati takve financijske efekte. Potrošnja raste za samo 5%godišnje, a s obzirom na raspoložive kapacitete, porast za slijedeće godine već je pokriven. Iako u svijetu postoji naftna kriza, neće biti potrebno povećavati cijene električne energije.

Veliki potrošači imaju fiksnu cijenu snage dok je cijena energije skuplja zimi (listopad — ožujak).

Prosječne godišnje cijene za industriju iznose 9 öre /kWh kod 2 000 sati korišetnja, a oko 4öre / kWh za 8 000 sati korištenja.

(5.11) SAD — Tariferi iz SAD prvi put su na skupu UNIPEDE. Zapanjila ih je sličnost problema i vrlo konstruktivne diskusije. Zadovoljni su što svi daju primjedbe na progresivne tarife, jer su se do sada uspjeli oduprijeti svim pokušajima da se progresivne tarife uvedu i u SAD.

Proučavana je teorija o određivanju nivoa cijene na osnovi dugoročnih marginalnih troškova. Stručnjaci bi je rado prihvatili, ali iz praktičnih razloga su se opredijelili za princip historijskih troškova, jer bi s marginalnim troškovima imali previše profita u kompanijama.

Današnji nivo cijena osigurava pokriće troškova, sredstva za sve potrebne investicije i primjerene dividende za akcionare. Povećanje nivoa cijena na osnovi marginalističke teorije stvorilo bi problem profita i zahvata države putem direktnih poreza.

Nuklearne elektrane daju jeftiniju energiju, ali nuklearne lokacije zahtijevaju rješenje mnogih problema ekologije i traže mnogo veće investicije.

Ugovorne klauzule predviđaju i klizanje cijena u odnosu prema indeksu cijena goriva. To se odnosi pretežno na čvrsta goriva.

Više od 75% proizvodnje dolazi iz 265 privatnih kompanija.

Tarife na niskom naponu zasnivaju se na izrazito degresivnoj bloktarifi. U posljednjim godinama potrošnja stagnira.

Na kraju sjednice delegat UPDEA iz Obale Slonove Kosti pozdravio je skup.

U Obali Slonove Kosti elektrificirano je samo 40% kućanstva a naročito je niska elektrifikacija seoskih domaćinstava.

Složeniji tarifni oblici tek se uvode. U nekim drugim afričkim zemljama situacija je još lošija.

Završio je ovim riječima: »Naša situacija je situacija svih zemalja u razvoju koje obuhvaćaju 50% čovječanstva. U ime tog siromašnijeg i u pogledu elektrifikacije vrlo zaostalog stanovništva tražim vašu suradnju i zahvaljujem Komitetu za tarife na pozivu«. Uslijedio je srdačan pljesak, jedini u toku savjetovanja.

Rezimirajući diskusiju, mogu se utvrditi ovi zaključci:

— treba tražiti ravnotežu između prihoda i troškova, osobito u doba recesije;

progresivne tarife odbacili su svi sudionici usprkos nastojanju vlada da ih nametnu;

— treba ipak zaštititi malog potrošača;

— većina zemalja je povećala osjetno cijene, što je dovelo do općeg smanjenja potrošnje;

— izmijenjena je struktura tarife i prelazi se iz političkih tarifa na ekonomske, iako su intervencije državnih vlasti sve jače.

Na posljednoj sjednici savjetovanja, u okviru »okruglog stola« održana je rasprava o slobodno odabranim temama.

Prisutni su se složili da se odaberu ove teme:

1. *Tarifa kao instrument za izravnanje dijagrama*

3. *Utvrđivanje nivoa cijena na kratkoročnim ili dugoročnim osnovama.*

O prvim dvijema temama došlo je do polarizacije mišljenja u dvije osnovne koncepcije. Prva, koju zastupa velika većina smatra da:

— isporučilac može tarifom utjecati na poboljšanje faktora iskorištenja pridonijeti izravnanju dijagrama;

— tarifa može utjecati ne samo na dijagram, već i na ukupni nivo potrošnje;

— treba u tom pogledu imati na umu da je u toku 1974. godine potrošnja gotovo svuda opala ili je stagnirala i da je u većini zemalja noćna »špica« tek 50% od dnevne;

— u tom smislu grijanje električnom energijom, naročito akulacionih peći, ima veliku budućnost i treba nastojati da električna energija u tom pogledu zamijeni čvrsta i tekuća goriva;

— faktor iskorištenja je bitan pokazatelj; boljim iskorištenjem smanjuju se troškovi izgradnje i eksploatacije. Na potrošače se međutim ne može utjecati mjerama koje se donose iz dana u dan. Treba postupno mijenjati navike time da se brzi efekti mogu postići samo kod kućanstva;

— druga velika mogućnost za poboljšanje faktora iskorištenja jesu prilagodljivi potrošači. Treba efikasnim ekonomskim mjerama stimulirati te potrošače na još veću racionalizaciju i fleksibilnost.

Druga koncepcija, koju uglavnom zastupaju predstavnici Velike Britanije tvrdi da:

— faktor iskorištenja ne mora prisilno djelovati na potrošača, već potrošači moraju djelovati u skladu sa svojim interesom, pa neka način potrošnje bude izbor potrošača, a ne diktat elektroprivrede;

— treba izbjegavati svako ograničavanje prodaje jer se od veće prodaje ima veća zarada.

U diskusijama o trećoj temi bile su još uvijek prisutne dileme i nesporazumi oko značenja »marginalnog troška na dugi rok«.

Tu su istaknuta različnita i često suprotna mišljenja:

— cijene i tarife treba određivati svake godine;

— cijene se određuju za najkraći rok od 5 godina, uzevši u obzir i objekte koji će ući u pogon u slijedećem desetogodišnjem razdoblju;

— marginalne troškove treba utvrđivati i razvijati teoretske postavke, ali se oni za sada ne mogu primijeniti;

— u pogledu metoda određivanja nivoa cijena ima toliko definicija koliko ima ljudi koji se s time bave;

— treba predviđati veliki elasticitet cijena u odnosu na kretanje troškova goriva;

— umjesto progresivnih cijena treba uvesti doprinose za višak potrošnje; iluzorno je govoriti o doprinosima i taksama dok osnovne tarife ne pokrivaju troškove. Najprije treba dovesti tarife na nivo troškova, a onda raspravljati o doprinosu.

Na osnovi svih diskusija u toku savjetovanja pripremljen je Prijedlog zaključaka. Komitet direkcije UNIPEDE na sastanku u Bordeauxu 6. svibnja 1975. usvojio je taj prijedlog zaključaka i dostavio ga je svim udrženim organizacijama s molbom da zaključke publiciraju i propagiraju putem tiska i ostalih sredstava javnog informiranja.

Usvojeni su ovi zaključci:

1. Tarife za prodaju električne energije treba da omoće elektroprivrednim organizacijama postizanje realizacije koja je dovoljna za pokriće ukupnih troškova proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije i za osiguranje odgovarajuće dovoljno visoke stope samofinanciranja.

3. Tarife se u principu zasnivaju na trošokovima i nijedan potrošač ne može biti neopravdano diskriminiran.

3. Fiskalna opterećenja za proizvodnju i potrošnju električne energije morat će biti zacrtana tako da garantiraju jednakost u tretmanu svih izvora energije, te da ne ograničavaju na bilo koji način slobodno nadmetanje između različitih izvora energije.

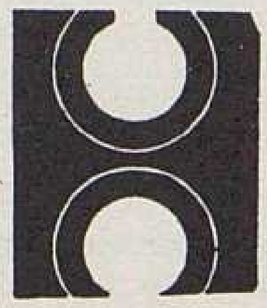
4. Tarife nazvane »progresivne« ili s rastućim tranšama apsolutno su suprotne svim ekonomskim principima i predstavljaju samo skrivenu metodu subvencioniranja malih potrošača koji se ne moraju identificirati s manje povlaštenim kategorijama stanovništva.

5. Sve odluke državnih organa koje se odnose na proizvodnju električne energije moraju voditi brigu o posebnim karakteristikama te industrije koje djeluju tako da odluke donesene danas pokazuju svoje efekte tek nakon razdoblja od 4 do 6 godina ili čak i kasnije.

U ovom tekstu tretirani su problemi tarifiranja električne energije, a prikazani su onako kako ih je obradila diskusija na savjetovanju u Madridu.

Podaci iz prezentiranih materijala (elaborati i referati s ukupno preko 1000 stranica gusto tipkanog teksa) samo su površno spomenuti. Proučavanje tih materijala ili bar onih najvažnijih i za naš budući rad najpotrebnijih morao bi biti trajni zadatak stručnjaka za tarife u elektroprivredi naše zemlje.

Benito Tocigl



Hidroelektra

GRAĐEVNO PODUZEĆE

ZAGREB, LESKOVAČKA 10, TEL. 512-122

IZVODI SVE VRSTE NISKOGRADNJE I INDUSTRIJSKE GRADNJE

Od osnutka 1. IV 1946. do danas izvodilo je u SR Hrvatskoj slijedeća energetska postrojenja:

- HIDROELEKTRANA »NIKOLA TESLA« (VINODOL)
- HIDROELEKTRANA »OZALJ II«
- HIDROELEKTRANA »ZAVRELJE« (MLINI)
- HIDROELEKTRANA »GOJAK«
- HIDROELEKTRANA »SPLIT I« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »SENJ« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »RIJEKA«
- HIDROELEKTRANA »ORLOVAC« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »VARAŽDIN« (U TOKU)
- TERMOELEKTRANA-TOPLANA ZAGREB (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA SISAK (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA PLOMIN (SUDJELOVANJE)

POLOŽEN JE KAMEN TEMELJAC ZA HE ČAKOVEC

Na gradilištu buduće HE Čakovec održana je 3. srpnja, uoči dana borca, značajna svečanost. Položen je kamen temeljac za novu hidroelektranu na Dravi, nizvodno od Varaždina. Među uzvanicima su bili Jure Bilić, sekretar izvršnog komiteta Predsjedništva SKJ, Antun Biber-Tetek, narodni heroj, članovi Izvršnog vijeća Olga Miličić — Arslanagić, inž. Ivo Bautović zatim Milan Rukavina — Šajn, predsjednik Privredne komore SRH, i mnogi istaknuti rukovodioci onoga kraja.

Prigodne govore održali su predsjednik Općinske konferencije Socijalističkog saveza Ladislav Logožar, inž. Ivo Bautović, sekretar za energetiku, industriju i zanatstvo SRH i inž. Božidar Širola direktor poduzeća »Elektroprivreda«, Zagreb.

Nakon govora Jure Bilić je položio temeljni kamen nove hidroelektrane i time simbolički naznačio početak rada na tom značajom objektu.

HE Čakovec je druga stepenica na hrvatskom dijelu Drave. Značaj njezine izgradnje nije samo u njenoj elektroenergetskoj vrijednosti već također u vodoprivrednoj (obrana od poplava) i poljoprivrednoj (natapanje).

Elektrana će biti izgrađena za instalirani protok od 500 m³ s bruto padom od 17,5 m. Instalirana snaga elektrane bit će 77,6 MW s godišnjom proizvodnjom od 415 GWh. Akumulacioni bazen će imat korisnu zapreminu od 11,9 milijuna m³, štc omogućuje da se potpuno izravna dnevna proizvodnja elektrane, odnosno energija proizvodi u vrhovima opterećenja.

Jure Bilić polaže temeljni kamen nove hidroelektrane u Čakovcu

Prema usvojenom investicionom programu i terminskom planu gradnje ove će godine početi s pripremnim radovima, a glavni će građevinski radovi započeti 1976. Puštanje u rad prvog agregata previđa se sredinom, a drugog krajem 1979. Ukupna vrijednost svih radova iznosi 1,08 milijardi dinara.

Osim HE Varaždin i HE Čakovec, do ušća Drave predviđa se još izgradnja pet hidroelektrana. Nizvodno od HE Čakovec izgradila bi se HE Dubrava, podjednakih karakteristika kao HE Čakovec. Za nju su već izrađeni idejni projekti i mogla bi ući u plan za razdoblje 1980. — 1985. Budući da je Drava ispod ušća Mure pogranična rijeka prema Mađarskoj, elektrane će se graditi u suradnji s tom zemljom. To su hidroelektrane Đurđevac i Barč za koje će vjerojatno do sredine 1976. biti izrađen zajednički osnovni projekt na temelju kojeg će obje strane moći donijeti odluku o pristupanju izgradnji. Još niže na području Slavonske regije izgradile bi se još dvije hidroelektrane i to HE Moslavina i He Osijek.

IZGRADNJA PLINSKO-TURBINSKE ELEKTRANE OSIJEK

Zbog zakašnjenja u izgradnji elektroenergetskih izvora u Hrvatskoj, predviđa se u narednim godinama veliki manjak električne energije.

Da bi se ublažila energetska kriza što se očekuje dolaze u obzir ona rješenja koja se mogu provesti. Takvo rješenje je izgradnja plinsko-turbinskih agregata. Oni se u jedinicama do 35 MW proizvode u tzv. paketnoj izvedbi, koja omogućuje veoma brzu montažu, pa je za realizaciju cijelog projekta potrebno manje od godine dana. Ovo rješenje u odnosu na velike termoelektrane nije ekonomično. Međutim uštede zbog sprečavanja redukcija su tolike, da se u kriznim godinama 1975. — 1977. plinski agregati isplate.

Prošle godine Skupština elektroprivrednih organizacija odlučila je da na području Hrvatske izgradi prve dvije plinske turbinske elektrane: Jertovec i Osijek.

Radovi na gradnji PTE Jertovec ulaze u završnu fazu. Građevni radovi na gradnji PTE Osijek počeli su 25. prosinca 1974, a elektrana treba da uđe u pogon potkraj 1975. PTE Osijek imat će dva plinsko turbinska agregata, snage po 25 MW. Investitor ovog postrojenja »Elektroslavonija« za isporuku opreme i izgradnju te elektrane raspisao je međunarodni natječaj. Odabrana je tvrtka AEG — Kanis iz Essena, Savezna Republika Njemačka, kao najpovoljniji ponuđač, za isporuku glavne opreme.

Građevni radovi su povjereni poduzeću »Tehnogradnja« iz Zagreba. Projektiranje je izvelo poduzeće »Elektroprojekt« a dio uvozne opreme osigurat će »Elektroopskrba« iz Zagreba.

Osnovni podaci PTE Osijek

Postavljaju se dva plinsko-turbinska agregata nominalne snage 2 x 25 MW. Jedan agregat je u spojnom procesu, a drugi u otvorenom procesu ali je predviđena mogućnost da se kasnijom dogradnjom pretvori u postrojenje sa spojnim procesom. Iza agregata u spojnom procesu postavljen je kotao na otpadnu toplinu učina 56 t/h pare, pritiska 18 atp i temperature 250°C. Kotao je bez dodatnog loženja, pa su za proizvodnju pare u vrijeme kad plinska turbina ne radi, predviđena tri Stemblock kotla učina po 18 t/h pare jednakih parametara, kao kod kotla na otpadnu toplinu. Kotao na otpadnu toplinu je proizvodnje Steinmuller, a Steamblock kotlovi su proizvodnje tvornice »Đuro Đaković«.

U plinsko-turbinskim agregatima tvrtke AEG — Kanis su ugrađeni generatori tvornice »Rade Končar«.

Proizvedena para će se upotrebljavati za opskrbu industrije u istočnom dijelu grada, a u planu je izgradnja parovoda do postojeće toplane.

U okviru elektrane planirana je izgradnja pomoćnih postrojenja i zgrade. Izgrađeno je pretakalište za pretovar ekstra lakog i teškog loživog ulja iz željezničkih i auto cisterni. Za uskladištenje goriva predviđena su tri nadzemna rezervoara po 10.000 m³, dva za ekstra lako, a jedan za teško loživo ulje. Za zemni plin će se izgraditi plinska redukciona stanica. Za proizvodnju tehnološke pare izgradit će se kemijska priprema vode kapaciteta 2 x 40 t/h.

Gorivo za plinsko-turbinske agregate je lako loživo ulje, a za Steambloc kotlove teško loživo ulje. Zemni plin će se uptrebljavati i za agregate i kotlove u količinama koje će biti na raspolaganju. Procijenjeno je da će ova elektrana godišnje proizvoditi električne energije od 180 do 225 GWh.

Nakon završenih svih pripremnih i pomoćnih radova na gradilištima uslijedili su glavni građevni radovi. Veći dio radova je gotov ili je u završnoj fazi. U krugu postrojenja su asfaltirane ceste, betonirani temelji spremnika tekućih goriva, izvedeni radovi na industrijskom kolosjeku. Gotovi su i objekti pretakališta tekućih goriva. Izvršeno je proširenje TS 110/35/10 kv Osijek II, što je omogućilo izvedbu montažnih radova u samoj stanici. Završeni su temelji turboagregata i omogućena montaža.

U suglasnosti s investitorom, tvornice »Đuro Đaković« i tvrtka »AEG — Kanis« su sklopile ugovor prema kojemu je tvrtka »AEG — Kanis« povjerila »Đuri Đakoviću« montažu oko 1500 tona opreme za novu osječku plinsku elektranu.

I. R.

GRADILIŠTE TS ERNESTINOVO

Osigurati vodu za piće

TS 380/110 kV Ernestinovo udaljena je od rijeke Drave, pa je nastao problem opskrbe vodom. Odlučeno je da se pristupi bušenju arteških bunara. Taj posao je povjeren stručnim ekipama poduzeća »Geofizika« iz Zagreba. Na oko 50 metara dubine našli su pitku vodu za koju je analizom utvrđeno da je kvalitetna i zdrava. Pronalaskom pitke vode riješeno je važno pitanje za rad transformatorske stanice u Ernestinovu.

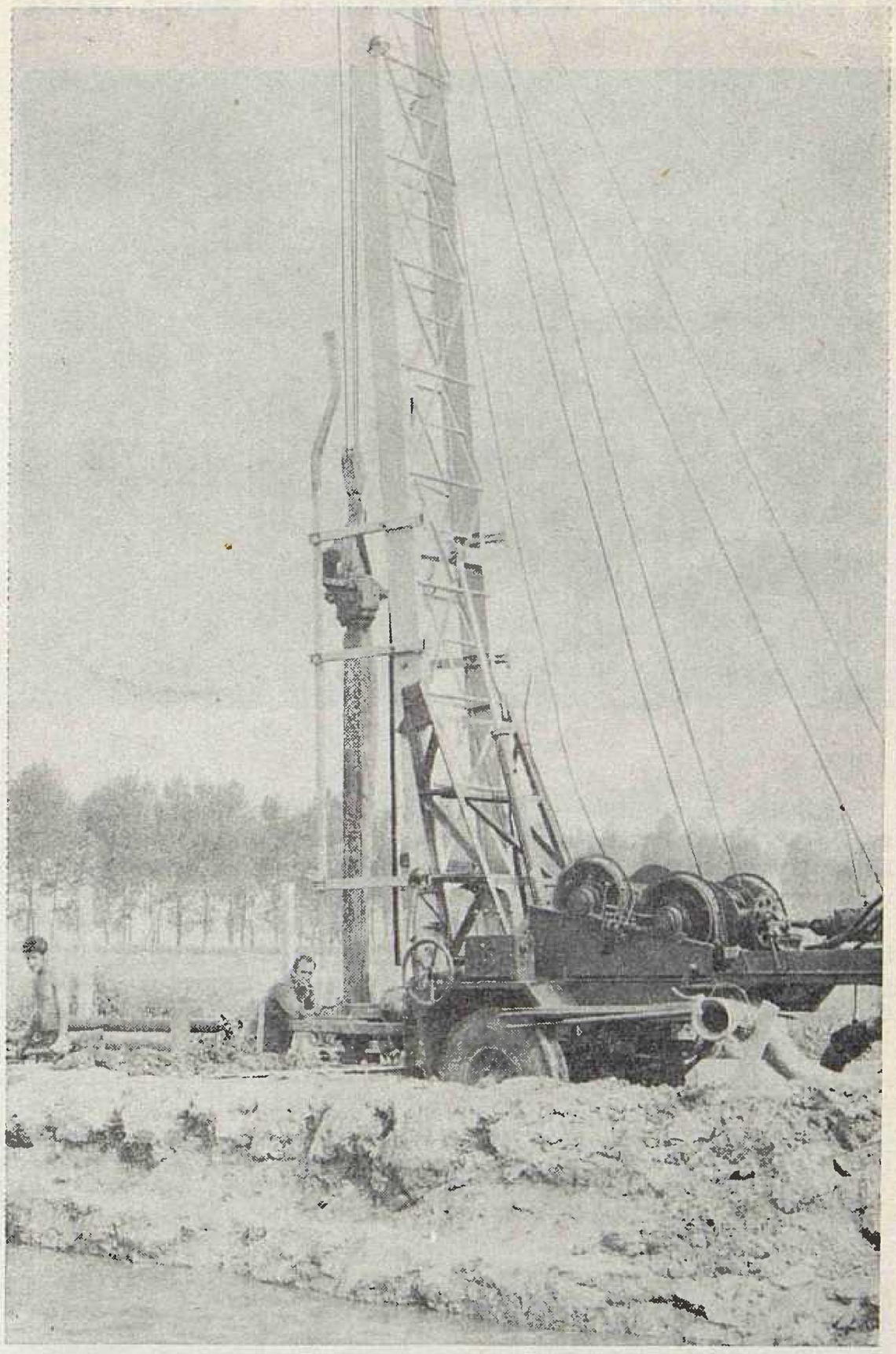
(I. R.)

NOVA TERMOELEKTRANA U SISKU

Izvršno vijeće Sabora SR Hrvatske je podržalo odluku Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske i stav Izvršnog odbora Republičke privredne komore, da se iz sredstava inozemnog kredita u Sisiku izgradi treća termoelektrana, snage 210 MW na tekuće gorivo. Postrojenje će biti financirano kreditima iz SSSR.

Osim odluke o izgradnji TE »Sisak III«, Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske je donijela zaključak da se u program razvoja od 1976. do 1980. godine uvrsti i gradnja TE »Plomin II, instalirane snage 150 MW. Također, kao i kod Siska valja prije gradnje utvrditi potrebne zalihe ugljena i riješiti probleme zaštite okoline.

(I. R.)



Ekipa »Geofizike« istražuje pitku vodu za potrebe TS ERNESTINOVO

UVOZNA OPREMA ZA TE URINJ I

Nedavno je potpisan ugovor između investitora TE Urinj I i talijanske financijske institucije I.C.I.P.U. iz Rima o kreditiranju glavne opreme za ovo postrojenje koje će isporučiti tvrtka »ANSALDO« iz Genove. Vrijednost ugovorene opreme je oko 13 milijardi lira. Do kraja godine isporučit će se opreme u vrijednosti od oko 35% ugovorenog iznosa.

TE Urinj, instalirane snage 320 MW, imala bi proraditi polovicom 1977. Na gradilištu ubrazano napreduju građevinski radovi, kako bi se što prije moglo početi s ugradnjom opreme. Završeni su svi iskopi, pa čak i za drugu fazu izgradnje, koja bi također raspolagala instaliranom snagom od 320 MW.

Osim iskopa za prvu fazu već su gotovi i temelji za kotlovnicu i za dimnjak. Dimnjak će umjesto planiranih 150 m, sada biti visok 250 m, da bi se što više uklonila mogućnost onečišćavanja.

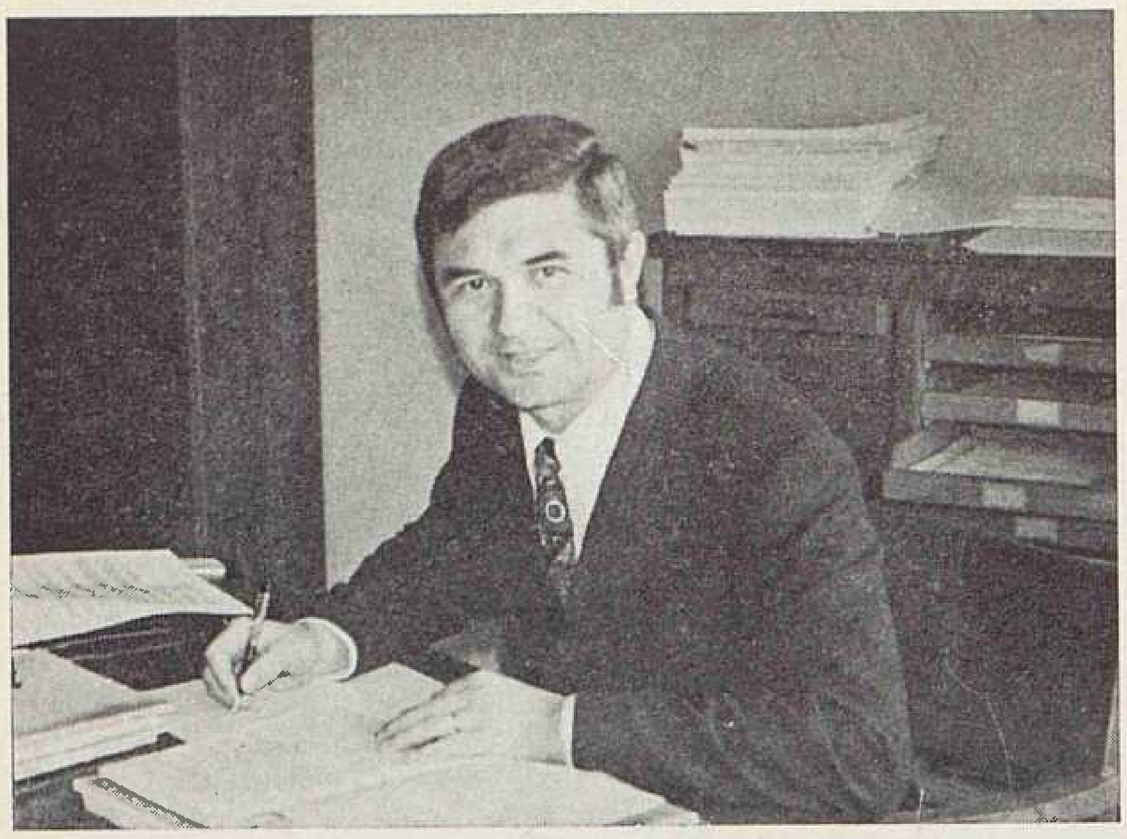
(I. R.)

ELEKTRA KRIŽEVCI

OSNOVNA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA
ELEKTRE ZAGREB

Trg kalničkih partizana 3 tel. 74-322, 74-074, 74-100

DR BOŽO UDOVIČIĆ NAGRAĐEN NAGRADOM »NIKOLA TESLA«



Najviše republičko priznanje za tehnička dostignuća, nagrada »Nikola Tesla«, dodijeljena je ove godine, među ostalima, i dugogodišnjem suradniku Instituta za elektroprivredu u Zagrebu Boži Udovčiću.

Dr Božo Udovičić je rođen 1933. u Rašaljkama, srednju školu je završio u Slavonskoj Požegi, a 1959. godine diplomirao na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu. Nakon diplomiranja zaposlio se u Institu za elektroprivredu u Zagrebu u Studijskoj jedinici za elektroenergetske sisteme. Tako je postao najbliži i dugogodišnji suradnik prof. dr Požara. Kod njega je radio i doktorsku disertaciju »Neka poboljšanja metode konstantne i varijabilne energije za elektroenergetske analize«, i doktorirao 1974.

Radio je na oko 90 stručnih i znanstvenih radova iz područja energetike, posebno elektroenergetike, koji su izrađeni kao elaborati, tiskani članci ili referati za stručna savjetovanja i kongrese.

U svojim je radovima obradio probleme iz područja potrošnje električne energije, izvora električne energije, problema veličine agregata, korištenje akumulacionih i pumpnih elektrana, uklapanje nuklearnih elektrana, optimizacije sistema kao i ekonomskih odnosa u elektroenergetskom sistemu.

Za svoj rad dobio je brojna stručna i društvena priznanja. Bio je tajnik Elektrotehničkog društva Zagreb, član stručne grupe Izvršnog vijeća za pitanja razvoja energetike, član jugoslavenske delegacije u Stalnoj komisiji SEV za električnu energiju i Sekciji za elektroenergetski sistem i opća pitanja energetike, a sada je član jugoslavenske delegacije u Stalnoj komisiji SEV za električnu energiju u Sekciji za znanstveno-istraživački rad. Također je član komisije IO Zajednice jugoslavenske elektroprivrede za primjenu električnih računala i elektronsku obradu podataka, kao i član Studijskog komiteta za elektrane i elektroenergetski sistem, Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRE.

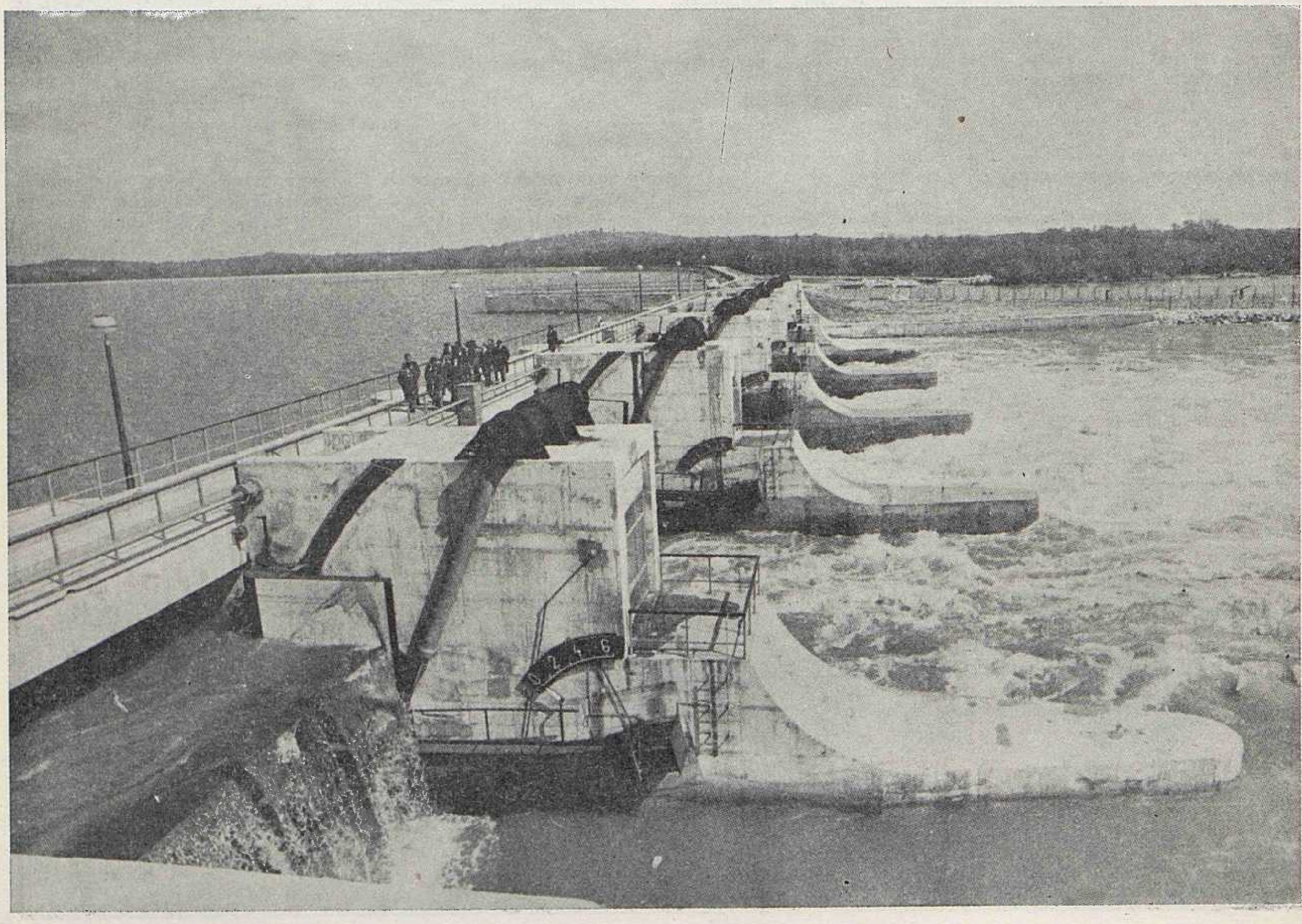
Dr Udovičić rukovodi danas u Institu za elektroprivredu Studijskom grupom za elektroenergetske sisteme i vrlo aktivno sudjeluje u zbivanjima na polju energetike u Hrvatskoj i Jugoslaviji.

Ovo značajno naučno priznanje sigurno će biti veliki podstrek u daljnjem radu ovog priznatog stručnjaka.

Srdačno čestitamo!

Redakcija

HE VARŽDIN U IZGRADNJI. BRANA — armirano-betonska konstrukcija sa šest protočnih polja širine po 17,0 m i pet razdjelnih stupova širine po 4 m — ukupne dužine 122 m. Kapacitet posve otvorene brane iznosi 3700 m³/. U desnom upornjaku brane smješten je cijevni agregat s asinhronim generatorom 625 kW koji pri padu vode od 7,5 m i protokom od 5 do 10 m³/s, daje prosječno godišnje 3,8 GWh električne energije.



PORAST FRANCUSKE PROIZVODNJE PLINA

Prema podacima državne kompanije »Gaz de France« francuska proizvodnja plina u prvih 5 mjeseci ove godine povećala se za 15,4 posto na 77,076 milijardi termalnih jedinica sa 66,753 koliko je iznosila u istom razdoblju prošle godine.

U svibnju je proizvedeno ukupno 11, 899 milijardi termalnih jedinica prirodnog plina, ili za 10,3 posto više od 10,788 milijardi proizvedenih u istom mjesecu 1974.

ZEMLJE U RAZVOJU KOJE NE PROIZVODE NAFTU IMAT ĆE VELIKI TRGOVINSKI DEFICIT

Generalni sekretar konferencije o trgovini i razvoju Ujedinjenih naroda (UNCTAD) Gamani Korea je izjavio da će zemlje u razvoju koje nemaju izvore nafte, ove godine vjerojatno imati trgovinski deficit tri puta veći nego 1973. godine. On je također rekao da izvoz zemalja u razvoju opada.

Gamani Korea je to izjavio na 87. zasjedanju komiteta UNCTAD-a, koji treba da razmotri stvaranje tampon stokova vodećih sirovina u vrijednosti od 3 milijarde dolara.

Prva četiri mjeseca ove godine, prema indeksu sirovina u NCTAD-a, pokazali su da je došlo do pada od 17 posto. U istom razdoblju, cijene gotovih proizvoda su skočile za 7 posto.

Generalni sekretar UNCTD-a je također rekao da je o tampon stokovima za kavu, bakar, kaučuk, šećer i kalaj već govoreno u veljači ove godine ali da je problem financiranja tampon stokova najvažniji.

Zatim je rekao da bi i uvoznici i izvoznici morali pomoći fondu UNCTAD-a koji bi trebao stablizirati cijene sirovina i putem intervencija na tržištu.

PROCJENE PROIZVODNJE NAFTE U KINI

U posljednje vrijeme neki američki instituti su dali procjenu prema kojoj bi Kina mogla do 1990. godine postati jedan od najvećih proizvođača nafte u svijetu. Međutim, institut za istraživanja Indije smatra da zapadni i japanski promatrači preuveličavaju zalihe i proizvodnju nafte u Kini, kako bi primorali zemlje OPEC da pojavom novog proizvođača tekućeg goriva smanje cijene svoje nafte.

Prema mišljenju toga instituta, Kina nije u prošloj godini proizvela 65 milijuna tona nafte, kako oni tvrde, nego 50 do 55 milijuna.

AMERIČKE, EVROPSKE I JAPANSKE KOMPANIJE ISTRAŽUJU NAFTU U EGIPTU

Prema pisanju časopisa »Oil and Gas Journal« više od 20 američkih, evropskih i japanskih kompanija uskoro će početi s istraživanjem nafte u Egiptu, uz investicije od oko 100 milijuna dolara u toku ove godine.

Oko 13 američkih, 7 evropskih i konzorcij nekoliko japanskih firmi obavit će podvodna istraživanja na površini od 27.213 kvadratnih milja i kopnena na površini od 25.700 kvadratnih milja.

Egipat je zatražio pomoć inozemnih kompanija jer planira da do 1980. godine poveća proizvodnju sirove nafte sa sadašnjih 200.000 barela dnevno, na milijun barela.

VEĆA SOVJETSKA PROIZVODNJA SIROVE NAFTE U PRVOM POLUGODIŠTU

Prema pisanju sovjetskog lista »Pravda« sovjetska proizvodnja sirove nafte povećala se u prvom polugodištu ove godine za 6,9 posto u usporedbi s odgovarajućim razdobljem prošle godine. List nije naveo točnu količinu ali se prema porastu u postocima proizvodnja procjenjuje na oko 240 milijuna metričkih tona. Očekuje se da će cjelokupna ovogodišnja proizvodnja sirove nafte u SSSR dostići nivo od 489,4 milijuna metričkih tona.

Najveći porast proizvodnje u prvih 6 mjeseci ove godine od 29,5 posto zabilježen je u zapadnom dijelu Sibira.

Sovjetska proizvodnja je prošle godine premašila američku i SSSR je postao vodeći proizvođač ove sirovine u svijetu.

MEKSIČKI PETROLEJ

Meksička državna petrolejska kompanija »Pemex« je jedino meksičko petrolejsko društvo cijelo u rukama meksičke države koje kontrolira sva petrolejska polja u Meksiku s dnevnom proizvodnjom od blizu 700 tisuća barela, i izvozom od oko 150 tisuća barela dnevno. Do sredine prošle godine Meksiko je bio uvoznik nafte ali su najnovija polja u džunglama Cijapasa omogućila povećanje proizvodnje i prve količine nafte za izvoz. Prema podacima iz mjerodavnih izvora ove godine su utvrđena nova naftonosna polja, kako u oblasti Cijapasa tako i u Meksičkom zaljevu na dnu Atlantika. Oskudica financijskih sredstava sprečava međutim, »Pemex« da znatnije poveća svoju proizvodnju.

NORVEŠKA PROIZVODNJA NAFTE

Eksploatacija nafte u norveškom području Sjevernog mora povećana je zbog rješenja nekih tehničkih problema, tako da sadašnja proizvodnja otprilike odgovara norveškoj potrošnji. Prema vijestima američke grupe »Philips« koja se bavi eksploatacijom na polju Ekofisk, dnevna proizvodnja trenutno iznosi u prosjeku, oko 20.000 tona (150.000 barela). Ako bi toliko ostalo u toku cijele godine Norveška bi u 1975. godini po prvi put svoje potrebe za naftom od 9 milijuna tona zadovoljila iz vlastitih izvora.

U 1976. godini firma »Philips« očekuje barem udvostručenje proizvodnje jer će početkom slijedeće godine biti pušten u pogon plinovod do Emdena. Do sada se zemni plin morao zajedno s naftom odvoditi u rezervoar jednim prilično kompliciranim tehničkim procesom. Cjelokupna nalazišta nafte na području Ekofisk, uključujući u svibnju susjedna polja, procijenjena su na 250 milijuna tona, a osim toga i ekvivalentnu količinu energije od zemnog plina. Maksimalna proizvodnja nafte u Ekofisku iznosit će od 1978. godine 40 milijuna tona godišnje.

BRAZIL ĆE SE SAM SNABDIJEVATI NAFTOM

Otkrivanjem novih nalazišta nafte Brazil očekuje da će sadašnju proizvodnju nafte, koja iznosi 190.000 barela dnevno,. za oko dvije godine povećati za 50 posto. Brazil još uvijek mora uvoziti 3/4 potrebne količine nafte, što mu odnosi skoro 10 milijuna dolara dnevno. Očekuje se da će nalazišta u obalnom pojasu do kraja sedamdesetih godina pokriti domaće potrebe za naftom.

ZAKON O STVARANJU REZERVNIH STOKOVA NAFTE U SAD

Američki senat odobrio je zakon o stvaranju rezervnih stokova nafte od više milijuna barela radi zaštite od eventualnog petrolejskog embarga i nestašice nafte. Po ovom zakonu, američka vlada će morati kupiti i uskladištiti dovoljno nafte koja bi podmirila potrošnju u slučaju potpunog obustavljanja uvoza u razdoblju od mjesec i po dana. Osim toga, zakon predviđa da se pojedinim oblastima SAD, koje uvozom podmiruju najmanje 25 posto ukupne potrošnje petrolejskih proizvoda, stvaraju rezervni stokovi derivata nafte, kao što je na primjer loživo ulje.

PORAST KINESKE PROIZVODNJE SIROVE NAFTE

Prema vijestima kineske novinske agencije (Hsinhua« cjelokupna kineska proizvodnja sirove nafte u prvih 6 mjeseci ove godine povećala se za 24 posto u usporedbi s istim mjesecima prošle godine. Proizvodnja derivata također je bila u porastu za 14 posto u odnosu na prvo polugodište 1974. godine.

Proizvodnja iz najvećeg petrolejskog polja »Taching« na sjeverozapadu Kine, premašila je predviđeni mjesečni nivo još u siječnju, dok je cjelokupna proizvodnja iz ovog petrolejskog polja u prvih 6 mjeseci bila u porastu za 14,9 posto u usporedbi s istim razdobljem protekle godine. Cjelokupna kineska proizvodnja sirove nafte trenutno je procijenjena na 1,3 milijuna barela dnevno.

Kina je u 1973. godini izvezla ukupno 2,1 milijuna tona nafte i 6,12 milijuna u 1974. godini. Najveći kupci kineske nafte za SAD su Japan, Korea, Vietnam, Hong Kong, Filipini i Tajland. Očekuje se da će do 1980. godine Japan uvoziti oko 70 posto ukupnog kineskog izvoza ove sirovine, ili 35 milijuna tona.

SMANJENI STOKOVI I PROIZVODNJA NAFTE U SVIJETU

Prema najnovijim podacima venezuelanske centralne banke Saidina, rezerve nafte u svijetu, osim zemalja istočne Evrope, smanjene su u travnju ove godine na tri milijarde i 350 milijuna barela, prema tri milijarde i 650 milijuna barela u travnju prošle godine.

Svjetska proizvodnja nafte u razdoblju od siječnja do travnja 1975. smanjena je na oko 40 milijuna barela dnevno, odnosno za 13,1 posto u usporedbi s istim razdobljem prošle godine. U spomenutom razdoblju, proizvodnja nafte u Libiji smanjena je za 47,4 posto, u Kuvajtu za 23,9 posto, u Nigeriji za 21,1 posto Venezueli za 18,8 Saudijskoj Arabiji za 15,6 i u Iranu za 8 posto.
EKOS TANJUGA (srpanj 1975).

URANOVA RUDAČA U ITALIJI

Rezerve uranove rudače kod mjesta Novazza u Val Seriana, sjeveroistočno od Bergama, cijene se na 1500 tona uranovog oksida i bile bi dovoljne za opskrbu termoelektrane od 1000 MW kroz deset godina. Eksploatacija rudišta započet će u 1979. godini, a u međuvremenu se očekuje da će se volumen raspoloživih rezervi povećati. — Ležište uranove rudače kod Novazza je za sada jedino otkriveno ležište u Italiji — (Erdöl-dienst, 29. Nr. (30. V 1975).

(V. B.)

NAFTA U SVIJETU U 1974. GODINI

Ukupna svjetska potrošnja energije u 1974 godini iznosila je 5,73 mlrd tona u ekvivalentu nafte, što je nakon gotovo trideset godina za oko 3% manje nego u prethodnoj godini.

Udio nafte u potrošnji iznosio je 46,5%, što je također nešto slabije nego u 1973. godini.

Situacija nafte u 1974. godini bila je ovakva (u mln tona);

Područje	Rezerve		Proizvodnja		Potrošnja	
	mln. t	%	mln. t	%	mln. t	%
Zapadna Evropa	3.476	3,6	15,9	0,6	661,6	24,8
SSSR i Ist. Evropa	11.746	12,1	480,1	16,7	430,6	16,2
Afrika	9.120	9.4	276,3	9,6	50,0	1,9
Bliski istok	55.014	56,5	1.081,4	37,7	71,1	2,7
Australija	296	0,3	17,9	0,6	27,0	1,0
Daleki istok	5.967	6,1	159,4	5,6	400,4	15,0
Sjev. Amerika	6.025	6,2	591,9	20,6	869,1	32,6
	5.692	5,8	247,3	8,6	153,4	5,8
Ukupno	97 336	100,0	2.870,2	100,0	2.663,2	100,0

Kako se iz tablice vidi, Zapadna Evropa ima doduše znatne rezerve nafte, ali još netvorene (Sjeverno more), proizvodnja je u svjetskim razmjerima neznatna, tj. samo 0,6% ali po potrošnji je odmah iza Sjeverne Amerike, tako da je gotovo potpuno ovisna o uvozu.

U SSSR i u stalim istočnoevropskim socijalističkim zemljama proizvodnja i potrošnja nafte gotovo je izjednačena, a raspoložive rezerve pokrivale bi potrebe još 25. godina.

Afrika svojim rezervama i svojom proizvodnjom učestvuje s gotovo 10% u svjetskim relacijama, ali u potrošnji ne dosiže ni 2%

Bliski istok je sa svojim rezervama i proizvodnjom na prvom mjestu, daleko ispred svih ostalih područja, ali po potrošnji tek ispred Afrike i Australije — čiji je udio u svjetskim razmjerima vrlo skroman.

Daleki istok, Sjeverna Amerika i ostala Amerika raspolažu s približno istim volumenom rezervi nafte, ali se po proizvodnji znatno razlikuju, jer je Sjeverna Amerika na svjetskoj ljestvici na drugom mjestu, dok Daleki istok ima četiri puta manju proizvodnju, a ostala Amerika daje gotovo dva i po puta manje.

Po potrošnji nafte Sjeverna Amerika je na prvom mjestu u svijetu, a Daleki istok se potrošnjom gotovo približio Sovjetskom savezu i ostalim socijalističkim zemljama Istočne Evrope. Potrošnja u ostaloj Americi je gotovo šest puta manja nego u Sjevernoj Americi.

Promatrajući svjetsku situaciju nafte u cjelini, valja istaći da su se rezerve nafte u 1974. godini, uzimajući u obzir i proizvodnju u toj godini, povećale za 14,8 mlrd tona, jer su početkom 1974. godine iznosile 85,3 mlrd tona. Raspoložive rezerve u 1974. godini, ukoliko se ne bi povećavale i uz proizvodnju od 2,9 mlrd tona trajale bi nešto više od 30 godina.

Uzimajući u obzir stanovništvo svijeta s 3.940 milijuna, prosječna bi potrošnja nafte po jednom stanovniku iznosila oko 675 kg, a ukupna potrošnja energije gotovo 1454 kg u ekvivalentu nafte prema podacima u »Eldorado 74«.

(V. B.)

POBOLJŠANJE TRANSPORTA U POLJSKOM RUDNIKU SIERSZA

Nedavno je u poljskom rudniku ugljena Siersza u vojvodstvu Krakow puštena u rad nova transportna traka, kojom se u tunelu dugom 3 km, širokom 5,7 m i visokom do 3,8 m doprema ugljen iz dubine od 350 m do sortirnice na površini i dalje do termoelektrane Siersza II. Na taj način se je eliminirao dosadašnji transport ugljena putem pretovara na transportne trake na raznim dubinama, a djelomično i željeznicom. Novim transportnim sistemom povećat će se proizvodnja ugljena u tom rudniku za 30% i iznosit će dnevno 12.000 tona. (Erdöl-dienst, 29. Nr. 41 3. VI 1975.).

(V. B.)

SVJETSKA PROIZVODNJA PRIRODNOG PLINA U 1974. GODINI

Svjetska proizvodnja nafte u 1974. godini dosegla je gotovo 1315 mlrd kub. metara, što je bilo za 44,5 mlrd kub. metara ili 3,5% više nego u 1973. godini kad je bilo proizvedeno oko 1268 mlrd kub. metara.

Struktura proizvodnje u 1974.		
	mlrd kub.	%
Zapadna Evropa	164,5	12,5
SSSR i Istočna Evropa	309,0	23,5
Afrika	2,2	0,2
Bliski istok	35,4	2,7
Australija	3,9	0,3
Daleki istok	22,3	1,7
Sjeverna Amerika	728,2	55,5
Ostala Amerika	47,2	3,6
Ukupno	1.312,7	100,0

U Zapadnoj Evropi najveći su proizvođači prirodnog plina Holandija (86,0 mlrd kub. metara i Velika Britanija (34,0 mlrd kub. metara), u Istočnoj Evropi Sovjetski savez (261,0 mlrd kub. metara), a u Sjevernoj Americi SAD s 633,6 mlrd kub. metara.

S obzirom na raspoložive rezerve od 67.580 mlrd kub. metara i iskazanu proizvodnju plin bi se mogao eksploatirati još oko 50 godina. (Eldorado, 74).

NOVO LEŽIŠTE UGLJENA U POLJSKOJ

Između Buga i Wiepreza, a blizu grada Lublina otvoren je nakon dugotrajnih potrebnih istražnih radova, novi veliki rudnik kamenog ugljena, čije se rezerve cijene na 40 mlrd tona. (Rezerve u Šleskoj, najbogatijeg poljskog revira ugljena cijene se na 80 mlrd tona). Novootvoreni rudnik nalazi se na dubini od 600 metara prema 300 do 500 metara u Šleskoj. Slojevi ugljena debeli su do 3,5 metara.

Taj rudnik će biti osposobljen za punu eksploataciju do 1980. godine, a do tada će se izgraditi jedna od predviđenih termoelektrana. U rudniku, termoelektranama i svim pratećim objektima bit će zaposleno 20.000 novih radnika. (Erdöl-dienst, 16. VI 1975).

(V. B.)

TEP

TVORNICA ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA, ZAGREB - VRAPČE

Proizvodi:

— KABELSKE GLAVE I SPOJNICE DO 35 kV,
— NISKONAPONSKE RAZVODNE UREĐAJE,
— S SVJETILJKE,
— S INSTALACIONI MATERIJAL I SIGNALNE UREĐAJE,
— INSTALACIONI MATERIJAL INDUSTRIJSKE NAMJENE.

TEP — Zagreb, Vrapče
Oranički odvojak 18

TELEFONI:
CENTRALA: 573-099
PRODAJA: 573-414
NABAVA: 573-336
TELEX: 21-361

HIDROFORI »RADE KONČAR«

Primjena

Primjena hidroforskih postrojenja je svestrana. Hidrofori s kotlovima zapremine 90, 130 i 180 litara upotrebljavaju se za opskrbu vodom manjih stambenih zgrada i pojedinih domaćinstava, iz bunara, cisterne, odnosno kada je tlak u cjevovodu prenizak. Mogu povući vodu iz dubine do 7 metara ispod ulaznog otvora pumpe.

Opis

Hidroforska postrojenja izrađena su prema standardu JUS M. E2.100. Sastoje se od tlačnog kotla s odgovarajućom opremom (tlačna sklopka i manometar) pumpnog agregata (vrtložna pumpa i elektromotor). Tlačni kotao je izrađen od čeličnog lima, a s unutrašnje i vanjske strane presvučen je tankim slojem plastične mase. Plastificiranje je najnoviji postupak, gdje je unutrašnja i vanjska dekorativna zaštita ujedno zaštita protiv korozije, a otporna je i na razne kemijske sastojke koji se nalaze u vodi.

Svi hidrofori navedeni u tablici imaju pumpe projektirane i ispitane u Elektrotehničkom institutu »Rade Končar«. Tehničke i eksploatacione karakteristike su prilagođene potrebama domaćeg i inozemnog tržišta.

Karakteristike agregata su:

— mala težina, male dimenzije,
— osiguravaju normalan rad i dobavu vode i kod sniženog napona i do 170 V,
— mogućnost rada na mjestima s mnogo prašine, vlage kao i na otvorenom prostoru,
— dozvoljena temperatura vode je 80°C, pa čak i više. Kod više temperature opada usisna visina.

Izbor hidrofora

Izbor odgovarajućeg tipa hidrofora ovisi o postojećoj električnoj mreži i naponu mreže (trofazna mreža 3 × 380 V ili 3 × 220 V, ili jednofazna mreža 220 V), o prosječnoj dnevnoj potrošnji vode i o potrebnoj manometarskoj visini (visini dizanja vode).

Tehničke karakteristike hidrofora

Tip hidrofora	Zapremina lit.	Gabarit		Najveći dozvoljeni tlak AT	Protok lit/min	Visina dizajna H M V'ST	Vrsta struje[1]	Snaga KW	Težina kp
		Visina H mm	Promjer D mm						
HMV1-90	90	880	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	43
HMV2-90	90	880	400	4	20—60	50—15	jednofaz.	0,75	46
HTV2-90	90	880	400		20—60	50—15	trofazna	0,75	46
HMV1-130	130	1210	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	51
HMV2-130	130	1210	400		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	54
HTV2-130	130	1210	400	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	54
HMV3-130	130	1210	400		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	55
HTV3-130	130	1210	400		42—78	30—10	trofazna	1,1	55
HMV1-180	180	1310	450		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	59
HMV2-180	180	1310	450		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	62
HTV2-180	180	1310	450	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	62
HMV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	63
HTV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	trofazna	1,1	63

[1] Pumpni agregati VPM imaju jednofazne motore za napon 220 V, 50 Hz
Pumpni agregati VPT imaju trofazne motore za napon 3×380 V (prespojivi na 3×220 V) 50 Hz

GOD. 24 (1975) energija BROJ 11—12

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

STRUKTURA TERMOELEKTRANA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU JUGOSLAVIJE U DALJOJ BUDUĆNOSTI

Hrvoje Požar — Božo Udovičić, Zagreb i Dejan Mandić, Beograd

Govori se o strukturi termoelektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije u daljoj budućnosti, kad će potrošnja električne energije u Jugoslaviji, kako se danas može predvidjeti, biti pet-šest puta veća nego danas i nekoliko stotina puta veća nego prije 30 godina. Prilike u budućem elektroenergetskom sistemu Jugoslavije imat će, sigurno, velikih reperkusija na odnose u elektroenergetskom sistemu Hrvatske kao dijelu sistema Jugoslavije.

DK 621.311.22

I. PROCJENA RAZVOJA KONZUMA I METODA ANALIZE

1. Uvod

U većini industrijskih i djelomično razvijenih zemalja, pa i u onima u kojima još postoje znatnije neiskorištene vodne snage, pojavljuje se problem strukture termoelektrana. S obzirom na današnje stanje razvoja tehnike, problem strukture svodi se na pitanje kakav je optimalni omjer između instaliranih snaga u konvencionalnim elektranama i instaliranih snaga u nuklearnim elektranama. Taj omjer ovisi o specifičnim investicijama za izgradnju postrojenja, o specifičnim troškovima za gorivo za oba tipa elektrana, ali i o rezervama ugljena i urana.

Prilikom određivanja strukture termoelektrana potrebno je poći od predviđenog razvoja konzuma, jer o tom razvoju ovisi tempo iskorištenja rezervi, pa provesti analizu za nekoliko nivoa konzuma da bi se utvrdila potrebna instalirana snaga termoelektrana, koja je ovisna o strukturi agregata, a pogotovo o jediničnim snagama agregata. U ovom radu polazi se od unaprijed utvrđenog tempa izgradnje hidroelektrana, jer bi uključivanje i izbora hidroelektrana u analizu znatno proširilo opseg analize s obzirom na to da se karakteristike hidroelektrana međusobno znatno razlikuju. Osim toga, tempo izgradnje hidroelektrana i njihove karakteristike mogu utjecati na potrebni nivo izgradnje termoelektrana, ali ne mogu bitno utjecati na strukturu termoelektrana, pogotovo kad se radi o relativno velikim snagama u termoelektranama u odnosu prema maksimalnom opterećenju sistema, što je slučaj — kako će se vidjeti — u budućem elektroenergetskom sistemu Jugoslavije. To vrijedi i za pumpno-akumulacijska postrojenja unatoč činjenici da će izgradnja takvih postrojenja na pogodnim lokacijama biti opravdana i korisna u elektroenergetskom sistemu.

Termoelektrane na bazi tekućih i plinovitih goriva nisu uključene u analizu, jer su mogućnosti njihove izgradnje ograničene zbog ograničenih količina tekućih i plinovitih goriva, pa će u budućnosti njihova upotreba za proizvodnju električne energije doći u obzir samo u rezervnim elektranama s iskorištenjem od nekoliko stotina sati godišnje. Takva goriva, naime, koliko se može danas ustanoviti — moći će se racionalnije upotrijebiti u druge svrhe.

Nije, međutim, dovoljno odrediti samo omjer dvaju tipova termoelektrana bez obzira na jediničnu snagu agregata, jer snaga pojedinačnih agregata, kako će se vidjeti, utječe na ukupnu potrebnu snagu termoelektrana i na potrebnu rezervu u sistemu.

2. Predviđeni razvoj konzuma

Određivanje strukture agregata izvršeno je odvojeno za dva područja Jugoslavije, da se bolje utvrdi utjecaj prijenosa, i to za istočno (SR Srbija, SR Makedonija i SR Crna Gora) i zapadno područje (SR Slovenija, SR Hrvatska, te SR Bosna i Hercegovina). Analiza je provedena za 3 nivoa konzuma, koji se mogu očekivati oko 1983, 1991. i 2000. godine. Radi jednostavnijeg označavanja spomenuti nivoi konzuma nazvani su konzum 80 TWh, konzum 140 TWh i konzum 240 TWh, što

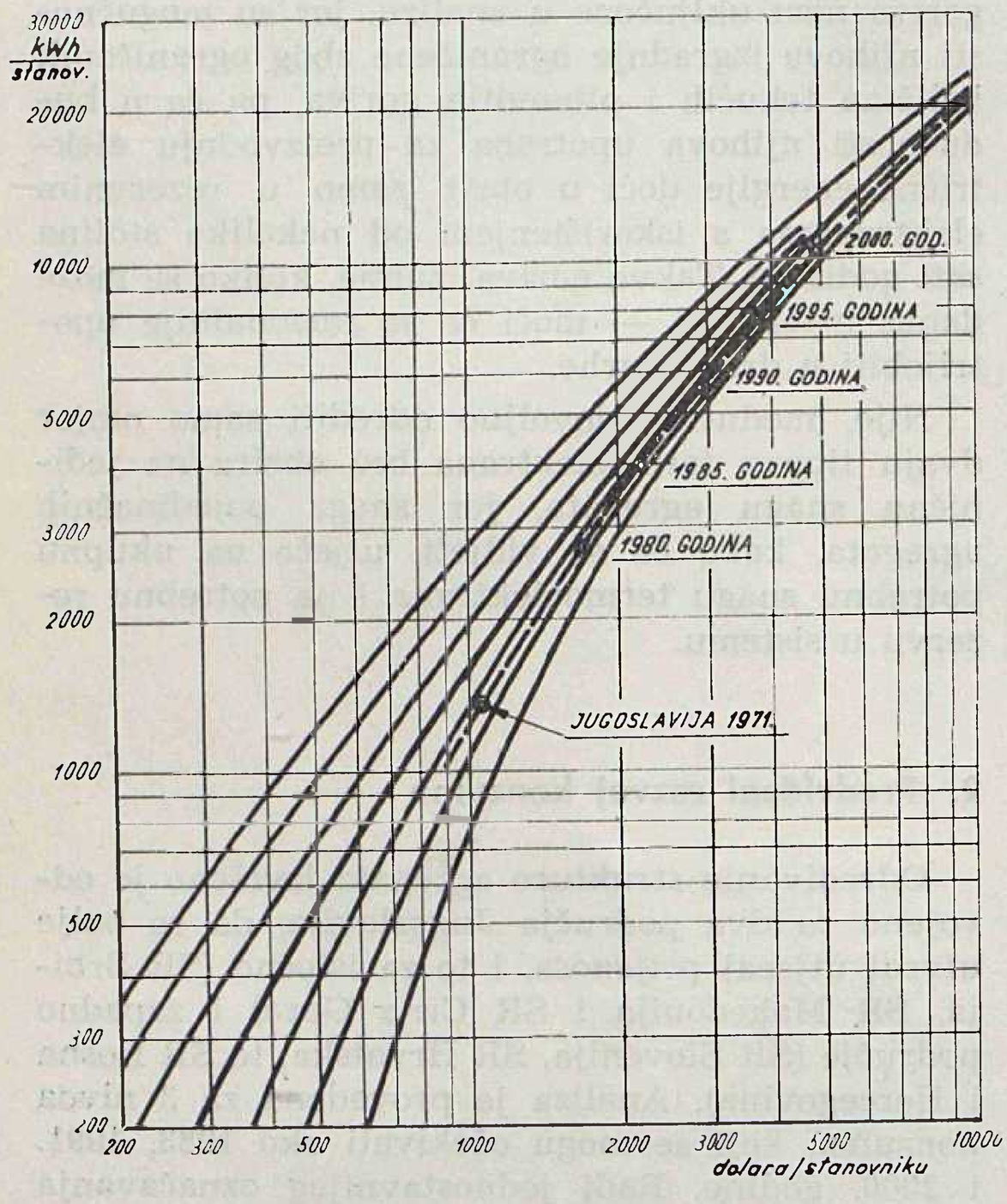
odgovara zaokruženim potrebama električne energije u Jugoslaviji u promatranim razdobljima. Računato je s ovim potrebama električne energije i ovim maksimalnim godišnjim opterećenjima (na pragu elektrana):

Nivo konzuma	Istočno područje	Zapadno područje	Jugoslavija
konzum 80 TWh			
potrebna energija god.	41718	40556	82274 GWh
maks. opterećenje	7097	6452	13549 MW
konzum 140 TWh			
potrebna energija god.	76432	66340	142772 GWh
maks. opterećenje	13123	10817	23940 MW
konzum 240 TWh			
potrebna energija god.	131679	112896	244575 GWh
maks. opterećenje	22586	18566	41152 MW

Vrijeme korištenja maksimalnog opterećenja u zapadnom je području veće nego u istočnom, jer je u zapadnom području veći udio velikih konstantnih potrošača (lučne peći, elektrolize aluminija).

Sigurno je važno ocijeniti vjerojatnost ostvarenja pretpostavljenog konzuma, jer o njemu ovisi ne toliko struktura agregata u termoelektranama koliko potrebni tempo izgradnje termoelektrana i tempo iskorištenja rezervi primarnih oblika energije.

Dosadašnji razvitak potrošnje električne energije u svim zemljama pokazuje da je stalno ostvarivan porast potrošnje. To vrijedi i za razvijene zemlje, a pogotovo za manje razvijene. Može se, naime, konstatirati, da je u manje razvijenim zemljama porast potrošnje električne energije veći nego u razvijenijim zemljama. Osim toga postoji dobra korelacijska veza [1] između društvenog proizvoda po stanovniku, koji je mjera razvijenosti, i potrošnje električne energije po stanovniku. Ta korelacijska veza pokazuje da se u zemljama s relativno velikom potrošnjom električne energije po stanovniku ostvaruje u pravilu niži godišnji porast.



Sl. 1. Veza društvenog dohotka po stanovniku i potrošnje električne energije po stanovniku [1] (unesene su vrijednosti za slučaj porasta društvenog proizvoda od 5,5% godišnje)

Prema podacima u [2], Jugoslavija se, s obzirom na potrošnju električne energije po stanovniku, nalazi na dnu liste evropskih zemalja. Manju potrošnju po stanovniku imaju samo Grčka, Portugal i Albanija.

Korelacijska veza [1] između društvenog proizvoda i potrošnje energije određena je na bazi podataka za 111 zemalja za razdoblje od 1961. do 1968. godine. Na sl. 1. prikazane su krivulje do kojih se dolazi na temelju analize u [1]. Treba napomenuti da su podaci o društvenom proizvodu u US dolarima, preračunati na vrijednost u 1970. godini, a u [1] računato je s vrijednošću US dolara iz 1964. godine. To proračunaravanje izvršeno je uz pretpostavku da je vrijednost dolara u 1964. godini bila za 17% viša nego u 1970. To je učinjeno jer je društveni proizvod u Jugoslaviji u [3] određen prema vrijednosti dolara iz 1970. godine.

Budući da međusobna veza između društvenog proizvoda i potrošnje električne energije ovisi i o strukturi industrijskih potrošača s obzirom na intenzitet potrošnje električne energije, na sl. 1. nacrtana je familija krivulja. Odabire se ona krivulja koja odgovara početnoj godini razmatranja za pojedinu zemlju.

Da bi se utvrdile potrebne količine električne energije u budućnosti, potrebno je procijeniti razvitak društvenog proizvoda po stanovniku. Kao osnova za ovo razmatranje prihvaćene su procjene u [3], koje se odnose na razdoblje do 1985. godine. Prema [3] prosječni godišnji porast društvenog proizvoda za razdoblje 1954. do 1970. godine iznosio je 7,6%, a za buduće razdoblje računalo se s prosječnim godišnjim porastom od 6,9%. Uzevši u obzir porast broja stanovnika, dolazi se do stope porasta društvenog proizvoda po stanovniku od 6,5% za razdoblje od 1954. do 1970. godine, odnosno do stope porasta od 5,9% za razdoblje do 1985. godine.

Za daljnju budućnost (nakon 1985. godine) račun je proveden uz pretpostavku da će stopa godišnjeg porasta iznositi 4,5%, 5,0% i 5,5%.

Polazeći od 1971. godine, dolazi se do krivulje (crtkana krivulja) u dijagramu na sl. 1, koja je mjerodavna za određivanje veze između društvenog proizvoda po stanovniku i potrošnje električne energije po stanovniku.

Na osnovi pretpostavaka o porastu društvenog proizvoda dolazi se do ovih podataka:

Godina	Društveni proizvod US $ po stan.	Potrošnja el. energije kWh/stan.	Potrošnja el. energije TWh/god.
1980.	1655	2760	63,0
1985.	2202	4000	96,1
nakon 1985. g. porast društvenog proizvoda 4,5% godišnje			
1990.	2744	5290	133,6
1995.	3419	6760	179,6
2000.	4260	8560	239,1
nakon 1985. g. porast društvenog proizvoda 5,0% godišnje			
1990.	2810	5450	137,7
1995.	3586	7130	189,4
2000.	4576	9150	255,6
nakon 1985. g. porast društvenog proizvoda 5,5% godišnje			
1990.	2878	5620	142,0
1995.	3762	7500	199,3
2000.	4917	9770	273,0

Na sl. 2. prikazan je razvoj potrošnje električne energije prema navedenim pretpostavkama. U isti dijagram uneseni su podaci o konzumu s kojim je određivana struktura termoelektrana. Vidi se da točke koje odgovaraju konzumima 80, 140 i 240 TWh odgovaraju porastu društvenog proizvoda između 4,5% i 5% godišnje.

Korelacijska veza između društvenog proizvoda i potrošnje električne energije osniva se na odnosima koji su ostvareni u prošlosti. U budućnosti, međutim, mogu se očekivati nova područja primjene električne energije. Uređaji za pročišćavanje zraka i vode tražit će dodatne količine električne energije. Cestovni promet — kako se danas može ocijeniti — pogotovo u velikim urbanim cjelinama, vjerojatno će se osnivati na električnoj energiji. Upotreba akumulacijskih peći za grijanje prostorija bit će u daljnjem razvitku sve opravdanija zbog sve većeg udjela termoenergije u elektroenergetskom sistemu, pa treba očekivati njihovu sve veću upotrebu u područjima koja neće biti opskrbljena plinom. Sve to pokazuje da se u budućnosti može očekivati i veća potrošnja električne energije od one koja se može procijeniti na bazi ekstrapolacije prilika iz prošlosti. Čini se, zbog toga, da se procjene buduće potrošnje električne energije na temelju korelacije s društvenim proizvodom mogu smatrati prije pesimističke nego optimističke. To, naravno, vrijedi ako su procjene rasta društvenog proizvoda u granicama realnosti.

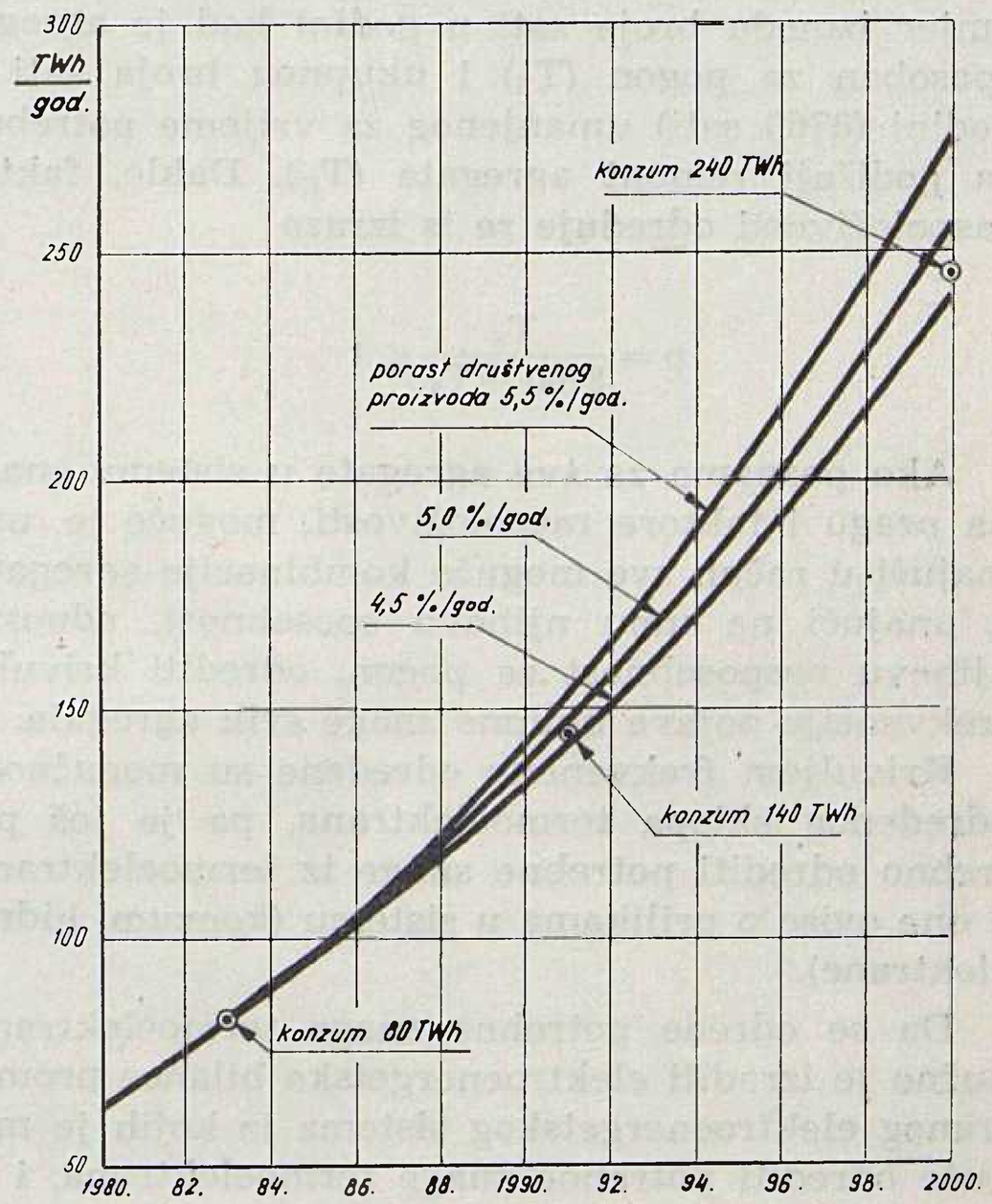
Radi se, dakle, o vrlo velikim količinama električne energije, naročito kad se usporedi s današnjom razinom potrošnje (35 TWh u 1973. godini). Predviđeni razvitak potrošnje električne energije, međutim, nije izvan okvira onog što je već ostvareno u pojedinim zemljama. Za ilustraciju navodi se nekoliko primjera. Potrošnja električne energije predviđena u Jugoslaviji u 1980. godini odgovara postignutoj potrošnji po stanovniku u Francuskoj u 1970. godini, a potrošnja predviđena u nas u 1985. godini postignuta je u SR Njemačkoj već u 1970. godini. Može se dalje procijeniti da će ona potrošnja po stanovniku koja će biti dostignuta u 1975. godini u SAD i Švedskoj, biti ostvarena u Jugoslaviji krajem stoljeća, odnosno u 2000. godini.

3. Metoda elektroenergetske analize

3.1. Osnove metode

Analiza elektroenergetskih prilika u sistemu provedena je metodom konstantne i varijabilne energije [4], [5], [6], koja se osniva na podjeli konzuma i proizvodnje elektrana na varijabilni i konstantni dio. Analiza je provedena za 40-godišnje hidrološke prilike (1926. do 1965. godine), da bi se uzeo u obzir utjecaj godišnjih i sezonskih promjena dotoka u hidroelektrane. Kao osnovno vremensko razdoblje promatran je jedan mjesec, pa je računato sa srednjim mjesečnim protocima. Prema tome, svi se rezultati osnivaju na 480 podataka, što osigurava reprezentativnost modela i dovoljnu sigurnost u određivanju sigurnosti opskrbe potrošača. Upotreba akumulacijskih bazena hidroelektrana određena je metodom graničnih stanja [7].

Prilikom određivanja iskorištenja vode u hidroelektranama i potrebne snage iz termoelektrana uzeta je u obzir ne samo potrebna snaga i energija za zadovoljenje konzuma, nego i potrebna snaga za osiguranje rotirajuće rezerve [5], [6], te osiguranje potrebnog vremena za remont agregata



Sl. 2. Razvoj konzuma električne energije u Jugoslaviji između 1980. i 2000. godine

u termoelektranama ([5], [6]). U svim slučajevima osigurana je snaga za rotirajuću rezervu u iznosu koji je jednak snazi na pragu elektrane agregata najveće snage, i to u prvom redu iz hidroelektrana, ako se pojavljuju neiskorištene snage u hidroelektranama, a zatim iz termoelektrana za razliku između potrebne snage za rotirajuću rezervu i neiskorištenih snaga iz termoelektrana. Račun je proveden uz pretpostavku da je za agregate snage manje od 300 MW potreban jedan mjesec, a za agregate većih snaga dva mjeseca za redovni godišnji remont.

U svim slučajevima potrebne snage termoelektrana određene su uz zahtjev da je osigurana opskrba potrošača uz sigurnost od 90%, što znači da je u 90% slučajeva od 480 promatranih osigurana potpuna opskrbljenost potrošača. Što to praktično znači, može se ilustrirati podatkom da se na taj način zadovoljava oko 99,75% od potrebnog konzuma. Može se, naime, pokazati da nije ekonomski opravdano graditi takav elektroenergetski sistem koji bi i uz najnepovoljnije hidrološke prilike osigurao potpunu opskrbu potrošača ([4], [8]), a pogotovo kad u sistemu postoje veliki potrošači (lučne peći, elektrolize) [9].

3.2. Faktor raspoloživosti u elektroenergetskom sistemu

U elektroenergetskom sistemu postoji veći broj agregata u termoelektranama (n agregata). Svaki agregat (n-ti agregat) karakteriziran je maksimalnom snagom na pragu (P_n) i faktorom raspoloživosti agregata (p_n).

Faktor raspoloživosti agregata definiran je kao omjer između broja sati u godini kad je agregat sposoban za pogon (T_S) i ukupnog broja sati u godini (8760 sati) umanjenog za vrijeme potrebno za godišnji remont agregata (T_R). Dakle, faktor raspoloživosti određuje se iz izraza

$$p = \frac{T_S}{8760 - T_R} < 1 \qquad (1)$$

Ako poznamo za sve agregate u sistemu snage na pragu i faktore raspoloživosti, moguće je, uzimajući u račun sve moguće kombinacije agregata, a imajući na umu njihovu sposobnost, odnosno njihovu nesposobnost za pogon, odrediti krivulju frekvencije pojave ukupne snage svih agregata.

Krivuljom frekvencije određene su mogućnosti određenog sklopa termoelektrana, pa je još potrebno odrediti potrebne snage iz termoelektrana, a one ovise o prilikama u sistemu (konzum, hidroelektrane).

Da se odrede potrebne snage termoelektrana, nužno je izraditi elektroenergetske bilance promatranog elektroenergetskog sistema iz kojih je moguće odrediti potrebne snage termoelektrana, i to za potpuno zadovoljenje konzuma, dakle bez obzira na termoelektrane kojima se računa kad se određuje krivulja frekvencije. U te potrebne snage termoelektrana treba uključiti i snagu termoelektrana koja se mora angažirati za osiguranje rotirajuće snage u sistemu, kao i snagu onih agregata u termoelektranama koji se u promatranom vremenskom razdoblju nalaze u remontu. Snage agregata u remontu treba dodati ostalim angažiranim snagama, jer se mogu smatrati angažiranim, istina bez proizvodnje energije, i to s rasporedom koji odgovara prilikama u promatranom elektroenergetskom sistemu. Kad se, naime, ne bi snaga agregata u remontu smatrala kao angažirana snaga, trebalo bi faktor raspoloživosti p (1) definirati kao omjer T_S i 8760 sati, a to bi naravno dovelo do manjeg faktora raspoloživosti agregata, pa bi i raspoložive snage termoelektrana postale manje. S druge strane, i potrebne snage iz termoelektrana postale bi manje, pa se konačni rezultat ne bi znatnije promijenio, ali bi se izgubio utjecaj rasporeda agregata u termoelektranama, koji je posljedica karakteristika u sistemu. Zbog svega toga potrebne snage termoelektrana sadržavaju snage potrebne za zadovoljenje konzuma, potrebne snage za osiguranje rotirajuće rezerve i snage agregata u termoelektranama koji se nalaze u redovnom godišnjem remontu.

Ako su određene tako definirane snage za sva vremenska razdoblja, može se doći do krivulje frekvencija potrebnih snaga iz termoelektrana, a iz nje i do krivulje vjerojatnosti potrebnih snaga termoelektrana.

Pomoću podataka o mogućnostima sklopa termoelekrtana i o potrebnim snagama iz termoelektrana određuju se viškovi i manjkovi snage u sistemu, pa i vjerojatnost uz koju ne postoje ni viškovi ni manjkovi snage. Ta vjerojatnost, naime, predstavlja sigurnost opskrbe potrošača odnosno vjerojatnost da će potrošači biti potpuno opskrbljeni električnom energijom.

Poznavajući potrebnu sigurnost opskrbe potrošača, iz krivulje vjerojatnosti potrebne snage termoelektrana određuje se potrebna snaga termoelektrana. To je potrebna raspoloživa snaga termoelektrana P_r, koju bi termoelektrane trebale staviti na raspolaganje sistemu za opskrbu potrošača, za osiguranje rotirajuće rezerve i za osiguranje potrebnog vremena za remont svakog agregata. Omjer između snage P_r i sume snaga svih agregata u termoelektranama nazvan je faktorom raspoloživosti sklopa termoelektrana u sistemu, koji je definiran relacijom

$$f = \frac{P_r}{\sum_n P_n} \qquad (2)$$

gdje je P_n snaga n-tog agregata na pragu elektrane. Faktor raspoloživosti f ima vrijednost manju od jedan.

Daljnje razmatranje ne bi bilo potrebno, ako se ne žele odrediti troškovi za gorivo u termoelektranama sistema. Tada je, naime, potrebno

poznavati potrebnu proizvodnju svakog agregata u termoelektranama — jer bismo se tada mogli zadovoljiti konstatacijom da je potrebno imati u sistemu rezervu snage u termoelektranama koja se može odrediti iz relacije

$$r = \frac{\sum_n P_n}{P_r} = \frac{1}{f} \qquad (3)$$

Tada nas, naime, ne interesira koji će agregat služiti kao rezerva, već je dovoljno odrediti potrebnu snagu svih termoelektrana u sistemu.

Svakako da će se pogon u sistemu voditi na taj način da se u prvom redu angažiraju termoelektrane s najnižim troškovima za gorivo, a zatim termoelektrane sa sve većim troškovima za gorivo, uzimajući, naravno, pri tom u obzir samo termoelektrane koje nisu nesposobne za pogon bilo zbog kvara bilo zbog remonta. Budući da nije moguće odrediti kad će koji agregat biti u kvaru, a da se odredi potrebna proizvodnja svakog agregata, jedna je mogućnost da se račun provede uz pretpostavku da su kvarovi na agregatima raspodijeljeni na sve agregate, odnosno praktički da se računa sa snagom agregata koja je manja od snage na pragu. Na taj način uvodi se u račun vjerojatno najmanja moguća pogreška, ali uz uvjet da se prilikom smanjivanja snage agregata uzme u obzir i njegova pojedinačna raspoloživost.

Da se odredi raspoloživa snaga svakog pojedinog agregata, korisno je uvesti korekcijski faktor k, kojim se korigira individualni faktor raspoloživosti agregata p_n da se dođe do faktora raspoloživosti agregata u sistemu φ_n. Međusobna veza tih triju veličina definirana je relacijom

$$\varphi_n = k\, p_n, \qquad (4)$$

pa se na taj način u faktor raspoloživosti agregata u sistemu φ_n uključuje i individualni faktor raspoloživosti agregata p_n. Naravno da mora biti zadovoljena relacija

$$\sum_n \varphi_n P_n = f \sum_n \qquad (5)$$

jer zbroj raspoloživih snaga agregata u sistemu (lijeva strana) mora biti jednak raspoloživoj snazi termoelektrana u sistemu P_r (2), koja se nalazi na desnoj strani uvjeta (5).

Korekcijski faktor definiran je relacijom

$$k = \frac{f \sum_n P_n}{\sum_n p_n P_n} \qquad (6)$$

gdje je u brojniku raspoloživa snaga agregata u sistemu, a u nazivniku suma individualnih raspoloživih snaga agregata.

Prema tome, raspoloživa snaga svakog agregata u sistemu određuje se iz relacije

$$P_{rn} = \varphi_n P_n = k p_n P_n \qquad (7)$$

pa je to maksimalna snaga agregata kojom se računa u elektroenergetskim bilancama, te se na temelju te snage određuje i potrebna, odnosno moguća proizvodnja svakog od agregata.

Prilikom analize prilika u sistemu, kad se radi o daljoj budućnosti, potrebno je odrediti ukupnu potrebnu snagu termoelektrana za zadani konzum i za zadanu sigurnost opskrbe potrošača, ali i faktor raspoloživosti sklopa termoelektrana, je on ovisi o ukupnoj snazi termoelektrana i o karakteristikama svakog od agregata, što slijedi iz relacije (6). Zbog toga je razvijen iterativni postupak, koji je primijenjen u ovoj analizi, a koji je opisan u [24].

Kao ilustracija rezultata jedne od analiza provedenih u [10], navode se u slijedećoj tablici podaci o faktorima raspoloživosti, potrebnim raspoloživim snagama i potrebnoj snazi na pragu termoelektrana. Podaci se odnose za slučaj kad se svi novi agregati grade kao agregati 300 MW na generatoru (»sve 300«), kad je jedan agregat snage 600 MW, a svi ostali potrebni novi agregati snage po 300 MW (»1 × 600 + 300«), itd. Dolazi se do ovih podataka:

Agregat	Faktor raspoloživosti	Potrebna raspoloživa snaga TE MW	Potrebna snaga TE na pragu MW
sve 300	0,825104	4319,3	5234,9
1 × 600 + 300	0,817033	4439,0	5433,1
2 × 600 + 300	0,810954	4440,7	5475,9
3 × 600 + 300	0,805948	4441,7	5511,1
4 × 600 + 300	0,800510	4441,8	5548,7
5 × 600 + 300	0,796527	4442,5	5577,3
sve 600	0,792818	4443,4	5605,0

Do znatnog povećanja potrebne snage na pragu termoelektrana izgradnjom prvog agregata snage 600 MW (1 × 600 + 300) u odnosu prema agregatima snage 300 MW (sve 300) dolazi zbog potrebe osiguranja povećane rotirajuće rezerve. Do daljnjeg povećanja potrebne snage na pragu termoelektrana dolazi zbog sve većeg broja agregata snage 600 MW, pa oni djeluju na smanjenje faktora raspoloživosti, jer njihov ispad ima veći utjecaj na prilike u sistemu i jer je teže naći pogodno vrijeme za remont takvih agregata.

3.3. Analiza utjecaja strukture agregata u termoelektranama na prilike u elektroenergetskom sistemu

Da bi se odredila optimalna kombinacija agregata u termoelektranama, analizirane su prilike u sistemu za veći broj kombinacija agregata. Pri tome je za svaku kombinaciju provedena elektro-

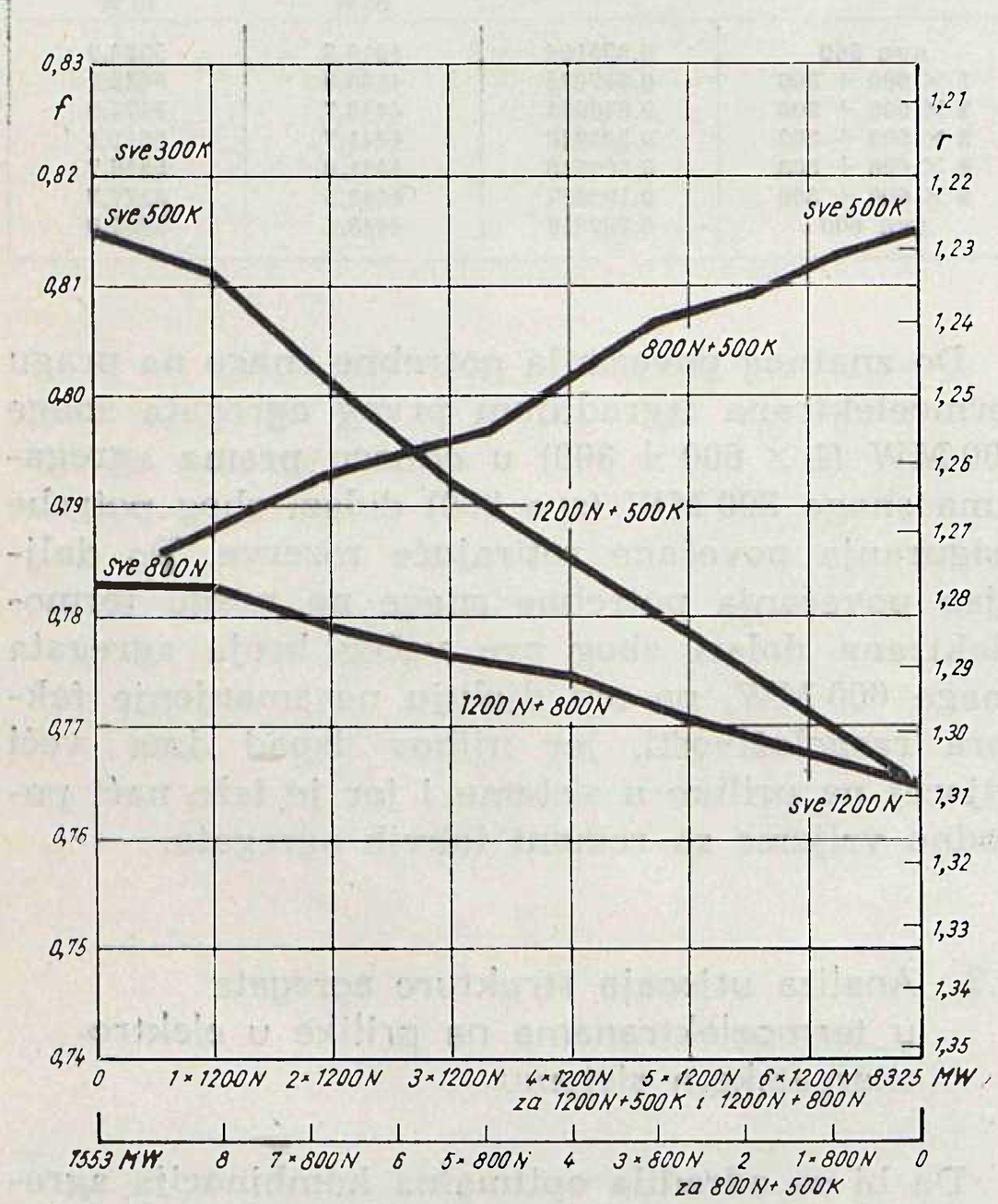
energetska analiza koja obuhvaća određivanje faktora raspoloživosti, mogućnosti iskorištenja vode u hidroelektranama i snage hidroelektrana, ukupnu potrebnu raspoloživu snagu termoelektrana, a odatle i potreban broj dopunskih agregata, raspored remonta svih agregata u termoelektranama, način angažiranja svakog od agregata i njihovu potrebnu proizvodnju da bi se utvrdili troškovi za gorivo u svim termoelektranama, jer u principu svaki agregat može imati različite specifične troškove za gorivo. Sve su analize provedene za 40-godišnje razdoblje, odnosno za 480 mjeseci hidroloških podataka. Pomoću tih podataka moguće je za svaku analiziranu kombinaciju agregata odrediti potrebne investicije za nove agregate i godišnje troškove u sistemu u kojima su obuhvaćeni troškovi za gorivo postojeće i za nove agregate, jer izgradnja novih agregata utječe na proizvodnju postojećih agregata pa i na njihove troškove za gorivo. Iz tih podataka može se odrediti i zbroj investicija i aktualiziranih troškova.

Radi ilustracije metode prikazat će se detaljnije rezultati analize za jedan od promatranih nivoa konzuma (140 TWh u istočnom području).

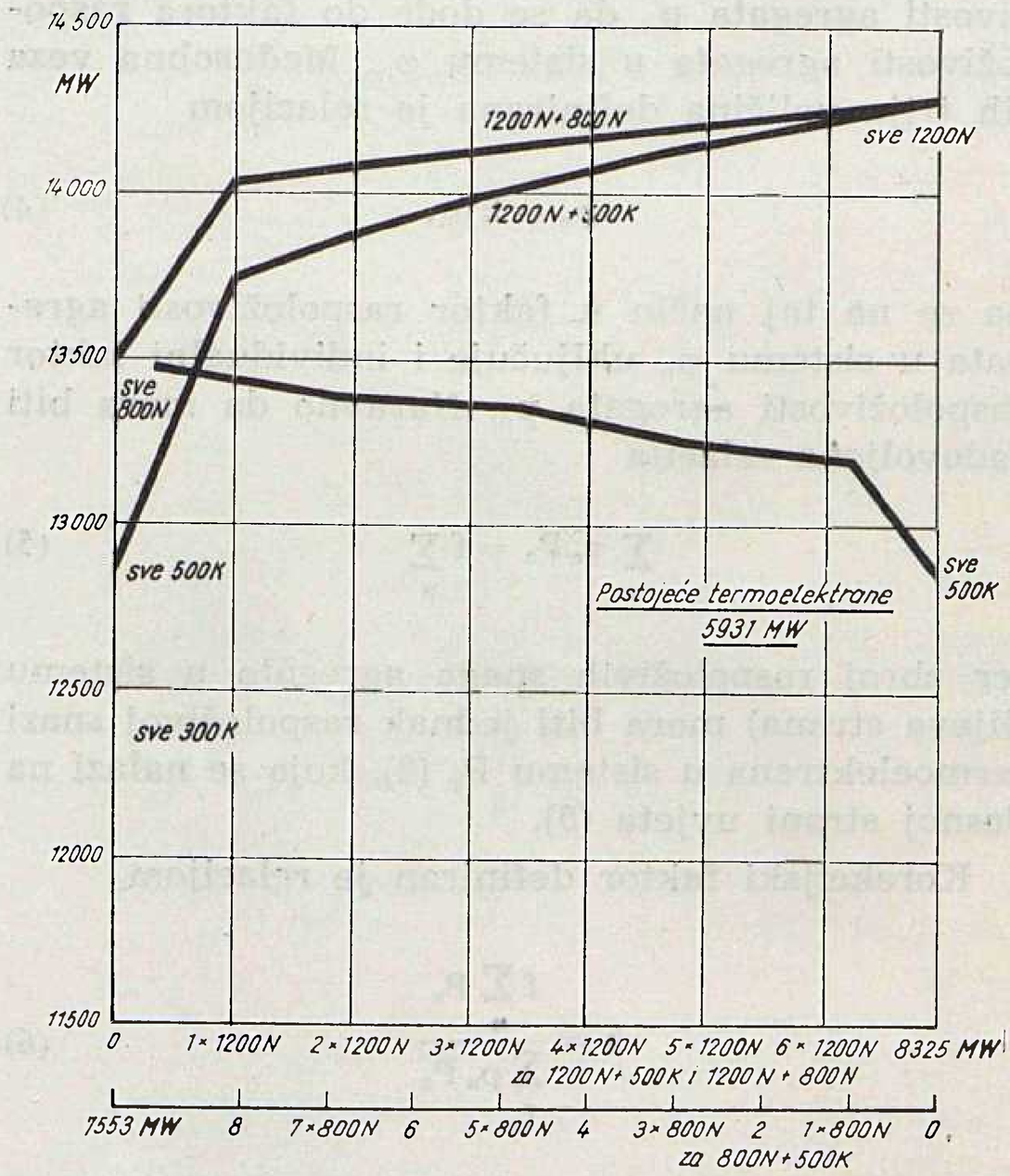
Za pokriće tog konzuma mogu se, to je polazna pretpostavka, graditi — osim postojećih termoelektrana i osim predviđenih hidroelektrana — agregati od 300 MW i 500 MW u konvencionalnim termoelektranama i agregati od 800 MW i 1200 MW u nuklearnim elektranama. Radi jednostavnijeg označavanja uvedene su oznake K (kruto gorivo) i N (nuklearno gorivo). Pa je npr. agregat snage 300 MW u konvencionalnoj termoelektrani označen s 300 K, a agregat snage 600 MW u nuklearnoj elektrani sa 600 N.

Promatrane su ove kombinacije agregata: 500 K + 800 N, 500 K + 1200 N i 800 N + 1200 N, a radi usporedbe određene su prilike za slučaj kad se grade kao novi agregati samo agregati 300 K (oznaka »sve 300 K«). Kad se razmatra npr. izgradnja agregata 500 K i 1200 N, analizirane su prilike za slučaj kad se grade samo agregati 500 K (»sve 500 K«), kad se gradi 1 agregat snage 1200 MW u nuklearnoj elektrani, a ostali agregati od po 500 MW u konvencionalnim termoelektranama (»1 × 1200 N + 500 K«), kad se grade 2 agregata snage 1200 MW u nuklearnim elektranama, a ostali agregati snage 500 MW u konvencionalnim termoelektranama (»1 × 1200 N + 500 K«) itd., sve do slučaja kad se grade samo agregati snage 1200 MW u nuklearnim elektranama (»sve 1200 N«). Analogno je postupano kad su razmatrane ostale kombinacije agregata.

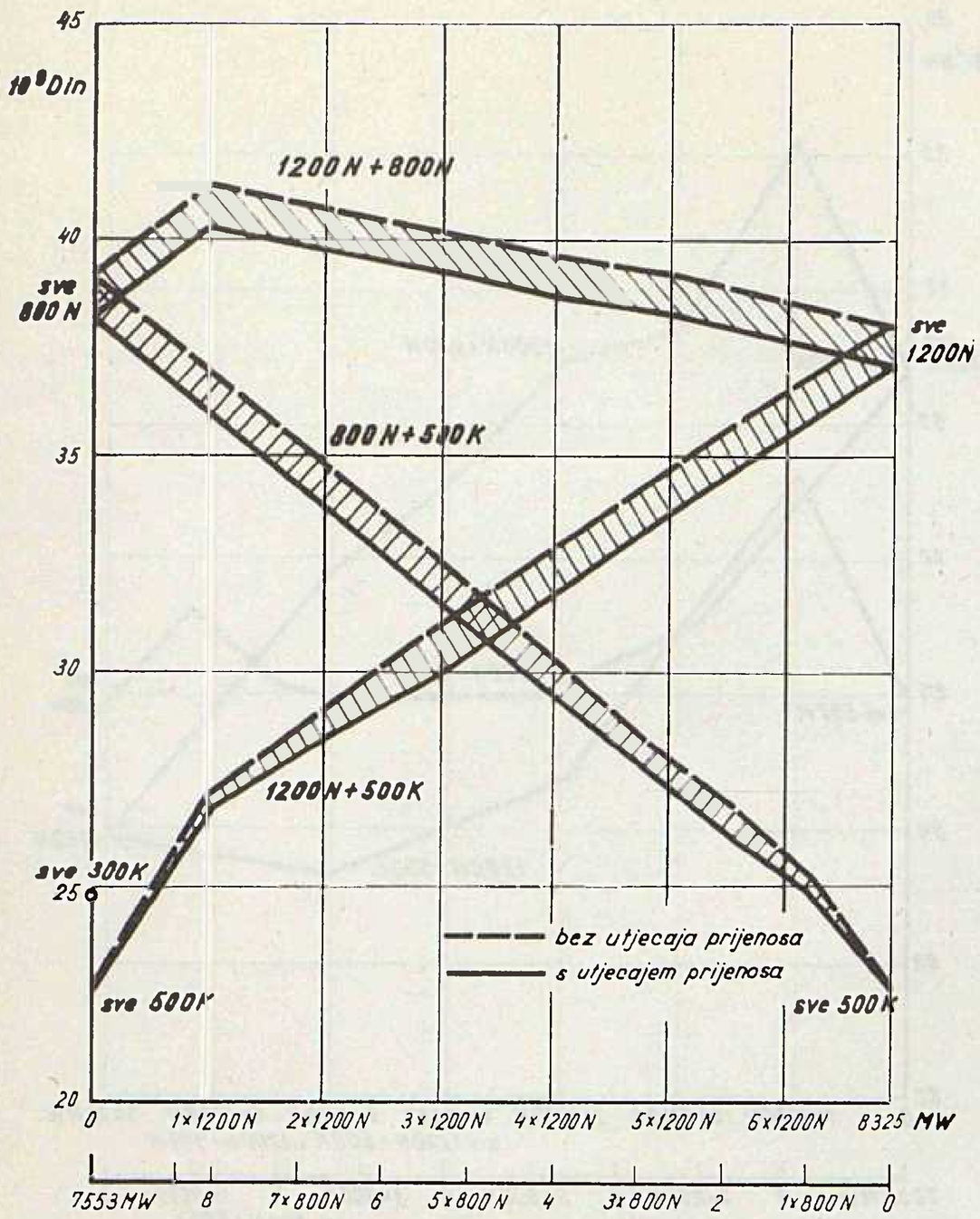
Na sl. 3. prikazana je ovisnost faktora raspoloživosti i faktora rezerve o strukturi novih agregata u termoelektranama. Na apscisu su nanesena dva mjerila: gornje se odnosi na kombinacije u kojima se pojavljuju agregati 1200 N, a donje za kombinaciju 800 N + 500 K. U prvom slučaju upisane su snage agregata 1200 N, a u drugom agregatu 800 N. Tako oznaka 1 × 1200 N znači da postoji jedan agregat 1200 N, a ostali su agregati ovog tipa oni koji su označeni uz krivulju. Fak-



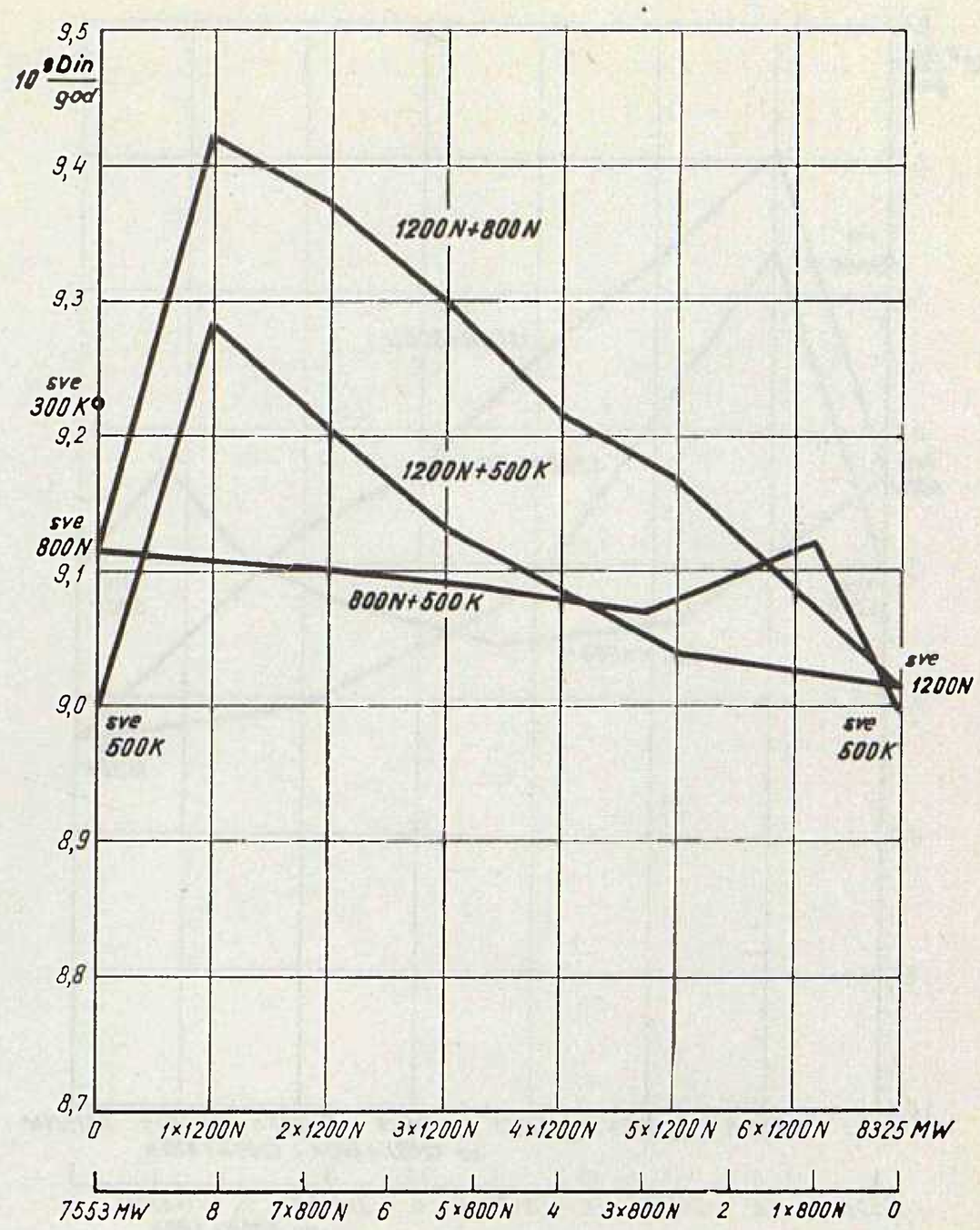
Sl. 3. Faktor raspoloživosti (f) i faktor rezerve (r) sklopa termoelektrana u ovisnosti o strukturi novih agregata u termoelektranama



Sl. 4. Ukupna instalirana snaga termoelektrana u ovisnosti o strukturi novih agregata u termoelektranama



Sl. 5. Potrebne investicije za nove termoelektrane u ovisnosti o strukturi novih agregata u termoelektranama



Sl. 6. Godišnji troškovi u sistemu u ovisnosti o strukturi novih termoelektrana — bez utjecaja prijenosa

tor je raspoloživosti to manji što su agregati veće snage i što je broj takvih agregata veći. Najniži se faktor raspoloživosti dobije kad se pretpostavi da svi novi agregati imaju jediničnu snagu 1200 MW (»sve 1200 N«), dok se najveći faktor raspoloživosti dobije za kombinaciju »sve 500 K«, a još veći za kombinaciju »sve 300 K«. Naravno da je prilikom određivanja faktora raspoloživosti uzet u obzir i utjecaj postojećih agregata.

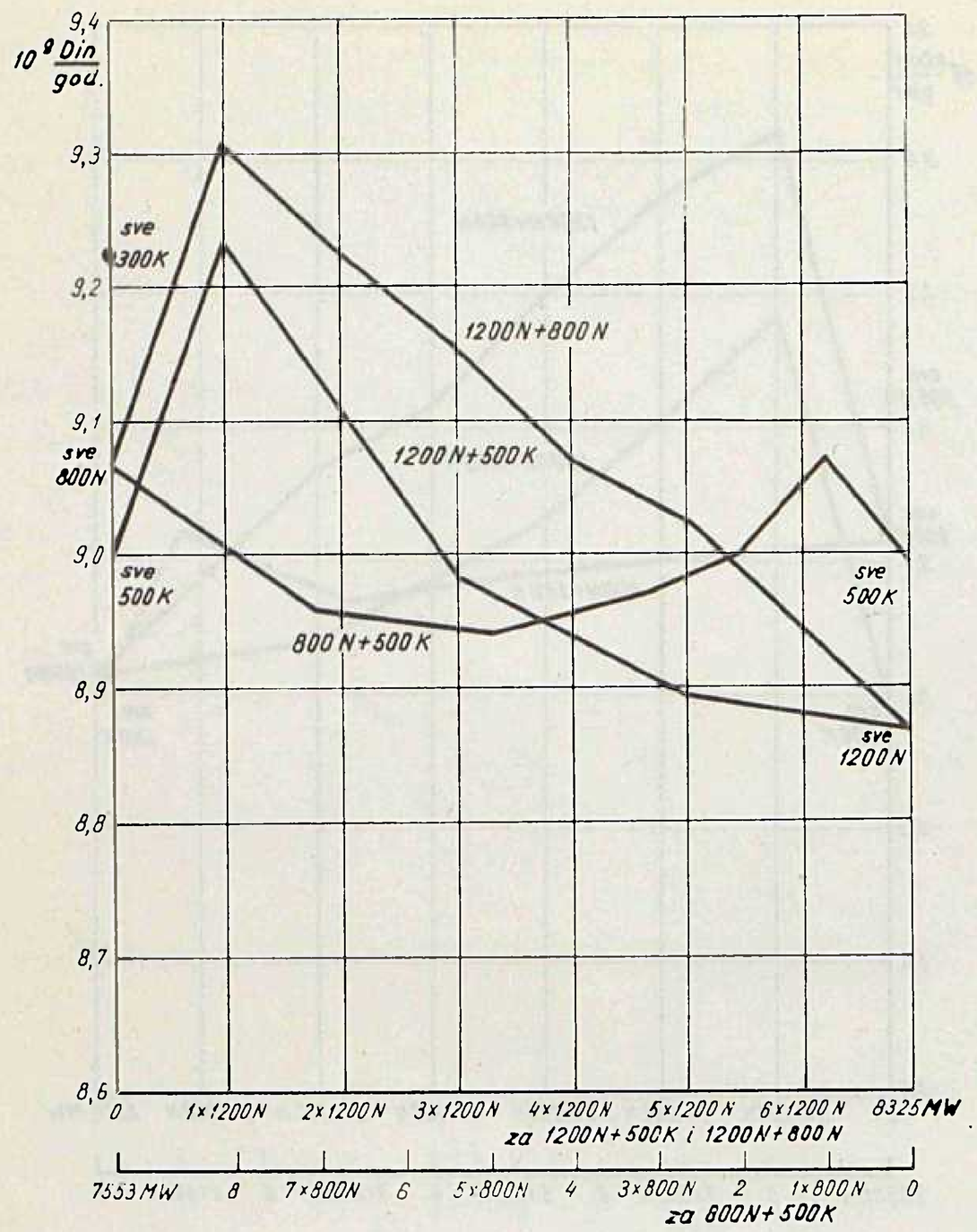
Potrebna instalirana snaga termoelektrana ovisna je također o strukturi agregata (sl. 4), jer se sa strukturom mijenja faktor raspoloživosti, ali i potrebna snaga za rotirajuću rezervu, te raspored remonta agregata. Najmanja je potrebna instalirana snaga u termoelektranama ako se grade agregati najmanjih jediničnih snaga (300 K odnosno 500 K). Izgradnjom prvog agregata veće snage naglo raste potrebna instalirana snaga termoelektrana zbog porasta snage za rotirajuću rezervu. Međutim, izgradnja slijedećih agregata dovodi do povećanja instalirane snage termoelektrana zbog sve manjeg faktora raspoloživosti i zbog sve težeg osiguranja vremena za remont za veći broj agregata velike snage.

Potrebne investicije (sl. 5) ovise o ukupno potrebnoj instaliranoj snazi, ali i o specifičnim investicijama za pojedine tipove agregata. Najniže su investicije potrebne kad se grade samo agregati 500 K. To vrijedi i kad se usporedba vrši s kombinacijom »sve 300 K« unatoč tome što je za »sve 300 K« potrebna manja ukupna instalirana snaga (sl. 3). To je posljedica nižih specifičnih investicija za agregate 500 K nego za 300 K. Izgradnjom nuklearnih elektrana povećavaju se investicije, i to još više što je izgrađena veća snaga u nuklearnim elektranama.

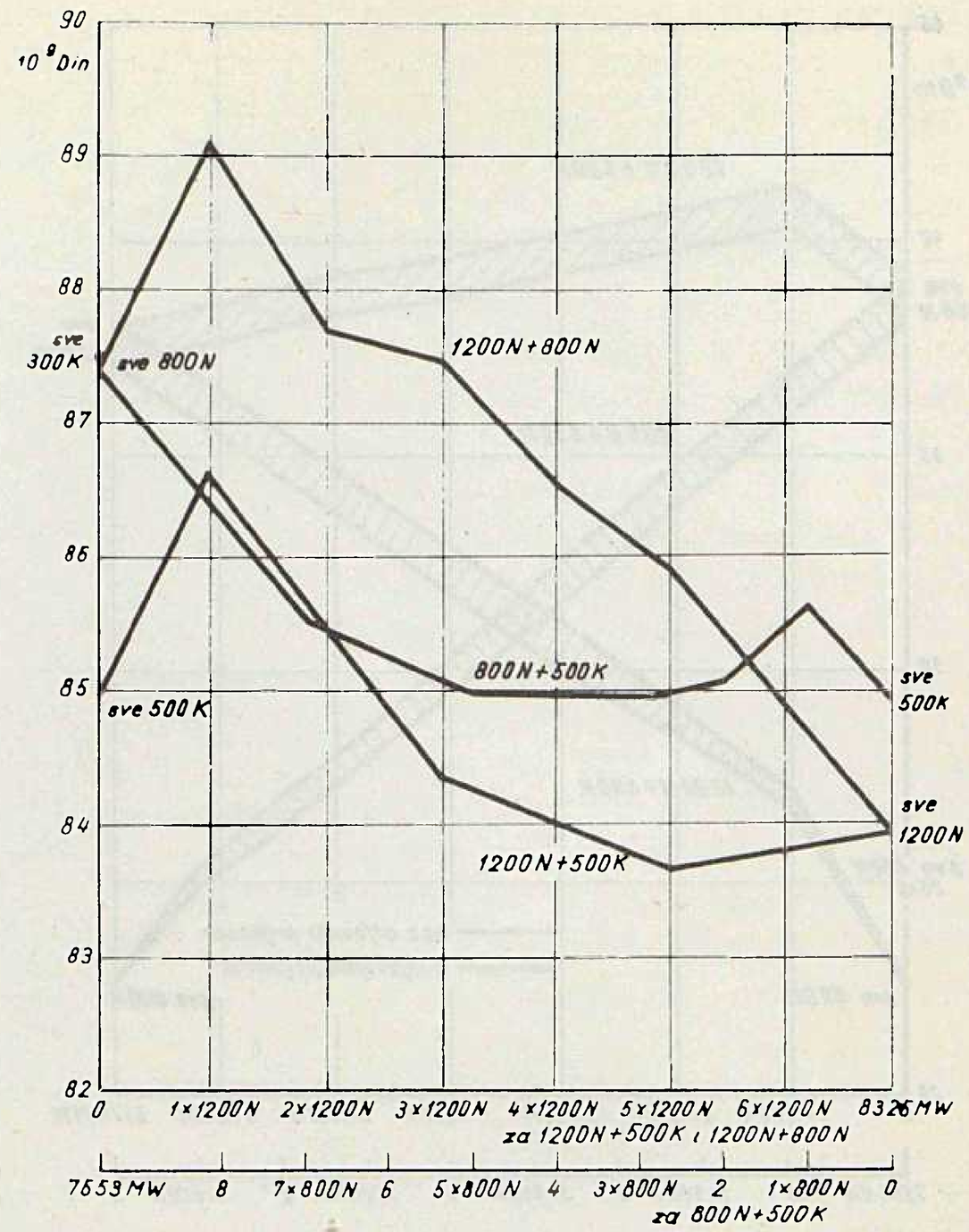
Na sl. 5. prikazan je također utjecaj prijenosa na potrebne investicije. Kad se uzme u obzir prijenos, potrebne su manje investicije, ali samo onda kad se računa s izgradnjom nuklearnih elektrana. U tom slučaju, naime, moguće je elektrane locirati bliže centrima konzuma, što nije moguće kad se grade konvencionalne termoelektrane.

Na temelju stalnih troškova i troškova za gorivo (uz dodatak šteta zbog redukcija koje iznose oko 0,5% od ukupnih troškova) određuju se ukupni troškovi. Kad se ne obračuna utjecaj prijenosa (sl. 6), optimalna je — za promatrani slučaj — izgradnja samo agregata 500 MW u konvencionalnim termoelektranama (»sve 500 K«). Izgradnjom kombinacije »sve 1200 N« pojavljuju se, međutim, samo nešto viši troškovi, pa kad se uzmu u obzir troškovi prijenosa (sl. 7), optimalno je izgraditi samo agregate snage 1200 MW u nuklearnim elektranama.

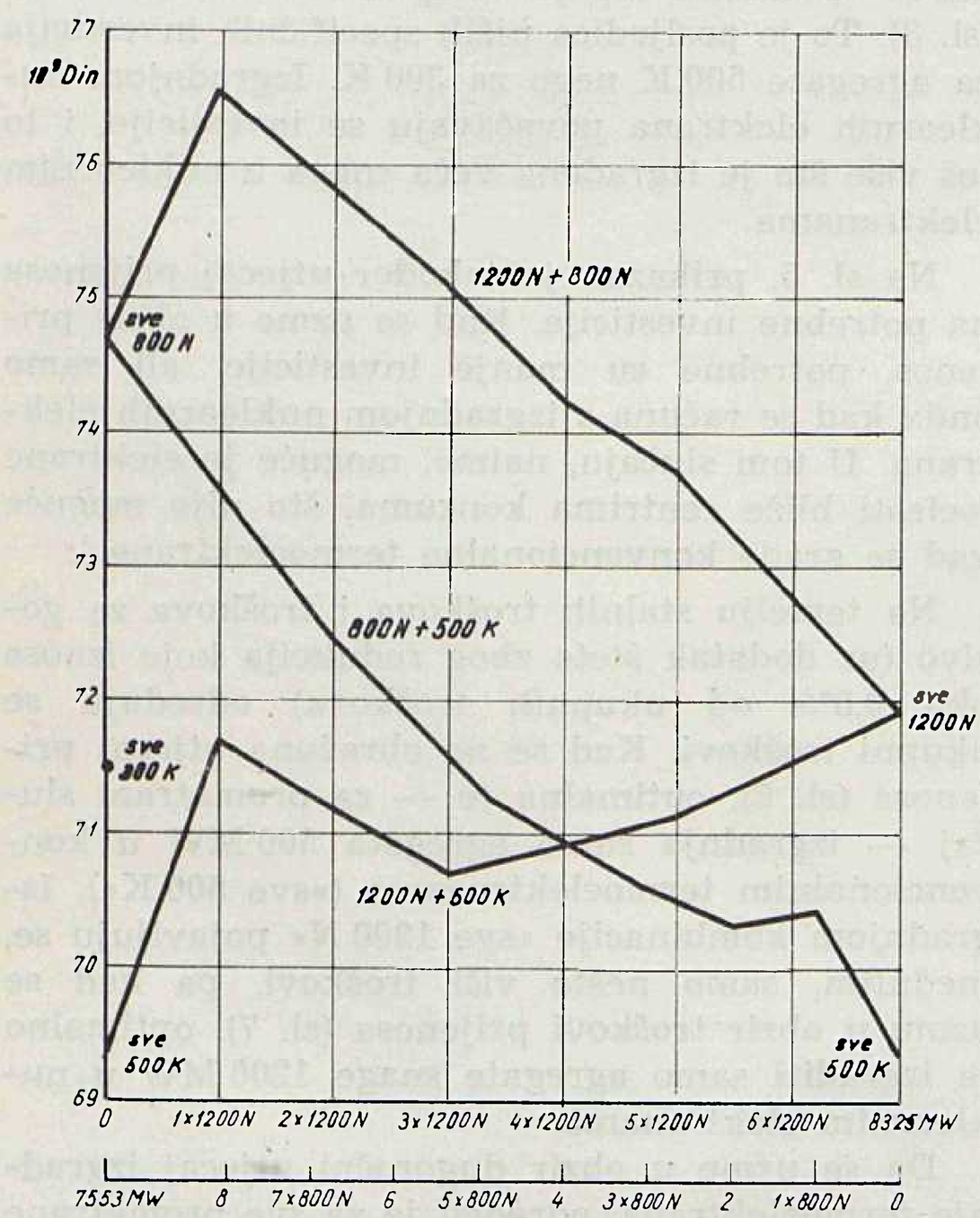
Da se uzme u obzir dugoročni utjecaj izgradnje termoelektrana, određen je za sve promatrane kombinacije agregata zbroj investicija i aktualiziranih troškova, i to uz stopu aktualizacije od 6% (sl. 8) i stopu aktualizacije od 10% (sl. 9). U prvom



Sl. 7. Godišnji troškovi u sistemu u ovisnosti o strukturi novih termoelektrana — s utjecajem prijenosa



Sl. 9. Zbroj investicija i aktualiziranih troškova uz stopu od 10% u ovisnosti o strukturi novih agregata u termoelektranama



Sl. 8. Zbroj investicija i aktualiziranih troškova uz stopu od 6% u ovisnosti o strukturi novih agregata u termoelektranama

slučaju optimalna je kombinacija »5 × 1200 N + + 500 K«, a u drugom »sve 500 K«. U prvom slučaju (6%) prevladava utjecaj troškova za gorivo, pa investicije imaju manju težinu, a u drugom slučaju (10%) prevladava utjecaj investicija, a troškovi se goriva pojavljuju s manjim iznosom zbog visoke stope.

Na opisani način provedene su analize za sve promatrane nivoe konzuma. Detaljni podaci za sve promatrane kombinacije agregata nalaze se u [10].

Razmatrane su uvijek samo kombinacije dvaju tipova agregata, jer je opaženo da uvođenje trećeg tipa agregata u optimalnu kombinaciju, kao i u kombinaciju koja je blizu optimalnoj, samo povećava troškove. To se može konstatirati i usporedbom rezultata za različite kombinacije agregata.

Rezultati navedeni u ovoj točki osnivaju se na troškovima za gorivo u konvencionalnim termoelektranama s kojima je provedena prva razrada studije [10]. Spomenuti troškovi za gorivo niži su od onih s kojima je izrađena konačna razrada studije, jer je u toku rada znatno povišena cijena, pa zbog toga rezultati prikazani na sl. 3—9, kao primjeri primjene prikazane metode, nisu u skladu s rezultatima analize koji su prikazani u drugom dijelu.

II. REZULTATI ANALIZE

1. Polazni podaci za analizu

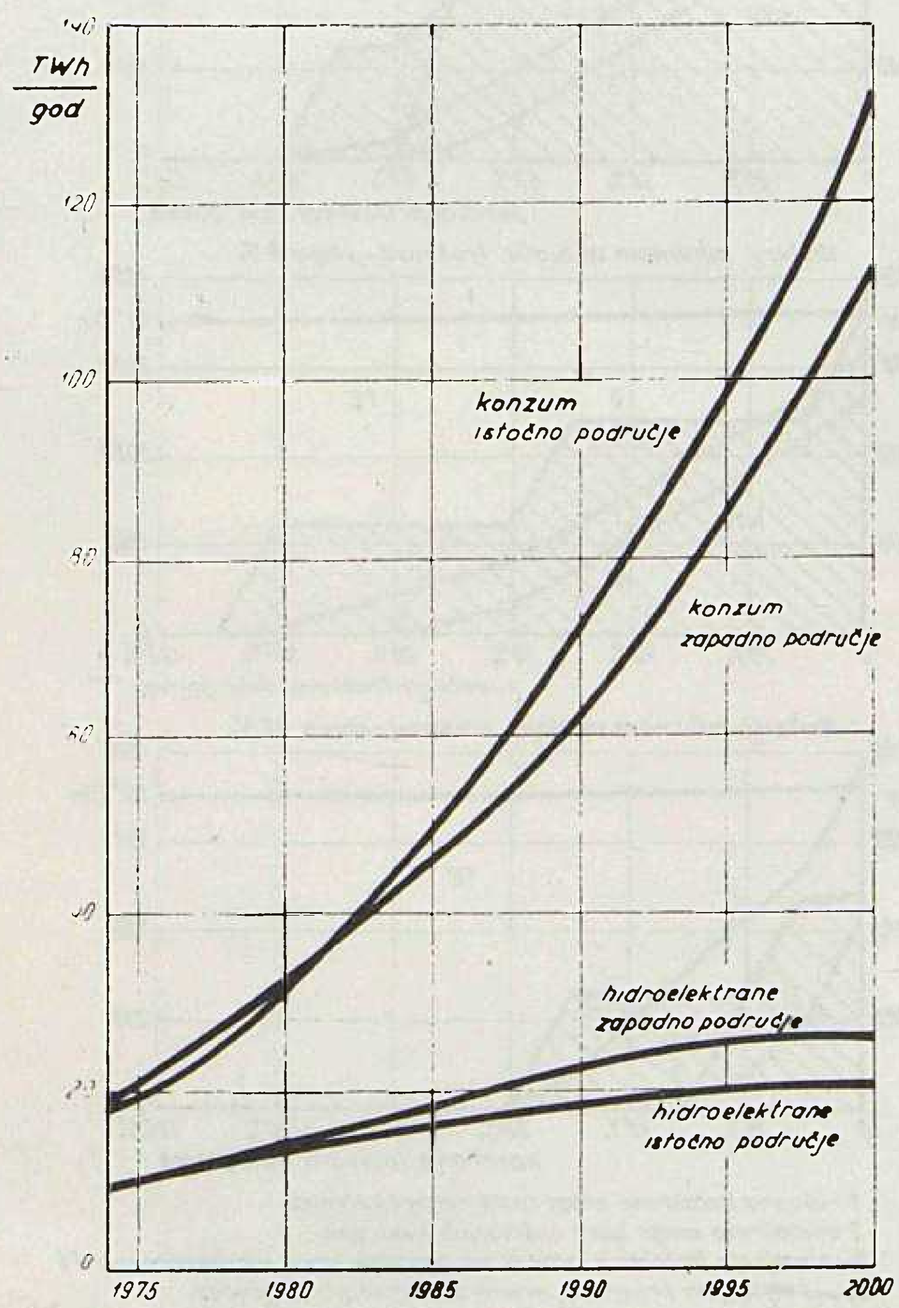
Na temelju podataka o konzumu u dva promatrana područja određen je razvoj konzuma za cijelo promatrano razdoblje (sl. 10), a na osnovi procjene tempa izgradnje hidroelektrana i prosječna moguća proizvodnja hidroelektrana također za cijelo razdoblje do 2000. godine (sl. 10). Prikazani razvoj konzuma i moguće proizvodnje hidroelektrana potrebni su za određivanje iskorištenja rezervi ugljena i urana.

Računato je s ovim karakteristikama novih agregata u termoelektranama:

Tip agregata	Specifična investicija 10^6 d/MW	Stalni spec. troškovi 10^6 d/MW, g.	Troškovi za gorivo d/kWh
300 K	3,700	0,5920	0,1351
500 K	3,260	0,5216	0,1325
800 K	2,890	0,4624	0,1313
600 N	5,700	0,8664	0,0350
800 N	5,190	0,7889	0,0350
1200 N	4,560	0,6931	0,0350

Osim toga računato je da će se graditi u pojedinim razdobljima ovi tipovi agregata:

konzum 80 TWh	300 K, 500 K i 600 N
konzum 140 TWh	500 K, 800 N i 1200 N
konzum 240 TWh	500 K, 800 K, 800 N i 1200 N



Sl. 10. Konzum i moguća proizvodnja hidroelektrane u istočnom i zapadnom području

Pretpostavljeno je da pojedini agregati imaju ove faktore raspoloživosti:

agregati 1200 MW	p = 0,850
agregati 600—1200 MW	p = 0,875
agregati do 600 MW	p = 0,900

Budući da će sve termoelektrane na bazi ugljena biti locirane na rudnicima ili u neposrednoj blizini, mjesto proizvodnje je nedvosmisleno definirano. S druge strane, mjesto potrošnje određeno je konzumom republika i pokrajine Vojvodina, koji iznosi za promatrana razdoblja:

Republika — pokrajina	Konzum 80 TWh	Konzum 140 TWh	Konzum 240 TWh
SR Slovenija	10952,0	16790,0	27973,0 GWh
SR Hrvatska	15868,4	26690,0	45973,0 GWh
SR Bosna i Hercegovina	13736,0	22860,0	38950,0 GWh
Zapad	40556,4	66340,0	112896,0 GWh
SR Srbija	29200,0	57400,0	102000,0 GWh
SR Makedonija	7953,0	12266,0	18090,0 GWh
SR Crno Gora	4565,0	6766,0	11589,0 GWh
Istok	41718,0	76432,0	131679,0 GWh
od toga Vojvodina	7500,0	17400,0	36000,0 GWh

a maksimalna su godišnja opterećenja:

Republika — pokrajina	Konzum 80 TWh	Konzum 140 TWh	Konzum 240 TWh
SR Slovenija	1627,0	2670,0	4517,0 MW
SR Hrvatska	2644,0	4484,0	7630,0 MW
SR Bosna i Hercegovina	2061,0	3663,0	6419,0 MW
Zapad	6452,0	10817,0	18566,0 MW
SR Srbija	5127,0	10068,0	17753,0 MW
SR Makedonija	1317,0	2072,0	3135,0 MW
SR Crna Gora	653,0	983,0	1698,0 MW
Istok	7097,0	13123,0	22586,0 MW
od toga Vojvodina	1500,0	3480,0	7200,0 MW

Na osnovi najjednostavnijih bilanca, kao razlike potrošnje i proizvodnje, moguće je odrediti broj agregata određene snage za koje ima energetskog opravdanja da budu locirani u centrima konzuma, odnosno u mjestima udaljenim od rudnika ugljena. Naravno da lokacije blizu konzuma dolaze u obzir samo za nuklearne elektrane. Tada se smanjuje potreba prijenosa električne energije, i to približno za snagu koja je jednaka snazi agregata u nuklearnim elektranama. Prema tome, izgradnjom nuklearnih elektrana, ali samo do snage kojom se pokriva manjak u područjima bez rudnika ugljena (SR Slovenija, SR Hrvatska, SR Makedonija, SR Crna Gora i pokrajina Vojvodina), smanjuju se potrebne investicije i troškovi koji odgovaraju smanjenju izgradnje vodova.

Da bi se mogao uzeti u obzir utjecaj prijenosa, razmatrani su ovi osnovni pravci prijenosa:

Kolubara — Vojvodina	130 km
Kosovo — Makedonija	130 km
Obrenovac — Zagreb	390 km
Tuzla — Zagreb	270 km
Tuzla — Split	270 km
Zagreb — Ljubljana	130 km

Godišnji troškovi za vodove i transformatorske stanice određeni su uz kvotu godišnjih troškova od 14,5%.

Aktualizacija troškova provedena je, kako je već spomenuto, uz dvije stope aktualizacije: 6% i 10%, a troškovi su određeni za razdoblje od 25 godina od momenta promatranja i preračunati na početak promatranog razdoblja.

Računato je da stalni troškovi koji se aktualiziraju iznose 4,8% od investicija za konvencionalne termoelektrane, 4,0% za nuklearne termoelektrane, a 3,5% za dalekovode i transformatorske stanice.

Aktualizirani troškovi za gorivo određeni su uz pretpostavku da se trajanje korištenja snage na pragu smanjuje u toku vijeka trajanja termoelektrane. Ovisnost trajanja iskorištenja o životnom vijeku termoelektrane određena je na temelju analize u elaboratu [11].

Maksimalno trajanje korištenja T_A pojavljuje se u prvih 5 godina pogona, a minimalno trajanje korištenja $T_B = 500$ sati/god. pojavljuje se u 40. godini nakon stavljanja u pogon. Maksimalno vrijeme korištenja određeno je iz relacije

$$T_A = (8760 - 730 \cdot R)\,\varphi \qquad (8)$$

gdje je R trajanje redovnog godišnjeg remonta (R = 1 ili R = 2), dok je

$$\varphi = k\,p \qquad (9)$$

U (9) k je korekcijski faktor definiran u točki 3. prvog dijela, a p faktor raspoloživosti agregata.

2. Optimalna struktura agregata za konzum 80 TWh

2.1. Utjecaj povećanja troškova za gorivo u nuklearnim elektranama

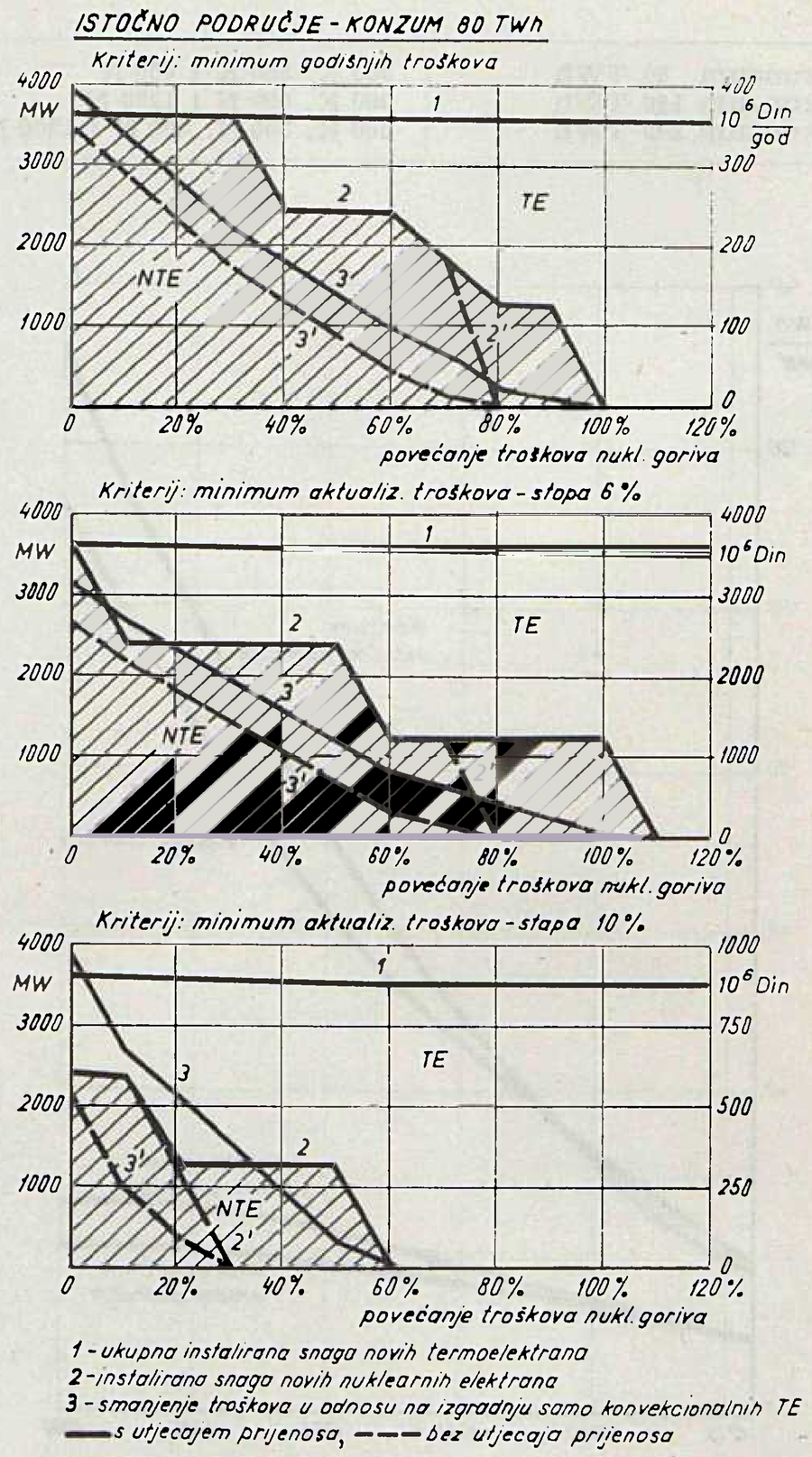
Optimalna je struktura agregata određena prema tri promatrana kriterija: a) minimumu godišnjih troškova, b) minimumu zbroja investicija i aktualiziranih troškova uz stopu aktualizacije od 6% i c) minimumu zbroja investicija i aktualiziranih troškova uz stopu aktualizacije od 10%. Treba napomenuti: kad se u ovom radu govori o aktualiziranim troškovima, uvijek se misli na zbroj investicija i aktualiziranih troškova.

Optimalna je struktura agregata prikazana uz današnje cijene ugljena i uz različite specifične troškove za gorivo u nuklearnim elektranama. U svim slučajevima računato je s povišenjem cijena nuklearnog goriva, i to u odnosu na specifične troškove od 0,035 d/kWh. Povišenje troškova prikazano je u postocima, pa npr. povišenje za 110% znači povišenje za 0,0385 d/kWh, odnosno specifične troškove za nuklearno gorivo do 0,0735 d/kWh.

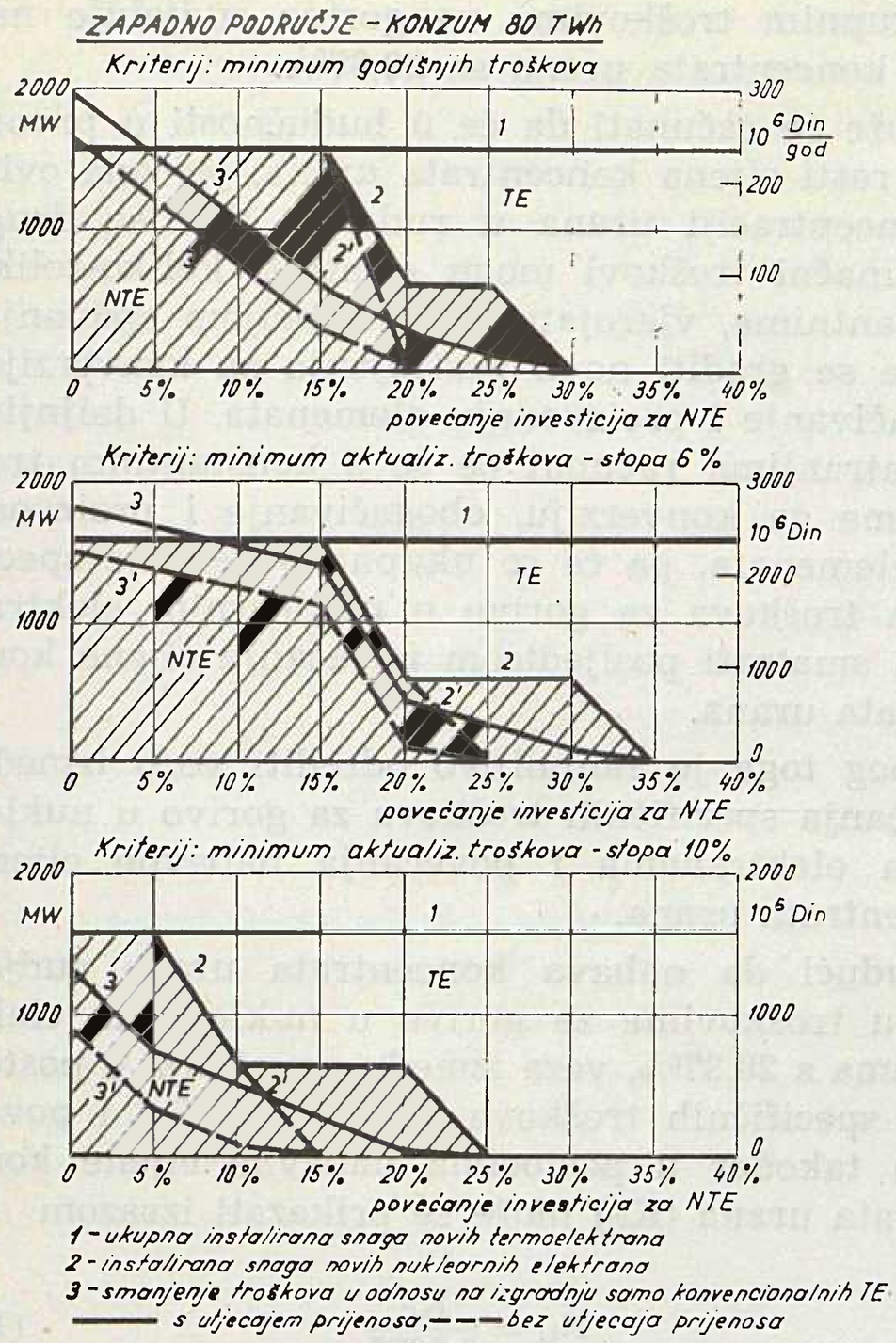
Za svako promatrano razdoblje i za svako područje određena je optimalna struktura agregata u termoelektranama u ovisnosti o povećanju troškova za gorivo u nuklearnim termoelektranama, i to samo za diskretne skokove postotka (po 10%) porasta troškova za nuklearno gorivo. U svim slučajevima prikazana je optimalna struktura agregata bez utjecaja i s utjecajem prijenosa.

Utjecaj prijenosa određen je uz pretpostavku da se u istočnom području grade dva agregata po 600 MW u nuklearnim elektranama (1 × 600 MW u Vojvodini, 1 × 600 MW u Makedoniji), a u zapadnom području jedan agregat (1 × 600 MW u Hrvatskoj).

Rezultati su prikazani u dijagramima (sl. 11. za istočno područje i sl. 12. za zapadno područje), i to posebno za svaki od promatranih kriterija. Na apscisi se nalaze postoci povećanja troškova za nuklearno gorivo po kWh, a na ordinati instalirane snage novih termoelektrana. Krivulja 1 prikazuje ukupne potrebne snage novih termoelektrana, a krivulja 2 i 2' instalirane snage nuklear-



Sl. 11. Utjecaj povećanja troškova za nuklearno gorivo na strukturu termoelektrana



Sl. 12. Utjecaj povećanja troškova za nuklearno gorivo na strukturu termoelektrana

nih elektrana kojima se postiže minimum troškova u ovisnosti o povećanju troškova za nuklearno gorivo. Krivulja 2 odnosi se na slučaj kad se uzima u obzir utjecaj prijenosa, a krivulja 2' na slučaj kad se ne uzima u obzir utjecaj. Krivuljama 3 i 3' prikazane su uštede odgovarajućih troškova, ako se izgradi onoliko nuklearnih elektrana s kojima se postiže minimum troškova mjesto da se grade samo konvencionalne termoelektrane s najpovoljnijom strukturom. Kao i prije, krivulja 3 odnosi se na slučajeve kad se računa s utjecajem prijenosa, a krivulja 3' na slučajeve kad se utjecaj zanemari.

Treba napomenuti da su proračuni provedeni samo na diskretna povećanja troškova za nuklearno gorivo od po 10%. Prema tome nisu određivana međurješenja između tih diskretnih vrijednosti.

Radi boljeg pregleda prikažimo rezultate za tri slučaja: a) kad se ne pojavljuje povećanje troškova za nuklearno gorivo, b) granično maksimalno povećanje troškova za nuklearno gorivo pri kojem je optimalna izgradnja samo nuklearnih elektrana i c) granično povećanje troškova za nuklearno gorivo pri kojem je optimalna izgradnja samo konvencionalnih termoelektrana.

Kad se ne računa s povećanjem troškova za nuklearno gorivo, dolazi se do ove optimalne strukture novih termoelektrana:

BEZ POVEĆANJA TROŠKOVA ZA NUKLEARNO GORIVO		
Istočno područje — bez utjecaja prijenosa		
	NTE	TE
godišnji troškovi	3610	— MW
aktualizirani troškovi 6%	3610	— MW
aktualizirani troškovi 10%	2400	1180 MW
Istočno područje — s utjecajem prijenosa		
godišnji troškovi	3610	— MW
aktualizirani troškovi 6%	3610	— MW
aktualizirani troškovi 10%	2400	1180 MW
Zapadno područje — bez utjecaja prijenosa		
godišnji troškovi	1580	— MW
aktualizirani troškovi 6%	1580	— MW
aktualizirani troškovi 10%	1580	— MW
Zapadno područje — s utjecajem prijenosa		
godišnji troškovi	1580	— MW
aktualizirani troškovi 6%	1580	— MW
aktualizirani troškovi 10%	1580	— MW

Prema tome, ako se računa s polaznim troškovima za nuklearno gorivo, na optimalnu strukturu novih termoelektrana nema utjecaja prijenos. Samo prema kriteriju minimuma aktualiziranih troškova uz stopu od 10%, u optimalnoj strukturi pojavljuje se 1/3 konvencionalnih termoelektrana uz 2/3 nuklearnih elektrana, i to samo u istočnom području. U zapadnom području, međutim, optimalna je izgradnja samo nuklearnih elektrana.

Uz pretpostavku povećanja troškova za nuklearno gorivo dolazi se do graničnog povećanja troškova uz koje je još opravdano graditi samo nuklearne elektrane. To granično povećanje troškova za nuklearno gorivo iznosi:

GRANIČNO POVEĆANJE TROŠKOVA ZA NUKLEARNO GORIVO DO KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO NTE			
Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	30%	godišnji trošk.	80%
aktual. trošk. 6%	0%	aktual. trošk. 6%	60%
aktual. trošk. 10%	0%	aktual. trošk. 10%	40%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	30%	godišnji trošk.	80%
aktual. trošk. 6%	0%	aktual. trošk. 6%	60%
aktual. trošk. 10%	0%	aktual. trošk. 10%	40%

Kao što se vidi, prijenos ne utječe na granično povećanje troškova za nuklearno gorivo do kojeg je opravdano graditi samo nuklearne termoelektrane.

S daljnjim povećanjem troškova za nuklearno gorivo smanjuje se postepeno udio nuklearnih elektrana (sl. 11 i 12), pa je optimalna izgradnja samo konvencionalnih termoelektrana kad povećanje troškova za nuklearno gorivo postigne ove granične vrijednosti:

GRANIČNO POVEĆANJE TROŠKOVA ZA NUKLEARNO GORIVO OD KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO KONV. TE			
Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	80%	godišnji trošk.	100%
aktual. trošk. 6%	80%	aktual. trošk. 6%	110%
aktual. trošk. 10%	30%	aktual. trošk. 10%	70%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	100%	godišnji trošk.	140%
aktual. trošk. 6%	110%	aktual. trošk. 6%	180%
aktual. trošk. 10%	60%	aktual. trošk. 10%	120%

Kad se uzme u obzir utjecaj prijenosa, u istočnom području optimalna je izgradnja samo konvencionalnih termoelektrana tek onda kad troškovi za nuklearno gorivo porastu za 60%, dok je u zapadnom području ta granica znatno viša i iznosi 120%. To vrijedi za kriterij aktualiziranih troškova uz stopu od 10%, kad se pojavljuje velik utjecaj investicija i kad je utjecaj troškova za gorivo relativno malen zbog visoke stope aktualizacije. Za ostale je kriterije ta granica povećanja troškova za nuklearno gorivo još i viša.

2.2. Cijena koncentrata urana i troškovi za gorivo u nuklearnim elektranama

Slijedeća razmatranja osnivaju se na studiji [12], a prema obračunu troškova za ravnotežnu šaržu PWR reaktora (bez prerade goriva i regresa za uran i plutonij). U spomenutoj studiji računato je s nabavnom cijenom koncentrata urana od 7,00 dolara po libri U_3O_8, pa se dolazi do specifičnih troškova za gorivo u nuklearnom reaktoru od 1,647 mils/kWh odnosno 2,553 p/kWh (uz kurs od 15,5 dinara po dolaru). Navedeni troškovi za nuklearno gorivo sastoje se od ovih pojedinačnih troškova:

nabava koncentrata U_3O_8	0,724 p/kWh
konverzija	0,102 p/kWh
obogaćivanje	1,088 p/kWh
proizvodnja elemenata	0,639 p/kWh
ukupno	2,553 p/kWh

U ovim razmatranjima računato je kao s polaznim specifičnim troškovima za gorivo u nuklearnim elektranama od 3,50 p/kWh, pa se može računati — da se ostane na strani sigurnosti — s povišenjem svih pojedinačnih troškova od 137,1%. Prema tome, računa se s polaznom cijenom koncentrata urana od 9,60 dolara po libri, odnosno od 21,15 dolara po kg.

Prema tome, polazni troškovi za nuklearno gorivo sastoje se od ovih pojedinačnih troškova

nabava koncentrata U_3O_8	0,993 p/kWh
konverzija	0,140 p/kWh
obogaćivanje	1,491 p/kWh
proizvodnja elemenata	0,876 p/kWh
ukupno	3,500 p/kWh

U ukupnim troškovima za gorivo sudjeluje nabava koncentrata urana sa 28,37%.

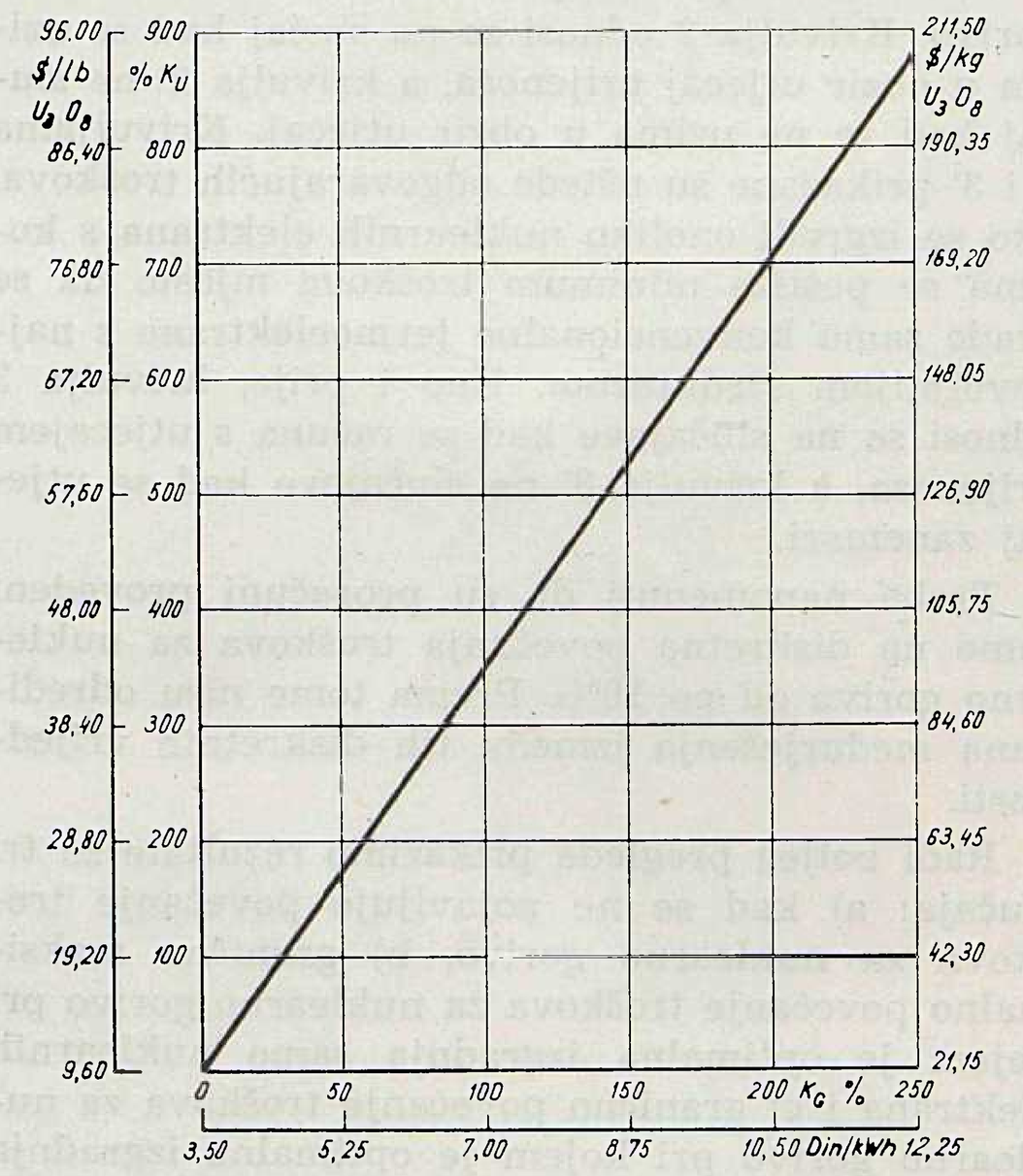
Može se računati da će u budućnosti u prvom redu rasti cijena koncentrata urana, jer ona ovisi o koncentraciji urana u rudama, dok se drugi pojedinačni troškovi mogu smatrati koliko-toliko konstantnima, vjerojatno s tendencijom opadanja, jer će se graditi nova postrojenja za konverziju, obogaćivanje i proizvodnju elemenata. U daljnjim razmatranjima računat će se s konstantnim troškovima za konverziju, obogaćivanje i proizvodnju elemenata, pa će se ukupno povećanje specifičnih troškova za gorivo u nuklearnim elektranama smatrati posljedicom povećanja cijene koncentrata urana.

Zbog toga je zanimljivo odrediti vezu između povećanja specifičnih troškova za gorivo u nuklearnim elektranama i povećanja nabavne cijene koncentrata urana.

Budući da nabava koncentrata urana sudjeluje u troškovima za gorivo u nuklearnim elektranama s 28,37%, veza između povećanja u postocima specifičnih troškova za gorivo (K_G) i povećanja također u postocima nabavne cijene koncentrata urana (K_U) može se prikazati izrazom

$$K_U = \frac{K_G}{0{,}2837} \qquad (10)$$

To znači: ako se troškovi za gorivo povećaju za npr. 50%, to je posljedica povećanja nabavne cijene koncentrata urana za 176,2%. Prema tome,



Sl. 13. Ovisnost povećanja troškova za gorivo (K_G) u nuklearnim elektranama o povećanju nabavne cijene koncentrata urana (K_u) — na ordinati nabavna cijena koncentrata urana u $/lb i u $/kg

ako se troškovi za gorivo povećaju na 5,25 p/kWh, nabavna cijena koncentrata urana iznosit će 2,762 · 0,993 = 2,743 p/kWh, odnosno 2,762 · 9,60 = = 26,52 dolara/lib ili 58,42 dolara/kg.

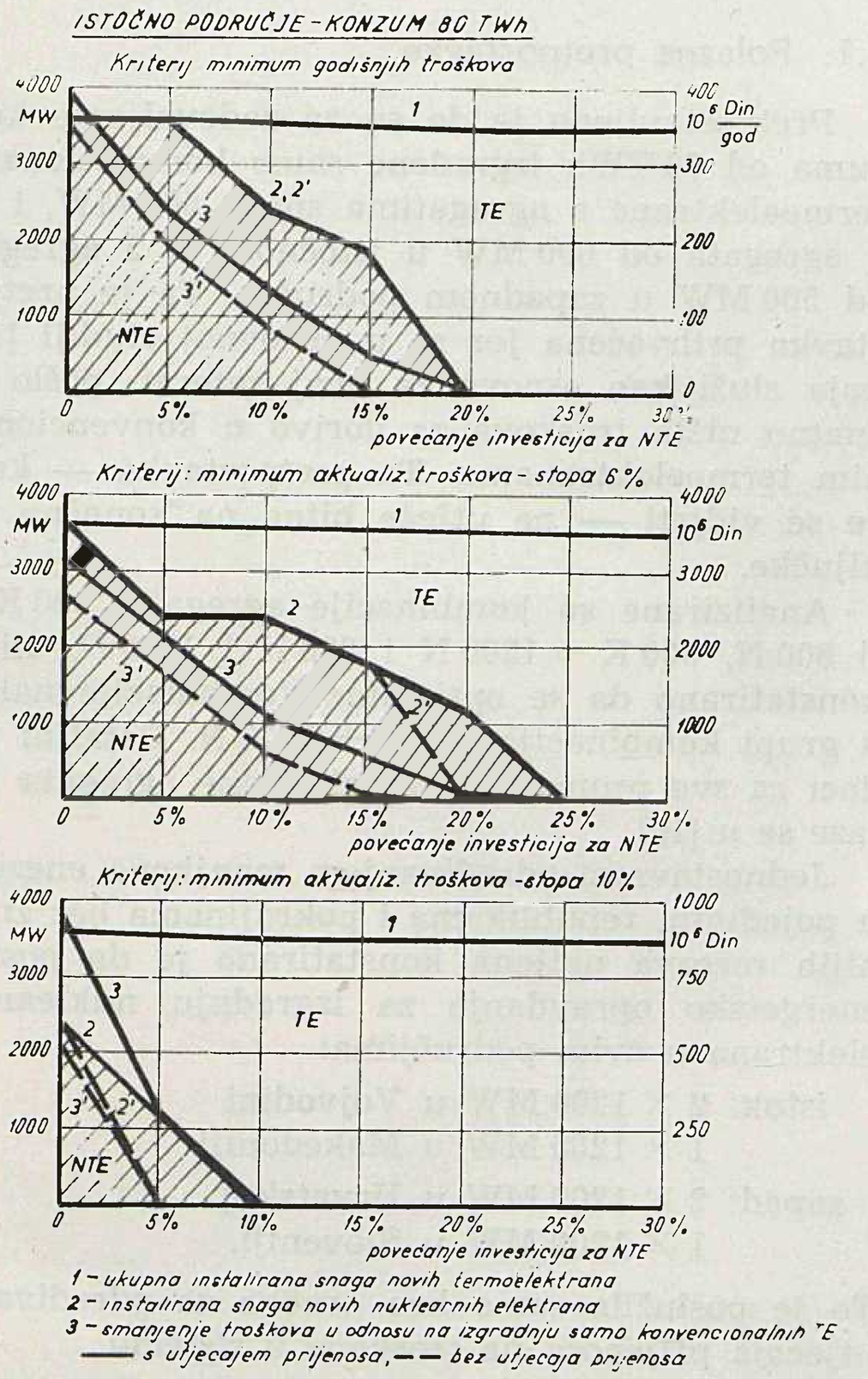
Na sl. 13. prikazana je ovisnost nabavne cijene koncentrata urana o troškovima za gorivo u nuklearnoj elektrani.

Pomoću dijagrama na sl. 13. može se neposredno čitati nabavna cijena koncentrata urana u $/lb i u $/kg, koja odgovara određenim specifičnim troškovima za gorivo u nuklearnim elektranama.

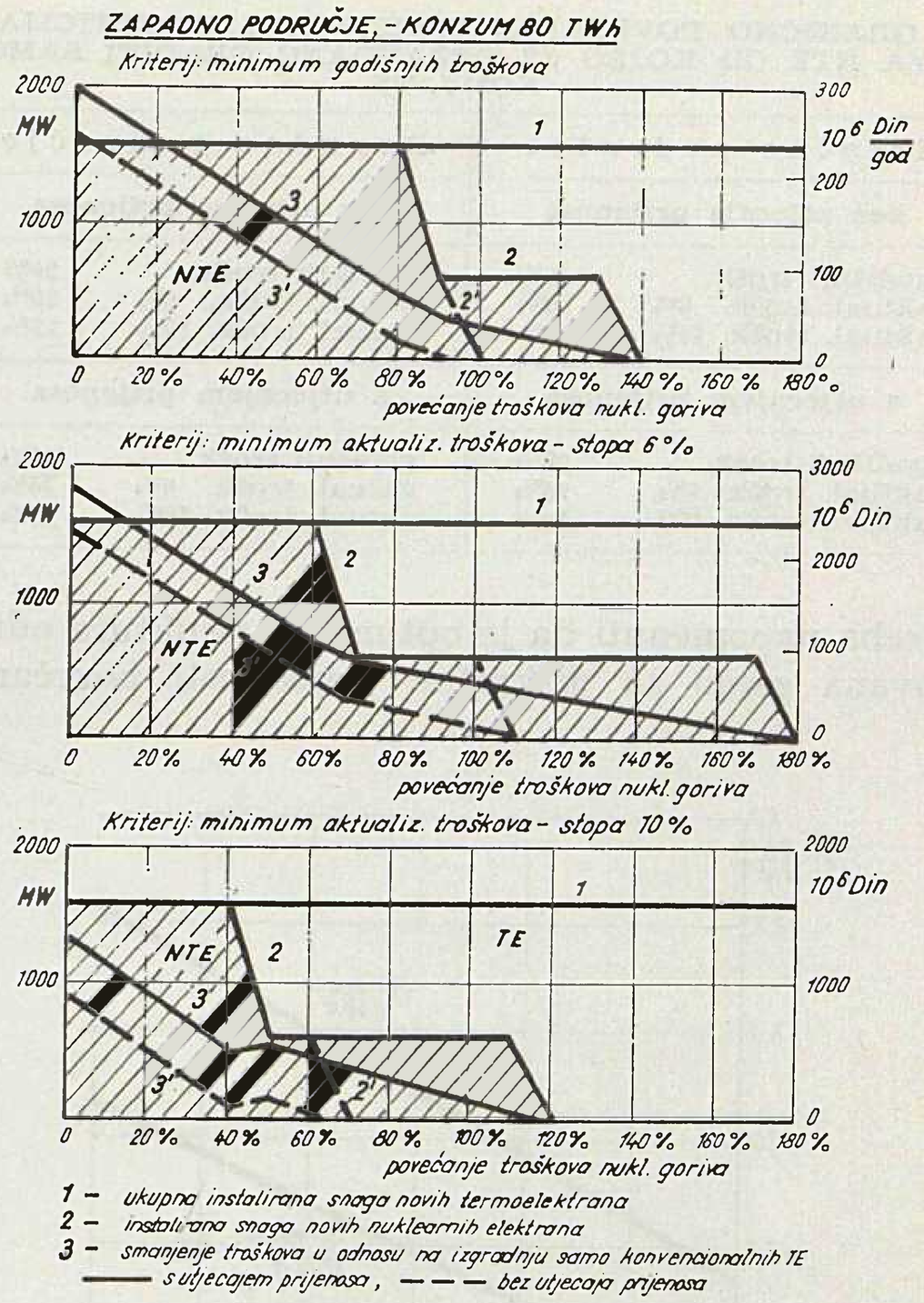
2.3. Utjecaj povećanja specifičnih investicija nuklearnih elektrana

Razmatran je utjecaj povećanja specifičnih investicija za izgradnju nuklearnih elektrana na optimalnu strukturu termoelektrana. Pri tome je računato s nepovećanim troškovima za gorivo.

Rezultati su prikazani u dijagramima na sl. 14. za istočno i na sl. 15. za zapadno područje. Način prikazivanja je isti kao pri promatranju utjecaja povećanja troškova za nuklearno gorivo (sl. 11. i 12).



Sl. 14. Utjecaj povećanja investicija za NTE na strukturu termoelektrana



Sl. 15. Utjecaj povećanja investicija za NTE na strukturu termoelektrana

Za slučaj kad se ne računa s povećanjem specifičnih investicija dolazi se do istih optimalnih struktura termoelektrana kao za slučaj kad nema povećanja troškova za gorivo. Optimalna struktura navedena je u točki 2.1. ovog poglavlja.

S povećanjem specifičnih investicija za nuklearne elektrane dolazi se do graničnog povećanja specifičnih investicija do kojeg je opravdano graditi samo nuklearne elektrane koje iznose:

GRANIČNO POVEĆANJE SPECIFIČNIH INVESTICIJA ZA NTE DO KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO NTE			
Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	5%	godišnji trošk.	15%
aktual. trošk. 6%	0%	aktual. trošk. 6%	15%
aktual. trošk. 10%	0%	aktual. trošk. 10%	5%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	5%	godišnji trošk.	15%
aktual. trošk. 6%	0%	aktual. trošk. 6%	15%
aktual. trošk. 10%	0%	aktual. trošk. 10%	5%

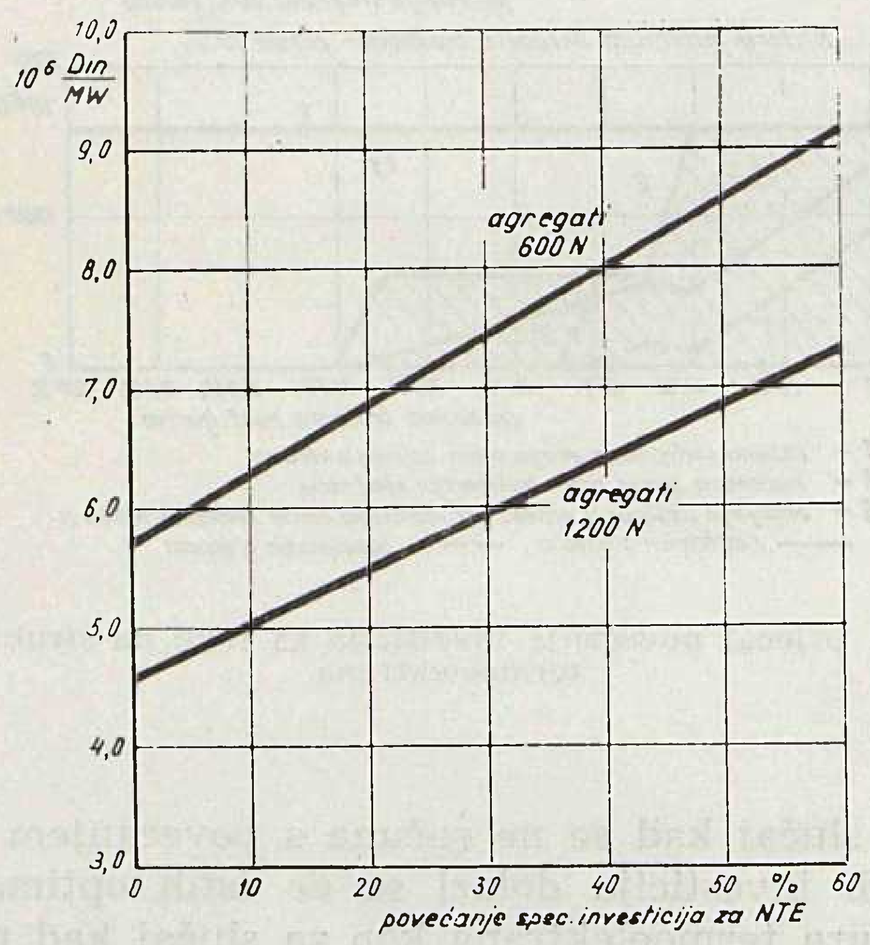
Na navedeno granično povećanje spec. investicija za nuklearne elektrane ne utječe na prijenos.

Granično povećanje specifičnih investicija, pri kojem je optimalna izgradnja samo konvencionalnih termoelektrana, iznosi:

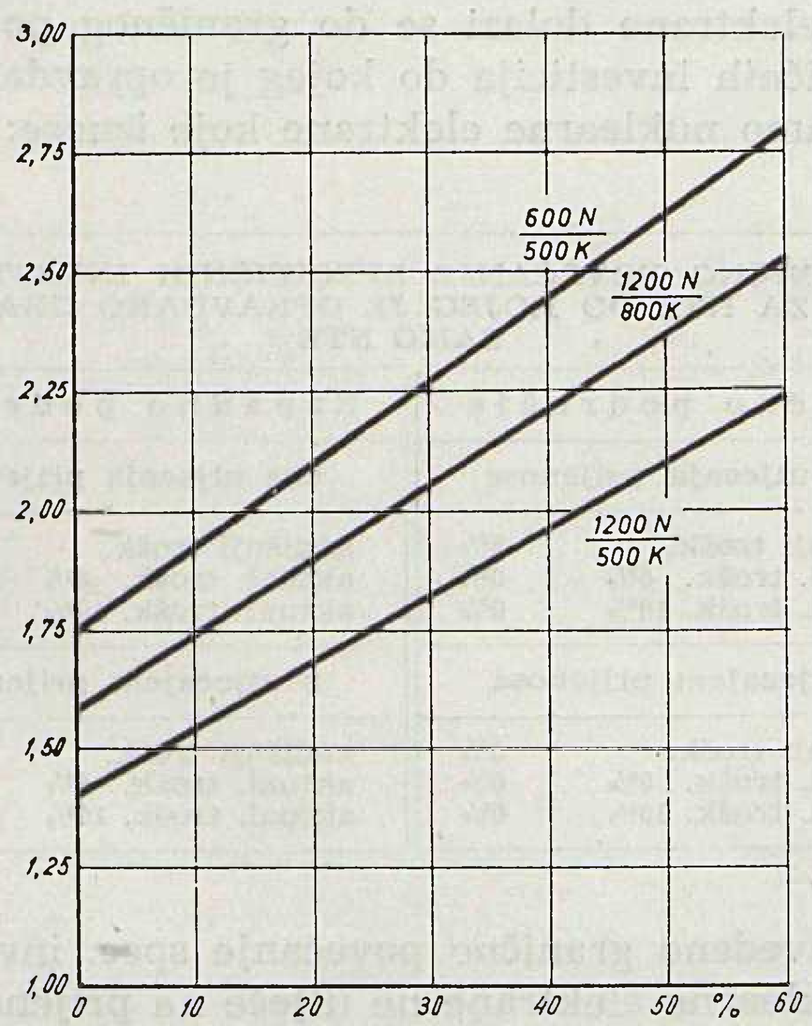
GRANIČNO POVEĆANJE SPECIFIČNIH INVESTICIJA ZA NTE OD KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO KONV. TE			
Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	20%	godišnji trošk.	20%
aktual. trošk. 6%	20%	aktual. trošk. 6%	25%
aktual. trošk. 10%	5%	aktual. trošk. 10%	15%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	20%	godišnji trošk.	30%
aktual. trošk 6%	25%	aktual. trošk. 6%	35%
aktual. trošk. 10%	10%	aktual. trošk. 10%	25%

Treba napomenuti da je optimalna struktura određivana samo za diskretne vrijednosti povećanja specifičnih investicija, i to za povećanje od po 5%.

Kad se uzme u obzir utjecaj prijenosa, u zapadnom području tek uz povećanje specifičnih investicija od 25% (uz najoštriji kriterij u odnosu prema visini investicija) dolazi se od optimuma izgradnjom samo konvencionalnih termoelektrana. Ta granica je u istočnom području niža i iznosi 10%.



Sl. 16. Specifične investicije za nuklearne elektrane u ovisnosti o povećanju specifičnih investicija



Sl. 17. Ovisnost omjera specifičnih investicija za NTE i specifičnih investicija za konvencionalne TE o povećanju specifičnih investicija za NTE

2.4. Značenje povećanja specifičnih investicija za nuklearne elektrane

Analize utjecaja povećanja specifičnih investicija za nuklearne elektrane prikazane su pomoću postotaka porasta investicija.

Da se pokaže o kolikim se specifičnim investicijama radi, prikazane su u dijagramu na sl. 16. specifične investicije za agregate od 600 MW u nuklearnim elektranama u ovisnosti o postotku povećanja, dok su u dijagramu na sl. 17. prikazani omjeri specifičnih investicija za nuklearne i konvencionalne elektrane također u ovisnosti o postotku povećanja. Omjeri su prikazani za agregate 600 N/500 K, 1200 N/500 K i 1200 N/800 K.

3. Optimalna struktura agregata za konzum 140 TWh

3.1. Polazne pretpostavke

Pretpostavljeno je da su za zadovoljenje konzuma od 80 TWh izgrađene samo konvencionalne termoelektrane s agregatima snage 500 MW, i to: 7 agregata od 500 MW u istočnom, a 3 agregata od 500 MW u zapadnom području. Ta je pretpostavka prihvaćena jer se u osnovnoj studiji [10], koja služi kao osnova za ovaj referat, pošlo od znatno nižih troškova za gorivo u konvencionalnim termoelektranama. Ta pretpostavka — kako će se vidjeti — ne utječe bitno na konačne zaključke.

Analizirane su kombinacije agregata: 500 K + + 800 N, 500 K + 1200 N i 800 N + 1200 N, ali je konstatirano da se optimalne kombinacije nalaze u grupi kombinacija 500 K + 1200 N. Detaljni podaci za sve promatrane kombinacije agregata nalaze se u [10].

Jednostavnim određivanjem manjkova energije u pojedinim republikama i pokrajinama bez znatnijih rezerva ugljena konstatirano je da postoji energetsko opravdanje za izgradnju nuklearnih elektrana u ovim područjima:

istok: 2 × 1200 MW u Vojvodini
1 × 1200 MW u Makedoniji

zapad: 2 × 1200 MW u Hrvatskoj
1 × 1200 MW u Sloveniji.

To je poslužilo samo kao osnova za određivanje utjecaja prijenosa na troškove u sistemu.

Za zadovoljenje konzuma potrebne su nove instalirane snage u termoelektranama:

u istočnom području 6920 do 8330 MW
u zapadnom području 4100 do 4830 MW.

ovisno o strukturi agregata. Najmanja instalirana snaga potrebna je kad se grade samo agregati 500 MW u konvencionalnim, a najveća kad se grade samo agregati 1200 MW u nuklearnim elektranama.

3.2. Utjecaj povećanja troškova za gorivo u nuklearnim elektranama

Analiza utjecaja povećanja troškova za gorivo u nuklearnim elektranama provedena je na način opisan u točki 2.1. ovog poglavlja.

Kad se ne računa s povećanjem troškova za nuklearno gorivo, prema svim kriterijima optimalno je graditi samo nuklearne elektrane, i to u oba promatrana područja. Uz nepovećane troškove za gorivo optimalno je, dakle, izgraditi

u istočnom području 8330 MW NTE
u zapadnom području 4830 MW NTE.

S povećanjem troškova za nuklearno gorivo dolazi se do graničnog povećanja troškova za nuklearno gorivo do kojeg je opravdano graditi samo nuklearne elektrane, pa takvo granično povećanje troškova iznosi:

GRANIČNO POVEĆANJE TROŠKOVA ZA NUKLEARNO GORIVO DO KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO NTE

Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	110%	godišnji trošk.	140%
aktual. trošk. 6%	110%	aktual. trošk. 6%	140%
aktual. trošk. 10%	70%	aktual. trošk. 10%	100%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	120%	godišnji trošk.	160%
aktual. trošk. 6%	110%	aktual. trošk. 6%	160%
aktual. trošk. 10%	70%	aktual. trošk. 10%	130%

Prema tome, opravdano je graditi samo nuklearne elektrane i uz visoko povećanje troškova za nuklearno gorivo, koje iznosi 70% za istočno područje, odnosno 130% za zapadno područje (s utjecajem prijenosa) uz najstroži kriterij (aktualizacija sa stopom od 10%).

Granično povećanje troškova za nuklearno gorivo od kojeg je opravdano graditi samo konvencionalne termoelektrane iznosi:

GRANIČNO POVEĆANJE TROŠKOVA ZA NUKLEARNO GORIVO OD KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO KONVENCIONALNE TE

Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	120%	godišnji trošk.	150%
aktual. trošk. 6%	120%	aktual. trošk. 6%	150%
aktual. trošk. 10%	80%	aktual. trošk. 10%	110%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	130%	godišnji trošk.	200%
aktual. trošk. 6%	140%	aktual. trošk. 6%	200%
aktual. trošk. 10%	100%	aktual. trošk. 10%	180%

Uvaživši utjecaj prijenosa opravdano je graditi samo konvencionalne termoelektrane u istočnom području tek kad troškovi za nuklearno gorivo porastu za 100%, a u zapadnom području uz povećanje troškova za 180%. To vrijedi uz najstroži kriterij, a za blaže kriterije to je granično povećanje još i veće.

3.3. Utjecaj povećanja specifičnih investicija za nuklearne elektrane

Kad se ne računa s povećanjem specifičnih investicija, dolazi se do istog zaključka kao za slučaj kad nema povećanja troškova za nuklearno gorivo, dakle da je opravdano graditi samo nuklearne elektrane. Potrebne instalirane snage navedene su u točki 3.2. ovog poglavlja.

Granično povećanje specifičnih investicija navedeno je u ovoj tablici:

GRANIČNO POVEĆANJE SPECIFIČNIH INVESTICIJA ZA NTE DO KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO NTE

Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	20%	godišnji trošk.	35%
aktual. trošk. 6%	15%	aktual. trošk. 6%	35%
aktual. trošk. 10%	10%	aktual. trošk. 10%	20%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	20%	godišnji trošk.	35%
aktual. trošk. 6%	15%	aktual. trošk. 6%	35%
aktual. trošk. 10%	10%	aktual. trošk. 10%	20%

Na navedeno granično povećanje investicija, kako se vidi, ne utječe prijenos, a granično povećanje uz najoštriji kriterij u istočnom području iznosi 10%, a u zapadnom 20%.

Ako se promatra opravdanost izgradnje samo konvencionalnih termoelektrana, dolazi se do ovih graničnih povećanja specifičnih investicija za nuklearne elektrane:

GRANIČNO POVEĆANJE SPECIFIČNIH INVESTICIJA ZA NTE OD KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO KONVENCIONALNE TE

Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	30%	godišnji trošk.	40%
aktual. trošk. 6%	30%	aktual. trošk. 6%	40%
aktual. trošk. 10%	15%	aktual. trošk. 10%	25%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	35%	godišnji trošk.	55%
aktual. trošk. 6%	35%	aktual. trošk. 6%	55%
aktual. trošk. 10%	20%	aktual. trošk. 10%	40%

Uzevši u obzir prijenos, gradnja samo konvencionalnih termoelektrana u istočnom području opravdana je tek kad specifične investicije za nuklearne elektrane porastu za 20%, a u zapadnom području čak kad investicije za nuklearne elektrane porastu za 40%. Takvo povećanje granično je uz najoštriji kriterij. Za blaže kriterije to granično povećanje iznosi 35% za istočno i 55% za zapadno područje.

4. Optimalna struktura agregata za konzum 240 TWh

4.1. Polazne pretpostavke

Analiza je provedena uz pretpostavku da su za zadovoljenje konzuma od 80 do 140 TWh izgrađene samo konvencionalne termoelektrane s agregatima snage 500 MW, i to 14 agregata u istočnom i 8 agregata u zapadnom području. To je učinjeno iz razloga navedenih u točki 3.1. I ovdje je potrebno napomenuti da takva pretpostavka — kako će se vidjeti — bitno ne utječe na konačne zaključke.

Analizirane su kombinacije agregata 500 K + + 800 K, 500 K + 800 N, 500 K + 1200 N, 800 K + + 800 N, 800 K + 1200 N i 800 N + 1200 N. Optimalna rješenja nalaze se uvijek među kombinacijama agregata 800 K i 1200 N. Detaljni podaci za sve razmatrane kombinacije nalaze se u [10].

Na već opisani način određeni su manjkovi energije u pojedinim republikama i pokrajinama bez znatnijih rezerva ugljena, pa je utvrđeno da ima energetskog opravdanja za izgradnju nuklearnih elektrana u ovim područjima:

istok:	Vojvodina	6 × 1200 N
	Makedonija	2 × 1200 N
	Crna Gora	1 × 1200 N
zapad:	Hrvatska	5 × 1200 N
	Slovenija	3 × 1200 N

Naravno da to vrijedi uz pretpostavku da su sve do nivoa konzuma od 140 TWh građene samo konvencionalne termoelektrane na rudnicima ugljena.

Za zadovoljenje porasta konzuma od 140 na 240 TWh potrebne su instalirane snage termoelektrana:

u istočnom području	12730 do 13320 MW
u zapadnom području	9830 do 10370 MW

ovisno o strukturi agregata. Izgradnjom samo konvencionalnih termoelektrana (s agregatima 800 MW) potrebne su najmanje, a izgradnjom samo nuklearnih elektrana (s agregatima 1200 MW) najveće instalirane snage.

4.2. Utjecaj povećanja troškova za gorivo u nuklearnim elektranama

Utjecaj povećanja troškova za gorivo u nuklearnim elektranama promatran je na način opisan u točki 2.1.

Uz nepovećane troškove za nuklearno gorivo, prema svim kriterijima optimalna je izgradnja samo nuklearnih elektrana i u istočnom i u zapadnom području, i to bez obzira na utjecaj prijenosa. Potrebna je instalirana snaga nuklearnih elektrana:

u istočnom području	13320 MW NTE
u zapadnom području	10370 MW NTE.

Kad se računa s postepenim povećanjem troškova za nuklearno gorivo, dolazi se do graničnog povećanja troškova u postocima do kojeg je opravdano graditi samo nuklearne elektrane. To granično povećanje troškova iznosi:

GRANIČNO POVEĆANJE TROŠKOVA ZA NUKLEARNO GORIVO DO KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO NTE			
Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	110%	godišnji trošk.	130%
aktual. trošk. 6%	90%	aktual. trošk. 6%	120%
aktual. trošk. 10%	50%	aktual. trošk. 10%	90%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	110%	godišnji trošk.	130%
aktual. trošk. 6%	90%	aktual. trošk. 6%	120%
aktual. trošk. 10%	50%	aktual. trošk. 10%	90%

Prema tome, prijenos ne utječe na granično povećanje troškova za nuklearno gorivo ni u istočnom ni u zapadnom području.

S daljnjim povećanjem troškova za nuklearno gorivo može se odrediti granično povećanje troškova od kojeg je opravdano graditi samo konvencionalne termoelektrane. Tako definirano granično povećanje troškova za nuklearno gorivo iznosi:

GRANIČNO POVEĆANJE TROŠKOVA ZA NUKLEARNO GORIVO OD KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO KONVENCIONALNE TE			
Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	130%	godišnji trošk.	140%
aktual. trošk. 6%	140%	aktual. trošk. 6%	140%
aktual. trošk. 10%	110%	aktual. trošk. 10%	110%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	170%	godišnji trošk.	210%
aktual. trošk. 6%	170%	aktual. trošk. 6%	220%
aktual. trošk. 10%	150%	aktual. trošk. 10%	200%

Dakle, izgradnja samo konvencionalnih termoelektrana opravdana je u istočnom području tek onda kad troškovi za nuklearno gorivo porastu za 150%, a u zapadnom području za 200%. Sve to vrijedi kad se uzme u obzir utjecaj prijenosa. Bez tog utjecaja opravdano je graditi samo konvencionalne termoelektrane kad troškovi za nuklearno gorivo porastu za 110%. To vrijedi i za istočno i za zapadno područje. Svi navedeni podaci vrijede za najoštriji kriterij (aktualizacija uz stopu od 10%). Za druge kriterije granično povećanje troškova za nuklearno gorivo još je veće.

4.3. Utjecaj povećanja specifičnih investicija za nuklearne elektrane

Ako se ne računa s povećanjem specifičnih investicija za nuklearne elektrane, optimalna je izgradnja samo nuklearnih elektrana, i to upravo s onolikim instaliranim snagama koje su navedene u početku točke 4.2.

Granično povećanje specifičnih investicija za nuklearne elektrane iznosi:

GRANIČNO POVEĆANJE SPECIFIČNIH INVESTICIJA ZA NTE DO KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO NTE			
Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	20%	godišnji trošk.	30%
aktual. trošk. 6%	10%	aktual. trošk. 6%	25%
aktual. trošk. 10%	5%	aktual. trošk. 10%	15%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	20%	godišnji trošk.	30%
aktual. trošk. 6%	10%	aktual. trošk. 6%	25%
aktual. trošk. 10%	5%	aktual. trošk. 10%	15%

Kao što se vidi, na navedeno granično povećanje specifičnih investicija nema utjecaja prijenos.

Daljnjim povećanjem specifičnih investicija za nuklearne elektrane dolazi se do graničnog povećanja specifičnih investicija od kojeg je opravdano graditi samo konvencionalne termoelektrane, a ono iznosi:

GRANIČNO POVEĆANJE SPECIFIČNIH INVESTICIJA ZA NTE OD KOJEG JE OPRAVDANO GRADITI SAMO KONVENCIONALNE TE			
Istočno područje		Zapadno područje	
bez utjecaja prijenosa		bez utjecaja prijenosa	
godišnji trošk.	40%	godišnji trošk.	40%
aktual. trošk. 6%	40%	aktual. trošk. 6%	40%
aktual. trošk. 10%	25%	aktual. trošk. 10%	25%
s utjecajem prijenosa		s utjecajem prijenosa	
godišnji trošk.	45%	godišnji trošk.	60%
aktual. trošk. 6%	50%	aktual. trošk. 6%	65%
aktual. trošk. 10%	35%	aktual. trošk. 10%	55%

U istočnom području, dakle, opravdano je graditi samo konvencionalne termoelektrane kad se računa s povećanjem specifičnih investicija za nuklearne elektrane za 35%, a u zapadnom području kad to povećanje dostigne iznos od 55%. To vrijedi kad se uzme u obzir utjecaj prijenosa koji se ne može zanemariti. Ako, međutim, i zanemarimo utjecaj prijenosa, granično je povećanje specifičnih investicija znatno (između 25% i 40%, ovisno o primijenjenom kriteriju).

5. Utjecaj izgradnje nuklearnih elektrana u prethodnim razdobljima

Kao što je već spomenuto, pri razmatranju optimalne strukture termoelektrana za više razine konzuma uvijek je pretpostavljeno da su za zadovoljenje prethodnog nivoa konzuma izgrađene samo konvencionalne termoelektrane. U svim slučajevima, dakle, polazi se od pretpostavke da u sistemu ne postoje nuklearne elektrane, osim — naravno — NTE Krško u zapadnom području.

Da se, međutim, upozori na utjecaj izgradnje nuklearnih elektrana u prethodnom razdoblju, analizirane su prilike — na već opisani način — u promatranim sistemima uz pretpostavku da su u prethodnim razdobljima izgrađene osim konvencionalnih i nuklearne elektrane. Detaljni rezultati analize prikazani su u [10].

Kad računamo s prethodnom izgradnjom nuklearnih elektrana, dobiva se kao optimalna struktura ili još veća izgradnja nuklearnih elektrana, ili upravo ona izgradnja koja se dobiva kao optimalna kad se ne pretpostavi prethodna izgradnja nuklearnih elektrana. Veća izgradnja nuklearnih elektrana dobiva se kao optimalna za manje povećanje troškova za nuklearno gorivo, jer je — uz pretpostavku da se u prethodnom razdoblju grade samo konvencionalne termoelektrane — potreba izgradnje nuklearnih elektrana ograničena porastom konzuma. Za veća povećanja troškova za nuklearno gorivo postoji, međutim, optimalni odnos između dvaju tipova elektrana, bez obzira na to da li su nuklearne elektrane građene za niži nivo konzuma ili za promatrani konzum.

Prema tome, provedenom analizom, uz pretpostavku da su za zadovoljenje prethodno razmatranog konzuma građene samo konvencionalne termoelektrane, može se doći ili do zaključka da je opravdano graditi manje nuklearnih elektrana nego što je stvarno ekonomski opravdano ili do rezultata koji predstavlja ekonomski optimum, pa predstavlja i optimalnu strukturu elektrana.

6. Zaključci o optimalnoj strukturi termoelektrana

U točki 2. do 5. ovog poglavlja prikazani su rezultati analize za određivanje optimalne strukture termoelektrana prema kriteriju minimalnih godišnjih troškova i prema kriteriju minimalnih aktualiziranih troškova uz stopu od 6% i 10%. U svim slučajevima određivana je, osim toga, optimalna struktura termoelektrana uz minimum investicija i unatoč tome što je rezultat unaprijed poznat. U svim slučajevima, naime, prema kriteriju minimuma investicija, optimalno je graditi samo konvencionalne termoelektrane, jer su specifične investicije za njihovu izgradnju znatno niže nego za nuklearne elektrane.

Prema ostalim kriterijima, a uz današnje cijene ugljena i uz polazne troškove za nuklearno gorivo, ekonomično je graditi samo nuklearne elektrane uz znatne uštede bilo na godišnjim troškovima, bilo na aktualiziranim troškovima.

Do iste optimalne strukture termoelektrana dolazi se ako se računa sa znatnim povećanjem troškova za nuklearno gorivo, odnosno ako se računa s nemalim povećanjem specifičnih investicija za nuklearne elektrane.

Do takvih zaključaka dolazi se bez obzira na to računa li se s utjecajem prijenosa. Stoga se može kazati da pretpostavke o investicijama i tro-

škovima za prijenos (uštede na prijenosu zbog izgradnje nuklearnih elektrana u blizini centara konzuma!) ne mogu bitno utjecati na rezultate analize.

Prilikom razmatranja povećanja troškova za nuklearno gorivo ne smije se zaboraviti da nabavna cijena koncentrata urana sudjeluje u troškovima za nuklearno gorivo s manje od 30%, pa je izgradnja nuklearnih elektrana — uz današnje cijene ugljena — ekonomski opravdana i kad se za proizvodnju gorivnih elemenata upotrijebi koncentrat koji ima i nekoliko puta višu nabavnu cijenu od današnje.

U svim slučajevima pokazuje se veća opravdanost izgradnje nuklearnih elektrana u zapadnom, nego u istočnom području. To je unaprijed razumljivo kad se razmatraju prilike s utjecajem prijenosa, jer je u zapadnom području veća udaljenost od rudnika ugljena do centara konzuma. Kad se, međutim, zanemari utjecaj prijenosa, nije u prvi čas jasno zbog čega se pojavljuje ta razlika. Detaljnijom analizom, međutim, moguće je to rastumačiti. U istočnom području, zbog manjeg udjela velikih konstantnih potrošača, iskorištenje je maksimalnog opterećenja kraće i iznosi između 5880 sati/god. (za konzum 80 TWh) i 5830 sati/god. (za konzum 240 TWh), a u zapadnom se području iskorištenje maksimalnog opterećenja kreće između 6290 i 6080 sati/god. Osim toga, u istočnom području predviđena je izgradnja hidroelektrana s relativno manjim instaliranim snagama, pa se iskorištenje maksimalne snage hidroelektrana kreće između 4060 sati/god. (za konzum 80 TWh) i 3540 sati/god. (za konzum 240 TWh). U zapadnom području iskorištenje maksimalne snage hidroelektrana iznosi između 3840 i 3510 sati/god. Oba navedena faktora dovode do nešto većeg vremena korištenja snage nuklearnih elektrana u zapadnom području, što dovodi do veće opravdanosti izgradnje takvih elektrana u zapadnom području.

Na veću opravdanost izgradnje nuklearnih elektrana u zapadnom području utječe dalje i činjenica da u zapadnom području — kao polazno stanje — postoje znatne snage termoelektrana s relativno visokim specifičnim troškovima za gorivo, od čega oko 750 MW na bazi tekućih goriva. Osim toga, i najpovoljnije termoelektrane u zapadnom području, za koje se računa da će biti izgrađene do roka koji odgovara konzumu od 80 TWh, imaju više specifične troškove za gorivo nego najpovoljnije termoelektrane u istočnom području.

Tablica 1

PREGLED REZERVA UGLJENA U SFR JUGOSLAVIJI
(stvarne količine u 10^6 tona)

Područje	Ugljen	Geološke rezerve	Bilančne rezerve				Ukupno	D. ogrj. moć kcal/kg
			A	B	C1	C2		
Bosna i Hercegovina	kameni ugljen	6,0	0,1	0,1	0,2	3,0	3,4	6400
	mrki ugljen	1599,9	42,2	559,6	420,3	333,4	1355,5	4000
	lignit	3477,4	72,2	740,1	2131,7	484,4	3428,4	2800
	ukupno	5083,3	114,5	1299,8	2552,2	820,8	4787,3	3142
Crna Gora	kameni ugljen	—	—	—	—	—	—	—
	mrki ugljen	134,3	0,1	5,0	77,6	—	82,7	3400
	lignit	130,8	2,7	118,0	—	—	120,7	3090
	ukupno	265,1	2,8	123,0	77,6	—	203,4	3218
Hrvatska	kameni ugljen	86,6	2,8	16,3	58,9	—	78,0	6600
	mrki ugljen	68,7	1,0	2,1	4,3	13,0	20,4	4200
	lignit	4513,2	3,2	101,4	48,7	406,8	560,1	2500
	ukupno	4668,5	7,0	119,8	111,9	419,8	658,5	3038
Makedonija	kameni ugljen	—	—	—	—	—	—	—
	mrki ugljen	—	—	—	—	—	—	—
	lignit	248,2	9,7	102,0	30,9	3,0	145,6	2060
	ukupno	248,2	9,7	102,0	30,9	3,0	145,6	2060
Slovenija	kameni ugljen	8,1	0,2	2,0	2,0	2,2	6,4	6000
	mrki ugljen	278,2	25,5	51,7	61,9	81,4	220,5	3600
	lignit	707,1	6,7	429,2	—	16,9	452,8	2700
	ukupno	993,4	32,4	482,9	63,9	100,5	679,7	3023
Srbija	kameni ugljen	109,9	2,2	22,4	24,1	51,6	100,3	5500
	mrki ugljen	258,9	10,0	76,4	67,6	66,2	220,2	4000
	lignit	16709,4	354,9	1808,6	1185,9	11657,9	15007,3	2000
	ukupno	17078,2	367,1	1907,4	1277,6	11775,7	15327,8	2051
SFR Jugoslavija	kameni ugljen	210,6	5,3	40,8	85,2	56,8	188,1	5984
	mrki ugljen	2340,0	78,8	694,8	631,7	494,0	1899,3	3930
	lignit	25786,1	449,4	3299,3	3397,2	12569,0	19714,9	2176
	ukupno	28336,7	533,5	4034,9	4114,1	13119,8	21802,3	2362

III. UTJECAJ REZERVA UGLJENA I URANA

1. Utjecaj konačnih rezerva ugljena

Ako se kriterij minimalnih investicija prihvati kao mjerodavan, dolazi se do zaključka da je opravdano graditi samo konvencionalne termoelektrane. Takav kriterij može imati u određenim uvjetima i puno opravdanje. Prihvaćanjem takvog kriterija međutim pojavljuju se — kako će se vidjeti — konačne rezerve ugljena kao limitirajući faktor. Da se upozori na taj faktor, provedena je analiza o iskorištenju rezerva ugljena uz pretpostavku da se grade samo konvencionalne termoelektrane.

U tablici 1. navedeni su podaci o geološkim bilančnim rezervama ugljena po republikama [14]. Podaci se odnose na sva nalazišta ugljena, a prikupljeni su od Geološkog zavoda Jugoslavije u 1967. godini. Geološke rezerve predstavljaju ukupne rezerve ugljena. Bilančne rezerve su razvrstane u četiri kategorije:

A — vidljive rezerve koje su rudarskim radovima otvorene ili pripremljene za eksploataciju;

B — rezerve utvrđene rudarskim radovima, dubinskim bušenjima i izdancima;

C 1 (vjerojatne) i C 2 (moguće) — rezerve pretpostavljene na temelju izdanaka ugljenih slojeva, manjih novih istraženih radova, starijih podataka o istraživanjima, analogije sa susjednim terenima na kojima se radilo ili postoje pouzdani podaci dobiveni istražnim radovima.

Kad se uzme u obzir srednja donja ogrjevna moć, mogu se odrediti geološke i bilančne rezerve u milijunima tona ekvivalentnog ugljena od 7000 kcal/kg za svaku vrstu ugljena i za svaku republiku (tablica 2). Geološke i bilančne rezerve u 10^6 tona ekvivalentnog ugljena iznose:

Republike	Geološke rezerve	Bilančne rezerve		
		A+B+C1	C2	Ukupno
Bosna i Hercegovina	2310,7	1762,1	387,0	2149,1
Crna Gora	122,9	93,5	—	93,5
Hrvatska	1734,6	132,7	153,1	285,8
Makedonija	73,0	42,0	0,9	42,9
Slovenija	422,7	243,2	50,3	293,5
Srbija	5008,1	1083,1	3409,0	4492,1
SFR Jugoslavija	9672,0	3356,6	4000,3	7356,9

Tablica 2

PREGLED REZERVA UGLJENA U SFR JUGOSLAVIJI
(10^6 tona ekvivalentnog ugljena)

Područje	Ugljen	Geološke rezerve	Bilančne rezerve				Ukupno
			A	B	C1	C2	
Bosna i Hercegovina	kameni ugljen	5,5	0,1	0,1	0,2	2,7	3,1
	mrki ugljen	914,2	24,1	319,8	240,2	190,5	774,6
	lignit	1391,0	28,9	296,0	852,7	193,8	1371,4
	ukupno	2310,7	53,1	615,9	1093,1	387,0	2149,1
Crna Gora	kameni ugljen	—	—	—	—	—	—
	mrki ugljen	65,2	0,1	2,4	37,7	—	40,2
	lignit	57,7	1,2	52,1	—	—	53,3
	ukupno	122,9	1,3	54,5	37,7	—	93,5
Hrvatska	kameni ugljen	81,7	2,6	15,4	55,5	—	73,5
	mrki ugljen	41,2	0,6	1,3	2,6	7,8	12,3
	lignit	1611,7	1,1	36,2	17,4	145,3	200,0
	ukupno	1734,6	4,3	52,9	75,5	153,1	285,8
Makedonija	kameni ugljen	—	—	—	—	—	—
	mrki ugljen	—	—	—	—	—	—
	lignit	73,0	2,9	30,0	9,1	0,9	42,9
	ukupno	73,0	2,9	30,0	9,1	0,9	42,9
Slovenija	kameni ugljen	6,9	0,2	1,7	1,7	1,9	5,5
	mrki ugljen	143,1	13,1	26,6	31,8	41,9	113,4
	lignit	272,7	2,6	165,5	—	6,5	174,6
	ukupno	422,7	15,9	193,8	33,5	50,3	293,5
Srbija	kameni ugljen	86,3	1,7	17,6	18,9	40,5	78,7
	mrki ugljen	147,9	5,7	43,7	38,6	37,8	125,8
	lignit	4773,9	101,4	516,7	338,8	3330,7	4287,6
	ukupno	5008,1	108,8	578,0	396,3	3409,0	4492,1
SFR Jugoslavija	kameni ugljen	180,4	4,6	34,8	76,3	45,1	160,8
	mrki ugljen	1311,6	43,6	393,8	350,9	278,0	1066,3
	lignit	8180,0	138,1	1096,5	1218,0	3677,2	6129,8
	ukupno	9672,0	186,3	1525,1	1645,2	4000,3	7356,9

Prema tome, udio bilančnih u geološkim rezervama iznosi:

Bosna i Hercegovina	93,0%
Crna Gora	76,1%
Hrvatska	16,5%
Makedonija	58,8%
Slovenija	69,4%
Srbija	89,7%
SFR Jugoslavija	76,1%

Taj se udio može smatrati stupnjem istraženosti na pojedinom području. Prema tome, može se smatrati da je najbolje istraženo područje Bosne i Hercegovine i područje Srbije, a da je najslabije istraženo područje Hrvatske.

Sve bilančne rezerve ne mogu se iskoristiti, pa se zbog toga računa s eksploatabilnim rezervama. Na žalost, ne postoje podaci o eksploatabilnim rezervama za sva nalazišta ugljena. U slijedećoj tablici navedeni su podaci o eksploatabilnim količinama ugljena (u 10^6 tona) u pojedinim rudnicima:

STVARNE KOLIČINE UGLJENA U SFRJ

Rudnici	Podzem. eksploat. 10^6 tona	Površin. eksploat. 10^6 tona	Ukupno 10^6 tona	Ogrjevna moć kcal/kg
SR BiH				
Sred.-bos. bazen	315	—	315	4070
Banovići	81	183	264	4060
Kreka	390	450	840	2930
Ugljevik	170	90	260	3310
Gacko	—	290	290	2780
Ukupno	956	1013	1969	3290
Crna Gora				
Plevlja	90	60	150	2990
Hrvatska				
Raša	43	—	43	6510
Makedonija				
Oslomej	—	62	62	1690
Slovenija				
Velenje	322	—	322	2690
Zasav. bazen	125	—	125	3640
Ukupno	447	—	447	2960
Srbija				
Kolubara	300	1200	1550	1680
Kostolac	600	200	800	2010
Kosovo	—	5100	5100	1810
Metohija	—	2000	2000	1930
Res.- mor. baz.	18	—	18	4280
Ukupno	918	8500	9418	1850
SFR Jugoslavija	2454	9635	12089	2150

Treba napomenuti da je za rudnik Metohija računato s ukupnim rezervama jer se ne raspolaže s podacima o eksploatabilnim rezervama.

Uzevši u obzir ogrjevne moći, dolazi se do podataka o količinama ekvivalentnog ugljena od 7000 kcal/kg koje su navedene u ovoj tablici:

KOLIČINE EKVIVALENTNOG UGLJENA OD 7000 kcal/kg

Rudnici	Podzemna eksploat. 10^6 tona	Površinska eksploat. 10^6 tona	Ukupno 10^6 tona
SR BiH			
Sred.-bos. bazen	183	—	183
Banovići	46	107	153
Kreka	164	188	352
Ugljevik	80	43	123
Gacko	—	115	115
Ukupno	473	453	926
Crna Gora			
Plevlja	37	27	64
Hrvatska			
Raša	40	—	40
Makedonija			
Oslomej	—	15	15
Slovenija			
Velenje	124	—	124
Zasavski bazen	65	—	65
Ukupno	189	—	189
Srbija			
Kolubara	77	296	373
Kostolac	173	57	230
Kosovo	—	1320	1320
Metohija	—	550	550
Res.-mor. bazen	11	—	11
Ukupno	261	2223	2484
SFR Jugoslavija	1000	2718	3718

Geografska raspodjela rezerva ugljena vrlo je nejednolika na području Jugoslavije. Ako računamo s bilančnim rezervama (tab. 2), udio pojedine republike u bilančnim rezervama iznosi:

Bosna i Hercegovina	29,2%
Crna Gora	1,3%
Hrvatska	3,9%
Makedonija	0,6%
Slovenija	4,0%
Srbija	61,0%

a ako računamo s eksploatabilnim rezervama u 15 velikih rudnika, udio pojedine republike u tako definiranim rezervama iznosi:

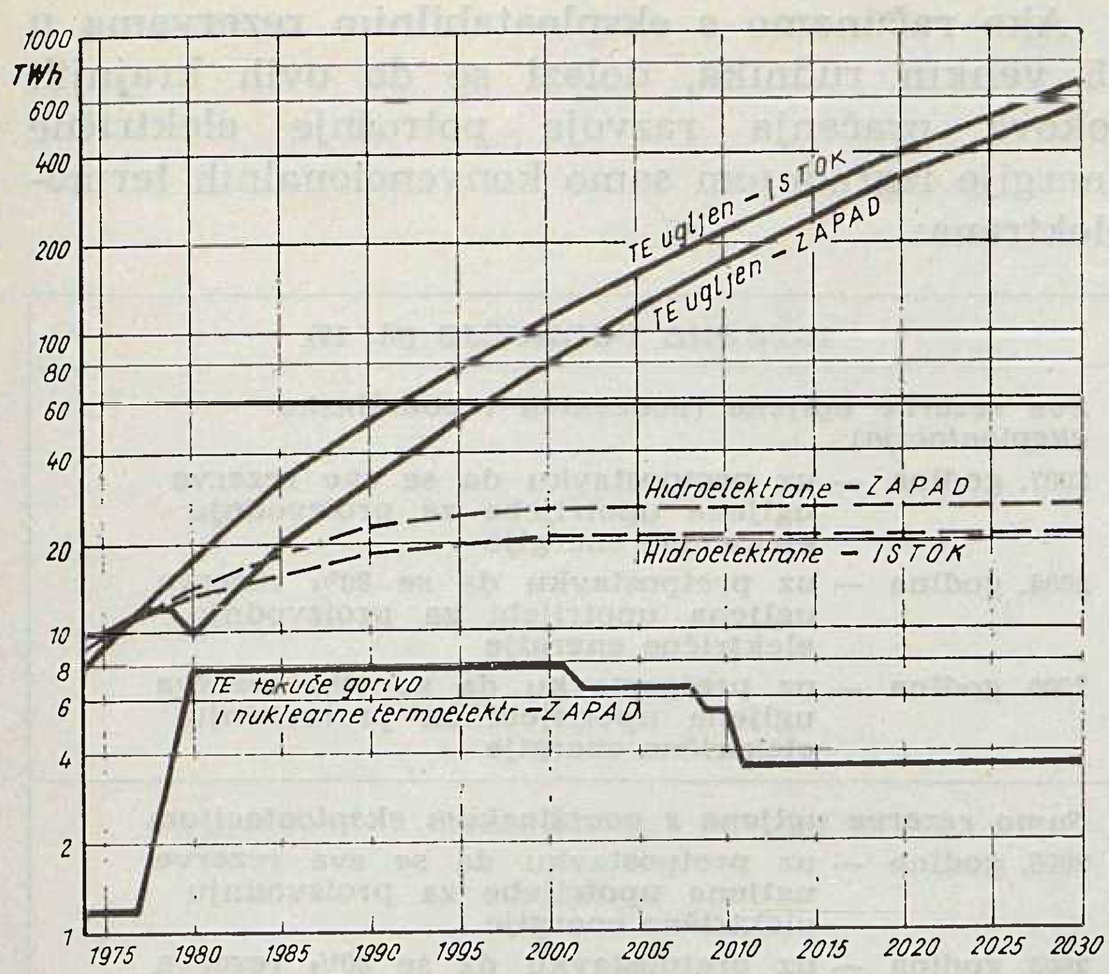
Bosna i Hercegovina	24,9%
Crna Gora	1,7%
Hrvatska	1,1%
Makedonija	0,4%
Slovenija	5,1%
Srbija	66,8%

Ako se promatraju dva područja Jugoslavije, istočno i zapadno, dolazi se do ovih bilančnih rezervi u svim rudnicima:

istočno područje $4628{,}5 \cdot 10^6$ t ekv. ugljena
zapadno područje $2728{,}4 \cdot 10^6$ t ekv. ugljena,

odnosno do ovih eksploatabilnih rezerva u velikim rudnicima:

Podzemna eksploatacija		
istočno područje	298	10^6 t ekv. ugljena
zapadno područje	702	10^6 t ekv. ugljena
Površinska eksploatacija		
istočno područje	2265	10^6 t ekv. ugljena
zapadno područje	453	10^6 t ekv. ugljena



Sl. 18. Potrebna proizvodnja elektrana uz pretpostavku da se grade nove termoelektrane samo na bazi ugljena

Ukupno podzemna i površinska eksploatacija		
istočno područje	2563	10^6 t ekv. ugljena
zapadno područje	1155	10^6 t ekv. ugljena

Da se odredi utjecaj konačnih rezerva ugljena, potrebno je — kako će se vidjeti — produljiti razmatranje i na razdoblje nakon 2000. godine. Računato je da potrebne količine električne energije od 2000. do 2020. godine rastu po godišnjoj stopi od 6%, a od 2020. do 2030. godine po stopi od 5%. Pri tome nije računato da će se nakon 2000. godine povećavati izgradnja hidroelektrana i da se termoelektrane koje se koriste tekućim gorivom, a koje su izgrađene u ovom desetljeću, neće obnavljati nakon 30 godina pogona. Na sl. 18. prikazana je proizvodnja konvencionalnih termoelektrana i hidroelektrana u istočnom i zapadnom području, te proizvodnja termoelektrana s tekućim gorivom i proizvodnja NTE Krško u zapadnom području.

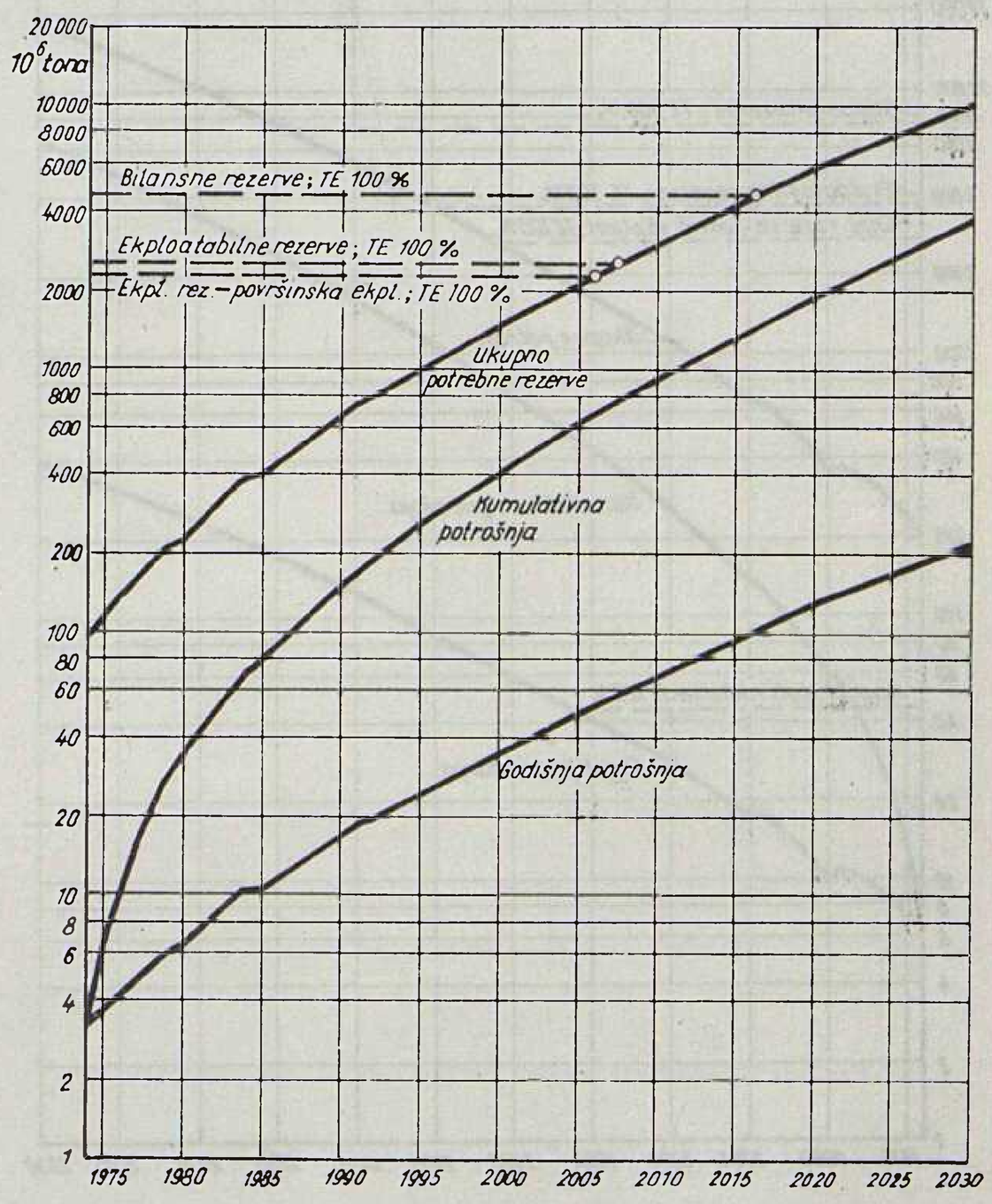
Da se odrede potrebne količine ugljena za proizvodnju električne energije, pretpostavljeno je da će potrošnja topline po kWh na pragu termoelektrana iznositi:

1974—1979.	2700 kcal/kWh
1980—1984.	2500 kcal/kWh
1985—1991.	2300 kcal/kWh
1991. i dalje	2200 kcal/kWh

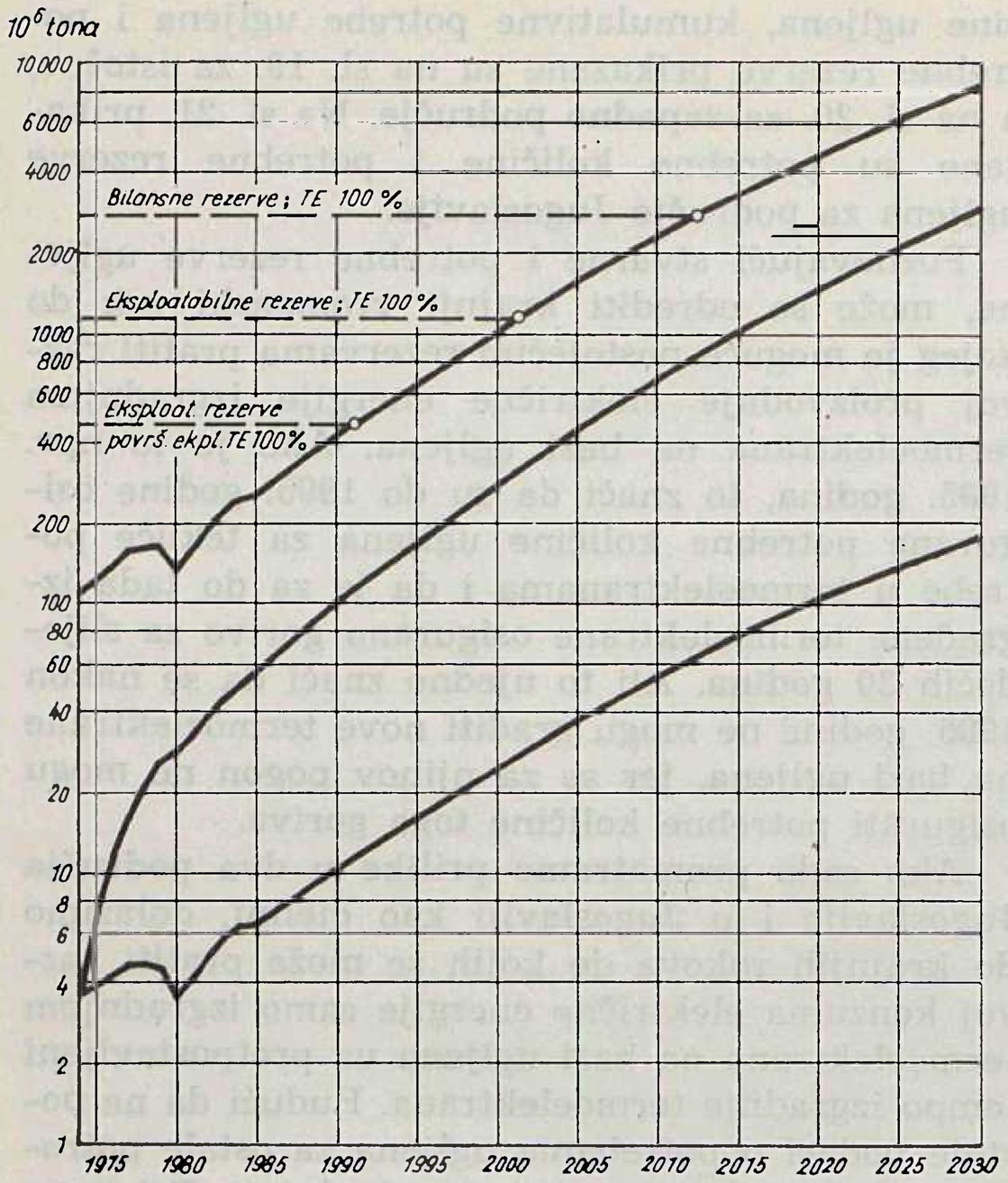
Osim tekućih potreba ugljena, koje su potrebne u pojedinim godinama, rezerve ugljena moraju pokriti potrošnju za cijeli vijek trajanja izgrađenih termoelektrana. Ako računamo s vijekom trajanja termoelektrana od 30 godina, potrebno je da rezerve ugljena budu dovoljne za 30-godišnju proizvodnju termoelektrana. Zbroj kumulativne tekuće potrošnje i 30-godišnjih potreba pokazuje potrebne rezerve ugljena. Godišnje potrebne količine ugljena, kumulativne potrebe ugljena i potrebne rezerve prikazane su na sl. 19. za istočno, a na sl. 20. za zapadno područje. Na sl. 21. prikazane su potrebne količine i potrebne rezerve ugljena za područje Jugoslavije.

Poznavajući stvarne i potrebne rezerve ugljena, može se odrediti krajnji vremenski rok do kojeg je moguće postojećim rezervama pratiti razvoj proizvodnje električne energije izgradnjom termoelektrana na bazi ugljena. Ako je to npr. 1995. godina, to znači da su do 1995. godine osigurane potrebne količine ugljena za tekuće potrebe u termoelektranama i da je za do tada izgrađene termoelektrane osigurano gorivo za slijedećih 30 godina. Ali to ujedno znači da se nakon 1995. godine ne mogu graditi nove termoelektrane na bazi ugljena, jer se za njihov pogon ne mogu osigurati potrebne količine toga goriva.

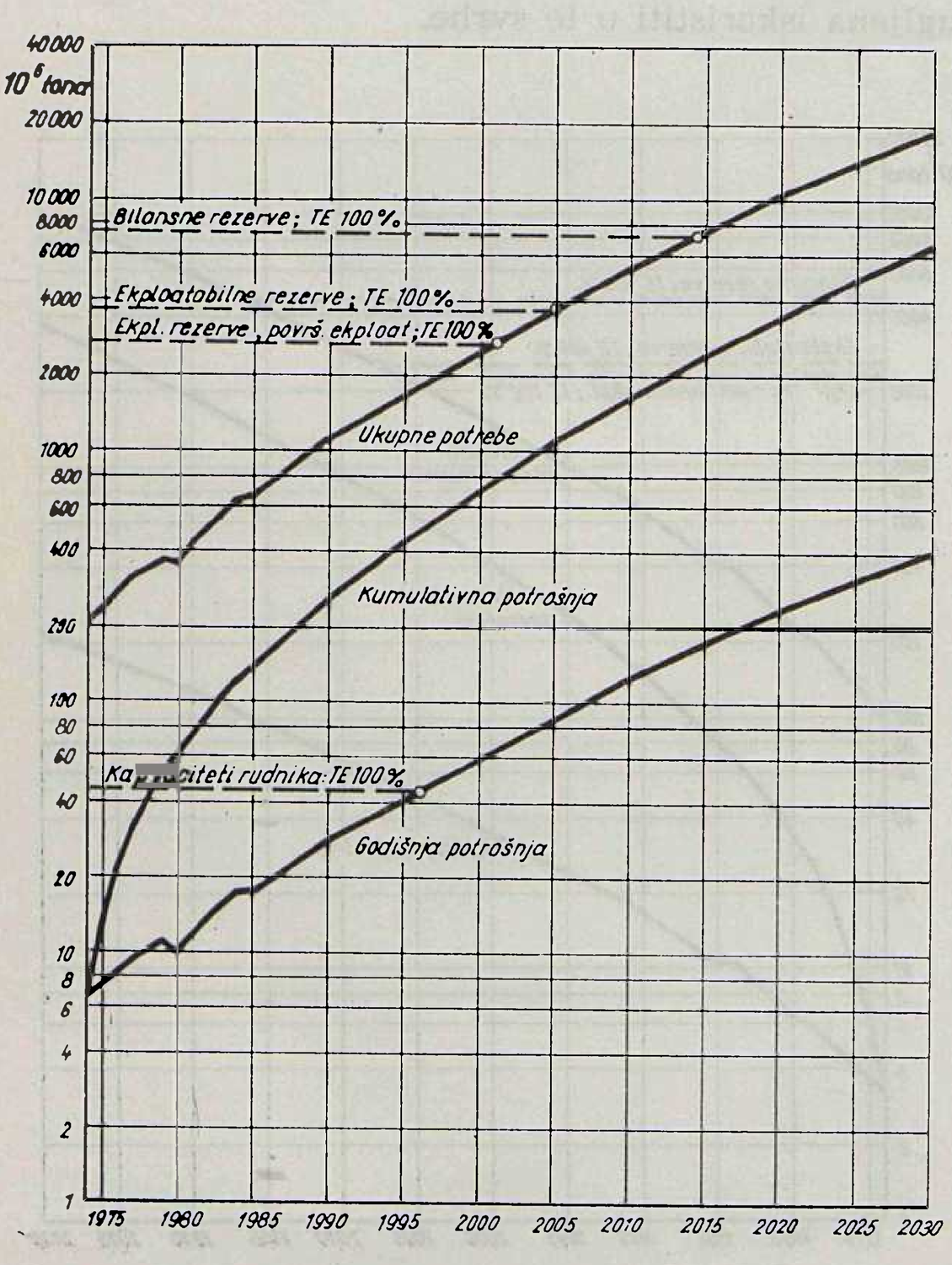
Ako sada promatramo prilike u dva područja Jugoslavije i u Jugoslaviji kao cjelini, dolazimo do krajnjih rokova do kojih se može pratiti razvoj konzuma električne energije samo izgradnjom termoelektrana na bazi ugljena uz pretpostavljeni tempo izgradnje termoelektrana. Budući da ne postoje podaci o potrebama ugljena za ostale potrošače, nužno se poslužiti pretpostavkama. Pri tome je potrebno računati da će ukupno iskorištenje energije rasti i da će dio potreba za energijom biti potrebno osigurati ugljenom (kućanstva, industrija). Osim toga, treba očekivati razvoj plinifikacije ugljena i karbokemije, pa će se dio rezerva ugljena iskoristiti u te svrhe.



Sl. 19. Potrebne količine ugljena za proizvodnju električne energije u istočnom području



Sl. 20. Potrebne količine ugljena za proizvodnju električne energije u zapadnom području



Sl. 21. Potrebne količine ugljena za proizvodnju električne energije u Jugoslaviji

Ako računamo s eksploatabilnim rezervama u 15 velikih rudnika, dolazi se do ovih krajnjih rokova praćenja razvoja potrošnje električne energije izgradnjom samo konvencionalnih termoelektrana:

ISTOČNO PODRUČJE (sl. 19)

Sve rezerve ugljena (podzemna i površinska eksploatacija)

2007. godina — uz pretpostavku da se sve rezerve ugljena upotrijebe za proizvodnju električne energije

2004. godina — uz pretpostavku da se 80% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

2000. godina — uz pretpostavku da se 60% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

Samo rezerve ugljena s površinskom eksploatacijom

2006. godina — uz pretpostavku da se sve rezerve ugljena upotrijebe za proizvodnju električne energije

2003. godina — uz pretpostavku da se 80% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

1999. godina — uz pretpostavku da se 60% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

ZAPADNO PODRUČJE (sl. 20)

Sve rezerve ugljena (podzemna i površinska eksploatacija)

2001. godina — uz pretpostavku da se sve rezerve ugljena upotrijebe za proizvodnju električne energije

1998. godina — uz pretpostavku da se 80% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

1995. godina — uz pretpostavku da se 60% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

Samo rezerve ugljena s površinskom eksploatacijom

1991. godina — uz pretpostavku da se sve rezerve ugljena upotrijebe za proizvodnju električne energije

1989. godina — uz pretpostavku da se 80% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

1986. godina — uz pretpostavku da se 60% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

Kad se, međutim, promatra područje Jugoslavije kao cjelina, dolazi se do ovih krajnjih rokova praćenja razvoja potrošnje električne energije:

PODRUČJE JUGOSLAVIJE (sl. 21)

Sve rezerve ugljena (podzemna i površinska eksploatacija)

2005. godina — uz pretpostavku da se sve rezerve ugljena upotrijebe za proizvodnju električne energije

2002. godina — uz pretpostavku da se 80% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

1999. godina — uz pretpostavku da se 60% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

Samo rezerve ugljena s površinskom eksploatacijom

2001. godina — uz pretpostavku da se sve rezerve ugljena upotrijebe za proizvodnju električne energije

1998. godina — uz pretpostavku da se 80% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

1995. godina — uz pretpostavku da se 60% rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

Prema procjeni u [14], kapacitet rudnika koji bi odgovarao uvjetima eksploatacije i potencijalu mogao bi iznositi $165 \cdot 10^6$ tona stvarnog ugljena, odnosno $45{,}1 \cdot 10^6$ tona ekvivalentnog ugljena godišnje. Vjerojatno se taj podatak odnosi samo na velike rudnike, jer se u [14] ne navode detaljniji podaci. Ako se tako određeni proizvodni kapacitet rudnika prihvati kao kriterij mogućnosti godišnje eksploatacije ugljena, dolazi se do ovih krajnjih rokova za praćenje razvoja proizvodnje električne energije:

PODRUČJE JUGOSLAVIJE (sl. 21)	
Svi kapaciteti rudnika (podzemna i površinska eksploatacija)	
1996. godina	— uz pretpostavku da se svi kapaciteti rudnika upotrijebe za proizvodnju električne energije
1993. godina	— uz pretpostavku da se 80% kapaciteta rudnika upotrijebi za proizvodnju električne energije
1990. godina	— uz pretpostavku da se 60% kapaciteta rudnika upotrijebi za proizvodnju električne energije

Prema tome, kad se uzmu u obzir eksploatabilne rezerve u 15 najvećih rudnika i kad se računa da će se sav ugljen upotrijebiti za proizvodnju električne energije, razvoj potrošnje električne energije bit će moguće pratiti:

u istočnom području 32 godine,
u zapadnom području 26 godina,
na području Jugoslavije 30 godina.

Ako se, međutim, računa da će samo 60% od rezerva ugljena biti upotrijebljeno za proizvodnju električne energije, razvoj potrošnje električne energije bit će moguće pratiti:

u istočnom području 25 godina,
u zapadnom području 20 godina,
na području Jugoslavije 24 godine.

Danas se, međutim, često čuje mišljenje da za proizvodnju električne energije ima opravdanja upotrijebiti samo ugljen dobiven površinskom eksploatacijom. Ako se prihvati ta postavka, dolazi se do zaključka da će biti moguće pratiti razvoj potrošnje električne energije:

u istočnom području 31 godinu,
u zapadnom području 16 godina,
na području Jugoslavije 26 godina,

ako se računa da će se sve količine ugljena dobivene površinskom eksploatacijom koristiti za proizvodnju električne energije.

S druge strane, kad se računa s navedenim kapacitetima rudnika i kad se pretpostavi da će se sav proizvedeni ugljen upotrijebiti za proizvodnju električne energije, dolazi se do zaključka da će se povećanjem izgradnje konvencionalnih termoelektrana moći pratiti razvoj potrošnje električne energije na području Jugoslavije kroz 21 godinu, a uz pretpostavku da će se 60% proizvedenog ugljena upotrijebiti u termoelektranama, bit će moguće pratiti razvoj na području Jugoslavije 15 godina.

Svi do sada navedeni podaci odnose se na rezerve ugljena u 15 velikih rudnika, pa se takvoj analizi može prigovoriti jer uzima u obzir samo dio rezerva ugljena, iako je sigurno da će se najveći dio ugljena dobivati u budućnosti baš iz najvećih rudnika. Unatoč tome u nastavku je provedena analiza u kojoj se računa s bilančnim količinama ugljena (tablice 1. i 2) kao s eksploatabilnim količinama, iako se normalno računa da se samo dio bilančnih rezerva može iskoristiti danas upotrebljavanim metodama za eksploataciju ugljena.

Ako, dakle, računamo s bilančnim rezervama kao eksploatabilnim, dolazimo do slijedećih krajnjih rokova praćenja razvoja potrošnje električne energije izgradnjom samo konvencionalnih termoelektrana.

ISTOČNO PODRUČJE (sl. 19)	
Sve bilančne rezerve ugljena	
2016. godina	— uz pretpostavku da se sve rezerve ugljena upotrijebe za proizvodnju električne energije
2013. godina	— uz pretpostavku da se 80% svih rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije
2008. godina	— uz pretpostavku da se 60% svih rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

ZAPADNO PODRUČJE (sl. 20)	
Sve bilančne rezerve ugljena	
2012. godina	— uz pretpostavku da se sve rezerve ugljena upotrijebe za proizvodnju električne energije
2009. godina	— uz pretpostavku da se 80% svih rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije
2006. godina	— uz pretpostavku da se 60% svih rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

PODRUČJE JUGOSLAVIJE (sl. 21)	
Sve bilančne rezerve ugljena	
2014. godina	— uz pretpostavku da se sve rezerve ugljena upotrijebe za proizvodnju električne energije
2011. godina	— uz pretpostavku da se 80% svih rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije
2007. godina	— uz pretpostavku da se 60% svih rezerva ugljena upotrijebi za proizvodnju električne energije

Prema tome, kad računamo da su sve bilančne rezerve ujedno i eksploatabilne i da se sve tako određene rezerve ugljena upotrijebe za proizvodnju električne energije, razvoj potrošnje električne energije bit će moguće pratiti:

u istočnom području 41 godinu,
u zapadnom području 37 godina,
na području Jugoslavije 39 godina.

Ali, ako se računa da će se 60% rezerva ugljena utrošiti za proizvodnju električne energije, razvoj potrošnje električne energije bit će moguće pratiti:

u istočnom području 33 godine,
u zapadnom području 31 godinu,
na području Jugoslavije 32 godine.

Prema tome, kad bi sve bilančne rezerve bile eksploatabilne rezerve, krajnji rokovi praćenja razvoja proizvodnje električne energije produljili bi se 8—9 godina, dakle kraće od jednog desetljeća.

Konačno, kad bi sve geološke rezerve postale eksploatabilne rezerve, došlo bi se do zaključka da je moguće pratiti razvoj potrošnje električne energije na području Jugoslavije 43 godine ako se računa da će se sve geološke rezerve upotrijebiti za proizvodnju električne energije.

Na temelju provedene analize pokazuje se da se pri planiranju budućeg razvoja proizvodnje električne energije moraju uzeti u obzir ograničene rezerve ugljena. Rezerve ugljena dovoljne su, naime, da osiguraju praćenje razvoja potrošnje električne energije u budućih 25—30 godina, pa nisu prihvatljiva mišljenja, koja se često mogu čuti kad se raspravlja o razvoju energetike u nas, da poznate rezerve ugljena dostaju za opskrbu područja Jugoslavije za slijedećih nekoliko stoljeća.

2. Izgradnja samo konvencionalnih termoelektrana za opskrbu električnom energijom

Ako bi se gradile samo konvencionalne termoelektrane, osim predviđenih hidroelektrana, bila bi potrebna izgradnja ovih instaliranih snaga:

ISTOČNO PODRUČJE		
za konzum 80 TWh	3510 MW	(7 × 500 MW)
za konzum od 80—140 TWh	6920 MW	(14 × 500 MW)
za konzum od 140—240 TWh	12730 MW	(16 × 800 MW)
ZAPADNO PODRUČJE		
za konzum 80 TWh	1570 MW	(3 × 500 MW)
za konzum od 80—140 TWh	4100 MW	(8 × 500 MW)
za konzum od 140—240 TWh	9830 MW	(12 × 800 MW)

Prema tome, ukupna instalirana snaga termoelektrana u 2000. godini iznosila bi:

istočno područje	23160 MW
zapadno područje	15500 MW
područje Jugoslavije	38660 MW.

Prema rezultatima analize iz prethodnog poglavlja, može se taj razvoj izgradnje termoelektrana pratiti do 2000. godine ako se računa sa svim eksploatacijskim rezervama u 15 velikih rudnika.

Da bi se dobili podaci o instaliranim snagama termoelektrana na svakom rudniku ugljena, treba računati s tim da će instalirane snage termoelektrana biti proporcionalne eksploatabilnim rezervama. Uz tu pretpostavku instalirane snage na pojedinim bi rudnicima iznosile:

Republika	Rudnici	Snaga u MW
Bosna i Hercegovina	Srednjo-bosanski bazen	1900 MW
	Banovići	1590 MW
	Kreka	3660 MW
	Ugljevik	1280 MW
	Gacko	1190 MW
	Ukupno	9620 MW
Crna Gora	Plevlja	670 MW
Hrvatska	Raša	410 MW
Makedonija	Oslomej	160 MW
Slovenija	Velenje	1290 MW
	Zasavski bazen	670 MW
	Ukupno	1960 MW
Srbija	Kolubara	3880 MW
	Kostolac	2390 MW
	Kosovo	13730 MW
	Metohija	5720 MW
	Resavsko-moravski bazen	120 MW
	Ukupno	25840 MW
SFR Jugoslavija		38660 MW

Ovdje treba napomenuti da se danas računa da je npr. uz rudnik Velenje moguće izgraditi termoelektrane s ukupnom snagom koja je nešto veća od 700 MW, da se u Zasavskom bazenu danas ne planira izgradnja novih termoelektrana (danas postoje termoelektrane snage manje od 200 MW), a uz rudnik Raša planira se izgradnja termoelektrana do ukupne snage oko 250 MW.

Budući da se radi o ugljenu vrlo niske ogrjevne moći, dolazi u obzir izgradnja termoelektrana neposredno na rudnicima. To znači da će doći do velike koncentracije snaga termoelektrana na pojedinim lokacijama. Ta koncentracija snaga izazvat će poteškoće kako s obzirom na hlađenje kondenzatora, tako i s obzirom na zaštitu okoline zbog ispuštanja pepela, sumpornog i dušičnog dioksida.

Ni na jednoj lokaciji neće se moći osigurati protočno hlađenje kondenzatora, a na nekim lokacijama ni povratno hlađenje, koje traži znatno manje količine vode za hlađenje. Znatna koncentracija rashladnih tornjeva na pojedinim lokacijama imat će znatan utjecaj na mikroklimu užeg područja zbog povećanja vlage u zraku. U nekim slučajevima bit će potrebno izgraditi suhe rashladne tornjeve (hlađenje rashladne vode pomoću zraka), što će povećati specifičnu potrošnju ugljena (viša temperatura na izlazu iz turbine!) i specifične investicije za izgradnju termoelektrana.

Smanjenje koncentracije pepela, sumpornog dioksida i dušičnog dioksida traži vrlo visoke dimnjake, toliko više što je veća koncentracija snage termoelektrana.

Razmotrimo, primjera radi, prilike u okolici rudnika Kosovo u 2000. godini. Uz instaliranu snagu od 13 730 MW proizvodnja električne energije iznosit će prosječno godišnje oko 70 000 GWh, a za tu proizvodnju bit će potrebno oko $85 \cdot 10^6$ tona ugljena. Ako računamo da sadržaj pepela u ugljenu iznosi 15%, znači da će se u termoelektranama uz rudnik Kosovo »proizvoditi« $12{,}75 \cdot 10^6$ tona pepela godišnje. Već samo deponiranje tolikih količina pepela, ali uz zahtjev da se spriječi raznošenje pepela po okolici, predstavlja poseban problem. Može se, međutim, računati da se 98% pepela može zadržati u kotlu pomoću uređaja za otprašivanje plinova izgaranja, pa 2% od ukupnog pepela odlazi kroz dimnjak u okolicu. Prema tome, u okolici se raspršava oko $250 \cdot 10^3$ tona pepela godišnje. Ako se računa da će se pepeo jednoliko raspršiti po površini u promjeru od 10 km, godišnje će pasti oko 3,2 kg pepela po m^2 površine. Naravno da će u smjeru glavnih vjetrova i u neposrednoj blizini dimnjaka količina pepela po jedinici površine biti znatno veća. Teško je i zamisliti kakav će utjecaj imati tolika količina pepela na život uz veliku koncentraciju termoelektrana.

Naši ligniti imaju relativno nizak sadržaj sumpora (između 0,3 i 1,6%), ali će se pri velikim koncentracijama termoelektrana ipak pojavljivati znatne količine sumpornog dioksida u izgarnim plinovima. Ako opet uzmemo primjer termoelektrana uz rudnik Kosovo i ako računamo da je sadržaj sumpora u ugljenu 0,8%, uz navedenu potrošnju ugljena spaljivat će se godišnje oko $680 \cdot 10^3$ tona sumpora. Ovdje treba napomenuti da će otklanjanje sumpornog dioksida iz plinova izgaranja biti u neposrednoj budućnosti vjerojatno uspješno riješeno, ali će izgradnja takvih uređaja izazvati znatno povišenje investicija za izgradnju konvencionalnih termoelektrana.

Svi ti razlozi mogu dovesti do ograničenja velikih koncentracija instaliranih snaga termoelektrana, što pogotovo vrijedi za rudnike s velikim rezervama ugljena (Kosovo, Metohija, Kreka - Banovići, Kolubara, Kostolac), u kojima je koncentrirano oko 80% eksploatabilnih rezerva u velikim rudnicima.

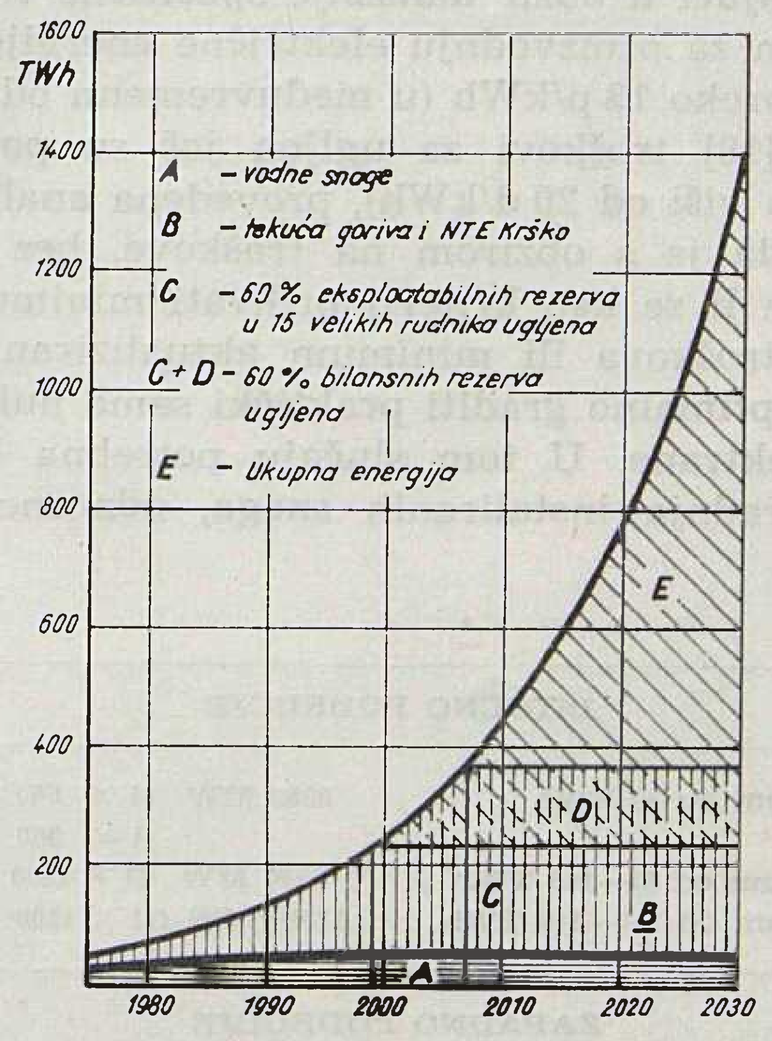
Osim toga, najveće rezerve ugljena nalaze se u istočnom dijelu zemlje (područje uže Srbije i pokrajine Kosovo) i u istočnom dijelu Bosne, a konzum je raspoređen više ili manje jednoliko po cijelom području Jugoslavije. Zbog toga će biti potreban prijenos vrlo velikih snaga između područja sa znatnim rezervama ugljena i područja gdje su te rezerve skromne.

Ako moguću izgradnju konvencionalnih termoelektrana s obzirom na rezerve ugljena usporedimo s potrebnom izgradnjom, moći ćemo konstatirati da je u istočnom području moguće izgraditi 26 670 MW u termoelektranama, a potrebna izgradnja iznosi 23 160 MW, pa će, najskromnije računato, iz istočnog područja u zapadno biti potrebno prenijeti 3510 MW. Potreba prijenosa postaje znatno veća kad se uzme u obzir potreba prijenosa iz Bosne i Hercegovine u Hrvatsku i Sloveniju. Ako potrebne snage iz termoelektrana podijelimo prema maksimalnom opterećenju, dobiva se da bi u Hrvatskoj i Sloveniji bilo potrebno 65,4% od svih potrebnih elektrana u zapadnom području, što odgovara snazi od oko 10 000 MW. U te dvije republike moguće je izgraditi, prema podacima navedenim na početku ovog poglavlja, 2370 MW. To znači da će biti potrebno osigurati prijenos najmanje 7630 MW između istočnog dijela Bosne i područja Hrvatske i Slovenije. To su, po našem mišljenju, minimalni prijenosni kapaciteti, jer je potrebno računati s dnevnim i sezonskim oscilacijama konzuma, sa sezonskim oscilacijama proizvodnje u hidroelektranama i potrebnom rezervom.

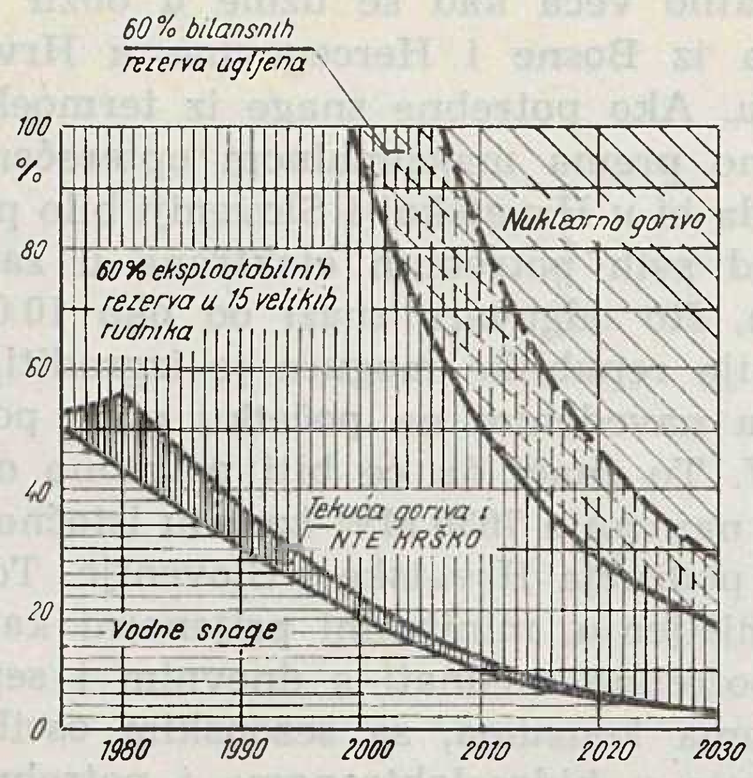
Zbog toga mogu se pojaviti i ograničenja u izgradnji konvencionalnih termoelektrana i radi prijenosa, jer će veliki kapaciteti prijenosa tražiti znatan broj vodova ili prijelaz na viši nivo napona (npr. 750 kV).

Sve to pokazuje da je prije donošenja odluke o izgradnji velikih proizvodnih kapaciteta potrebno proučiti pitanje ograničenja izgradnje termoelektrana na pojedinim rudnicima, kako bi se dobila što objektivnija slika o mogućnostima izgradnje, uzevši pri tome u obzir mogući kapacitet rudnika, raspoloživu količinu vode za hlađenje i utjecaj te izgradnje na okolicu.

Na sl. 22. prikazan je razvoj proizvodnje električne energije s naznakom oblika energije koji se upotrebljava za proizvodnju električne energije, a na sl. 23. prikazana je struktura proizvodnje po oblicima energije i po tipovima elektrana.



Sl. 22. Razvoj proizvodnje električne energije po tipovima elektrana uz pretpostavku da se konvencionalne termoelektrane grade do granice mogućnosti (ako se računa da će 60% rezerva ugljena biti korišteno za proizvodnju električne energije)



Sl. 23. Struktura proizvodnje električne energije po tipovima elektrana uz pretpostavku da se konvencionalne termoelektrane grade do granice mogućnosti (ako se računa da će 60% rezerva ugljena biti korišteno za proizvodnju električne energije)

Dijagrami na sl. 22. i 23. crtani su jednom uz pretpostavku da se 60% eksploatabilnih rezerva ugljena iz 15 velikih rudnika upotrebljava za proizvodnju električne energije, a drugi put da se 60% bilančnih rezerva upotrebljava u tu svrhu. U oba slučaja potrebna je energija iz nuklearnih elektrana za zadovoljenje konzuma, i to uz prvu pretpostavku od 1999. godine, a uz drugu pretpostavku od 2007. godine.

3. Izgradnja samo nuklearnih elektrana za opskrbu električnom energijom

Uzimajući u obzir današnje specifične troškove za ugljen za proizvodnju električne energije u visini od preko 13 p/kWh (u međuvremenu od izrade studije [10] troškovi za ugljen još su povećani, danas su viši od 20 d/kWh), provedena analiza pokazuje da je s obzirom na troškove, bez obzira na to da li se kao kriterij prihvati minimum godišnjih troškova ili minimum aktualiziranih troškova, optimalno graditi praktički samo nuklearne termoelektrane. U tom slučaju potrebna bi bila ova izgradnja instaliranih snaga, odnosno agregata:

ISTOČNO PODRUČJE		
za konzum do 80 TWh	3580 MW	(4 × 600 N MW, (1 × 500 K MW)
za konzum od 80—140 TWh	8330 MW	(7 × 1200 N MW)
za konzum od 140—240 TWh	13320 MW	(11 × 1200 N MW)
ZAPADNO PODRUČJE		
za konzum do 80 TWh	1580 MW	(3 × 600 N MW)
za konzum od 80—140 TWh	4830 MW	(4 × 1200 N MW)
za konzum od 140—240 TWh	10370 MW	(9 × 1200 N MW)

Prema tome bi ukupna instalirana snaga termoelektrana iznosila:

istočno područje	25230 MW
zapadno područje	16780 MW
ukupno	42010 MW

od čega samo 500 MW u konvencionalnim termoelektranama.

Takvo rješenje je optimalno bez obzira na to uzima li se ili ne uzima u obzir utjecaj prijenosa.

Takvo rješenje je opravdano — sa stajališta troškova — i onda kad se računa sa znatnim povećanjem troškova za nuklearno gorivo i s nemalim povećanjem investicija za nuklearne termoelektrane.

Međutim, takvo rješenje — unatoč izrazitim prednostima sa stajališta elektroprivrede — vjerojatno nije prihvatljivo zbog visokih investicija koje su za 52% više (uz pretpostavke s kojima se računalo u ovom radu) nego u slučaju prihvaćanja rješenja samo s konvencionalnim elektranama, a također i zbog činjenice da je zbog opskrbe potrošača nepovoljno bazirati proizvodnju električne energije samo na jednom primarnom obliku energije. Protiv tog rješenja govore i razlozi zapošljavanja u područjima rudnika ugljena, iako je poznata činjenica da je teško pronaći rudare, pogotovo za rad u rudnicima s jamskom eksploatacijom.

Protiv takvog rješenja govori i činjenica da su naše rezerve urana, naročito s obzirom na iskorištavanje urana u termičkim reaktorima, nedovoljne za takav opseg izgradnje nuklearnih elektrana. Zbog toga bi takva politika izgradnje elektrana dovela zemlju u znatnu ovisnost o nabavi urana u inozemstvu unatoč znatnim rezervama ugljena, koje — kako je pokazano — nisu tolike da bi ih trebalo ispustiti iz vida kao činilac ograničenja.

4. Izgradnja nuklearnih elektrana u područjima s malim rezervama ugljena

Jedno je od mogućih rješenja — koje ima svoje opravdanje kako s obzirom na prijenos električne energije koji predstavlja izvjestan element nesigurnosti u opskrbi potrošača, tako i s obzirom na problem međusobnih odnosa proizvodnih i potrošačkih područja — da se grade nuklearne elektrane u područjima u kojima nema rezerva ugljena, i to u opsegu koji odgovara manjkovima energije i snage u energetski deficitnim područjima.

Naravno da takvo rješenje nije optimalno ni u pogledu minimuma investicija, ni u pogledu minimuma troškova, ali se nalazi između ta dva granična rješenja.

Ako se prihvati navedeni kriterij, potrebno je izgraditi ove instalirane snage i agregate:

ISTOČNO PODRUČJE	
Za konzum do 80 TWh	
u Vojvodini	1 × 600 N
u Makedoniji	1 × 600 N
na rudnicima ugljena	5 × 500 K
ukupno	1200 MW u NTE, 2500 MW u TE
Za konzum od 80 do 140 TWh	
u Vojvodini	2 × 1200 N
u Makedoniji	1 × 1200 N
na rudnicima ugljena	11 × 500 K
ukupno	3600 MW u NTE, 5500 MW u TE
Za konzum od 140 do 240 TWh	
u Vojvodini	3 × 1200 N
u Makedoniji	1 × 1200 N
u Crnoj Gori	1 × 1200 N
na rudnicima ugljena	9 × 800 K
ukupno	6000 MW u NTE, 7200 MW u TE
ZAPADNO PODRUČJE	
Za konzum do 80 TWh	
u Hrvatskoj	1 × 600 N
na rudnicima ugljena	2 × 600 N
ukupno	600 MW u NTE, 1000 MW u TE
Za konzum od 80 do 140 TWh	
u Hrvatskoj	2 × 1200 N
u Sloveniji	1 × 1200 N
na rudnicima ugljena	2 × 500 K
ukupno	3600 MW u NTE, 1000 MW u TE
Za konzum od 140 do 240 TWh	
u Hrvatskoj	3 × 1200 N
u Sloveniji	2 × 1200 N
na rudnicima ugljena	5 × 800 K
ukupno	6000 MW u NTE, 4000 MW u TE

Prema navedenom tempu izgradnje elektrana, ukupna izgradnja elektrana u Jugoslaviji iznosila bi:

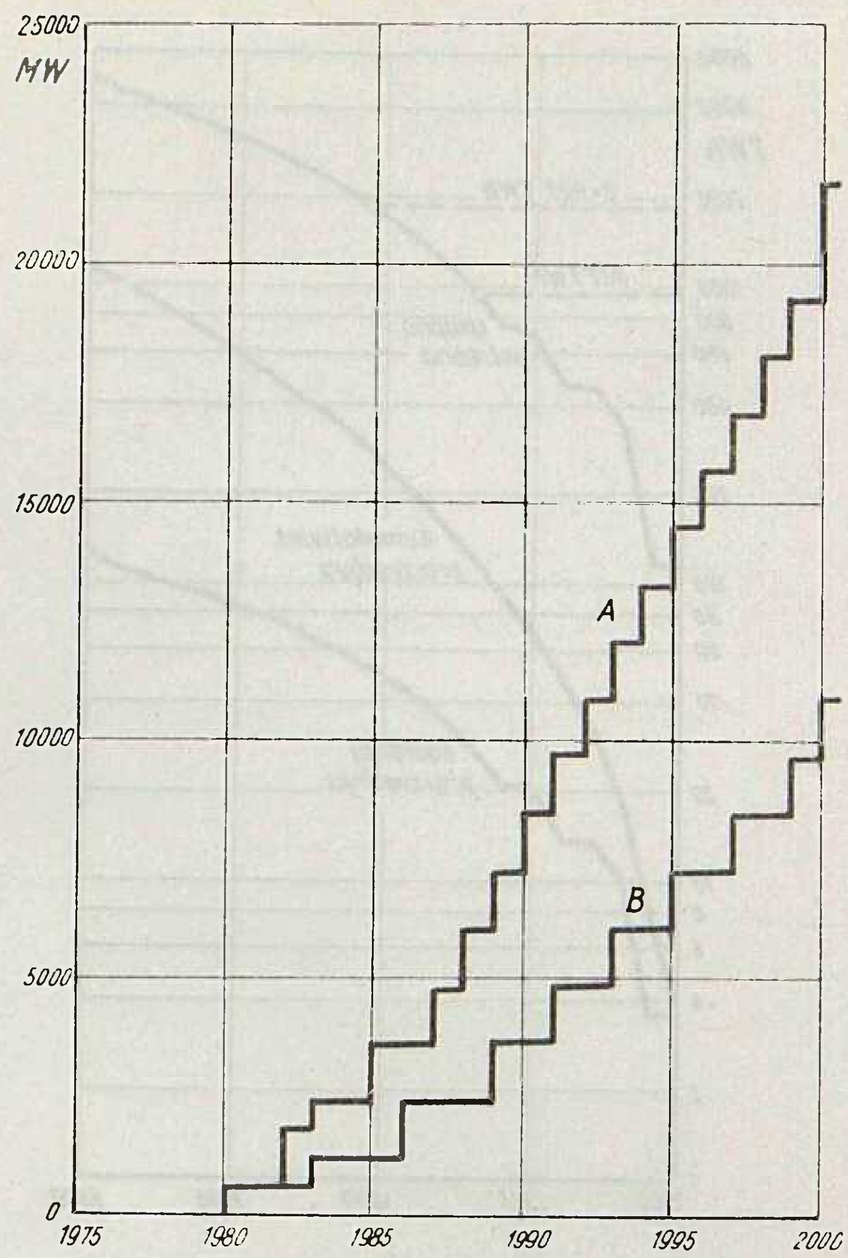
za konzum do 80 TWh	1800 MW u NTE, 3500 MW u TE
za konzum od 80 do 140 TWh	7200 MW u NTE, 6500 MW u TE
za konzum od 140 do 240 TWh	12000 MW u NTE, 11200 MW u TE
ukupno	21000 MW u NTE, 21200 MW u TE

Uz navedene pretpostavke ocijenjen je tempo izgradnje nuklearnih elektrana da bismo došli do potrebne proizvodnje u tim elektranama i do utjecaja ograničenih rezerva urana u nas. Na sl. 24. prikazan je pretpostavljeni tempo izgradnje nuklearnih elektrana.

Potencijalne bilančne rezerve urana (prikazane kao U_3O_8) iznose ([16], [22]):

Bosna i Hercegovina	100 tona
Crna Gora	—
Hrvatska	—
Makedonija	7 300 tona
Slovenija	12 500 tona
Srbija	16 700 tona
SFR Jugoslavija	36 500 tona

Izvanbilančne rezerve procjenjuju se [16] na 67 000 tona U_3O_8.



Sl. 24. Izgradnja nuklearnih elektrana prema pretpostavci da se nuklearne elektrane grade u područjima bez rezerva ugljena (A) i prema pretpostavci da se grade samo na bazi vlastitih rezerva urana (B)

Osim toga, procjenjuje se da se geološke formacije u kojima su moguća ležišta urana protežu na površinu od oko 170 000 km², dok je do sada istražena površina između 65 000 i 70 000 km².

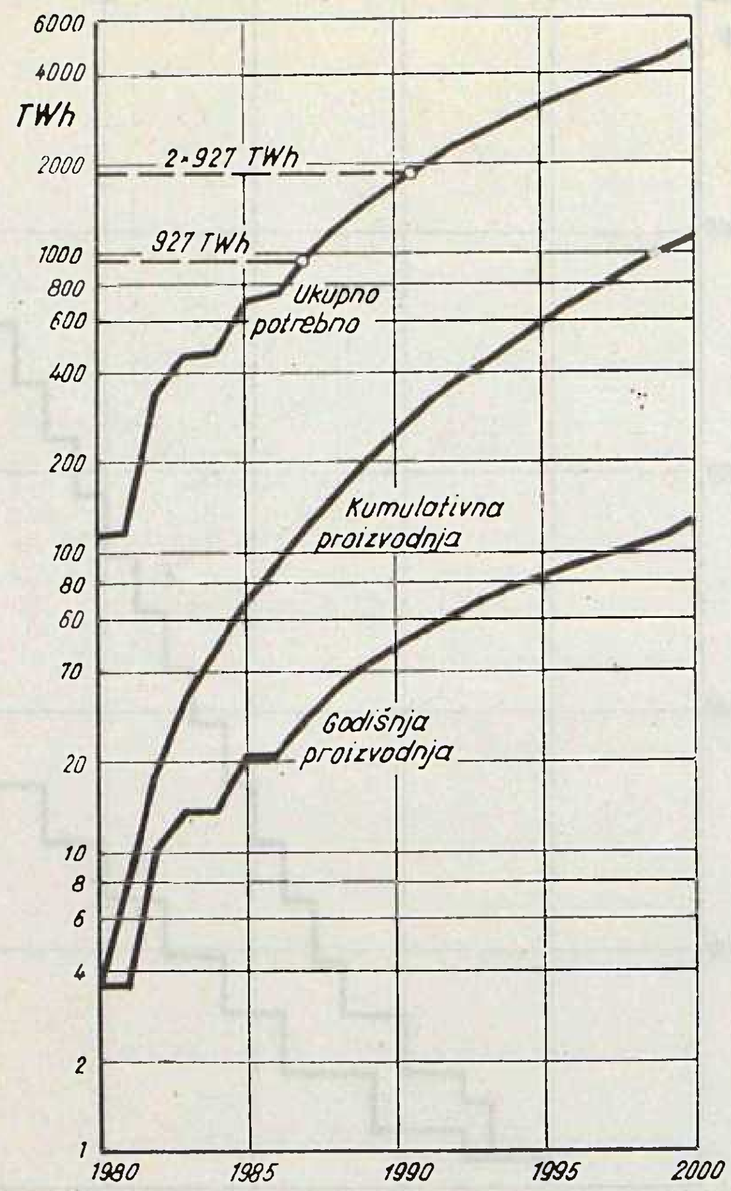
Ako se računa s potencijalnim rezervama od 36 500 tona U_3O_8, dolazi se [17] do mogućnosti proizvodnje električne energije, i to:

u termičkim lakovodnim reaktorima 927 TWh,
u brzim oplodnim reaktorima 21 308 TWh.

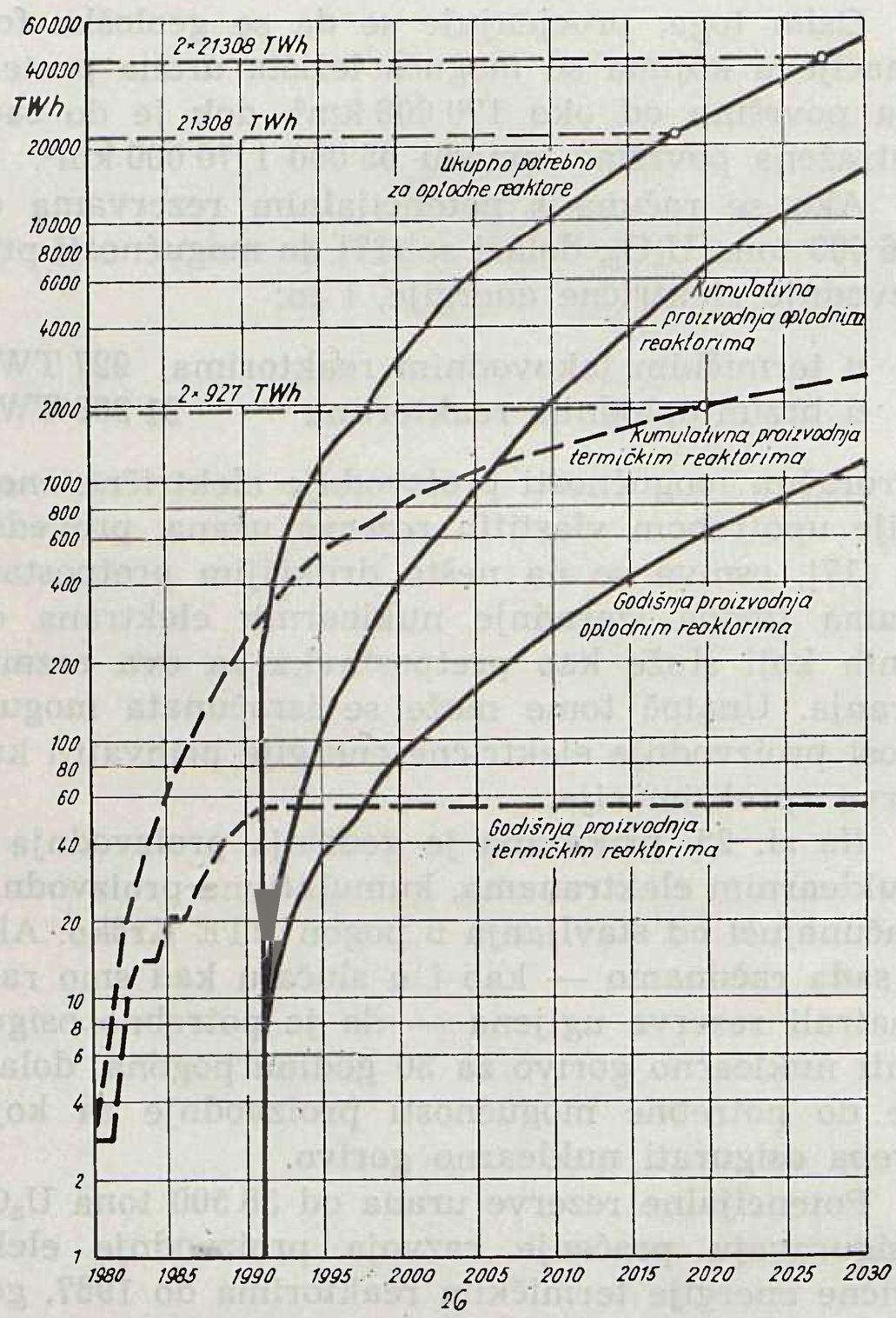
Proračun mogućnosti proizvodnje električne energije upotrebom vlastitih rezerva urana, proveden u [17], osniva se na nešto drukčijim pretpostavkama tempa izgradnje nuklearnih elektrana od onih koji služe kao pretpostavka za ova razmatranja. Unatoč tome može se izračunata mogućnost proizvodnje električne energije prihvatiti kao prva aproksimacija.

Na sl. 25. prikazana je godišnja proizvodnja u nuklearnim elektranama, kumulativna proizvodnja računajući od stavljanja u pogon NTE Krško. Ako i sada računamo — kao i u slučaju kad smo razmatrali rezerve ugljena — da je potrebno osigurati nuklearno gorivo za 30 godina pogona, dolazi se do potrebne mogućnosti proizvodnje za koju treba osigurati nuklearno gorivo.

Potencijalne rezerve urana od 36 500 tona U_3O_8 osiguravaju praćenje razvoja proizvodnje električne energije termičkim reaktorima do 1987. godine, ali u slučaju da je za do tada izgrađene termičke reaktore osigurano nuklearno gorivo još za slijedećih 30 godina.



Sl. 25. Godišnja i kumulativna proizvodnja, te potrebna moguća proizvodnja u nuklearnim elektranama s termičkim reaktorima s tempom izgradnje prema krivulji A na sl. 24.



Sl. 26. Godišnja i kumulativna proizvodnja, te potrebna moguća proizvodnja u nuklearnim elektranama s termičkim i oplodnim reaktorima za tempo izgradnje prema krivulji A na sl. 24.

Ako računamo da će se iz inozemstva uvesti još toliko uranovog oksida koliko iznose potencijalne vlastite rezerve, bit će moguće pratiti razvoj proizvodnje termičkim reaktorima do 1991. godine, ali i tada uz osiguranje nuklearnog goriva za dotad izgrađene nuklearne elektrane za 30 godina.

Prema tome, vlastite rezerve urana relativno su skromne, pogotovo kad se uzme u obzir upotreba urana samo u termičkim reaktorima.

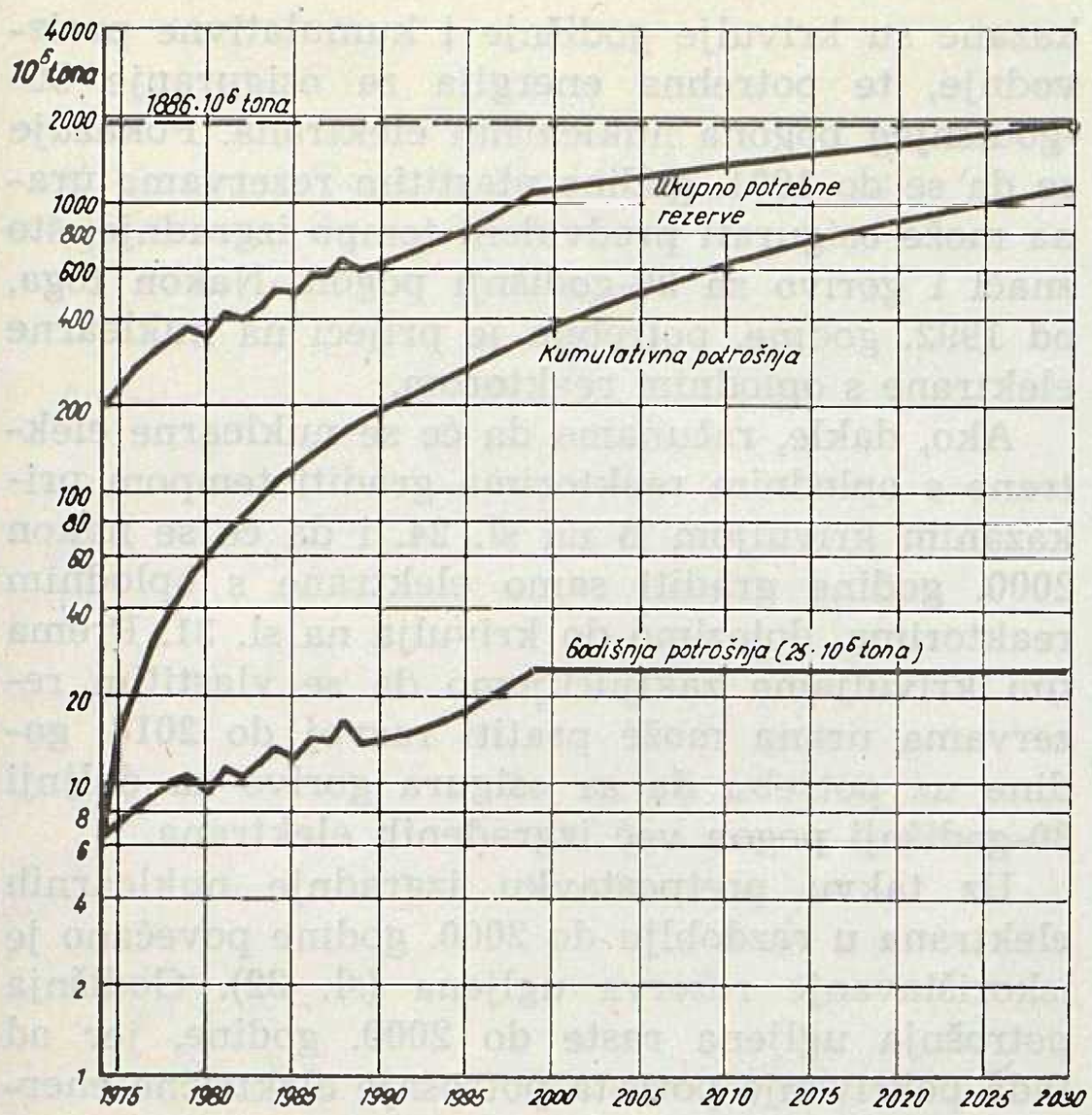
Može se, međutim, računati da će za desetak godina biti osposobljeni za komercijalnu eksploataciju oplodni reaktori s brzim neutronima. Danas se, naime, nalaze u pogonu tri takva reaktora snage oko 300 MW (u SSSR-u, Francuskoj i Velikoj Britaniji), a u gradnji se nalaze tri reaktora sličnih snaga (u SR Njemačkoj, SAD i Japanu). Osim toga, u Sovjetskom Savezu se završava oplodni reaktor snage 600 MW, a 1975. god. počela je izgradnja dvaju reaktora snage oko 1200 MW u Francuskoj i Velikoj Britaniji. Prema tome, moglo bi se očekivati da će do 1985. godine biti potvrđena ispravnost tehnoloških i tehničkih rješenja za danas predviđen tip oplodnih reaktora.

Dakle, može se sa stanovitom sigurnošću računati da će u 1992. godini biti moguće staviti u pogon prvu nuklearnu elektranu s oplodnim reaktorom u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije. Naravno da je to samo radna hipoteza, koja služi da se ustanovi energetska vrijednost vlastitih rezerva urana i iste količine nabavljenog urana upotrijebljenog u oplodnim reaktorima.

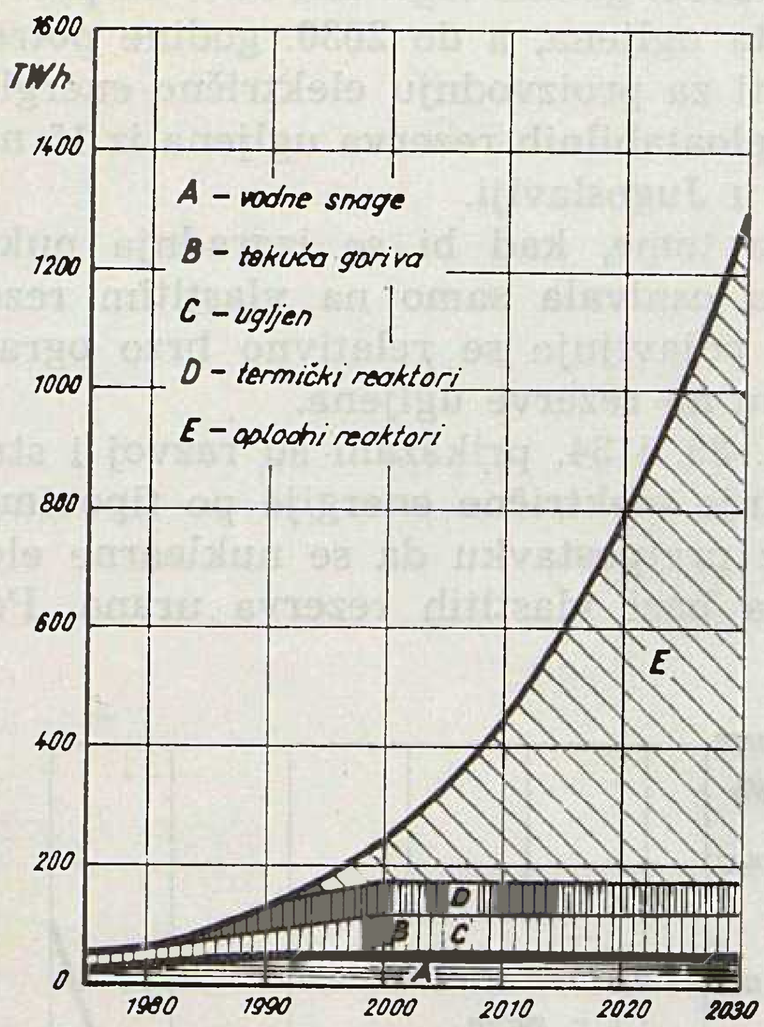
Uzmimo da će se do kraja 1991. godine graditi elektrane s termičkim reaktorima, a od 1992. godine samo nuklearne elektrane s oplodnim reaktorima, i to do 2000. godine prema krivulji A na sl. 24. U razdoblju nakon 2000. godine — prema toj pretpostavci — gradile bi se samo nuklearne elektrane s oplodnim reaktorima, napustile bi se dotrajale nuklearne elektrane s termičkim reaktorima, a konvencionalne termoelektrane održavale bi se na razini dostignutoj u 2000. godini. Uz takve pretpostavke dolazi se do godišnje i kumulativne proizvodnje u elektranama s oplodnim reaktorima i do ukupno potrebne proizvodnje u istom tipu elektrana uključujući 30-godišnji pogon izgrađenih elektrana (sl. 26). Kad se računa s tim da će se u oplodnim reaktorima upotrijebiti samo osiromašeni uran iz vlastitih rezervi, može se pratiti razvoj proizvodnje električne energije do 2018. godine. Osiromašeni uran iz uvezenog urana bi se prodao.

Ako se, međutim, računa da će se sav osiromašeni uran (od vlastitih rezerva i od uvezenog urana) upotrijebiti u oplodnim reaktorima, moguće je pratiti razvoj proizvodnje električne energije do 2028. godine.

U oba slučaja računato je da je osiguran osiromašeni uran za daljnji 30-godišnji pogon svih oplodnih reaktora izgrađenih do 2018, odnosno 2028. godine.



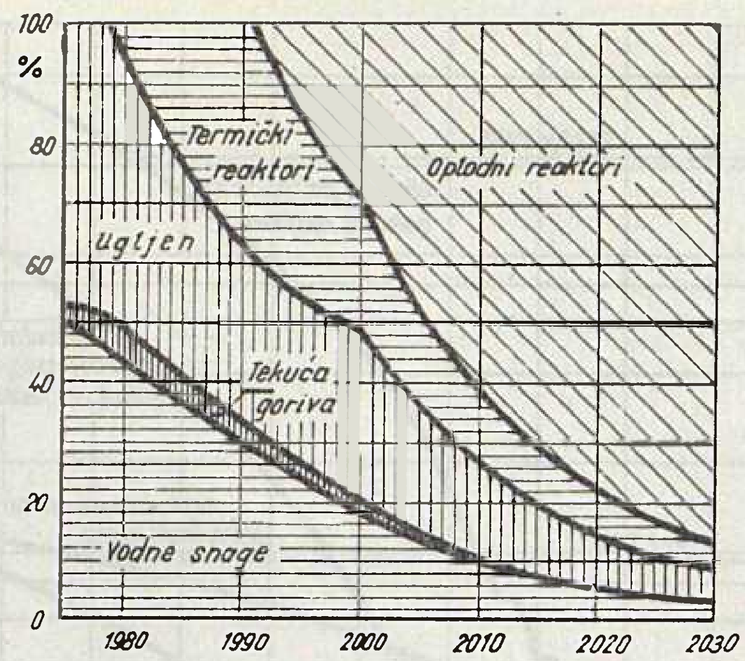
Sl. 27. Potrebne količine ugljena za slučaj izgradnje nuklearnih elektrana u područjima s malim rezervama ugljena (krivulja A na sl. 24)



Sl. 28. Razvoj proizvodnje električne energije po tipovima elektrana uz pretpostavku da se nuklearne elektrane grade prema krivulji A na sl. 24.

Potrebne količine ugljena, uz navedenu pretpostavku izgradnje nuklearnih elektrana, prikazane su na sl. 27. Uz takve pretpostavke do 2030. godine potrebno je angažirati 69% eksploatabilnih rezerva ugljena koje je moguće dobiti površinskom eksploatacijom, odnosno 51% svih eksploatabilnih rezerva ugljena iz 15 velikih rudnika.

Prema tome, u slučaju izgradnje nuklearnih elektrana u područjima s malim rezervama ugljena nije moguće osigurati potreban uran iz danas poznatih potencijalnih rezerva, već je potrebno uvesti najmanje još toliko urana koliko iznose vlastite rezerve.



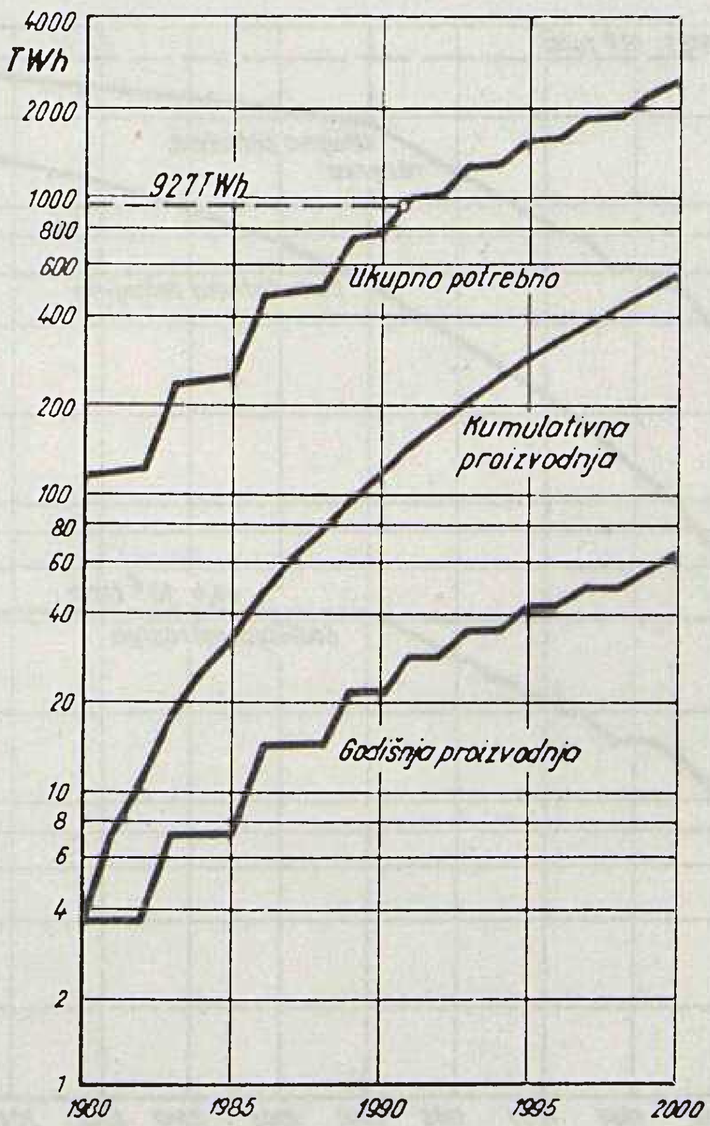
Sl. 29. Struktura proizvodnje električne energije po tipovima elektrana uz pretpostavku da se nuklearne elektrane grade prema krivulji A na sl. 24.

Na sl. 28. i 29. prikazan je razvoj proizvodnje i struktura proizvodnje električne energije za slučaj da se nuklearne elektrane grade u područjima s malim rezervama ugljena.

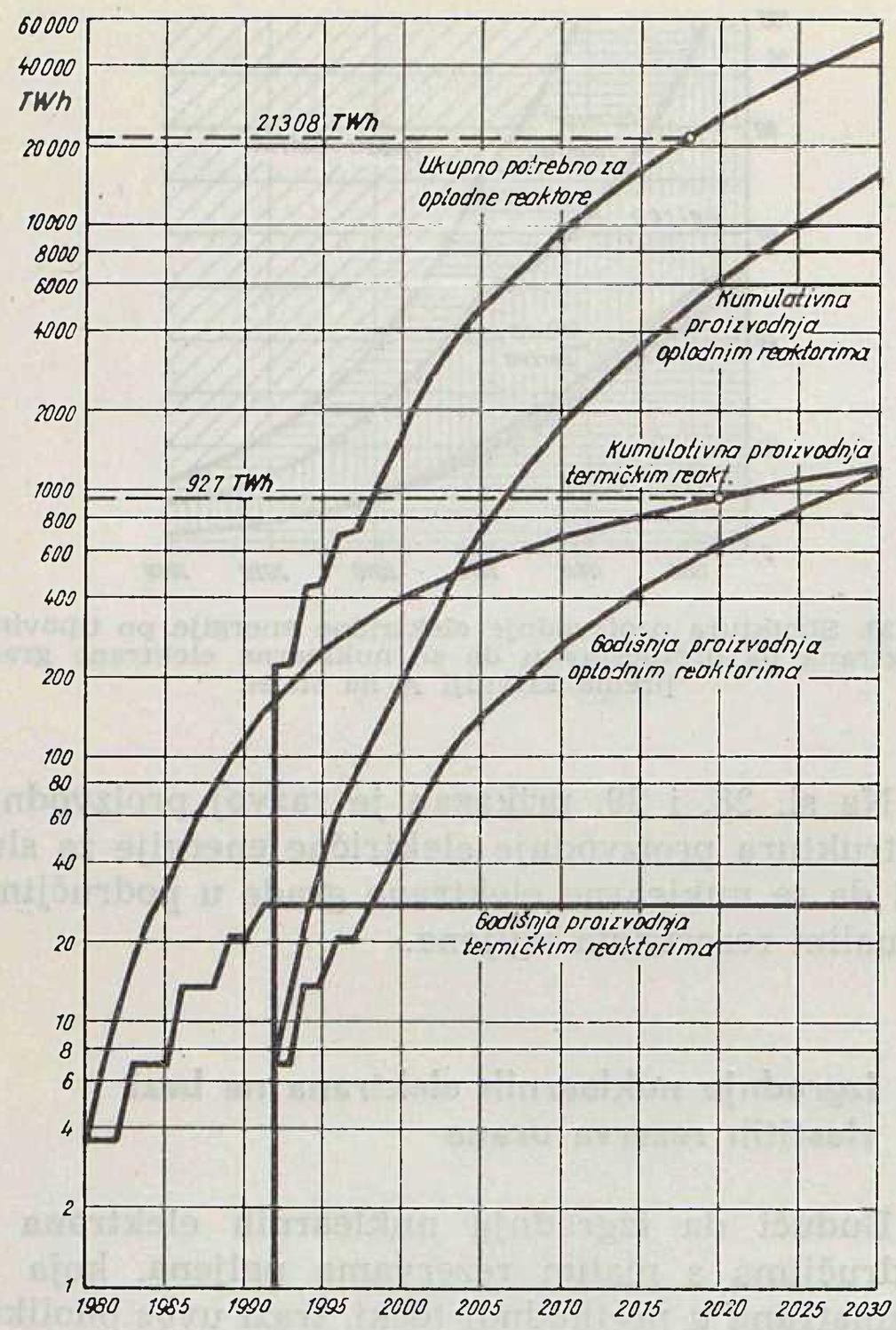
5. Izgradnje nuklearnih elektrana na bazi vlastitih rezerva urana

Budući da izgradnja nuklearnih elektrana u područjima s malim rezervama ugljena, koja je razmatrana u prethodnoj točki, traži uvoz onolikih količina urana koliko iznose potencijalne rezerve, sigurno je umjesno postaviti pitanje: što se može postići samo vlastitim rezervama?

Da se prikaže i takva solucija, pretpostavljen je takav tempo izgradnje nuklearnih elektrana (krivulja B na sl. 24) za koji se može osigurati potreban uran iz vlastitih rezerva. Na sl. 30. pri-



Sl. 30. Godišnja i kumulativna proizvodnja, te potrebna moguća proizvodnja u nuklearnim elektranama s termičkim reaktorima s tempom izgradnje prema krivulji B na sl. 24.



Sl. 31. Godišnja i kumulativna proizvodnja, te potrebna moguća proizvodnja u nuklearnim elektranama s termičkim i oplodnim reaktorima za tempo izgradnje prema krivulji B na sl. 24.

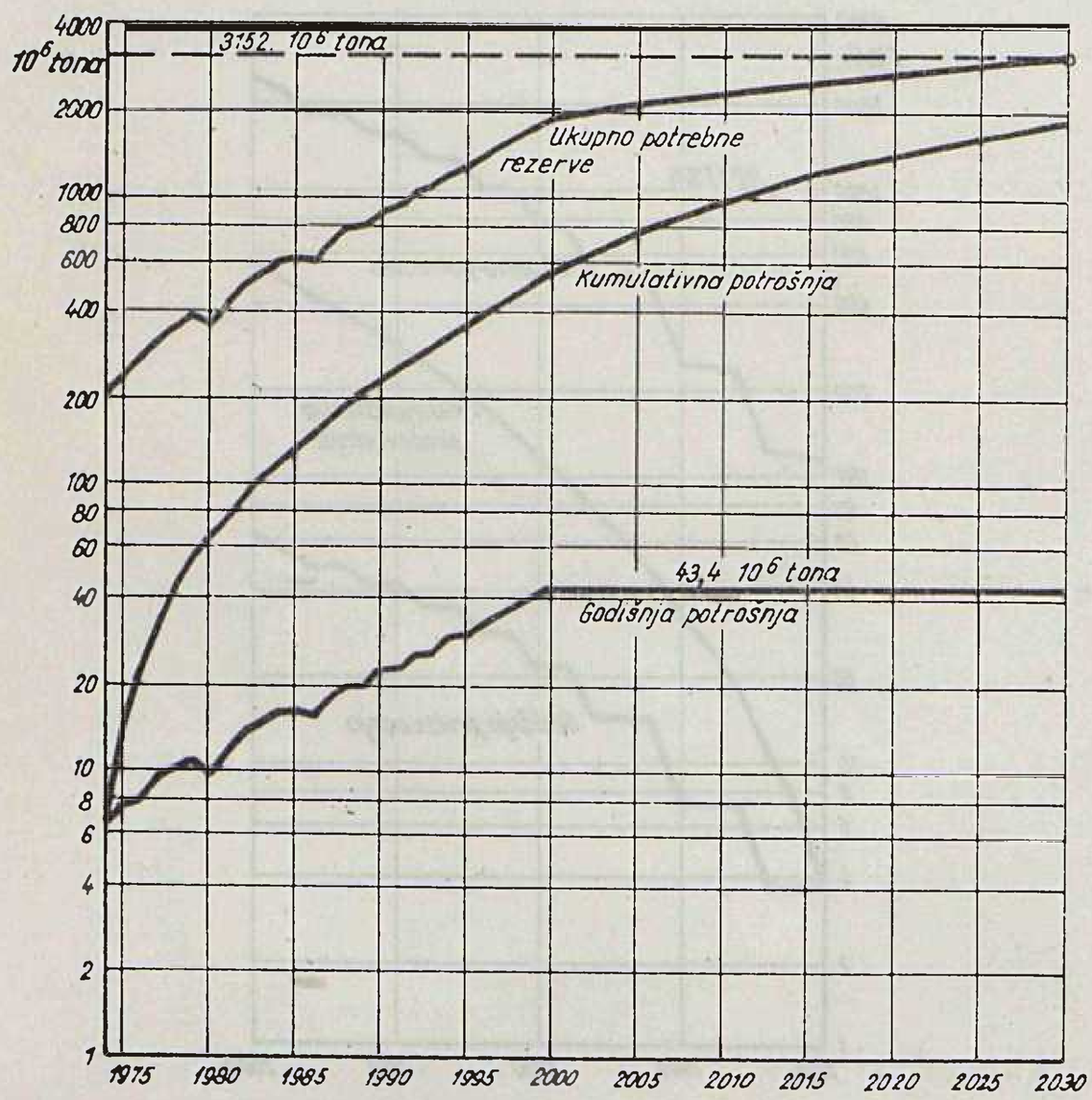
kazane su krivulje godišnje i kumulativne proizvodnje, te potrebna energija za osiguranje 30-godišnjeg pogona nuklearnih elektrana. Pokazuje se da se do 1991. godine vlastitim rezervama urana može osigurati predviđeni tempo izgradnje, što znači i gorivo za 30-godišnji pogon. Nakon toga, od 1992. godine, potrebno je prijeći na nuklearne elektrane s oplodnim reaktorom.

Ako, dakle, računamo da će se nuklearne elektrane s oplodnim reaktorima graditi tempom prikazanim krivuljom B na sl. 24. i da će se nakon 2000. godine graditi samo elektrane s oplodnim reaktorima, dolazimo do krivulja na sl. 31. Prema tim krivuljama zaključujemo da se vlastitim rezervama urana može pratiti razvoj do 2018. godine uz potrebu da se osigura gorivo za daljnji 30-godišnji pogon već izgrađenih elektrana.

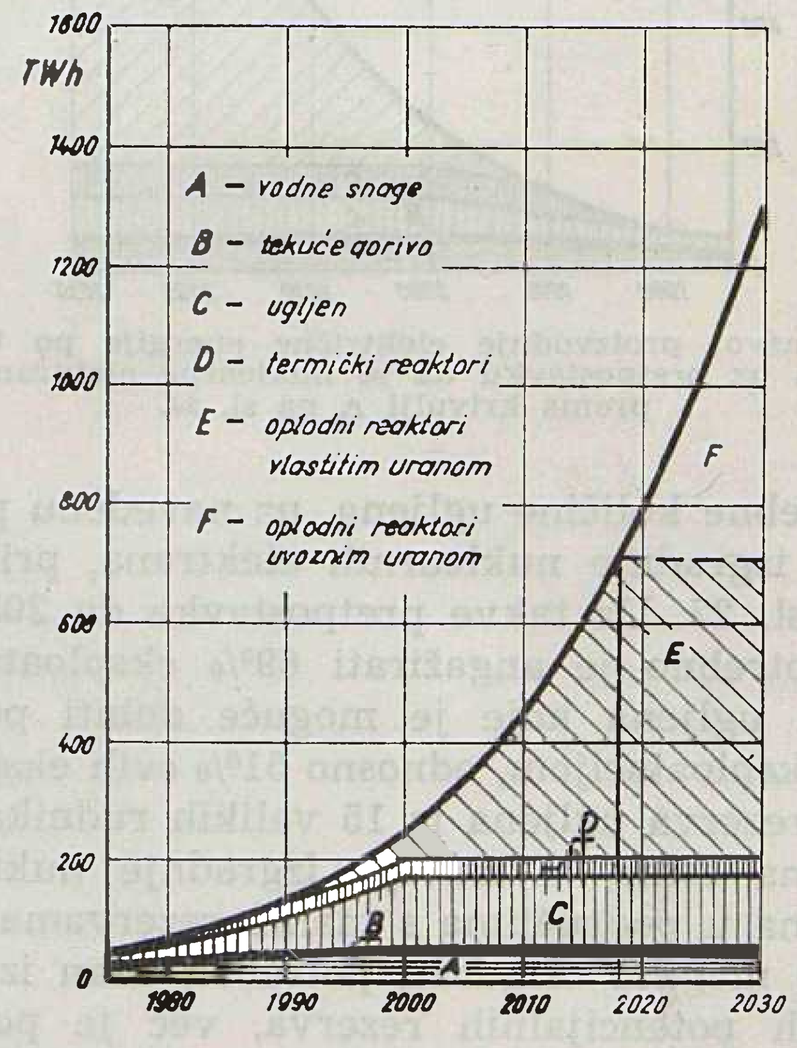
Uz takvu pretpostavku izgradnje nuklearnih elektrana u razdoblju do 2000. godine povećano je iskorištavanje rezerva ugljena (sl. 32). Godišnja potrošnja ugljena raste do 2000. godine, jer od tada pokrivanje porasta potrošnje električne energije preuzimaju na sebe nuklearne elektrane s oplodnim reaktorima. Unatoč tome za opskrbu konvencionalnih termoelektrana ugljenom potrebno je do 2000. godine izgraditi 96% od proizvodnih kapaciteta ugljena, a do 2030. godine potrebno je angažirati za proizvodnju električne energije 85% svih eksploatabilnih rezerva ugljena iz 15 najvećih rudnika u Jugoslaviji.

Prema tome, kad bi se izgradnja nuklearnih elektrana osnivala samo na vlastitim rezervama ugljena, pojavljuje se relativno brzo ograničenje s obzirom na rezerve ugljena.

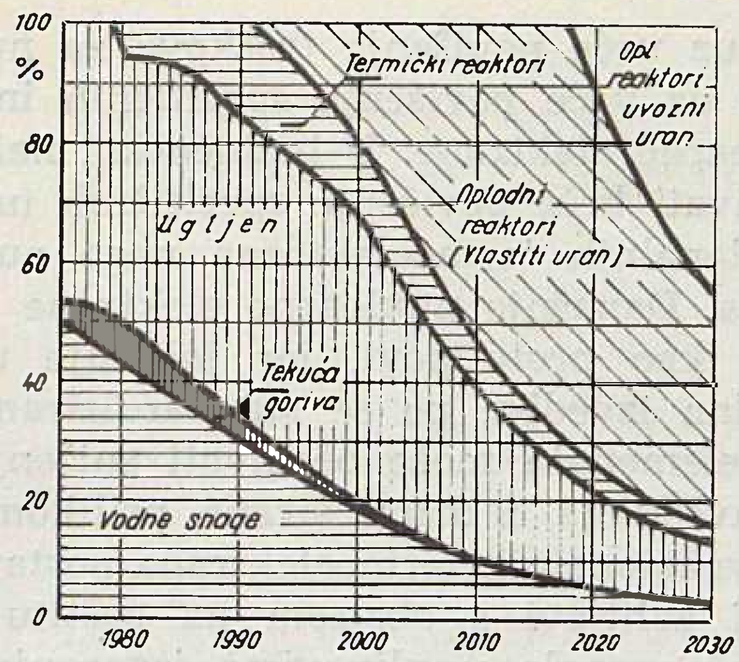
Na sl. 33. i 34. prikazani su razvoj i struktura proizvodnje električne energije po tipovima elektrana uz pretpostavku da se nuklearne elektrane grade na bazi vlastitih rezerva urana. Pokazuje



Sl. 32. Potrebne količine ugljena za slučaj izgradnje nuklearnih elektrana prema krivulji B na sl. 24.



Sl. 33. Razvoj proizvodnje električne energije po tipovima elektrana uz pretpostavku da se nuklearne elektrane grade prema krivulji B na sl. 24.



Sl. 34. Struktura proizvodnje električne energije po tokovima elektrana uz pretpostavku da se nuklearne elektrane grade prema krivulji B na sl. 24.

se, kako je to već konstatirano, da se vlastite rezerve iscrpljuju 2018. godine, pa je za pogon reaktora koji će nakon toga roka ulaziti u pogon potrebno uvozom osigurati potrebne količine urana.

6. Još neki faktori koji mogu utjecati na strukturu termoelektrana

6.1. Utjecaj hidroelektrana i pumpno-akumulacijskih postrojenja na izgradnju nuklearnih elektrana

U svim ovim razmatranjima problem izgradnje hidroelektrana prihvaćen je kao zadan i riješen i u pogledu tempa izgradnje, što je — po našem mišljenju — manji problem, i u pogledu instaliranih snaga. Problem izgradnje pumpno-akumulacijskih postrojenja nije ni razmatran. Povećanjem instaliranih snaga hidroelektrana, pogotovo kad se radi o sistemima s manjim udjelom hidroenergije ([18], [19]), i izgradnjom pumpno-akumulacijskih postrojenja ([20], [21]) može se donekle smanjiti potreba izgradnje termoelektrana i povećati trajanje iskorištenja snage u termoelektranama. Ta dva činioca, međutim, praktički ne utječu na potrebnu proizvodnju u termoelektranama. Ali povećanje trajanja iskorištenja snage u termoelektranama dovodi u povoljniji položaj nuklearne elektrane jer povećanje trajanja iskorištenja snage termoelektrana više utječe na ekonomičnost onih termoelektrana koje imaju relativno visoke specifične investicije i relativno niske troškove za gorivo.

Unatoč tome je sigurno da ni povećanje instaliranih snaga hidroelektrana ni izgradnja pumpno-akumulacijskih postrojenja ne mogu bitno utjecati na optimalnu strukturu termoelektrana.

6.2. Utjecaj rudnika ugljena i urana

U analize koje su prikazane u ovom radu nisu uključene potrebne investicije za otvaranje i proširenje rudnika ugljena, ni investicije za otvaranje rudnika urana i za djelomičnu pripremu urana za iskorištenje u nuklearnim reaktorima. Visina potrebnih investicija može utjecati na optimalnu strukturu termoelektrana, pa bi bilo vrlo korisno detaljno proučiti pitanje potrebnih ulaganja u rudnike.

6.3. Utjecaj potrebnih deviznih sredstava

Prema današnjem stanju pripremljenosti domaće strojarske i elektrostrojarske industrije, samo mali dio opreme u termoelektranama s agregatima tolikih snaga koje su potrebne u budućem elektroenergetskom sistemu Jugoslavije može se proizvesti u zemlji. To se odnosi samo na dio pomoćnih pogona u termoelektranama, a za proizvodnju glavnih dijelova opreme (kotlova, reaktora, parogeneratora, parnih turbina i generatora) domaća industrija danas nije pripremljena.

Sigurno je, međutim, da je danas potrebno više deviznih sredstava za izgradnju nuklearnih, nego za izgradnju konvencionalnih termoelektrana.

Utvrđivanjem orijentacijskog plana izgradnje termoelektrana i zajedničkim ulaganjima elektroprivrede, industrije i društva u cjelini moguće se na vrijeme pripremiti za buduću izgradnju, pa bi se na taj način mogla bitno smanjiti potreba uvoza opreme i za konvencionalne i za nuklearne elektrane. Takva politika može znatno smanjiti potrebna devizna sredstva za uvoz opreme.

Za obogaćivanje nuklearnog goriva vjerojatno ćemo uvijek biti orijentirani na inozemna postrojenja za separaciju izotopa, jer — kako se po svemu čini — neće nikada biti ekonomski opravdano izgraditi postrojenja za obogaćivanje urana ni s obzirom na potrebnu količinu separacionog rada, ni s obzirom na vlastite rezerve urana. Pri tome treba imati na umu činjenicu da su — prema današnjim shvaćanjima — reaktori s termičkim neutronima samo prijelazna faza prema oplodnim reaktorima.

Svakako da upotreba postrojenja za obogaćivanje urana u inozemstvu, kao i korištenje postrojenja za preradu već ozračenog goriva traži određena devizna sredstva, pa to može utjecati na tempo izgradnje nuklearnih elektrana.

6.4. Utjecaj cijene urana

Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja, čini se da su rezerve jeftinog urana u svijetu vrlo malene. Prema nekim procjenama, rezerve urana po cijeni od 20 dolara po kg U_3O_8 bit će iscrpljene prije kraja slijedećeg desetljeća. Sigurno je, međutim, da su rezerve urana u siromašnijim rudama znatno veće.

Već je pokazano (u 5.2) da troškovi koncentrata urana sudjeluju u ukupnim troškovima za gorivo u termičkim reaktorima s oko 28%. To vrijedi kad se ne valorizira plutonij koji se dobiva u termičkim reaktorima. Kad se uzme u obzir vrijed-

nost plutonija, troškovi koncentrata urana u troškovima za gorivo sudjeluju s oko 22%.

Utjecaj troškova koncentrata urana postaje, međutim, još manji kad se uzmu u obzir ukupni troškovi proizvodnje električne energije u nuklearnim elektranama s termičkim reaktorima. Tada, naime, troškovi koncentrata urana sudjeluju samo s 3—5% u ukupnim troškovima proizvodnje.

Utjecaj troškova za uranov koncentrat u oplodnim reaktorima mnogo je manji nego u termičkim reaktorima, jer se u oplodnim reaktorima može iskoristiti praktički sav U-238. Ako se valorizira vrijednost novostvorenog plutonija, uranov koncentrat sudjeluje u troškovima za gorivo u oplodnom reaktoru samo s 0,4%, a to sudjelovanje bez valoriziranja plutonija nešto je veće od 0,5% od troškova za gorivo. Prema tome, udio koncentrata urana u ukupnim troškovima proizvodnje električne energije pomoću oplodnih reaktora zanemarivo je malen, pa će u takvim reaktorima biti ekonomski opravdano upotrijebiti i rezerve urana iz vrlo siromašnih ruda, kao i rezerve urana iz mora.

Zbog takvih karakteristika oplodni su reaktori — prema današnjem stanju razvoja tehnike — perspektivni energetski izvor. Na to upućuje i procjena [23] rezerva primarnih oblika energije, prema kojima ukupne svjetske rezerve primarnih oblika energije iznose:

ugljena	$1{,}08 \cdot 10^{12}$ t ekv. ugljena
nafte i zemnog plina	$0{,}15 \cdot 10^{12}$ t ekv. ugljena
uljnih škriljevaca i bituminoznog pijeska	$0{,}13 \cdot 10^{12}$ t ekv. ugljena
urana (u termičkim reaktorima)	$0{,}45 \cdot 10^{12}$ t ekv. ugljena
urana i torija (u oplodnim reaktorima)	$2613{,}70 \cdot 10^{12}$ t ekv. ugljena

Pri tome je računato da se u termičkim reaktorima upotrebljavaju samo one količine urana za koje se može naći ekonomsko opravdanje.

IV. ZAKLJUČCI

Prema rezultatima provedene analize može se zaključiti:

1. Promatrajući sa stajališta elektroprivrede, odnosno sa stajališta troškova za proizvodnju električne energije, bilo bi, za buduću opskrbu električnom energijom, opravdano graditi samo nuklearne elektrane unatoč tome što se u budućnosti mora računati s povećanjem specifičnih troškova za gorivo u nuklearnim elektranama i s povećanjem specifičnih investicija za nuklearne elektrane. Taj zaključak vrijedi ako se računa s nepromijenjenim cijenama ugljena i s nepromijenjenim specifičnim investicijama za konvencionalne termoelektrane. Ako se, međutim, računa s povišenjem cijena za gorivo i s povećanjem specifičnih investicija za konvencionalne termoelektrane, bit će opravdana izgradnja nuklearnih elektrana i uz veće povišenje troškova za nuklearno gorivo i uz veće povišenje specifičnih investicija za nuklearne elektrane. U budućnosti, naime, treba očekivati brže povišenje specifičnih investicija konvencionalnih termoelektrana nego nuklearnih elektrana. Današnje nuklearne elektrane grade se većinom kao prototipovi, jer još nije ustaljena standardna izvedba, pa se standardiziranjem pojedinih elemenata može očekivati sniženje specifičnih investicija. S druge strane, prilikom izgradnje konvencionalnih termoelektrana postavljaju se sve veći zahtjevi s obzirom na zaštitu okoline (smanjenje pepela u plinovima izgaranja, raspršenje na što veće područje sumpornog dioksida i dušičnog dioksida koji se pojavljuju u plinovima izgaranja), sve se više smanjuje mogućnost protočnog hlađenja, pa sve to dovodi do povećanja specifičnih investicija (poboljšanje pročišćavanja plinova izgaranja, povećanje visine dimnjaka, ugradnja uređaja za odstranjivanje sumpornog dioksida iz plinova izgaranja, izgradnja tornjeva za povratno hlađenje pa čak i tornjeva za suho hlađenje), pogotovo kad se radi o znatnoj prostornoj koncentraciji konvencionalnih termoelektrana.

2. Ako se prihvati minimum investicija kao mjerodavan kriterij za izbor strukture termoelektrana, dolazi se do zaključka da je opravdano graditi samo konvencionalne termoelektrane, i to one na bazi ugljena zbog visokih cijena derivata nafte. U tom slučaju pojavljuje se ograničenje zbog ograničenih rezerva ugljena. Ako se, naime, računa s ocijenjenim eksploatabilnim rezervama u 15 najvećih rudnika u Jugoslaviji, razvoj potrošnje električne energije izgradnjom samo konvencionalnih termoelektrana može se pratiti u slijedećih 25—30 godina, ovisno o potrebama ugljena za ostale potrošače. Kad se, međutim, računa sa svim bilančnim rezervama ugljena ($21800 \cdot 10^6$ tona ugljena odnosno $7357 \cdot 10^6$ tona ekvivalentnog ugljena), razvoj potrošnje električne energije izgradnjom samo konvencionalnih termoelektrana može se pratiti slijedeće 32—39 godina, također ovisno o potrebama ugljena za ostale potrošače. Prema tome, orijentacija na isključivu izgradnju konvencionalnih termoelektrana nije moguća za dulje vrijeme. Ta orijentacija nije nemoguća samo s obzirom na ograničene rezerve ugljena, nego i s obzirom na poteškoće koje će se pojaviti u pravovremenoj pripremi proizvodnih kapaciteta rudnika, pogotovo kad se radi o podzemnoj eksploataciji, kao i s obzirom na ograničenja koja će se vjerojatno pojaviti zbog zaštite okoline, pogotovo u područjima s velikim rezervama ugljena.

3. Izgradnja samo nuklearnih elektrana za osiguranje porasta potrošnje električne energije u budućih 25 godina nije opravdana zbog malih rezervi urana u nas i potrebnih visokih investicija, a niti zbog toga što je nepovoljno bazirati opskrbu električnom energijom samo na jednom primarnom obliku energije.

4. Ako se pretpostavi da je opravdano graditi nuklearne elektrane u područjima s malim rezervama ugljena (Sloveniji, Hrvatskoj, Vojvodini, Makedoniji) i ako se računa da će od 1992. godine biti moguće proizvodnju električne energije ostvariti pomoću oplodnih reaktora, za takav razvoj izgradnje nuklearnih elektrana potrebne su dvostruko veće količine urana od količina koje se danas smatraju kao potencijalne rezerve urana u Jugoslaviji. Te količine su dovoljne za pogon termičkih reaktora do 1992. godine, kao i za 30-godišnji pogon termičkih reaktora izgrađenih do tog roka. S vlastitim rezervama urana i s količinama nabavljenim za osiguranje pogona termičkih reaktora mogu se, međutim, proizvesti vrlo velike količine električne energije iskorištenjem u oplodnim reaktorima. Ako računamo da će se do 2000. godine graditi elektrane s oplodnim reaktorima samo u područjima s malim rezervama ugljena, a nakon toga u svim područjima, tolike količine urana dovoljne su za praćenje razvoja potrošnje električne energije do 2028. godine. U tom slučaju do 2030. godine potrebno je angažirati više od 50% svih eksploatabilnih rezerva ugljena u 15 najvećih rudnika, odnosno gotovo 70% eksploatabilnih rezerva ugljena koje je moguće iskoristiti površinskom eksploatacijom.

5. Ako bismo se ograničili samo na vlastite rezerve urana i ako se računa da će u 1992. godini biti moguće ostvariti proizvodnju električne energije pomoću oplodnih reaktora, do 1992. godine bilo bi moguće izgraditi polovinu snage u nuklearnim elektranama u odnosu na slučaj kad se uvozi upravo tolika količina urana koliko iznose vlastite rezerve. Iskorištavanjem vlastitih rezerva urana u oplodnim reaktorima može se pratiti razvoj potrošnje električne energije do 2018. godine. Naravno da se uz takvu pretpostavku povećava potrošnja ugljena, pa je u 2030. godini potrebno angažirati 85% svih eksploatabilnih rezerva ugljena za proizvodnju električne energije.

6. Iz svega proizlazi da je za buduću opskrbu električnom energijom potrebno računati s izgradnjom nuklearnih elektrana kao neophodnošću i da je potrebno na vrijeme pripremiti se za takvu izgradnju i za njihovu eksploataciju. Kakav odnos između instaliranih snaga konvencionalnih i nuklearnih elektrana treba odabrati kao optimalan, ovisi o nizu faktora koji nisu bili obuhvaćeni u dosadašnjim analizama, jer mnogi elementi potrebni za takve analize nisu bili poznati. Zbog toga je potrebno za daljnje analize rasvijetliti niz činjenica koje mogu utjecati na donošenje odluka o optimalnoj strukturi termoelektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije, a to su:

a) utvrđivanje stvarnih rezerva urana u Jugoslaviji, jer je do danas istraženo samo 40% površina na kojima se mogu očekivati rezerve urana. To istraživanje je posebno značajno, jer u vrlo bliskoj budućnosti treba očekivati primjenu urana u oplodnim reaktorima;

b) nastaviti istraživanja rezerva ugljena, pogotovo na područjima koja do danas nisu istraživana ili su istraživana vrlo površno;

c) utvrditi ekonomske parametre kojima je definirana ekonomičnost eksploatacije pojedinih nalazišta ugljena i urana;

d) odrediti mogućnost izgradnje rudničkih kapaciteta s obzirom na rezerve, eksploatacijske uvjete i trajanje njihove izgradnje;

e) utvrditi ograničenja izgradnje termoelektrana na pojedinim rudnicima kako s obzirom na način hlađenja kondenzata, tako i s obzirom na zaštitu okoline, jer o tim ograničenjima ovisi intenzitet iskorištenja rezerva ugljena;

f) proučiti moguće lokacije za buduće nuklearne elektrane kako u odnosu prema potrebnoj vodi za hlađenje, tako i u odnosu prema svim drugim faktorima koji ograničavaju izbor lokacije;

g) odrediti optimalnu strategiju izgradnje nuklearnih elektrana kako s obzirom na tip termičkih reaktora (obogaćeni uran — obična voda ili prirodni uran — teška voda), tako i s obzirom na tempo stvaranja plutonija koji je preduvjet za ostvarenje oplodnih reaktora;

h) proučiti konfiguraciju buduće prijenosne mreže 380 kV i vjerojatno mreže još višeg napona poštujući lokacije nalazišta ugljena, moguće lokacije nuklearnih elektrana, te lokacije centara konzuma električne energije;

i) u suradnji sa strojarskom i elektrotehničkom industrijom proučiti i predložiti konkretna rješenja za izgradnju opreme za konvencionalne i nuklearne elektrane sa svrhom da se proizvođači opreme pripreme za izgradnju termoelektrana snage oko 40 000 MW, koje je potrebno izgraditi do 2000. godine.

j) konačno, za sve te radove na projektiranju, na izgradnji opreme i postrojenja i za njihovu eksploataciju potrebno je stvoriti potrebne visoke stručne i srednje stručne kadrove. Evidentno je da danas postojeći kadrovi nisu dovoljni za ispunjenje tako velikih zadataka. To vrijedi i za izgradnju konvencionalnih termoelektrana, a pogotovo za izgradnju nuklearnih elektrana za koje danas ne postoje osposobljeni kadrovi.

LITERATURA

1. H. Aoki: Long Range Forecasting of the Demand for Electrical Energie, Appendix F, Market Survey for Nuclear Power in Developing Countries — Jugoslavija, IAEA, Vienna 1973.
2. La situation de l'énergie en Europe et ses perspectives, Version triennale 1969—1971, ECE/EP/3, Commission économique pour l'Europe, Comité de l'énergie electrique, Geneve 1973.
3. I. Vinski: Društveni proizvod Jugoslavije i zemalja Istoka i Zapada, Ekonomski pregled 1973, br. 10/11.
4. H. Požar: Leistung und Energie in Verbundsystemen, Springer Verlag, Wien 1963. (Snaga i energije u elektroenergetskim sistemima, Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd 1966)

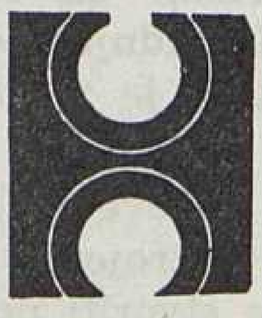
5. H. Požar — V. Filipović — P. Bodlović: Metoda konstantne i varijabilne energije za analizu prilika u elektroenergetskom sistemu prilagođena proračunu na elektroničkom računalu, Energija 21 (1972), str. 61. i 142.
6. H. Požar — P. Bodlović: Leistungsreserve in Wärmekraftwerke eines Verbundsystems, Elektrizitätswirtschaft 72 (1973), str. 262.
7. D. Mandić: Optimalno korišćenje akumulacionih bazena hidroelektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije, Energoprojekt, Beograd 1968.
8. H. Požar — B. Udovičić: Utjecaj sigurnosti opskrbe potrošača na prilike u elektroenergetskom sistemu, X savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, CIGRE, Ref. 70.04, Dubrovnik 1970.
9. H. Požar — B. Udovičić — P. Bodlović — S. Alerić: Energetsko-ekonomski odnosi velikih potrošača i udružene elektroprivrede u narednom periodu s prijedlogom kontrolnih mjera, Institut za elektroprivredu, Zagreb 1970.
10. H. Požar — D. Mandić — B. Udovičić — B. Joksimović — G. Granić — B. Kalan: Optimalni kapaciteti nuklearnih elektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije do 2000. godine, Institut za elektroprivredu — Energoprojekt, Zagreb — Beograd 1974.
11. H. Požar — H. Birimiša: Utjecaj razvoja sistema za korištenje termoelektrana, Institut za elektroprivredu, Zagreb 1971.
12. N. Raišić: Optimalna politika korišćenja nuklearnog goriva, Institut za nuklearne nauke »Boris Kidrič«, IBK — 1238, Beograd — Vinča 1973.
13. M. Simonović: Sirovinska baza Jugoslavije u čvrstim fosilnim gorivima i mogućnost njenog daljnjeg razvoja i korištenja, I simpozij o energetici Jugoslavije, Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd 1968.
14. Studija razvoja proizvodnje i potrošnje energije u Jugoslaviji 1971—1981, Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd 1971.
15. S. Vrhovac — N. Afgan: Nuklearna energetika, Panel diskusija JAZU i SANU, Beograd 1974.
16. S. Pavlović: Perspektivnost i rezerve urana u Jugoslaviji, I Simpozij o energetici Jugoslavije, Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd 1968.
17. N. Raišić: Energetske vrednosti do sada investorisanih nuklearnih sirovina u Jugoslaviji, Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd 1972.
18. H. Požar — B. Udovičić: Die installierte Leistung eines Wassertraftwerke-als Funktion seiner Kennwerte und der Entwicklung des Verbundsystems, Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft, ÖZE 26 (1973) S. 357—370.
19. H. Požar — B. Udovičić — J. Keglević: Optimalni volumen akumulacije i optimalna izgradnja hidroelektrana, Institut za elektroprivredu, Zagreb 1972.
20. H. Požar — G. Granić: Verfahren zur Bestimmung des Einflusses von Pumpenspeicheranlagen auf Verbundsystemen, Elektrizitätswirtschaft 73 (1974), str. 217—228.
21. H. Požar — G. Granić: Einfluss der Kenngrössen eines Verbundsystems auf den Betrieb und Ausbau von Pumpspeicheranlagen, Elektrizitätswirtschaft 73 (1974), str. 569—579.
22. S. Vrhovac: Tehnološka analiza mjesta i uloge nuklearne energetike u elektroenergetici Jugoslavije, Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd 1974.
23. Ph. N. Ross: The Nuclear Electric Economy a Viable Solution to the Energy Crisis, Westinghouse Electric Company.
24. H. Požar — B. Udovičić — G. Granić: Određivanje faktora raspoloživosti termoelektrana u elektroenergetskom sistemu, Jug. nac. komitet CIGRE, XII savjetovanje elektroenergetičara, Referat 41.07.

Naslov pisaca:

Dr. Hrvoje Požar, dipl. ing., Elektrotehnički fakultet, Zagreb

Božo Udovičić, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb

Dejan Mandić, dipl. ing., Energoprojekt, Beograd



Hidroelektra

GRAĐEVNO PODUZEĆE

ZAGREB, LESKOVAČKA 10, TEL. 512-122

IZVODI SVE VRSTE NISKOGRADNJE I INDUSTRIJSKE GRADNJE

Od osnutka 1. IV 1946. do danas izvodilo je u SR Hrvatskoj slijedeća energetska postrojenja:

- HIDROELEKTRANA »NIKOLA TESLA« (VINODOL)
- HIDROELEKTRANA »OZALJ II«
- HIDROELEKTRANA »ZAVRELJE« (MLINI)
- HIDROELEKTRANA »GOJAK«
- HIDROELEKTRANA »SPLIT I« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »SENJ« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »RIJEKA«
- HIDROELEKTRANA »ORLOVAC« (SUDJELOVANJE)
- HIDROELEKTRANA »VARAŽDIN« (U TOKU)
- TERMOELEKTRANA-TOPLANA ZAGREB (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA SISAK (SUDJELOVANJE)
- TERMOELEKTRANA PLOMIN (SUDJELOVANJE)

UTJECAJ OTPORNOG UZEMLJENJA ZVJEZDIŠTA RAZDJELNIH MREŽA NA NIVO UNUTRAŠNJIH PRENAPONA

Ivo Hrs, Zagreb

Prikazano je istraživanje ovisnosti unutrašnjih prenapona u razdjelnim mrežama o načinu uzemljenja zvjezdišta i o drugim utjecajima. Na temelju opsežnih mjerenja prenapona pri nastajanju jednopolnog kvara i pri isklapanju kvara, od kojih su neki interesantniji rezultati prikazani, moglo se zaključiti da otporno uzemljenje zvjezdišta vrlo povoljno utječe na smanjenje unutrašnjih prenapona u razdjelnim mrežama.

DK 621.316.1

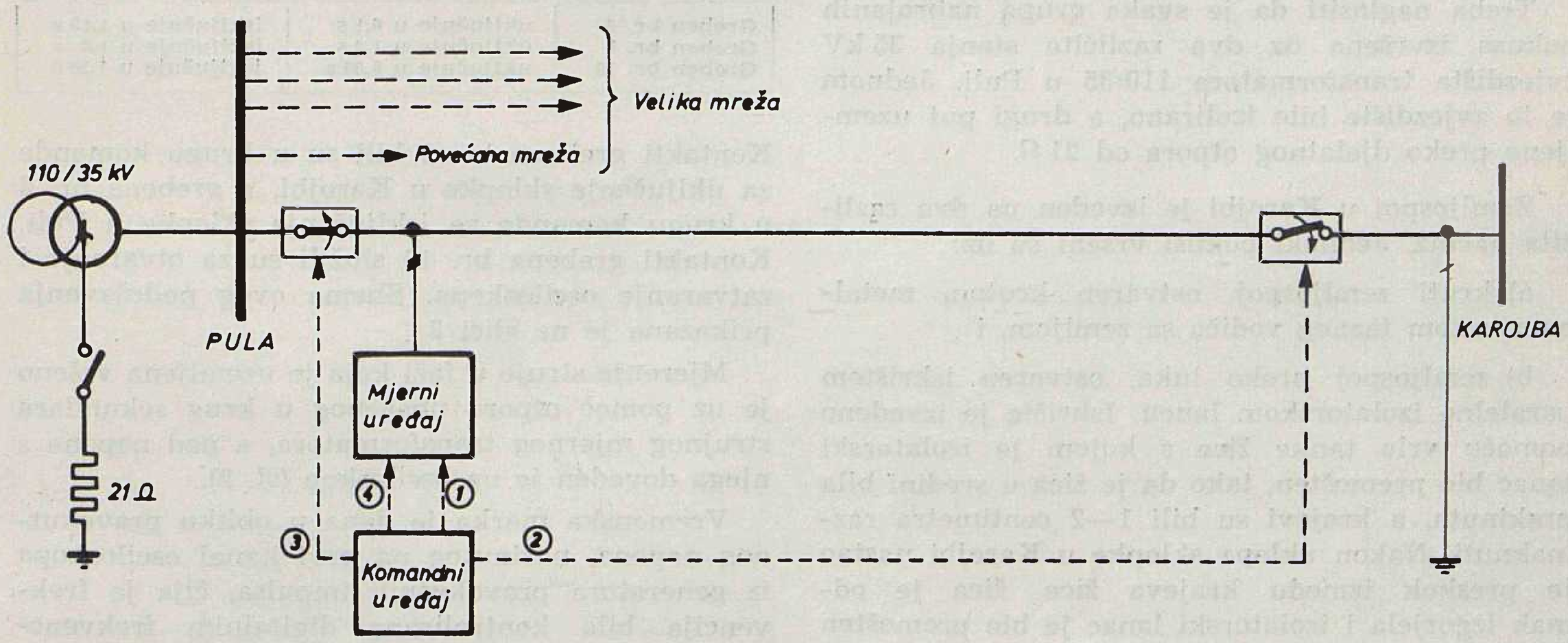
1. SVRHA I PLAN ISTRAŽIVANJA

U većem dijelu Hrvatske provode se pripreme za prijelaz razdjelnih mreža 30 (35) kV s pogona s izoliranim zvjezdištem na pogon s uzemljenjem zvjezdišta preko malog djelatnog otpora, uz ograničenje struje jednopolnog kvara na maksimalno 300 A ili 1000 A (ovisno o karakteristikama mreža). Očekuje se pri tome da će jedna od osnovnih dobiti takvog neizravnog uzemljenja zvjezdišta biti smanjenje unutrašnjih prenapona u tim mrežama. Iako se unaprijed zna da u otporno uzemljenoj mreži ne mogu nastupiti dugotrajni ili uzastopni visoki prenaponi, npr. kakvi nastupaju kod intermitirajućeg zemljospoja (jer intermitirajući zemljospoj u takvoj mreži ne može egzistirati), ipak su se tvrdnje o dobitima u pogledu nivoa prenapona dobrim dijelom osnivale na spoznajama o ne baš bogatim svjetskim iskustvima.

Stoga je bilo nužno istražiti odnose prenapona mjerenjem u živoj mreži (jer se fizičkim ili matematičkim modelima teško mogu obuhvatiti svi utjecaji), i to tako da mreža jednom bude izolirana, a drugi put otporno uzemljena. Budući da je »Elektroistra« iz Pule jedina završila pripreme za otporno uzemljenje zvjezdišta, a i s obzirom na posebni interes »Elektroistre« za ova istraživanja i na spremnost da za tu svrhu stavi na raspolaganje svoju mrežu 35 kV, dogovoreno je da se ispitivanja prenapona obave u Istri. Ova povoljna prilika je iskorištena i da se istraže drugi različiti utjecaji na nivo unutrašnjih prenapona, a ne samo način uzemljenja zvjezdišta.

U načelu su ispitivanja zamišljena tako da se u nekoj točki mreže 35 kV umjetno uzrokuje kvar, da se kvar isklapa u pojnoj točki i da se mjere fazni naponi pri nastajanju kvara i pri isklapanju kvara. Kao karakteristični kvar izabran je jednopolni zemljospoj, jer je to najčešći kvar u pogonu nastao zbog proboja izolacije, udara groma ili drugih pogonskih događaja (a druge vrste kvarova najčešće su posljedice jednopolnog kvara). Ocijenjeno je da je, uglavnom iz praktičnih razloga, najpovoljnije izazivati kvar u TS 35/10 kV Karojba.

Prilikom ispitivanja nastojalo se da prilike budu što sličnije onima prilikom nastajanja stvarnog kvara u mreži. Zbog toga je, kako se vidi iz plana mjerenja prikazanog na slici 1, preko komandnog uređaja iz Pule upravljano sklopkom u Karojbi, iza koje je bio montiran jednopolni zemljospoj i kojom je taj zemljospoj bio uklapan, a zatim je istim uređajem komandirano isklapanje



Sl. 1. Osnovni plan mjerenja prenapona u mreži »Elektroistre«

sklopke u Puli. Redoslijed komandi, prikazan crtkano na slici 1, omogućio je da se jednim pokusom i na istom oscilogramu zabilježe prenaponske pojave pri nastajanju kvara (tj. pri uklapanju sklopke u Karojbi) i pri isključenju kvara (tj. pri isklapanju sklopke u Puli). Taj je redoslijed bio:

— uključenje mjernog uređaja,
— uključenje jednopolnog kvara u Karojbi,
— isključenje jednopolnog kvara u Puli,
— isključenje mjernog uređaja.

Očekivalo se da će prenaponi koji nastaju pri isklapanju kvara znatno ovisiti o kvaliteti sklopke kojom se kvar isklapa. Da bi se ustanovio taj utjecaj, provedene su dvije glavne grupe ispitivanja. U prvoj grupi isklapanje kvara je vršeno hidromatskom sklopkom proizvodnje ČKD, koja je već dugo u eksploataciji, a u drugoj grupi novom malouljnom sklopkom proizvodnje tvornice »Rade Končar«.

Da bi se ustanovila ovisnost prenapona o veličini mreže u kojoj nastaje i isklapa se zemljospoj, ispitivanja su izvršena u četiri različite mreže:

a) u minimalnoj mreži, kod kojih je na transformator u Puli bio priključen samo 50 km dug nadzemni vod do Karojbe. Struja zemljospoja u toj mreži iznosi oko 6 A.

b) u povećanoj mreži, kod kojih je, osim voda do Karojbe, na transformator bio priključen još jedan nadzemni vod približno jednake duljine, pa struja zemljospoja u toj mreži iznosi oko 11 A.

c) u srednjoj mreži, kod kojih je, osim voda do Karojbe, na transformator bio priključen dio kabelske mreže Pule, tako da je struja zemljospoja bila oko 30 A.

d) u velikoj mreži, kod kojih je na transformator bila priključena značajno veća kabelska i nadzemna mreža, sa strujom zemljospoja oko 60 A.

Treba naglasiti da je svaka grupa nabrojanih pokusa izvršena uz dva različita stanja 35 kV zvjezdišta transformatora 110/35 u Puli. Jednom je to zvjezdište bilo izolirano, a drugi put uzemljeno preko djelatnog otpora od 21 Ω.

Zemljospoj u Karojbi je izveden na dva različita načina. Jednaki pokusi vršeni su uz:

a) kruti zemljospoj, ostvaren krutom metalnom vezom faznog vodiča sa zemljom, i

b) zemljospoj preko luka, ostvaren iskrištem paralelno izolatorskom lancu. Iskrište je izvedeno pomoću vrlo tanke žice s kojom je izolatorski lanac bio premošten, tako da je žica u sredini bila prekinuta, a krajevi su bili 1—2 centimetra razmaknuti. Nakon uklopa sklopke u Karojbi nastao je preskok između krajeva žice, žica je odmah izgorjela i izolatorski lanac je bio premošten lûkom.

Još treba reći da je u svim tim pokusima, neovisno o broju priključenih vodova, zemljospoj uvijek izveden u TS Karojba i uvijek isklapan sklopkom u Puli, u vodnom polju za Karojbu.

2. MJERNI POSTUPAK

Na slici 2. prikazana je shema mjernog i komandnog uređaja. Za smanjenje faznih napona na veličine prikladne za mjerenje osciloskopom upotrijebljena su kapacitivna djelila napona. Tako sniženi fazni naponi dovedeni su na tri kanala 7-kanalnog osciloskopa, dok su još tri kanala osciloskopa upotrijebljena za mjerenje struje u fazi koja je uzemljena, za mjerenje vremena i za mjerenje vlastitih vremena sklopki u Puli i u Karojbi. Uz osciloskop je priključena komora s rotirajućom kamerom, u kojoj je smještena optika i rotirajući bubanj s filmom.

Slijed i trajanje događaja u svakom pojedinom pokusu programirano je na tzv. komandnom valjku. S pomoću tog uređaja vršena su sva potrebna sklapanja sklopki u Puli i u Karojbi, te upravljanje osciloskopom. U tu svrhu služe kontakti dvaju valjaka koji rotiraju različitim brzinama (tjerani sinhronim motorom), pri čemu se na sporijem valjku vremena nastajanja ili trajanja događaja podešavaju grubo, a na bržem fino, pa se na taj način postiže vrlo precizno podešavanje tih vremena. Točnost ugađanja jednog para kontakta (grebena) bržeg valjka iznosi 0,3 msek.

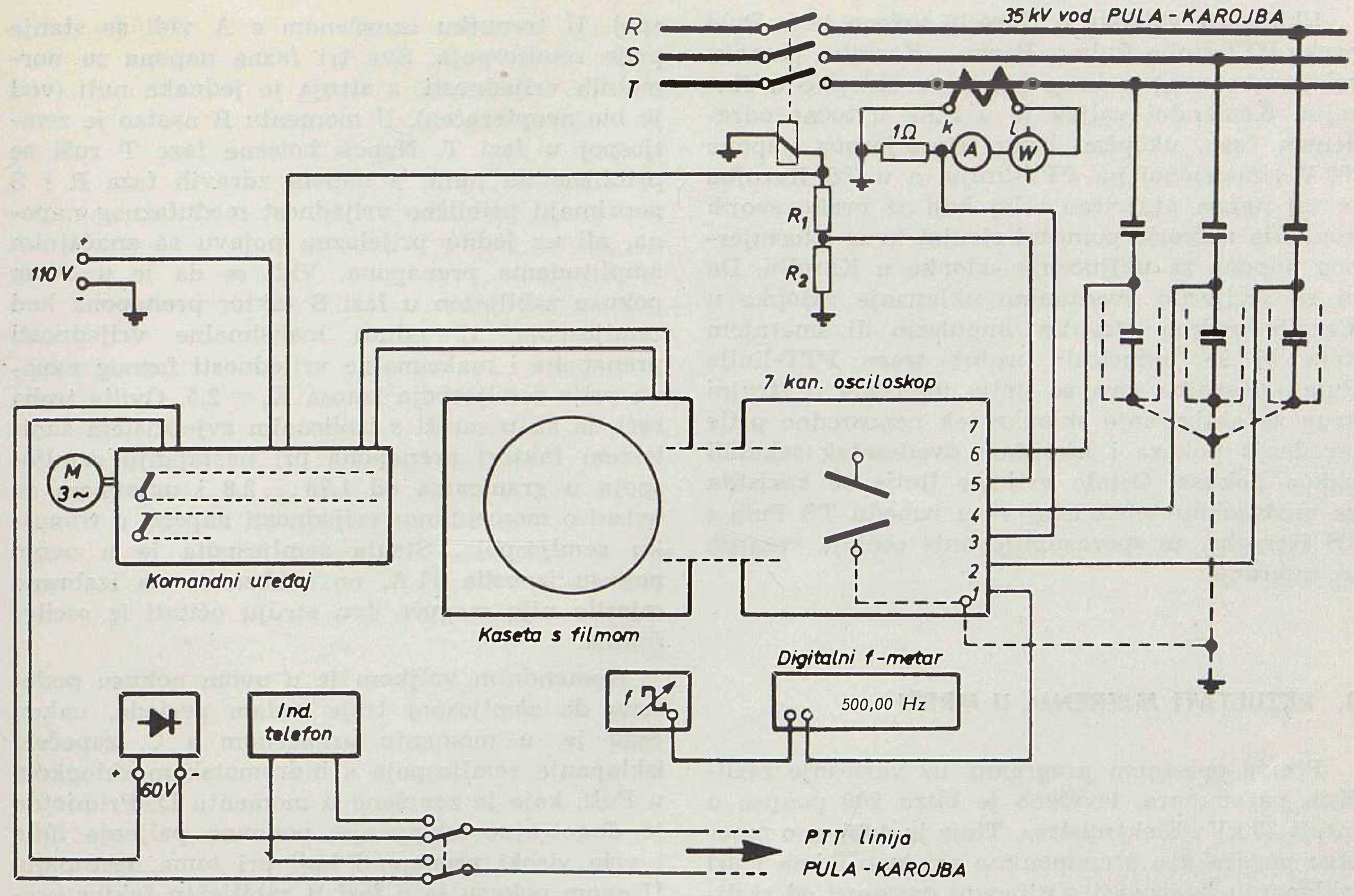
Uz poznata vlastita vremena prorade sklopki, dakle vremena uklopa sklopke u Karojbi i vremena isklopa sklopke u Puli, koja su prethodno oscilografski izmjerena, te poznavanjem vremena otvaranja mlaza osciloskopa, mogla su se izvršiti odgovarajuća udešenja trajanja kontakta pojedinih grebena valjaka. Tako je u jednom pokusu podešen komandni valjak prema ovoj tablici:

Greben br. 2	uključuje u 0,1 s	isključuje u 1,15 s
Greben br. 5	uključuje u 1,0 s	isključuje u 1,8 s
Greben br. 10	uključuje u 0,66 s	**isključuje u 1,26 s**

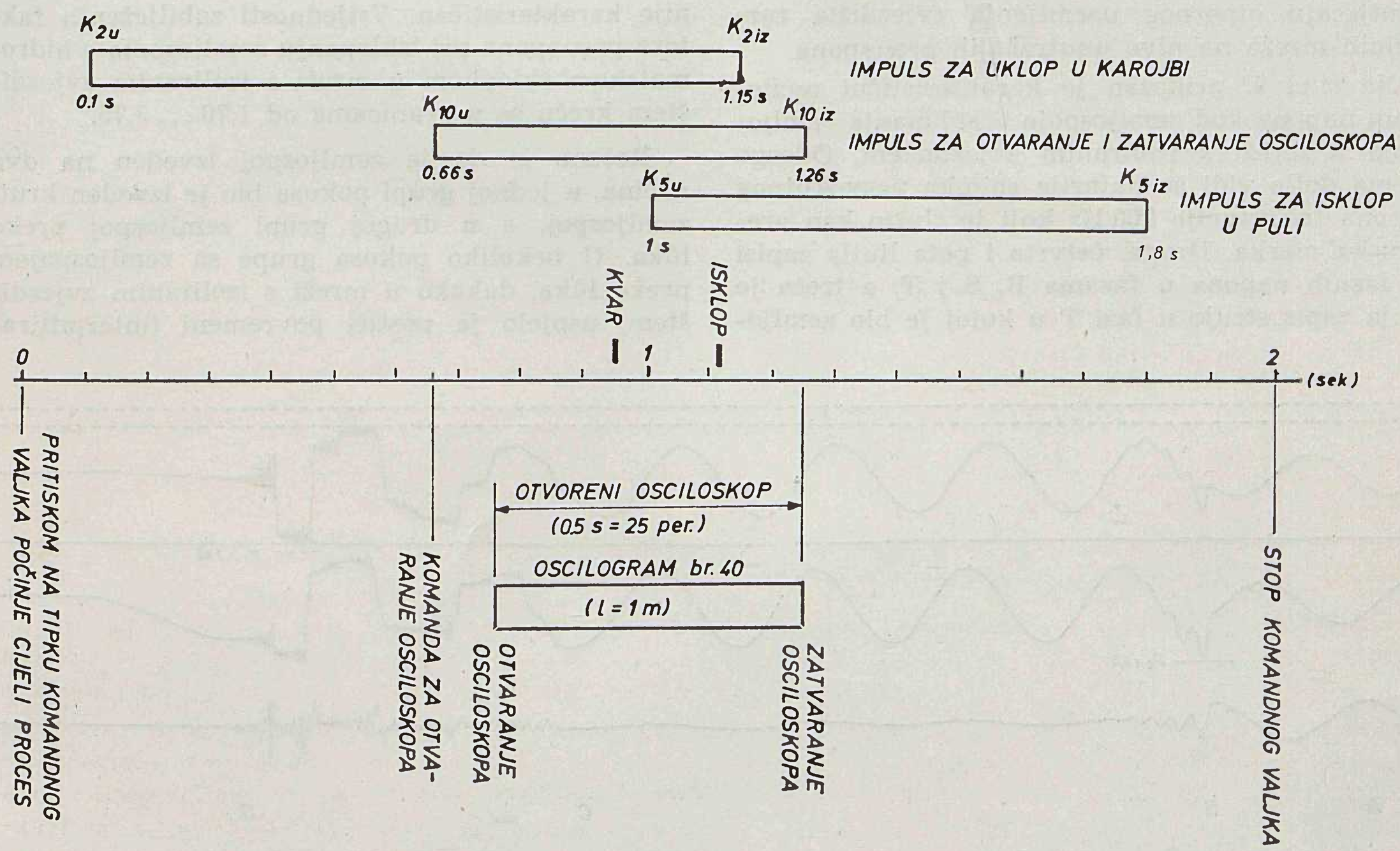
Kontakti grebena br. 2 bili su u krugu komande za uključenje sklopke u Karojbi, a grebena br. 5 u krugu komande za isključenje sklopke u Puli. Kontakti grebena br. 10 služili su za otvaranje i zatvaranje osciloskopa. Shema ovog podešavanja prikazana je na slici 3.

Mjerenje struje u fazi koja je uzemljena vršeno je uz pomoć otpora ubačenog u krug sekundara strujnog mjernog transformatora, a pad napona s njega doveden je na osciloskop (sl. 2).

Vremenska marka je dana u obliku pravokutnog napona, narinutog na prvi kanal osciloskopa iz generatora pravokutnih impulsa, čija je frekvencija bila kontrolirana digitalnim frekvencmetrom.



Sl. 2. Shema mjernog i komandnog uređaja



Sl. 3. Program komandi i slijed događaja u pokusu 40

Uklapanje sklopke u Karojbi vršeno je iz Pule preko PTT-linije Pula — Pazin — Karojba, pomoću releja ubačenog u krug komande sklopke u Karojbi. Komandni valjak je u Puli, u točno određenom času, ukopčao izvor istosmjernog napona (60 V simetrično) na PTT-liniju, a u TS Karojba je taj napon aktivirao relej koji je preko svojih kontakta zatvorio pomoćni strujni krug istosmjernog napona za uključenje sklopke u Karojbi. Da bi se spriječilo eventualno uklapanje sklopke u Karojbi nekim stranim impulsom ili smetnjom koja bi se inducirala uzduž trase PTT-linije Pula — Karojba, ova se linija ukopčala u strujni krug za aktiviranje sklopke tek neposredno prije izvođenja pokusa i iskopčala dvadesetak sekundi nakon pokusa. Ostalo vrijeme linija se koristila za međusobnu telefonsku vezu između TS Pula i TS Karojba, za sporazumijevanje osoblja vezanih uz mjerenje.

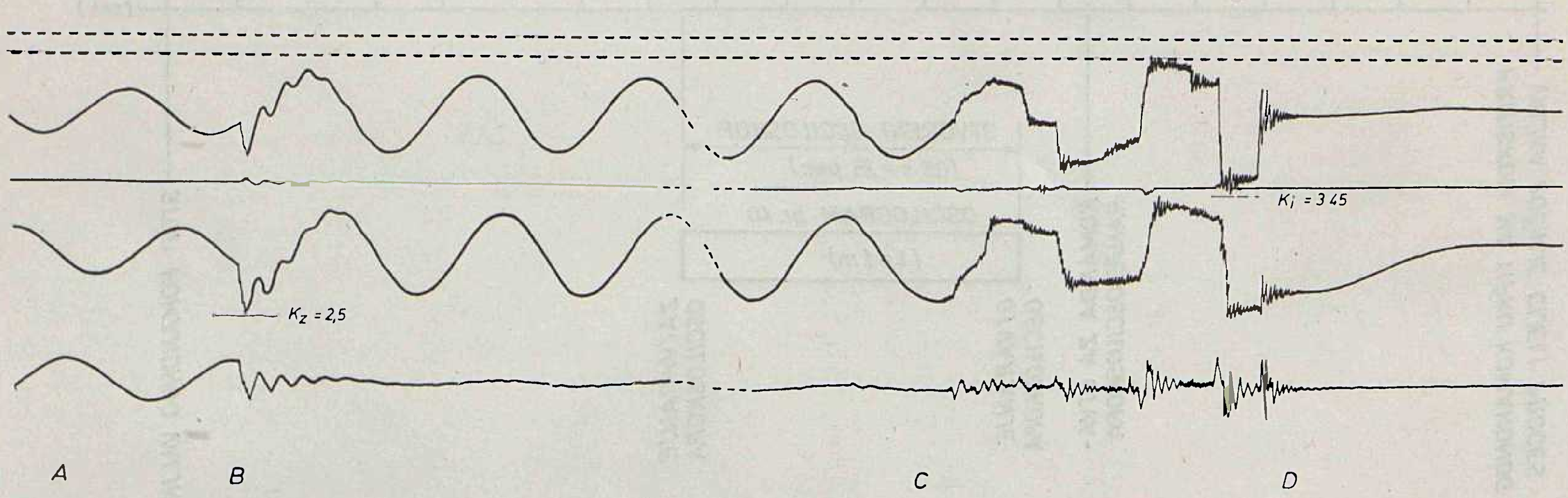
3. REZULTATI MJERENJA U MREŽI

Prema opisanom programu, uz variranje različitih parametara, izvršeno je blizu 200 pokusa u mreži 35 kV »Elektroistre«. Time je dobiveno mnoštvo podataka o prenaponima pri kvarovima i pri isklapanju kvarova i o njihovoj ovisnosti od različitih utjecaja. Cjeloviti rezultati analize ovih podataka bit će prikazani u jednom od slijedećih brojeva ovog časopisa, a ovdje će biti prikazani samo neki interesantniji rezultati mjerenja. No već i ti rezultati omogućuju vrlo očite zaključke o utjecaju otpornog uzemljenja zvjezdišta razdjelnih mreža na nivo unutrašnjih prenapona.

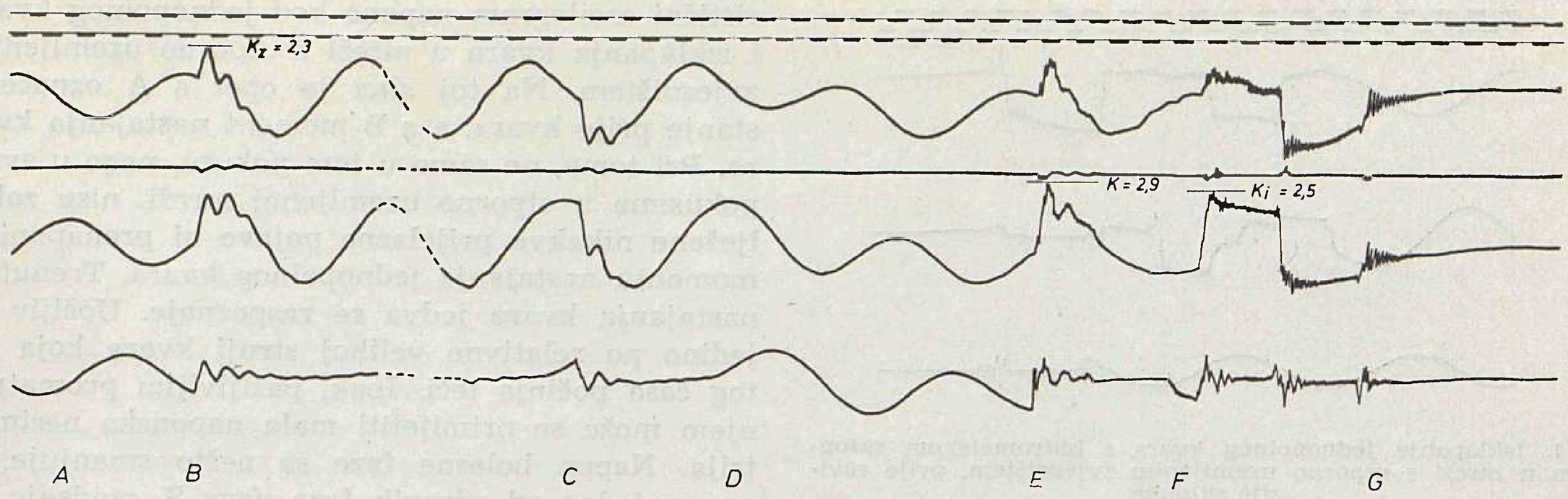
Na slici 4. prikazan je karakteristični oscilogram napona kod zemljospoja i isklapanja zemljospoja u mreži s izoliranim zvjezdištem. Odozgo prema dolje vidi se najprije snimka pravokutnog napona frekvencije 500 Hz koji je služio kao vremenska marka. Druga, četvrta i peta linija zapisi su faznih napona u fazama R, S i T, a treća je linija zapis struje u fazi T u kojoj je bio zemljospoj. U trenutku označenom s A vidi se stanje prije zemljospoja. Sva tri fazna napona su normalnih vrijednosti, a struja je jednaka nuli (vod je bio neopterećen). U momentu B nastao je zemljospoj u fazi T. Napon bolesne faze T ruši se približno na nulu, a naponi zdravih faza R i S poprimaju približno vrijednost međufaznog napona, ali uz jednu prijelaznu pojavu sa značajnim amplitudama prenapona. Vidi se da je u ovom pokusu zabilježen u fazi S faktor prenapona kod zemljospoja, tj. odnos maksimalne vrijednosti prenapona i maksimalne vrijednosti faznog napona prije zemljospoja iznosa $K_z = 2{,}5$. Ovdje treba reći da su u mreži s izoliranim zvjezdištem zabilježeni faktori prenapona pri nastajanju zemljospoja u granicama od 1,73 . . . 2,8 i uglavnom su ovisni o momentanoj vrijednosti napona u trenutku zemljospoja. Struja zemljospoja je u ovom pokusu iznosila 11 A, no s obzirom na izabrano mjerilo nije moguće ovu struju očitati iz oscilograma.

Komandnim valjkom je u ovom pokusu podešeno da zemljospoj traje sedam perioda, nakon čega je, u momentu označenom s C, započelo isklapanje zemljospoja s hidromatskom sklopkom u Puli, koje je završeno u momentu D. Primjetno je dugotrajno isklapanje, ponovno paljenje lûka i vrlo visoki prenaponi koji pri tome nastupaju. U ovom pokusu je u fazi R zabilježen faktor prenapona pri isklapanju zemljospoja $K_i = 3{,}45$, što je u apsolutnom iznosu blizu 100 kV max. No, treba priznati da je to jedna od najviših izmjerenih vrijednosti i da, premda je izmjereno prilično sličnih vrijednosti, u tom pogledu ovaj oscilogram nije karakterističan. Vrijednosti zabilježenih faktora prenapona pri isklapanju zemljospoja s hidromatskom sklopkom u mreži s izoliranim zvjezdištem kreću se u granicama od 1,70 . . . 3,75.

Rečeno je da je zemljospoj izveden na dva načina, u jednoj grupi pokusa bio je izveden kruti zemljospoj, a u drugoj grupi zemljospoj preko lûka. U nekoliko pokusa grupe sa zemljospojem preko lûka, dakako u mreži s izoliranim zvjezdištem, uspjelo je postići povremeni (intermitira-



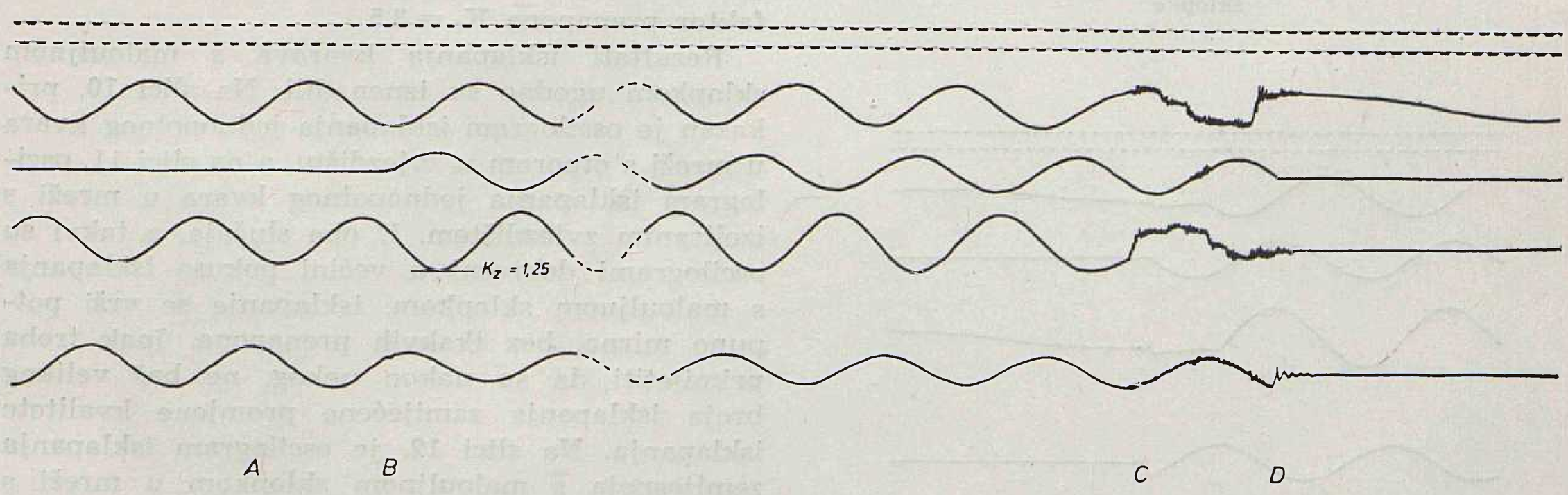
Sl. 4. Karakteristični oscilogram napona kod zemljospoja i isklapanja zemljospoja (s hidromatskom sklopkom) u mreži s izoliranim zvjezdištem



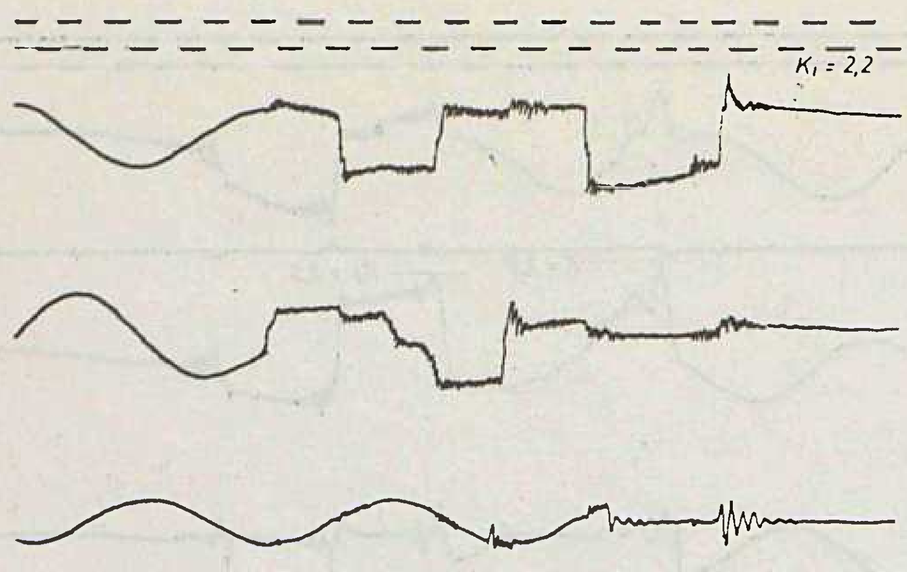
Sl. 5. Intermitirajući zemljospoj u mreži sa strujom zemljospoja 11 A

jući) zemljospoj. To znači da se je lûk preko kojeg je jedna faza bila uzemljena uzastopno palio i gasio, pa se može govoriti da je struja zemljospoja, za određeni elektrodni raspored i određene atmosferske prilike u vrijeme pokusa, bila kritična struja intermitirajućeg zemljospoja. Time se želi reći da bi se u jednakim uvjetima kod struje kvara manje od kritične lûk sam ugasio, a kod struje kvara veće od kritične lûk bi se bez prekida održavao. Jedan takav oscilogram prikazan je na slici 5. Redoslijed pojava je u ovom pokusu, kao i u svim daljnjim, jednak onome iz slike 4. Dakle, odozgo prema dolje najprije je zapis pravokutnog napona (u ovom pokusu je njegova frekvencija 250 Hz, naime frekvencija pravokutnog napona je naizmjence mijenjana na 250, 500 i 750 Hz radi lakše identifikacije oscilograma nakon razvijanja), zatim zapis napona u fazi R, pa struja u bolesnoj fazi T, napon u fazi S, te, konačno, napon u bolesnoj fazi T. S A je označen moment prije zemljospoja, a s B trenutak nastajanja zemljospoja, dakle trenutak kada je nastao uklop sklopke u Karojbi i lûk preko izolatorskog lanca. Sada se događaj odvija slično kao na slici 4, ali samo do vremenskog trenutka označenog s C. U tom trenutku lûk se očito na trenutak ugasio. Vidi se da se napon u bolesnoj fazi pokušava uspostaviti, pri čemu se i u zdravim fazama napon želi normalizirati. Međutim, čim je napon u bolesnoj fazi postigao neku vrijednost, lûk se ponovno upalio, napon u fazi T se ponovno srušio na nulu, a u zdravim fazama to uzrokuje prijelaznu pojavu i prenaponske udare. U trenutku označenom s D lûk ipak uspijeva u svojoj namjeri da se ugasi, pa se u sve tri faze uspostavljaju normalni fazni naponi. No takvo stanje traje samo jednu i pol periodu, do trenutka E, kada se lûk ponovno pali u momentu kada je napon u fazi T postigao negativni maksimum, jer je prostor na mjestu gdje se lûk pali još otprije dovoljno ioniziran. Pri tome su u zdravim fazama opet registrirani značajni prenaponi. Možda bi se ova pojava uzastopnog paljenja i gašenja lûka i pripadno nastajanje opasnih uzastopnih prenapona u zdravim fazama i nastavila da nije sklopka u Puli dobila od komandnog valjka nalog za isklapanje, koje je započelo u momentu F i završilo u momentu G.

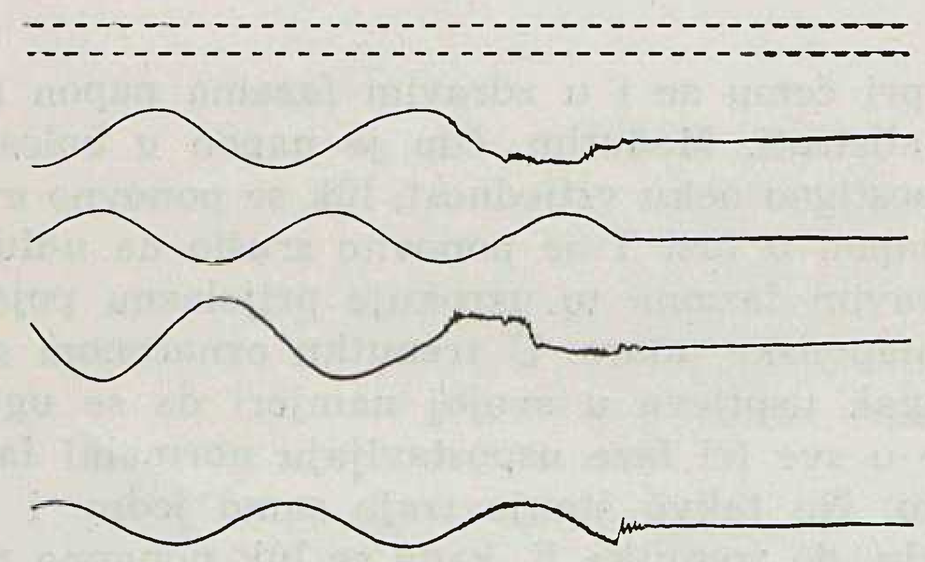
Takva pojava nije moguća u mreži s otporno uzemljenim zvjezdištem. Općenito je u otporno uzemljenoj mreži kod jednakih pokusa oscilogram faznih napona bitno različit, i izmjereni prenaponi su bitno manji od onih u mreži s izoliranim zvjezdištem, kako pri nastajanju kvara, tako i pri isklapanju kvara. Na slici 6. prikazan je karakte-



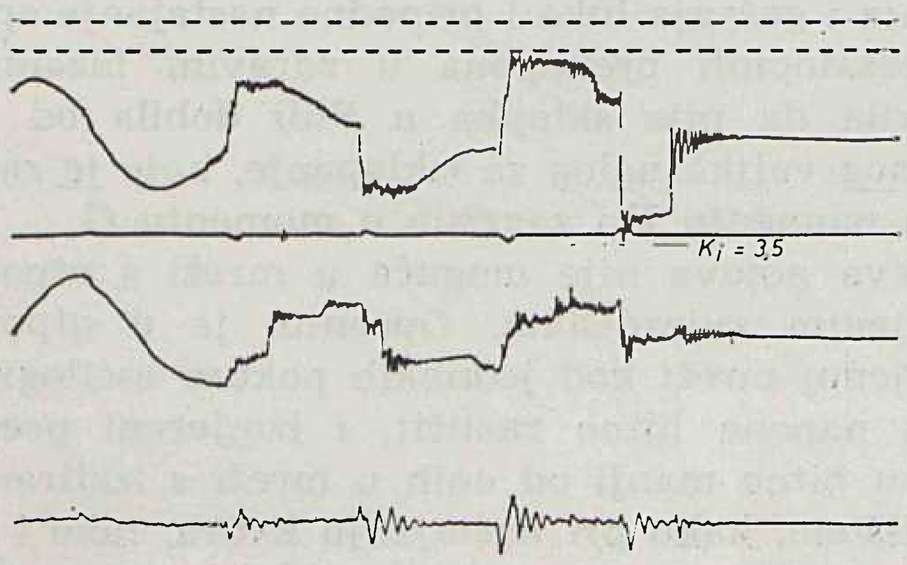
Sl. 6. Karakteristični oscilogram napona kod jednopolnog kvara i isklapanja kvara (s hidromatskom sklopkom) u mreži s otporno uzemljenim zvjezdištem



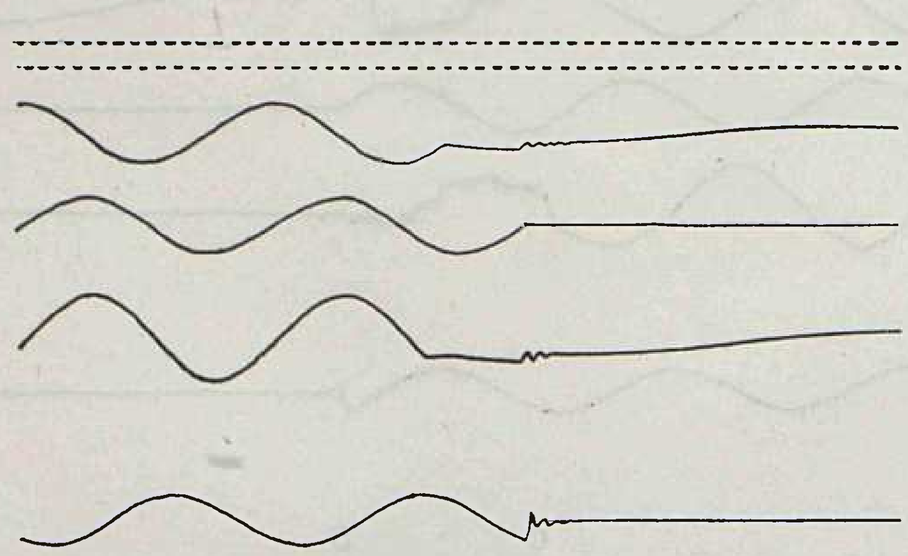
Sl. 7. Isklapanje jednopolnog kvara s hidromatskom sklopkom u mreži s otporno uzemljenim zvjezdištem, prije revizije sklopke



Sl. 8. Isklapanje jednopolnog kvara s hidromatskom sklopkom u mreži s otporno uzemljenim zvjezdištem, nakon revizije sklopke



Sl. 9. Isklapanje jednopolnog kvara s hidromatskom sklopkom u mreži s izoliranim zvjezdištem, nakon revizije sklopke

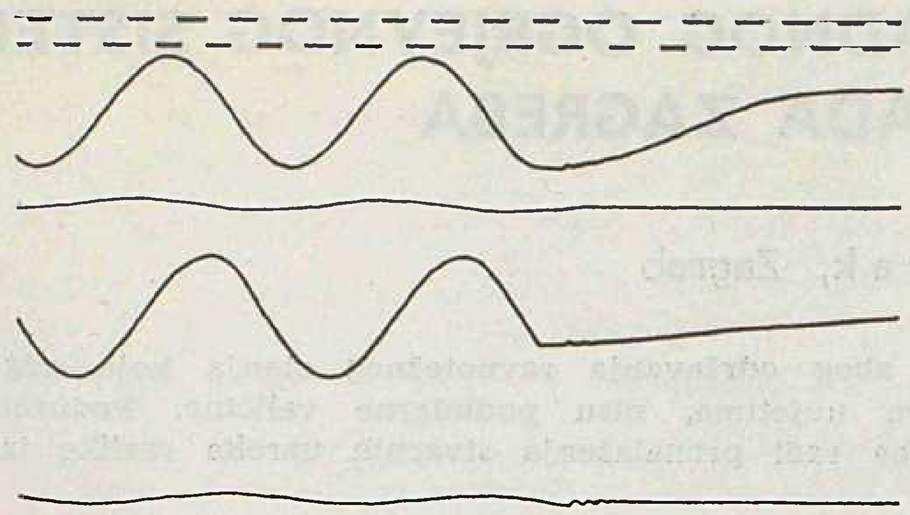


Sl. 10. Isklapanje jednopolnog kvara s malouljnom sklopkom u mreži s otporno uzemljenim zvjezdištem

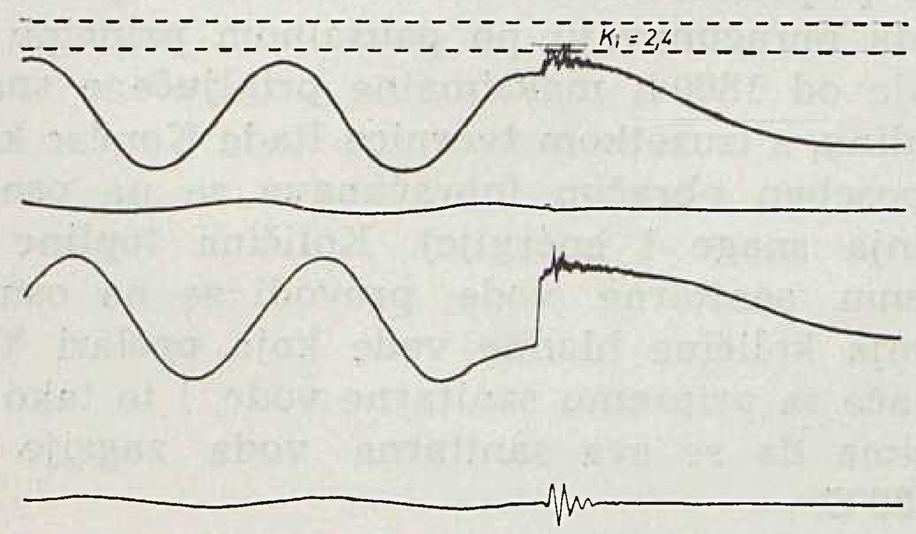
ristični oscilogram napona kod jednopolnog kvara i isklapanja kvara u mreži s otporno uzemljenim zvjezdištem. Na toj slici je opet s A označeno stanje prije kvara, a s B moment nastajanja kvara. Pri tome, ne samo u tom pokusu, nego u svim pokusima u otporno uzemljenoj mreži, nisu zabilježene nikakve prijelazne pojave ni prenaponi u momentu nastajanja jednopolnog kvara. Trenutak nastajanja kvara jedva se raspoznaje. Uočljiv je jedino po relativno velikoj struji kvara koja od tog časa počinje teći. Ipak, pažljivijim promatranjem može se primijetiti mala naponska nesimetrija. Napon bolesne faze se nešto smanjuje, a napon jedne od zdravih faza, faze S, povisuje se za 25%, pa se utoliko može govoriti o prenaponu pri nastajanju kvara faktora $K_z = 1,25$. Također ni pri isklapanju kvara, koje počinje u momentu C, nisu zabilježeni nikakvi spomena vrijedni prenaponi. Faktori prenapona pri isklapanju kvara s hidromatskom sklopkom u otporno uzemljenoj mreži rijetko su prelazili vrijednost $K_i = 2,0$.

Ispitivanja su pokazala, kako se i očekivalo, da prenaponi koji nastaju pri isklapanju kvara bitno ovise o kvaliteti sklopke kojom se isklapa kvar. No ipak nisu očekivane toliko velike razlike u kvaliteti između hidromatske sklopke starije konstrukcije i nove malouljne sklopke. Kao što će se vidjeti na nekoliko slijedećih slika, bitne razlike u dobivenim rezultatima su uočene i kod iste sklopke kojoj su tijekom ispitivanja popravljana dielektrična svojstva sredstva za gašenje. Tako se na slici 7. vidi prijelazna pojava pri isklapanju jednopolnog kvara u mreži s otporno uzemljenim zvjezdištem kod kojeg je zabilježen faktor prenapona $K_i = 2,2$. Nakon izvršene revizije sklopke, u sva tri pola je zamijenjen hidrin, isklapanje jednopolnog kvara u mreži s otporno uzemljenim zvjezdištem odvija se znatno kvalitetnije, kako se vidi iz slike 8. No treba naglasiti da povoljni utjecaj revizije hidromatske sklopke nije jednako zamijećen pri isklapanju kvarova u mreži s izoliranim zvjezdištem. Na slici 9. prikazan je oscilogram isklapanja jednopolnog zemljospoja s hidromatskom sklopkom u mreži s izoliranim zvjezdištem, koje je izvršeno neposredno nakon revizije sklopke. Vidi se da je u fazi R zabilježen vrlo visok faktor prenapona $K_i = 3,5$.

Rezultati isklapanja kvarova s malouljnom sklopkom ugodno su iznenadili. Na slici 10. prikazan je oscilogram isklapanja jednopolnog kvara u mreži s otporom u zvjezdištu, a na slici 11. oscilogram isklapanja jednopolnog kvara u mreži s izoliranim zvjezdištem. U oba slučaja, a takvi su oscilogrami dobiveni u većini pokusa isklapanja s malouljnom sklopkom, isklapanje se vrši potpuno mirno, bez ikakvih prenapona. Ipak treba primijetiti da su nakon nekog, ne baš velikog broja isklapanja zamijećene promjene kvalitete isklapanja. Na slici 12. je oscilogram isklapanja zemljospoja s malouljnom sklopkom u mreži s izoliranim zvjezdištem, koje je izvršeno nakon prethodnih tridesetak prekida male struje zem-



Sl. 11. Isklapanje jednopolnog kvara s malouljnom sklopkom u mreži s izoliranim zvjezdištem



Sl. 12. Isklapanje jednopolnog kvara s malouljnom sklopkom u mreži s izoliranim zvjezdištem

ljospoja u izoliranoj mreži i još tridesetak prekida struje od oko 300 A u otporno uzemljenoj mreži. Vidi se da se sada ipak pojavljuju prenaponi pri isklapanju zemljospoja, premda oni nemaju visoke amplitude. Osim toga, primijećeno je da je ulje u polu faze T potamnilo. Sve to govori da je i kod malouljne sklopke, isto kao i kod hidromatske, nužno provoditi redovite revizije, i to, kao i kod hidromatske, u češćim razmacima nego što je to u praksi uobičajeno.

4. ZAKLJUČCI

Rezultati provedenih mjerenja upućuju najmanje na slijedeće zaključke:

1. Otpornim uzemljenjem zvjezdišta razdjelnih mreža gotovo se eliminiraju prenaponi pri nastajanju jednopolnih kvarova u mreži i značajno se smanjuju prenaponi pri isklapanju kvarova.

2. Kombinacijom otpora u zvjezdištu i kvalitetne sklopke postiže se gotovo eliminacija prenapona pri jednopolnim kvarovima i pri isklapanju kvarova.

3. Način održavanja sklopke, odnosno učestalost revizije sklopke, može znatno utjecati na kvalitetu isklapanja, tj. na nivo prenapona pri isklapanju kvarova.

Naslov pisca: Ivo Hrs, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA KARLOVAC

Obavlja kemijsku zaštitu (kotlovsku impregnaciju) svih vrsti željezničkih pragova, pragova za smještaj kranskih dizalica, stupova za TT i EV vodove, kocaka za hale, rudno drvo i ostali građevinski materijal od drveta

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

ANALIZA CENTRALIZIRANOGA ZAPADNOG OGRJEVNOG SISTEMA PREDAJE TOPLINE GRADA ZAGREBA

Mr Duško Čorak, Zagreb

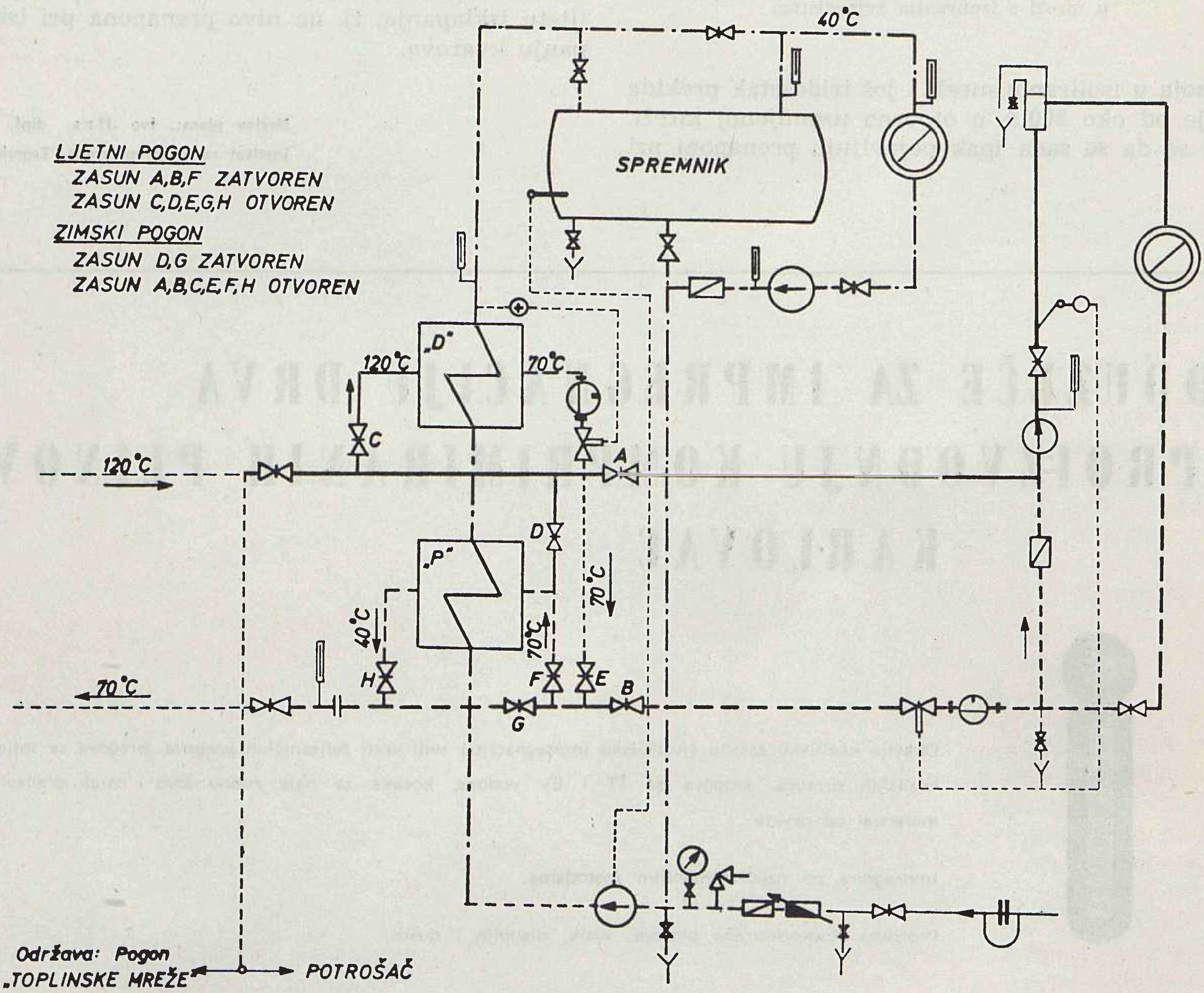
Govori se da količina topline koju je potrebno dovesti potrošačima zbog održavanja ravnotežnog stanja koje odgovara zoni-ugođaja i količina topline što se dovodi potrošačima u stvarnim uvjetima, nisu podudarne veličine. Poduzeta su istraživanja na centraliziranome zapadnom ogrjevnom sistemu Zagreba radi pronalaženja stvarnih uzroka razlike između potrebne i stvarno dovedene topline.

DK 621.311.22

Centralizirani zapadni ogrjevni sistem grada Zagreba proteže se zapadno od Savske ceste, gdje uključuje i Cvjetno naselje, a dio je budućeg jedinstvenog sistema grada Zagreba za opskrbu ogrjevnom toplinskom energijom.

OPIS POSTOJEĆEG STANJA

Vrelovodni toplinski konzum čine svi ogrjevni potrošači vezani na vrelovodni sistem. Struktura potrošača priključenih na zapadni vrelovodni sistem (vezan na EL-TO) ima posve ogrjevni karakter uz pripremu sanitarne vode. Svi se potrošači za sada obračunavaju po paušalnom principu za grijanje od 1800 h maksimalne priključene snage na godinu, s izuzetkom tvornice Rade Končar koja ima poseban obračun (obračunava se na osnovi mjerenja snage i energije). Količina topline za pripremu sanitarne vode provodi se na osnovi mjerenja količine hladne vode koja prolazi kroz zagrijače za pripremu sanitarne vode, i to tako da se uzima da se sva sanitarna voda zagrije za $\Delta t = 30°C$.



Sl. 1. Shema kućne stanice s pripremom sanitarne vode

Zapadni vrelovodni sistem (sistem vezan na EL-TO) izveden je s centralnom regulacijom temperature polazne vode. Projektirani režim za maksimalno opterećenu mrežu i pri projektnoj vanjskoj temperaturi −15°C iznosi 150/70°C.

Priprema sanitarne vode izvodi se u dva stupnja zagrijavanja (prvi stupanj s povratnom vodom i drugi regulacioni stupanj s polaznom vodom) uz spremnik tople vode. Shema kućne toplinske stanice sa stanicom za pripremu sanitarne vode prikazana je na sl. 1.

U proteklom razdoblju na vrelovodnom sistemu EL-TO pojavile su se razlike između predane količine topline na pragu elektrane i obračunskih količina topline kod potrošača. S obzirom na primjenu paušalnog obračuna, koji se bazira na 30-godišnjem dijagramu vanjske temperature, često se ova razlika objašnjavala sezonskim, odnosno godišnjim oscilacijama, što čini sastavnu komponentu paušalnog obračuna, ili se pak ova razlika pripisivala toplinskim gubicima u prijenosu.

Navedeni elementi bili su povod za izradu analize koja bi kanalizirala navedenu pojavu i dala odgovor koji su stvarni uzroci pojave razlike između količina topline na pragu i obračuna kod potrošača.

U početnom razvoju centraliziranog sistema, kada je on bio relativno i apsolutno malen, studij utjecaja pojedinih faktora u sistemu predaje topline nije imao takvo značenje kao što ima danas, a pogotovo kao što će imati sutra. Nastojanja za racionalizacijom trošenja energije obvezuje i korisnika i potrošača na štednju, bez obzira na to da li potrošači mogu platiti povećane troškove, a opskrbljivač nabaviti dovoljne količine energije za povećane, moglo bi se reći neopravdane količine energije.

Polazeći od osnovnog zadatka da ogrjevni sistem treba da potrošaču preda količinu topline koja odgovara toplinskim gubicima odgovarajuće sredine uz zadovoljenje zone ugođaja (prema njemačkim propisima za prostorije u kojima ljudi borave duže vrijeme normalno odjeveni, sjedeći ili u laganim kretanjima, definira se sa 20°C, uz relativnu vlažnost $\varphi = 35—70\%$), treba utvrditi količinu topline koju je potrebno dovesti toplinskim potrošačima po jedinici snage u toku ogrjevne sezone.

ANALIZA PROJEKTNIH VELIČINA NA OBJEKTIMA PRIKLJUČENIM NA CENTRALIZIRANI ZAPADNI SISTEM

Količina topline koju je potrebno predati direktno toplinskom potrošaču ovisi o klimatskim uvjetima pri kojima se predaje toplina, o temperaturi prostorije u kojoj se želi postići zona ugođaja i o toplinskim karakteristikama objekta u kojem treba postići ravnotežno stanje pri temperaturi koja odgovara zoni ugođaja.

$$Q_p = f\,[(t_p - t_o),\ k,\ A],$$

gdje je:

Q_p [−kcal/h]	količina topline predane potrošačima
t_p [°C]	temperatura prostorije
t_o [°C]	temperatura okoline
k [kcal/m²h °C]	koeficijent prolaza topline
A [m²]	površina na kojoj se vrši razmjena topline.

Instalacije centralnog grijanja dimenzioniraju se prema projektnoj vanjskoj temperaturi, temperaturi prostorije i toplinskim karakteristikama objekta. Projektna vanjska temperatura za Zagreb iznosi −15°C, a temperatura prostorija za stanovanje između 19 i 20°C (bliže ili gotovo 20°C, vidi ponderirane temperature u tabl. 1).

$$Q_o = f\,[(t_p - t_{o\,max}),\ k,\ A],$$

gdje je:

Q_o [kcal/h]	količina topline pri minimalnoj vanjskoj temperaturi (−15°C)
$t_{o\,max}$ [°C]	minimalna vanjska temperatura = −15°C.

Količina topline Q_o utvrđuje se za stacionarno stanje. Stvarni uvjeti razlikuju se od stacionarnog stanja, pa se stoga ova količina topline korigira. Proračun instalacija grijanja u našim uvjetima u pravilu se računa prema njemačkim propisima.

Prema tim propisima količinu topline Q_o potrebno je korigirati faktorom $Z_{uk} \geq 1$. Prema starim propisima

$$Z_{uk} = 1 + Z_s + Z_v + Z_a + Z_u,$$

gdje je:

Z_s [%]	dodatak za stranu svijeta
Z_v [%]	dodatak na vjetar
Z_a [%]	dodatak na utjecaj zračenja vanjskih zidova
Z_u [%]	dodatak za prekid loženja.

Osim navedenih dodataka koji uzimaju navedene utjecaje potrebno je teoretsku količinu topline korigirati još jednim faktorom koji uzima u obzir gubitke zbog ventilacijskih gubitaka (Z_{ven}).

$$Q'' = Q_o \cdot Z_{uk} \cdot Z_{ven}.$$

Ta količina topline predstavlja vrijednost toplinskih gubitaka koji grijuća tijela trebaju u objektima predati na ime takozvanih toplinskih gubitaka.

Ovo je navedeno da bi se dobio jasniji uvid u analizu provedenu na 17 objekata na području južne Trešnjevke, a koje je prikazano u tablici 1.

Tablica 1 (nastavlja se desno)

Redni broj	OZNAKA OBJEKTA		Teoretski gubici provođenja topline Q_o kcal/h	Srednji dodatak na stranu svijeta Z_s	Dodatak na vjetar Z_v	Dodatak na prekid loženja $Z_{pr} = Z_a + Z_u$	Ukupni dodatak $Z_{uk} = 1 + Z_s + Z_{pr} + Z_v$	Teoretski gubici topline provođenja povećani za dodatak $Q_o \cdot Z_{uk}$ Q' kcal/h	Gubici topline provođenja povećani za dodatke + ventilacija (podaci iz projekta) Q'' kcal/h
1	805/2, 3, 4	— 16 katova obj. 15	334 943	0,00	0,300	0,07	1,370	458 872	445 090
2		— 16 katova obj. 14 i 16	327 314	0,00	0,303	0,07	1,373	447 402	437 350
3	805/1	— 16 katova	357 986	0,002	0,244	0,07	1,316	471 110	470 240
4	814/1, 2, 3, 4	— 12 katova	238 200	0,004	0,209	0,07	1,283	305 611	—
5	823/3	— 8 katova	802 209	0,023	—	0,07	1,093	876 494	1 463 032
6	807/1	— 8 katova	911 896	0,00	0,248	0,07	1,318	1 201 879	1 242 580
7	807/2	— 8 katova	852 104	0,00	0,242	0,07	1,312	1 117 960	1 148 550
8	816/1	— 8 katova	1 161 006	0,00	0,228	0,07	1,298	1 506 986	1 504 270
9	817/1	— 8 katova	649 149	0,00	0,189	0,136	1,325	860 122	1 163 761
10	802/1-2	— 8 katova	749 538	0,00	0,238	0,07	1,308	980 396	951 861
11	806/8	— 4 kata	484 989	0,00	0,224	0,07	1,294	627 576	628 460
12	803/1, 2	— 4 kata	162 144	0,008	0,238	0,07	1,316	213 382	216 100
13	808/1, 2, 3, 4	— 4 kata	126 537	—0,004	0,238	0,07	1,304	165 004	167 520
14	800/1	— 4 kata	168 902	0,002	0,235	0,07	1,307	220 755	222 090
15	806/1, 3, 6	— 4 kata	183 810	0,003	0,223	0,07	1,296	238 218	238 960
16	822/13 i 15	— 4 kata	192 073	0,001	0,241	0,07	1,312	251 961	254 650
17	801/1, 2	— 4 kata	177 774	—0,002	0,226	0,07	1,294	230 040	232 020
	* $\frac{Q_{rad}}{Q_o}$	* $\frac{Q_{rad}}{F}$							
	** $\frac{Q''}{Q_o}$	** $\frac{Q''}{F}$							

Objekti na kojima je vršena analiza izabrani su tako da budu reprezentativan uzorak cijelog područja južne Trešnjevke, a uzorak se može smatrati dovoljno velikim da može reprezentirati cjelinu.

Za navedeni broj objekata iz tablice 1. izvršena je kontrola toplinskog proračuna i utvrđene su teoretske količine topline Q_o za stacionarno stanje.

Dodatak topline za stranu svijeta računat je za svaki objekt kao srednja vrijednost. Kada se promatra cijeli objekt, praktično je jednak nuli.

Dodatak topline na vjetar razlikuje se između starog i novog propisa DIN 4701 u načinu proračuna. Budući da su gotovo svi objekti računati po starim propisima, to je i cjelokupna analiza bazirana na postupku koji proizlazi iz starih propisa.

Dodatak za prekid loženja, osim na jednom objektu, uzet je s vrijednosti 7%, što odgovara I slučaju za prekid loženja do 4 sata ili za neprekidni rad s reduciranom vožnjom u toku noći. Teoretska količina topline Q'' predstavlja količinu topline na osnovi koje se vrši dimenzioniranje instalacija centralnog grijanja, odnosno izbor veličine grijaćih tijela. Količina topline koja odgovara izabranim grijaćim elementima neznatno se razlikuje od proračunate količine topline Q''.

U gotovo svim projektima centralnog grijanja instalacije razvoda dimenzioniraju se na količinu vode u cirkulaciji koja odgovara vrijednosti količine topline od 1,1 Q_{rad}. Dodatak 10% od Q_{rad} uzima se zbog toplinskih gubitaka u transmisiji.

Povećanje priključne snage s posljednjim dodatkom očito nema opravdanja jer se sve instalacije razvoda nalaze u prostorijama, pa se toplina od strane razvoda predaje kao korisna toplina prostoriji kroz koju prolazi razvod. Nadalje, grijna tijela zbog povećane priključne snage kroz povećanu količinu vode u cirkulaciji teoretski proporcionalno vrše predaju topline. Budući da se ovaj dodatak računa na Q'', odnosno Q_{rad}, to se u prosjeku može ocijeniti da on iznosi oko 13% u odnosu na Q_o. Za dodatak Z_u koji uzima u obzir prekid u loženju, za dijagram vožnje koji se ostvaruje u toplinskom sistemu grada Zagreba, može se postaviti pitanje opravdanosti ovog dodatka u iznosu od 7%, s obzirom na to da toplinski sistem u praksi radi bez noćnih obustava, a tek s neznatnim smanjenjem polazne temperature. Sumarno ova dva dodatka iznose 20% od količine topline Q_o.

U tablici 1. izračunat je stvarni dodatak kao odnos 1,1 Q_{rad} u odnosu prema količini topline u stacionarnom režimu Q_o. Ovaj je dodatak za objekte u kojima je uzet dodatak od 10% na Q_{rad} 1,44—2,00. U prosjeku iznosi nešto iznad 1,5.

Projektom definirane količine topline za potrebe centralnog grijanja, odnosno kapaciteti toplinskih stanica pri razlici polazne i povratne temperature $\Delta t_{max} = 50°C$ dane su u tablici 1.

Za svaki objekt centralnog grijanja definirana je zakupljena toplinska snaga koja se nešto razlikuje od projektom definirane količine topline. Zakupljena snaga i mjerenjem utvrđena priključna snaga veličine su koje bi trebale biti podudarne. U tablici 2. prikazani su rezultati mjerenja na 15 toplinskih stanica. Iz rezultata mjerenja može se zamijetiti da se količine topline zakupljene i izmjerene na pojedinim objektima razlikuju, no

(Završetak tablice 1)

Gubici ventilacije $Q''/Q' \cdot 100$ % od Q'	Ukupna toplina grijaćih tijela (podaci iz projekta) Q_{rad} kcal/h	Ukupna toplina grijaćih tijela povećana za 10% $Q_{rad}+10\%$ kcal/h	Srednja ponderirana temperatura prostorija (izračunato u odnosu površina) °C	Grijana površina F_{neto} m²	Stvarni dodatak $Z_{ukstv.} = \frac{Q_{rad}+10\%}{Q_o}$	Količina topline po 1 m² površ. $\frac{Q_{rad}+10\%}{F_{neto}}$ kcal/m², h	Zakupljena snaga Q Gcal/h
10	11	12	13	14	15	16	17
Gubici ventilacije	463 223	505 820	19,4	4850	1,515	104,6	0,506
uključ. u dodatke	453 423	495 040	19,4	4700	1,513	105,3	2×0,495
,,	492 281	538 090	19,2	5140	1,506	104,6	0,538
Gubici ventilacije nisu uzimani u obzir prilikom proračuna	327 440	—	20,0	3230	1,372*	101,2*	0,390
~ 67[1]	1 529 691	1 682 661	18,5	13520	[1]2,000	119,0	T.S''A''0,962 1,682 T.S''B''0,720
~ 3,3	1 281 320	1 410 680	19,2	15700	1,546	90,0	1,155
~ 3,2	1 183 220	1 302 700	19,4	14430	1,528	90,3	1,220
Gubici ventilacije	1 535 940	1 688 953	19,4	18500	1,452	91,3	1,708
uključ. u dodatke ~ 35,2[1]	—	—	20,1	8060	[1]1,792**	144,3**	0,952+0,210 Lokali
Gubici ventilacije							0,865 - 802/1
uključ. u dodatke	985 560	1 078 030	19,5	10900	1,440	98,9	0,908 - 802/2
,,	679 675	747 390	20,0	6590	1,540	113,3	0,747
~ 1,2	226 540	249 280	19,9	2130	1,536	117,0	0,249
Gubici ventilacije	168 620	185 540	19,4	1745	1,469	106,3	0,180
uključ. u dodatke ~ 0,6	235 830	259 680	20,0	2330	1,542	111,4	0,260
Gubici ventilacije	258 070	284 100	20,0	2480	1,550	114,6	0,284
uključ. u dodatke ~ 1,2	254 020	—	19,4	2570	1,323*	98,8	0,254
Gubici ventilacije	248 356	274 070	20,0	2440	1,547	112,3	0,274
uključ. u dodatke							

[1] Ova su dva objekta rađena po novom proračunu, tako da su brojke 67% i 35,2% gubici zbog propuštanja kroz fuge.

ukupna snaga izmjerena i zakupljena na 15 toplinskih stanica neznatno se razlikuje.

GODIŠNJA PREDANA TOPLINA

Količina topline po jedinici instalirane snage koja se predaje u toplinskom sistemu ovisi o dijagramu trajanja vanjske temperature i dijagramu vožnje polazne i povratne temperature vrelovodnog sistema.

Vanjska temperatura zraka, kao i ostali uvjeti veličine su koje se mijenjaju u toku godina, mjeseca, dana i sata, što čini toplinski sistem nestacionarnim, pa je analiza toplinskog sistema utoliko složenija. Sve utjecajne faktore gotovo je nemoguće obuhvatiti analizom, makar koliko ona imala pretenziju da bude potpuna.

Tablica 2.

REZULTATI MJERENJA NA TOPLINSKIM STANICAMA 9. i 10. I. 1974.

Oznaka toplinske stanice	Izmjer. količina vode G	Temperatura vode: ulaz u T.S. t_u	izlaz T.S. t_i	$t_u - t_i$	Količina topline (izmjer.) $Q_{T.S.} = G \cdot (t_u - t_i) \cdot c$	Vanjska temperatura t_o	$*\Delta t_{max} = 50°C$ $G \cdot \Delta t_{max} \cdot c$**	Zakupljena snaga Q_o	Opaska
	kg/h	°C	°C	°C	Gcal/h	°C	Gcal/h	Gcal/h	
[1] 806/1,2,3,4	17765	75,6	47,2	28,4	0,505	1,5	0,888	1,116	* Δt_{max} = 50°C je uzet uvjetno, jer pri temperaturi od —15°C nije bilo moguće mjeriti temp. povrata, pa će taj podatak biti naknadno korigiran. Podatak je uzet iz kor. dijagrama polaza za režim. 135/70°C
823/2	20329	75,6	48,6	27,0	0,549	1,1	1,016	1,050	
814/1,2,3,4	31949	79,5	53,3	26,2	0,837	3,0	1,597	1,560	
805/3,4	21504	79,9	51,4	28,5	0,613	2,8	1,075	1,001	
805/1,2	23315	79,2	52,5	26,7	0,623	2,8	1,165	1,072	
802/2	16365	79,5	52,4	27,1	0,443	3,4	0,818	0,908	
802/1	13522	79,1	45,1	34,0	0,460	2,8	0,676	0,865	
817/1-istok	13206	75,3	48,8	26,5	0,350	2,9	0,660	0,952	
817/1-zapad	7133	77,15	45,0	32,15	0,229	2,9	0,357		** »Pregled isporučene topline vrelom vodom potrošačima u 1972. g.«
[2] 806/6	15205	78,8	46,5	32,3	0,491	3,1	0,760	1,066	
807/2-istok	9657	81,2	49,0	32,2	0,311	0,8	0,482	1,220	
807/2-zapad	13230	82,8	55,5	27,3	0,361	0,6	0,662		[1] Toplinska stanica 806/1,2,3,4 obuhvaća ove objekte: 806/4, 806/3, 801/1, 801/2
806/8	18897	85,0	56,4	28,6	0,540	0,6	0,945	0,747	
808/5,6,7,8	18276	84,5	61,0	23,5	0,429	1,0	0,914	0,740	
806/5	23408	75,2	46,4	28,8	0,674	1,1	1,170	0,836	[2] Toplinska stanica 806/6 obuhvaća ove objekte: 806/6, 806/7, 803/1, 803/2
							13,185	13,133	

U daljnjem izlaganju navest će se sve pretpostavke, odnosno pojednostavnjenje pri provedbi proračuna godišnje predane količine topline.

Vanjska temperatura je osnovni parametar kod dijagrama vožnje. U radnim uvjetima ta se veličina mjeri svakog sata i prema njoj se određuje polazna temperatura u dijagramu vožnje za vrelovodni sistem. Za potrebe analiza toplinskog sistema uzima se srednja dnevna temperatura mjerena u tri različita doba dana (u 7^h, 14^h i 21^h).

$$t_{sr} = \frac{t_7 + t_{14} + 2t_{21}}{4} \quad [°C]$$

Dosadašnje analize rađene su na osnovi sređenih srednjih vanjskih temperatura za cijelu godinu. Ogrjevni period bio je definiran vanjskim temperaturama nižim od 12°C. Definiran na taj način, dijagram trajanja vanjske temperature ima određene manjkavosti, posebno pri određivanju moguće proizvodnje topline kod spojnog procesa koji na određeni način stoji u međusobnom utjecaju prilika u elektroenergetskom sistemu (stanje vodotoka i potrebe elektroenergetskog sistema). Nadalje, ovakvo prikazivanje ne sadrži stvarne uvjete koji vladaju u ogrjevnim mjesecima, jer se u pravilu pojavljuju u ogrjevnim mjesecima i takvi dani koji su s većom srednjom temperaturom od +12°C, pa ih treba obuhvatiti.

Promatranje mjesečnih dijagrama trajanja vanjske temperature umjesto godišnjeg dijagrama samo je jedan korak u približavanju stvarnim uvjetima.

Sasvim je sigurno da bi se bolji rezultati postigli ako bi se svaki mjesec podijelio na tjedne i sva razmatranja provela s dijagramima trajanja vanjskih temperatura u tjednima, a po svom redoslijedu kako po mjesecima dolaze.

Mjesečni dijagrami trajanja još uvijek u listopadu i travnju ne sadrže dane grijanja u drugoj, odnosno prvoj polovici koji imaju srednju temperaturu veću ili jednaku 12°C.

Drugi parametar koji definira količinu predane topline jest temperatura prostorije u kojoj se vrši predaja topline radi postizanja temperature koja odgovara projektnim uvjetima. Temperatura u prostoriji u prijašnjim razmatranjima (radovima) uzimana je u pravilu s +20°C. Ta veličina uzimana je kao ishodište u dijagramu trajanja t [°C]; T [dani, h], a površina ispod funkcije $f_t(T)$ uzimana je kao količina godišnje topline koja se predaje po jedinici toplinske snage.

Na taj način definirana godišnja količina topline, grubo aproksimira, odnosno isključuje utjecaj točnosti određivanja svih faktora u proračunu toplinskih gubitaka (koeficijenti prijelaza topline, koeficijenti toplinske vodljivosti, zaptivenost površina itd.).

Količina topline određena sa strane grijnog tijela predstavlja veličinu koja isključuje navedene aproksimacije

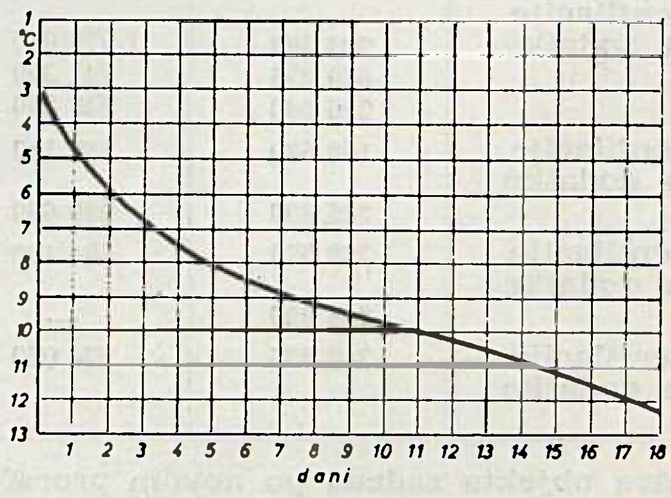
$$Q_1 = G \cdot c \cdot (t_u - t_i) \quad [kcal/h],$$

gdje je:

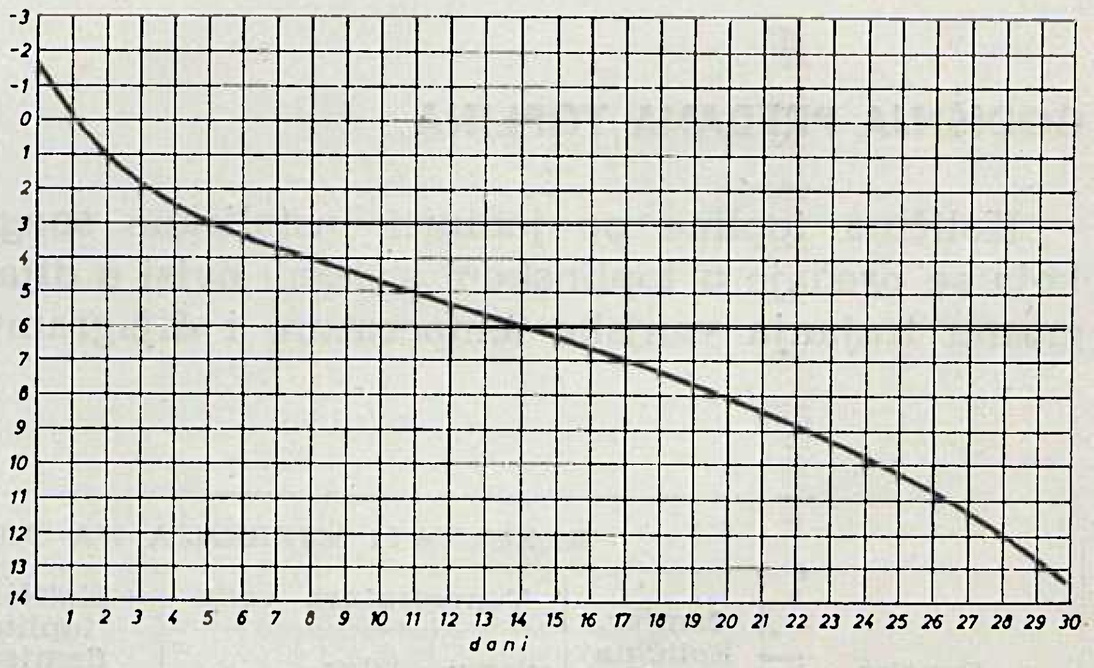
G [kg/h]	količina vode u cirkulaciji
c [kcal/kg, °C]	specifična toplina vode u cirkulaciji
t_u [°C]	temperatura vode u polazu
t_i [°C]	temperatura vode u povratu.

Godišnja količina predane topline u toku ogrjevne sezone dobiva se sumiranjem mjesečnih količina topline:

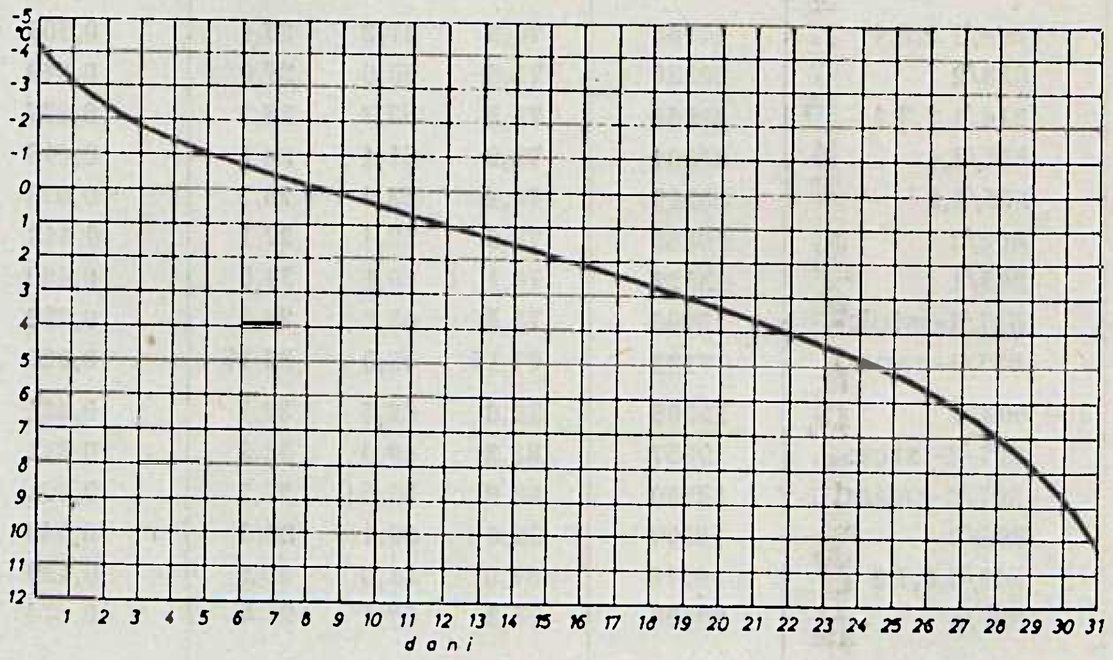
$$Q_1 = G \cdot c \cdot \sum_{i=1}^{n} \int_{T_0}^{T_1} f_i(T)\, dT \quad [kcal/god.]$$



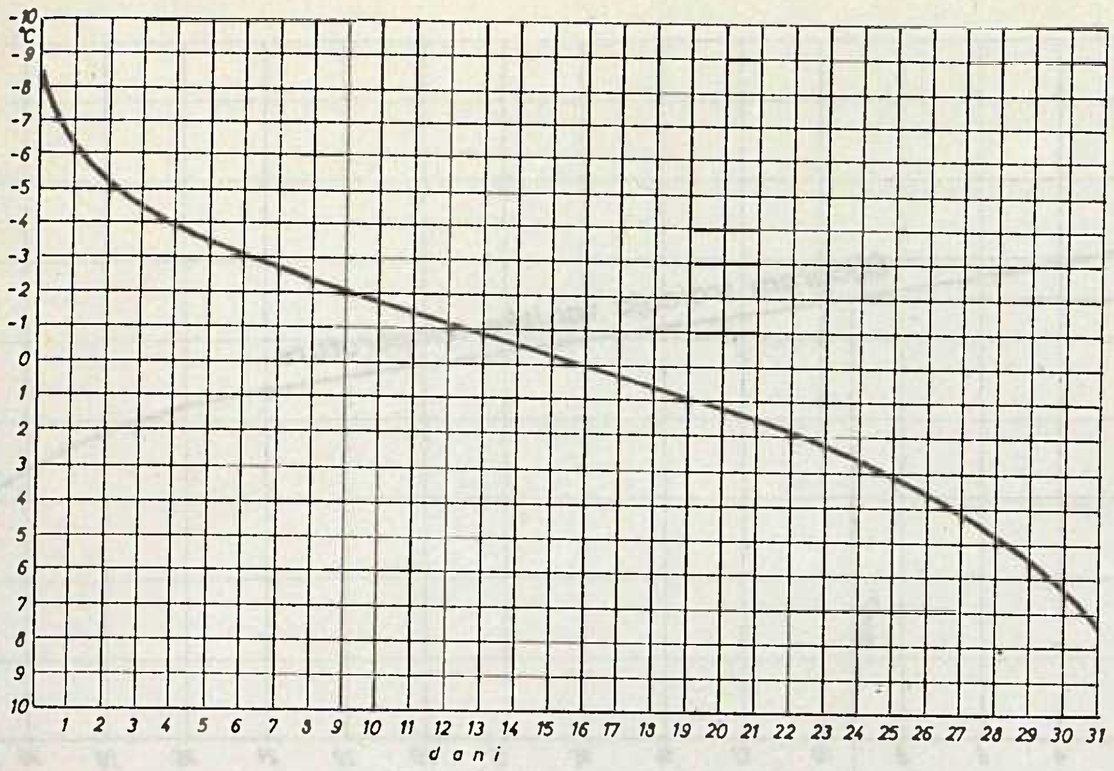
Sl. 2. Dijagram trajanja vanjskih temperatura za grad Zagreb za listopad (X), 10-godišnji prosjek



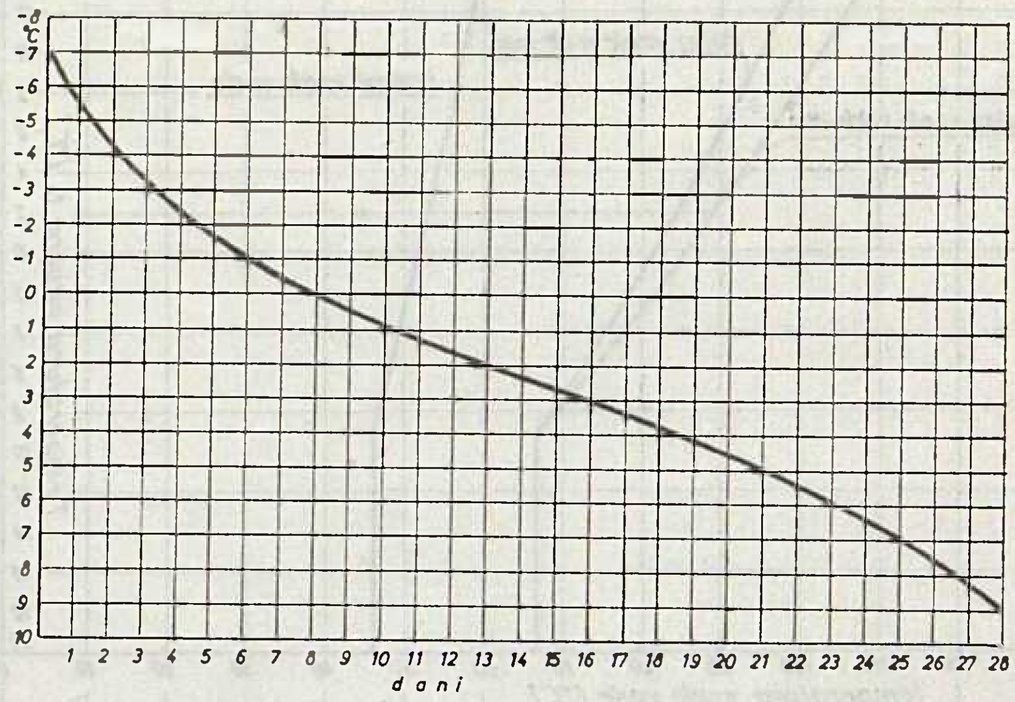
Sl. 3. Dijagram trajanja vanjskih temperatura za grad Zagreb za studeni (XI), 10-godišnji prosjek



Sl. 4. Dijagram trajanja vanjskih temperatura za grad Zagreb za prosinac (XII), 10-godišnji prosjek



Sl. 5. Dijagram trajanja vanjskih temperatura za grad Zagreb za siječanj (I), 10-godišnji prosjek



Sl. 6. Dijagram trajanja vanjskih temperatura za grad Zagreb za veljaču (II), 10-godišnji prosjek

$\int_{T_0}^{T_1} f_i(T)\,dT$ predstavlja površinu ispod krivulje $f_i(T)$.

Krivulja $f_i(T)$ dobiva se na osnovi mjesečnih dijagrama vanjskih temperatura i dijagrama vožnje (vidi sl. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), kao razlika temperature polaza i povrata. Dijagrami vanjskih temperatura za ogrjevne mjesece dani su kao srednje vrijednosti za 10-godišnje razdoblje.

Predaja količine topline u ogrjevnom toplinskom sistemu Zagreba regulira se promjenom temperature polazne vode u vrelovodnom sistemu (pri konstantnoj količini vode u optjecaju). Dijagrami vožnja polazne temperature za slučaj regulacije predaje topline u toplinskom sistemu s promjenom temperature polazne vode u funkciji vanjske temperature dan je prema Din 4701.

Polazna temperatura vrelovoda u ogrjevnom sistemu održava se različito za dan i noć. Dnevni period traje od 4 do 22 sata, a noćni od 22 do 4 sata. U skladu s dijagramom polazne temperature, koji je posebno definiran za dan, a posebno za noć, dobivaju se dvije funkcije za temperaturne razlike $f_i(T)_d$ i $f_i(T)_n$ gdje je

$f_i(T)_d$ — funkcija temp. razlike za dan
$f_i(T)_n$ — funkcija temp. razlike za noć.

Godišnja količina topline dobiva se, dakle, kao

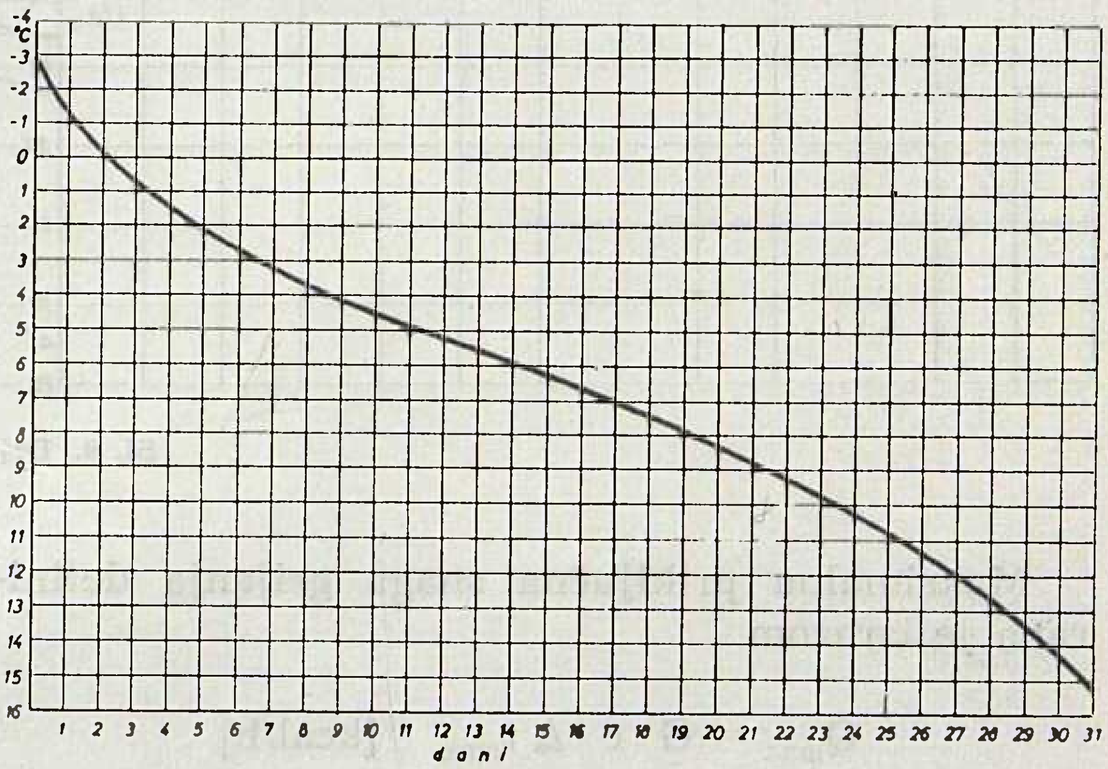
$$Q_1 = G \cdot c \sum_{i=1}^{n} \left[\int_{T_0}^{T_1} f_i(T)_d + f_i(T)_n \, dT \right],$$

odnosno

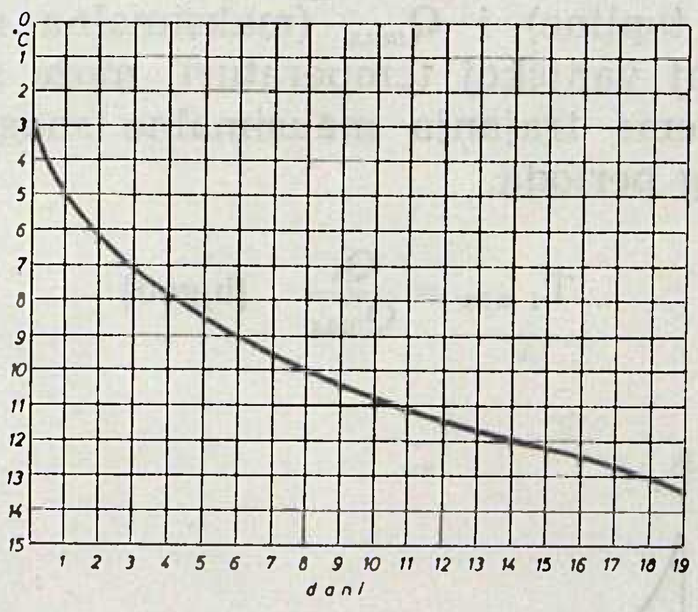
$$Q_1 = G \cdot c \sum_{i=1}^{n} \left[\int_{T_0}^{T_1} f_i(T)_d \, dT + \int_{T_0}^{T_1} f_i(T)_n \, dT \right].$$

Integrali

$$\int_{T_0}^{T_1} f_i(T)_d \, dT \quad \text{i} \quad \int_{T_0}^{T_1} f_i(T)_n \, dT$$



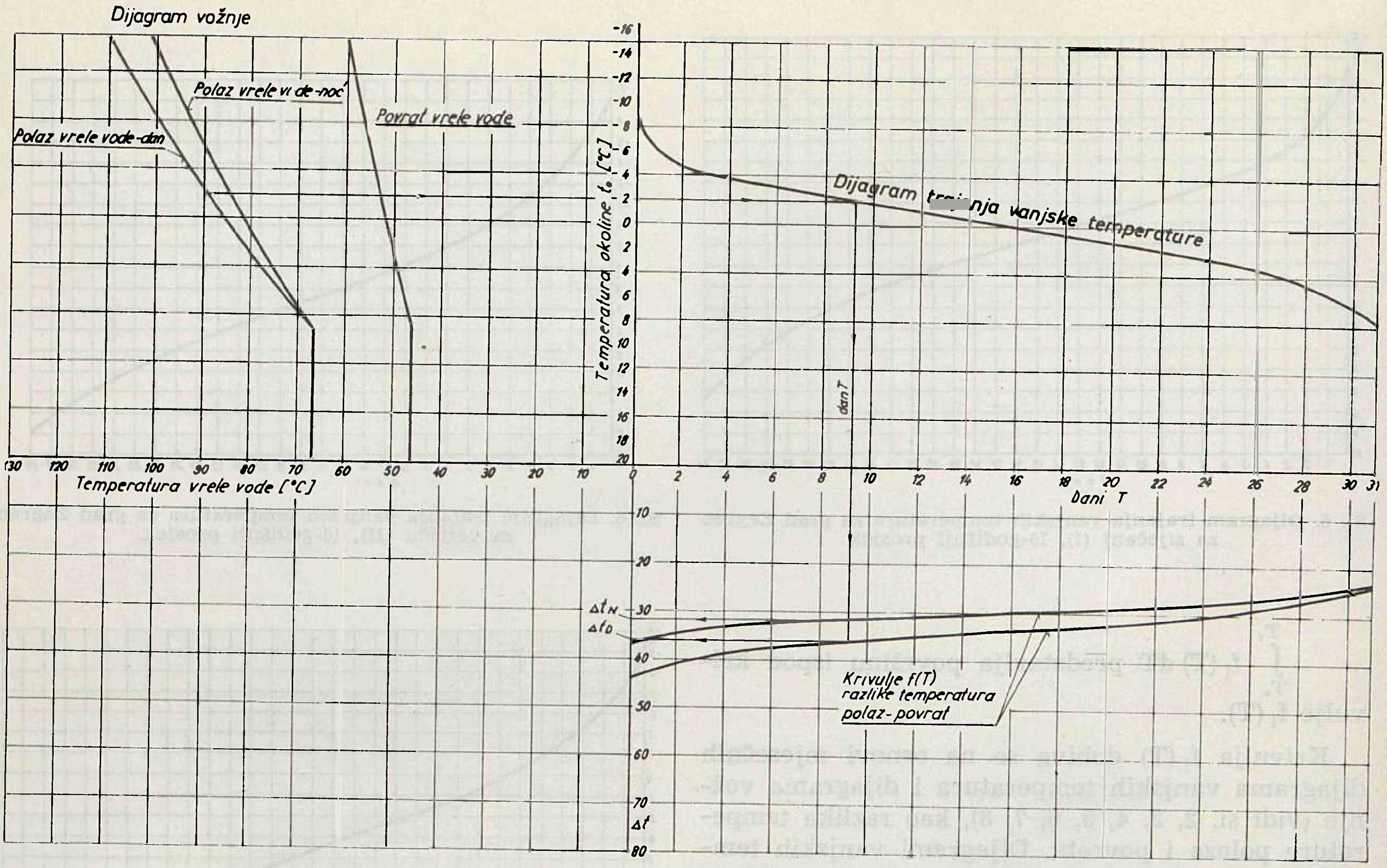
Sl. 7. Dijagram trajanja vanjskih temperatura za grad Zagreb za ožujak (III), 10-godišnji prosjek



Sl. 8. Dijagram trajanja vanjskih temperatura za grad Zagreb za travanj (IV), 10-godišnji prosjek

prilagođeni su elektroničkom računalu, a računati su posebno za dan, posebno za noć.

$$\int_{T_0}^{T} f(T)\,dT = T \sum_{i=0}^{T} \{[f(T_i) + f(T_{i+1})]/2\}$$



Sl. 9. Dijagram vožnje

Maksimalna priključna snaga grijanja definirana je izrazom

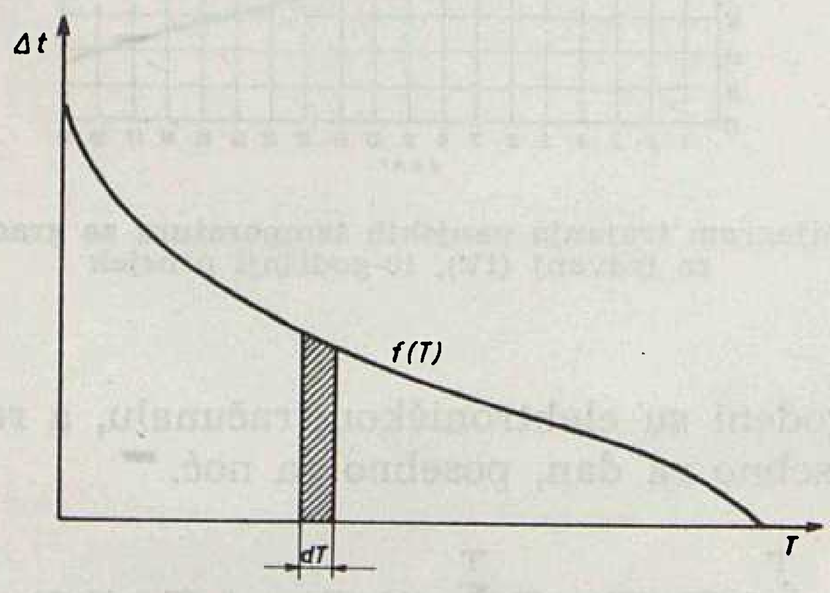
$$Q_{max} = G \cdot c \cdot \Delta t_{max} \quad [kcal/h]$$

gdje je:

Δt_{max} [°C] maksimalna razlika temperature polaza i povrata pri projektnoj vanjskoj temperaturi.

Postavljanjem u odnos Q_1 (godišnja količina predane topline) i Q_{max} (maksimalna snaga pri projektnoj vanjskoj temperaturi) može se izračunati vrijeme trajanja maksimalne snage u toku ogrjevnog perioda.

$$T_{1\,max} = \frac{Q_1}{Q_{max}} \quad [h/god]$$



Sl. 10.

odnosno

$$T_{1\,max} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left[\int_{T_0}^{T} f_i(T)_d \, dT + \int_{T_0}^{T} f_i(T)_n \, dT \right]}{\overline{\Delta t}_{max}}$$

Ogrjevni toplinski sistem grada Zagreba predviđen je s pripremom sanitarne vode. Krivulje polazne i povratne temperature uključuju u sebi i potrošak topline za sanitarnu vodu.

Potrošak sanitarne vode u ogrjevnom toplinskom sistemu utvrđuje se na osnovi mjerenja svježe vode kroz sistem izmjenjivača za pripremu sanitarne vode. Količina topline utvrđuje se na osnovi proračunom utvrđenog temperaturnog prirasta od $\Delta t = 30°C$.

Dijagrami vožnje polazne temperature korigirani su i sadrže količinu topline za pripremu sanitarne vode. Tu količinu topline potrebno je oduzeti od količine topline Q_1, pa se tada dobiva količina topline za potrebe grijanja.

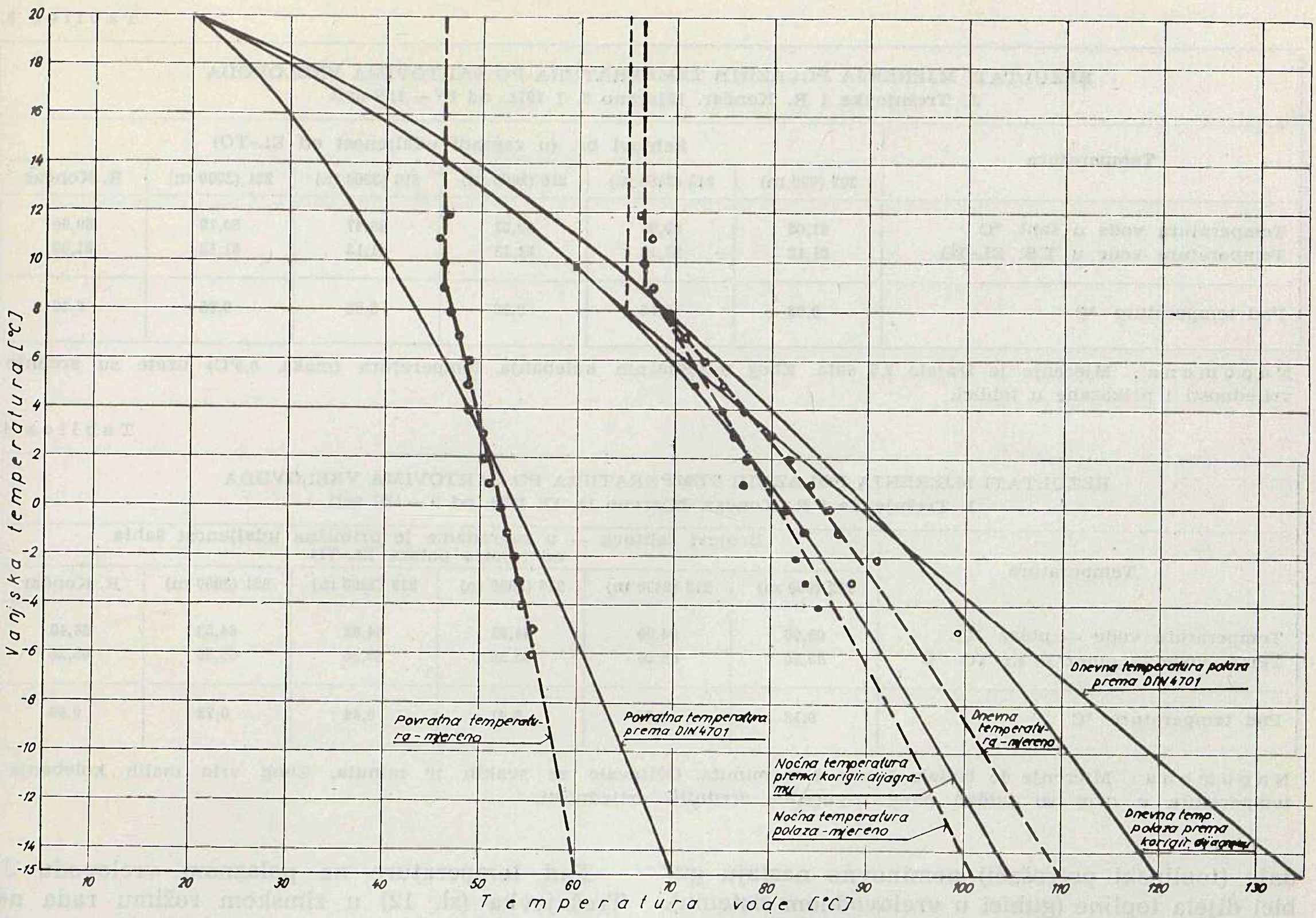
$$Q = Q_1 - Q_{SV} \quad [kcal/god],$$

gdje je:

Q_{SV} [kcal/god] količina topline za pripremu sanitarne vode.

Stavljanjem u odnos količinu topline Q prema maksimalnoj priključnoj toplinskoj snazi grijanja dobiva se vrijeme trajanja maksimalne snage grijanja

$$T_{max} = \frac{Q}{Q_{max}} \quad [h/god]$$



Sl. 11.

Dijagram vožnje postavljen prema DIN 4701 korigiran je za zapadni sistem, kako je to prikazano na dijagramu sl. 11. U toku ogrjevne sezone 1973/1974. i 1974/1975. Institut za elektroprivredu mjerio je na vrelovodnom sistemu EL-TO polazne temperature vrelovoda u funkciji vanjske temperature te količine vode u cirkulaciji. Rezultati mjerenja pokazuju odstupanja polaznih i povratnih temperatura na vrelovodu od predviđenih s korigiranim dijagramom vožnje. Na sl. 11. prikazane su krivulje vožnji prema rezultatima mjerenja (isprekidane crte).

Količina sanitarne vode koja se preda potrošačima u ogrjevnim mjesecima prema rezultatima mjerenja iznosi 65% ukupne godišnje količine topline za pripremu sanitarne vode prema obračunu. Godišnja količina topline za pripremu sanitarne vode kreće se ~ 20% godišnje količine topline za potrebe grijanja.

Na osnovi provedene integracije $f_i(T)_d$ i $f_i(T)_n$ i njihovim sumiranjem dobivene su vrijednosti godišnjeg broja stupnjeva sati vrelovodnog sistema, i to:

— za slučaj korigiranog dijagrama DIN 4701

126665,5 °C h,

— za slučaj dijagrama vožnje prema izmjerenim temperaturama polaza i povrata

118594,5 °C h.

Uz potrošak količine topline za pripremu sanitarne vode od 65%, godišnje količine topline za pripremu sanitarne vode u ogrjevnim mjesecima dobiva se broj stupnjeva sati vrelovodnog sistema za potrebe grijanja, i to prema:

a) korigiranom dijagramu

110100 °C h

odnosno

T_{max} = 2210 h/god,

b) mjerenom dijagramu vožnje

103000 °C h

odnosno

T_{max} = 2060 h/god.

Za daljnja razmatranja smatrat će se mjerodavnim vrijednosti prema dijagramu vožnje dobivenom na osnovi mjernih vrijednosti.

Navedene količine topline odnose se na takozvani prag toplane. Između praga toplane i mjesta predaje topline toplinskim potrošačima nalazi se cjelokupni sistem za prijenos toplinske energije (vrelovodni sistem i toplinske stanice). Između mjesta preuzimanja (prag toplane) i mjesta pre-

Tablica 3.

REZULTATI MJERENJA POLAZNIH TEMPERATURA PO ŠAHTOVIMA VRELOVODA
J. Trešnjevka i R. Končar. Mjereno 8. I 1974. od 8^{30} — 11^{00} sati

Temperatura	Šahtovi br. (u zagradi udaljenost od EL-TO)					
	202 (600 m)	213 (2450 m)	216 (2800 m)	219 (3260 m)	221 (3600 m)	R. Končar
Temperatura vode u šaht. °C	81,05	80,98	80,87	80,47	80,18	80,90
Temperatura vode u T.S. EL-TO	81,13	81,13	81,13	81,13	81,13	81,30
Pad temperature °C	0,08	0,15	0,26	0,66	0,95	0,40

Napomena: Mjerenje je trajalo 2,5 sata. Zbog minimalnih kolebanja temperatura (maks. 0,5°C) uzete su srednje vrijednosti i prikazane u tablici.

Tablica 4.

REZULTATI MJERENJA POLAZNIH TEMPERATURA PO ŠAHTOVIMA VRELOVODA
J. Trešnjevka i R. Končar. Mjereno 13. IX 1973. od 9 — 12^{15} sati

Temperatura	Brojevi šahtova — u zagradama je približna udaljenost šahta od mjesta polaza EL-TO					
	202 (600 m)	213 (2450 m)	216 (2800 m)	219 (3260 m)	221 (3600 m)	R. Končar
Temperatura vode — polaz °C	65,08	64,90	64,85	64,82	64,53	64,40
Temp. vode — polaz u EL-TO °C	65,26	65,26	65,26	65,26	65,26	65,26
Pad temperature °C	0,18	0,36	0,41	0,44	0,73	0,86

Napomena: Mjerenje je trajalo 3 sata i 15 minuta. Očitavalo se svakih 10 minuta. Zbog vrlo malih kolebanja temperatura u ovoj su tablici dane usporedbe srednjih vrijednosti.

daje (toplinski potrošači) neminovno nastaju gubici dijela topline (gubici u vrelovodnom sistemu).

U okviru Instituta za elektroprivredu vršena su i ispitivanja pada temperature na vrelovodnom sistemu Zapad. Ispitivanja su provedena u toku zimskog i ljetnog režima rada.

Rezultati ispitivanja dani su u tablici 3. za zimski režim rada i tablici 4. za ljetni režim rada.

Pad temperature na polaznom vrelovodu J. Trešnjevka (sl. 12) u zimskom režimu rada na udaljenosti od 3600 m iznosi 0,95°C, u ljetnom režimu rada pad temperature na istoj udaljenosti iznosi 0,73°C. Pad temperature u povratnom vodu izuzetno je teško odrediti s obzirom na različite temperature povrata. Pad temperature na glavnoj magistrali s obzirom na razliku temperatura polaza i povrata na pragu elektrane (vidi rezultate mjerenja u tablici 5. za zimski režim rada i tablici 7. za ljetni režim rada) iznosio je na udaljenosti od 3600 m od praga EL-TO:

— zimski period

$\Delta t_v = 0{,}95°C$ odnosno 3,42%

— ljetni period

$\Delta t_v = 0{,}73°C$ odnosno 7,5%

Pri temperaturnoj razlici na pragu elektrane

— zimski period

$\Delta t_p = 27{,}63°C$

— ljetni period

$\Delta t_p = 9{,}73°C$.

Tablica 5.

REZULTATI MJERENJA U TOPLINSKOJ STANICI EL-TO
Vrelovod J. Trešnjevka i R. Končar.
Vrijeme ispitivanja 8. I 1974. od 8^{30} do 11^{00} sati

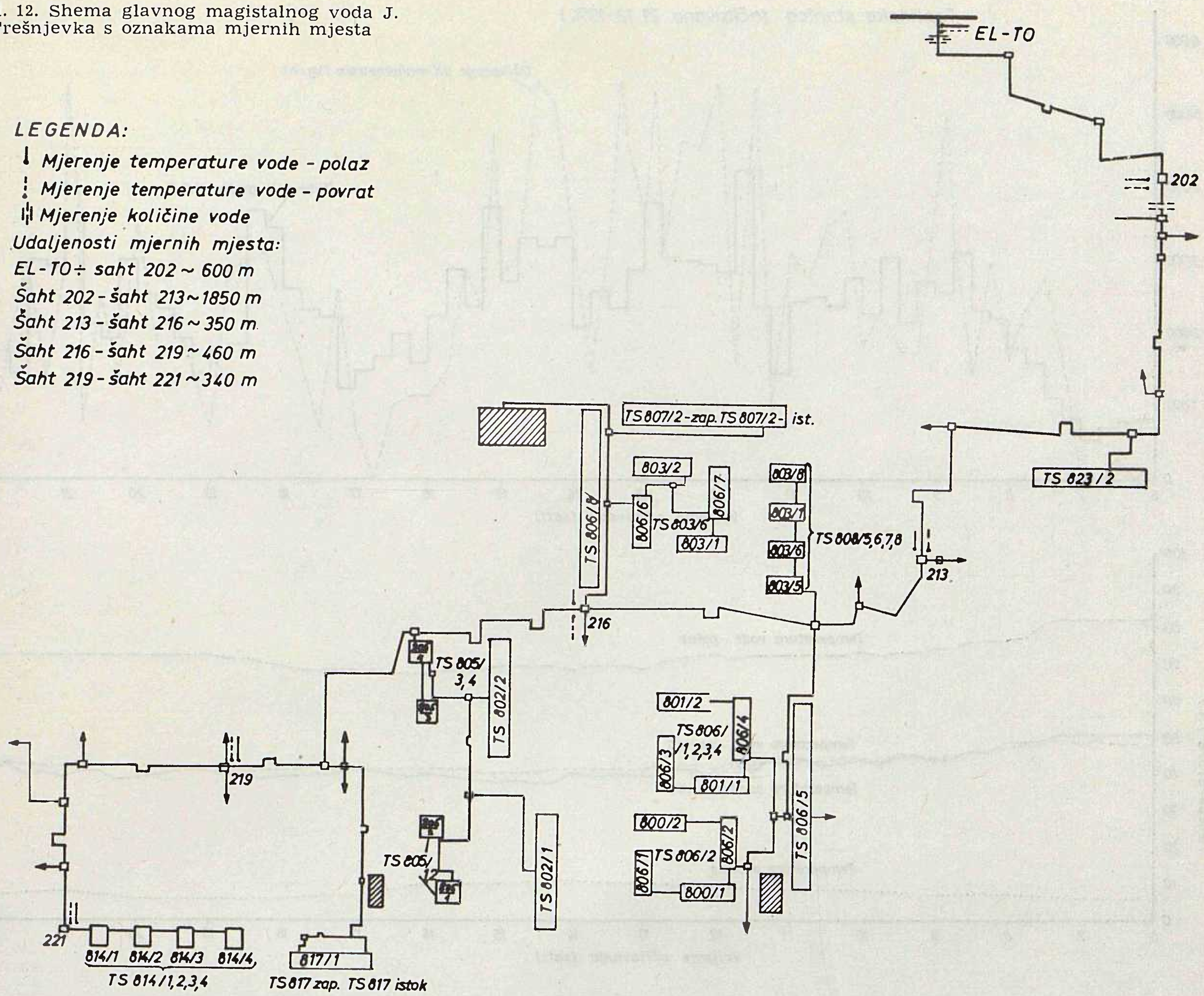
Naziv mjernih mjesta i oznaka	Dimenzija	Izmjerena vrijednost
Temperatura vode — polaz J. Trešnjevka	°C	81,13
Temperatura vode — povrat J. Trešnjevka	°C	53,5
Razlika temperature	°C	27,63
Količina vode J. Trešnjevka	kg/h	905484
Količina topline za J. Trešnjevku	Gcal/h	25,018
Temperatura vode — polaz R. Končar	°C	81,13
Temperatura vode — povrat R. Končar	°C	56,21
Razlika temperature	°C	24,92
Količina vode R. Končar	kg/h	338178
Količina topline za R. Končar	Gcal/h	8,428
Temperatura okoline	°C	3,21
* Količina topline za J. Trešnjevku (t_o = —15°C)	Gcal/h	45,274
** Količina topline za R. Končar (t_o = —15°C)	Gcal/h	16,909

Napomena: U tablici su dane srednje vrijednosti očitanja u razdoblju od 2,5 sata. Temperature su čitane svakih 10 minuta, a količine svakih 5 minuta. Kolebanja temperatura su bila minimalna:

t_{polaz} J. T. od 81,1°C min. do 81,6°C max. t_{povrat} R. K. od 55,6°C min. do 56,1°C max.
t_{povrat} J. T. od 53,2°C min. do 54,0°C max. $t_{okoline}$ od 2,85°C min. do 3,5°C max.
t_{polaz} J. T. od 81,1°C min. do 81,6°C max.

U isto vrijeme obavljeno je mjerenje na polaznom vodu J. Trešnjevke i R. K. po šahtovima na različitim udaljenostima od EL-TO.

Sl. 12. Shema glavnog magistalnog voda J. Trešnjevka s oznakama mjernih mjesta



Tablica 6.

REZULTATI MJERENJA NA NEKIM TOPLINSKIM STANICAMA VRELOVODA J. TREŠNJEVKA 13. IX 1973.

Naziv toplinske stanice	Izmjerena količina vode G	Temperatura vode			Količina topline G · Δt · c	Mjereno
		polaz	povrat	Δt		
	kg/h	°C	°C	°C	Gcal/h	
»Plava Laguna«	8 945	64,45	57,40	7,05	0,063	od 15 do 15^{15}
Osn. šk. »K. Dumbović«	8 216	62,60	62,0	0,60	0,005	od 15^{50} do 16^{00}
»Radijator«	6 121	67,0	62,7	4,30	0,026	od 8^{20} do 8^{40}
Starački dom	8 347	62,9	53,5	9,40	0,078	od 9^{40} do 10^{00}
T16/1,2,3	11 462	63,6	49,8	13,80	0,159	od 9 do 9^{20}

U vrijeme ovog mjerenja Institut je raspolagao samo ovim podacima za mjerne prigušnice.

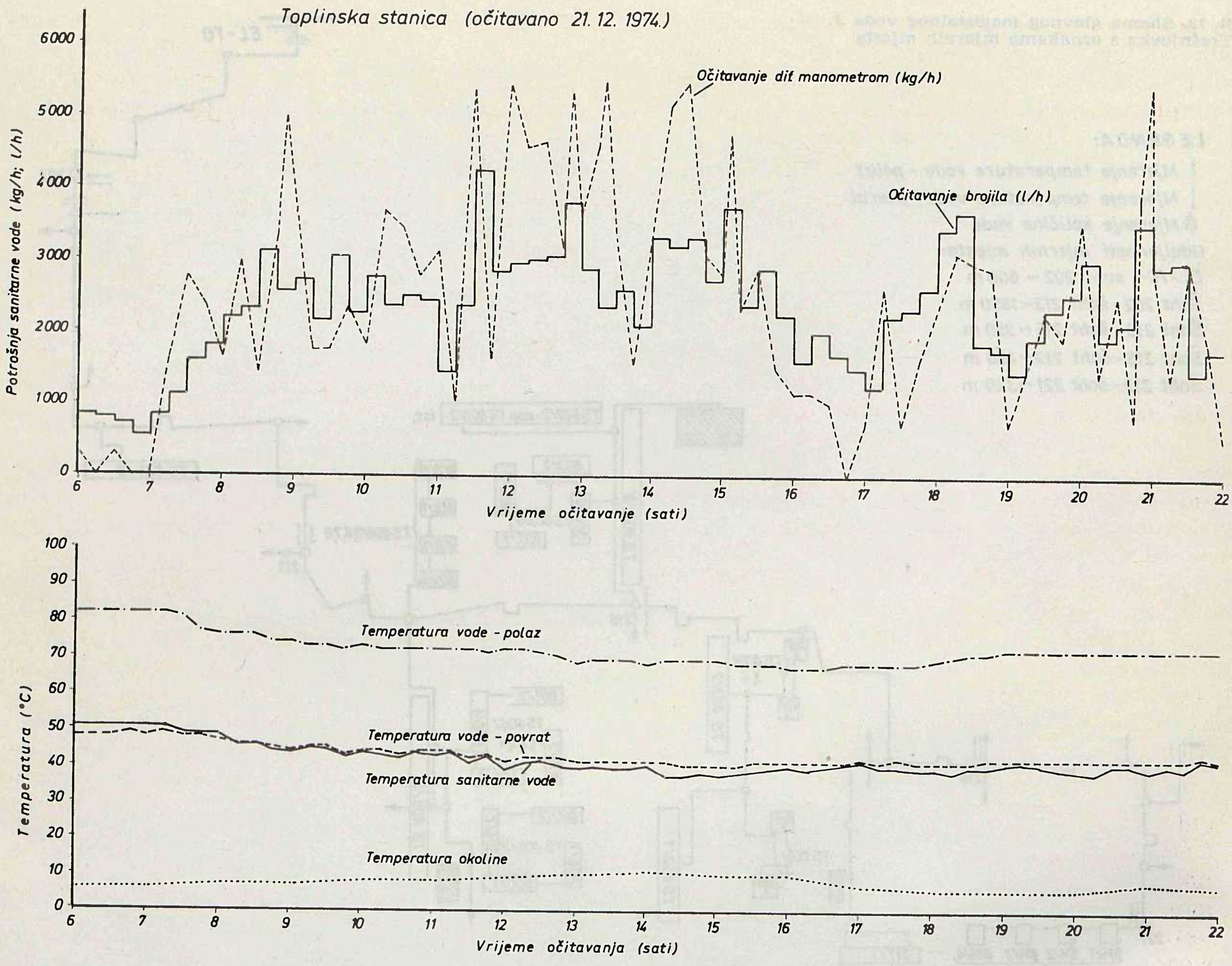
U tablicu su unesene srednje vrijednosti očitanja u razdoblju od 3 sata i 15 minuta. Kolebanja su bila minimalna. Vršena su mjerenja po šahtovima na različitim udaljenostima od EL-TO.

Prilikom mjerenja 8. I 1974. priključna snaga prema mjerenju količine vode s $\Delta t_{max} = 50°C$ iznosila je 62,183 Gcal/h. Prema podacima OOUR Toplinskih mreža, zakupljena snaga na dan mje-

Tablica 7.

REZULTATI MJERENJA U TOPLINSKOJ STANICI EL-TO
13. IX 1973. od 9^{00} do 12^{15} sati

Naziv mjernih mjesta	Dimenzija	Izmjerena vrijednost
Količina vode J. Trešnjevka	kg/h	531 381
Temperatura vode — polaz J. Trešnjevka	°C	65,26
Temperatura vode — povrat J. Trešnjevka	°C	57,47
Razlika temperature	°C	7,79
Količina topline J. Trešnjevka	Gcal/h	4,139
Količina vode R. Končar	kg/h	54 738
Temperatura vode — polaz R. K.	°C	65,26
Temperatura vode — povrat R. K.	°C	55,53
Razlika temperature	°C	9,73
Količina topline R. K.	Gcal/h	0,533



Sl. 13.

renja iznosila je 62,179 Gcal/h. Razlika koja se pojavljuje zanemariva je i može se pripisati toleranci mjerenja.

Utvrđeno je da toplinska snaga za potrebe sanitarne vode u ljetnom režimu iznosi za vrijeme mjerenja oko 7%. Treba također reći da snaga za potrebe sanitarne vode u toku dana ima znatne varijacije (vidi sl. 13), pa je srednja toplinska snaga za potrebe grijanja nešto niža i iznosi oko 5% toplinske snage grijanja.

Za ljetni režim rada interesantni su podaci mjerenja temperature vode na polaznom vodu na mjestima toplinskih stanica potrošača (vidi tablicu 6). Rezultati mjerenja koja su provedena na toplinskim stanicama staračkog doma i objekta T 16/1,2,3 odnose se na vrijeme promatranja temperatura na pojedinim dionicama polazne magistrale i praga toplane. Uspoređujući dobivene rezultate mjerenja, može se uočiti da je pad temperature od praga toplane do pojedinih toplinskih stanica iznosio:

za toplinsku stanicu starački dom	2,36°C
za toplinsku stanicu T 16/1,2,3	1,66°C.

Relativni pad temperature na polaznom vodu u odnosu prema temperaturnoj razlici polaza-povrata na pragu toplane iznosi:

za TS starački dom	24,3%
za TS T 16/1,2,3	17,0%.

Već je navedeno da je mjerenje pada temperature u povratnoj magistrali povezano s nizom poteškoća s obzirom na različite povratne temperature iz pojedinih toplinskih stanica, pa bi za utvrđivanje pada temperature u povratnoj magistrali bilo potrebno mjerenjem utvrditi sve tokove povratnih količina na pojedinoj dionici, kao i njihove temperature.

Navedeni rezultati pokazuju da su toplinski gubici u ljetnom režimu rada znatni. Ako bi se za približnu aproksimaciju pretpostavilo da na povratnoj magistrali postoje isti padovi temperature od toplinskih stanica do praga toplane kao što su na polaznoj magistrali, tada se dobivaju ukupni relativni padovi temperature koji se kreću za promatrane objekte od 34% do 48,6%.

Provedena mjerenja očito nisu dovoljna kada je riječ o gubicima topline od magistralnih vodova

do pojedinih toplinskih stanica (uključujući i gubitke u toplinskim stanicama), no ona pokazuju da postoje znatni gubici i upućuju na potrebu daljnjih kompleksnijih mjerenja na čitavom razvodu koji bi uključili veći broj potrošača.

ZAKLJUČCI

Provedena analiza o potrošnji toplinske energije u zapadnom dijelu toplinskog vrelovodnog sistema grada Zagreba pokazala je da centralizirani toplinski sistem u ovom dijelu grada (vjerojatno ne samo ovog dijela) sadrži u sebi određene manjkavosti koje se mogu navesti.

Paušalni obračun temeljen na trajanju maksimalne snage od 1800 h/god uz uvjete koji su utvrđeni na kućnim toplinskim stanicama i toplinskoj stanici toplane ni približno se ne podudara s izmjerenim i analizom utvrđenim stanjem.

Za izmjerene uvjete (dijagram vožnje) i srednje mjesečne temperature za 10-godišnje razdoblje trajanja maksimalne snage za ogrjevne potrošače (samo grijanje) na pragu toplane iznosi 2060 h/god.

S mjerenjem utvrđenim dijagramom vožnje, a bez uzimanja u obzir toplinskih gubitaka u prijenosu, te pod pretpostavkom da su proračuni toplinskih gubitaka dovoljno točni da odgovaraju stvarnim uvjetima, proračunom je utvrđeno da bi se temperatura u prostorijama potrošača morala kretati između 23,4°C do 24,7°C, što je znatno iznad projektom utvrđene vrijednosti.

Iz navedenog proizlazi da je nužno korigirati dijagram vožnje u toplani, ali jasno uz prethodnu korekciju priključnih snaga toplinskih potrošača.

Analizom toplinskih proračuna gubitaka za objekte centralnog grijanja uočeno je da je većina promatranih projekata izvedena s toplinskom snagom koja u sebi sadrži dodatak zbog gubitaka u transmisiji koji iznosi $\sim 13\%\ Q_0$ i dodatkom zbog prekida u loženju od $7\%\ Q_0$.

Ta dva dodatka omogućuju reduciranje snage toplinskih potrošača, i to tako da priključna snaga na pragu toplane odgovara sumi instaliranih snaga toplinskih potrošača smanjenih za navedena dva dodatka, a povećanim za toplinsku snagu toplinskih gubitaka u razvodu i prosječnu dnevnu snagu za potrebe pripreme sanitarne vode.

Veličina snaga zbog toplinskih gubitaka u razvodu i snaga za potrebe pripreme sanitarne vode za zimski režim ne iznose u prosjeku više od 7 do 10% instalirane snage ogrjevnih potrošača (tu vrijednost potrebno je naknadno provjeriti).

Pri smanjenju priključne snage toplinskih potrošača za vrijednost 10—13% na pragu toplane, a za oko 20% u toplinskoj stanici, moglo bi se očekivati da se godišnje vrijeme trajanja maksimalne snage svede na vrijednost od 1793 do 1854 h/god, čime bismo se približili postojećem paušalnom obračunu.

Za pripremu sanitarne vode u ljetnim mjesecima potrebno je uključiti povećane toplinske gubitke u razvodu u cijenu koštanja pripremljene sanitarne vode.

Paušalni obračun na bazi 30-godišnjeg prosječnog dijagrama trajanja vanjskih temperatura trebalo bi zamijeniti prosječnim mjesečnim dijagramima trajanja, tako da potrošači plaćaju akontaciju na bazi srednjeg mjesečnog dijagrama vanjske temperature (mjesečne akontacije međusobno bi se razlikovale, odgovarale bi srednjoj količini predane topline u svakom mjesecu). Na kraju godine vršio bi se stvarni obračun prema ostvarenim uvjetima. Takvim načinom obračuna izbjegli bi se nesporazumi između potrošača i toplinske djelatnosti, a obračun toplinske energije približio stvarnim i realnim uvjetima.

Toplinski gubici utvrđeni na polaznom magistralnom vodu očito nisu zanemarivi. Kako je navedeno, u zimskom razdoblju na udaljenosti od 3600 m, relativni pad temperature iznosi 3,4%. U razvodnom dijelu, uključujući i toplinske stanice, može se očekivati da se vrijednost toplinskih gubitaka znatno povećava (vidi rezultate mjerenja za ljetni režim). Ako se k tome doda pad temperature u povratnom vodu, onda te vrijednosti postaju značajne. Za prosječnu vrijednost toplinskih gubitaka na cijelom toplinskom sistemu može se dati samo ocjena da se kreću iznad 6%, no za utvrđivanje približno točne vrijednosti nužno je provesti kudikamo opširnija mjerenja.

Za ljetni režim rada na određeni način već je dana ocjena. Pri tom režimu rada vrijednost toplinskih gubitaka znatno se povećava i kreće se između 30—50% od predane količine topline putem sanitarne vode.

Naslov pisca: Mr Duško Čorak, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Svojim suradnicima i čitateljima

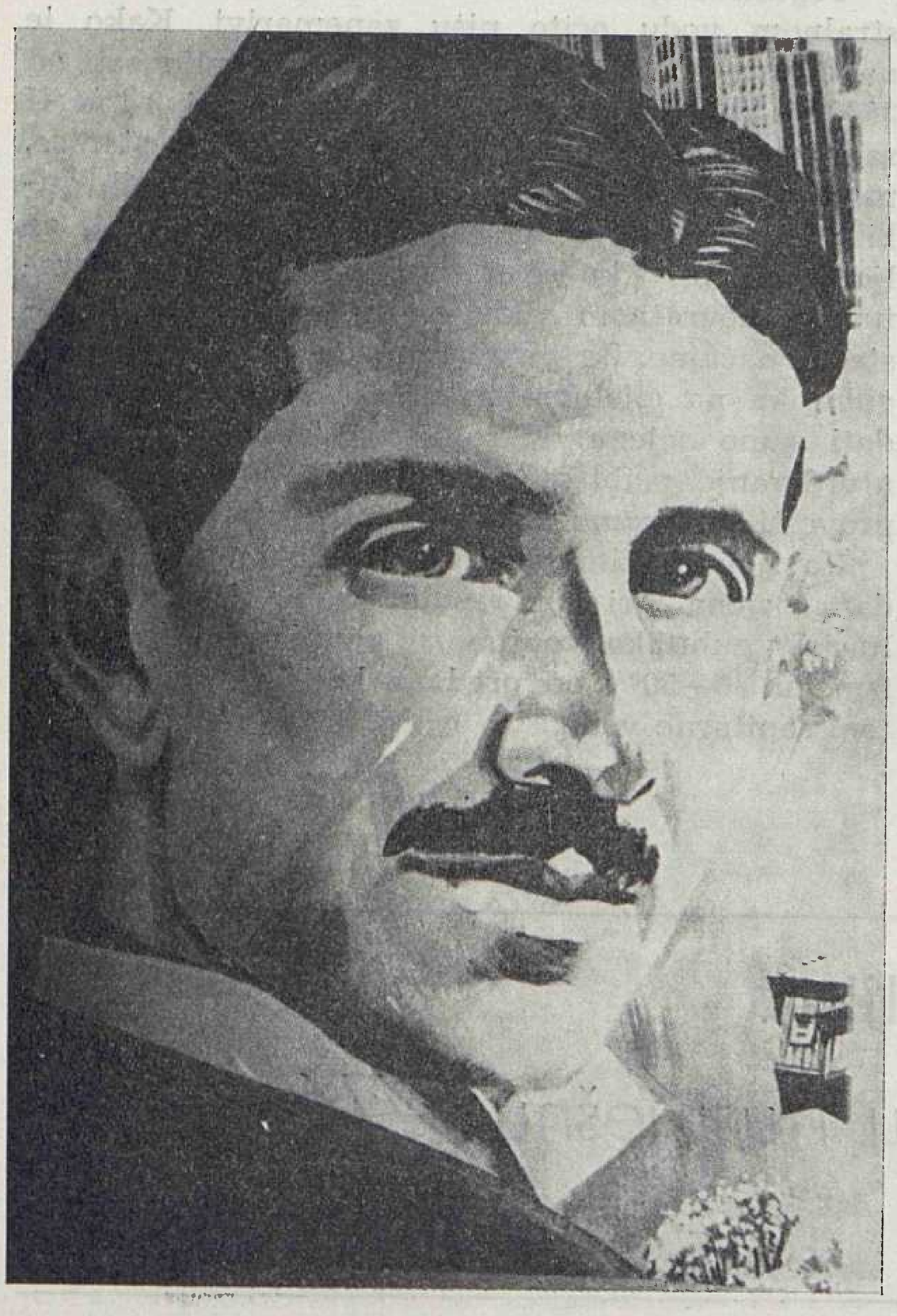
Sretnu i uspješnu 1976. godinu

želi UREDNIŠTVO

PROSLAVA 120. OBLJETNICE ROĐENJA NIKOLE TESLE

U 1976. godini je 120. obljetnica rođenja Nikole Tesle (10. 7. 1856. Smiljan kraj Gospića — 7. 1. 1943. New York). Inicijativni odbor proslave što ga je imenovala Općinska skupština Gospić 12. 2. 1974. je nakon provedenih konzultacija s Jugoslavenskom akademijom, Republičkim sekretarijatom prosvjete i nekim naučnim institucijama i privrednim organizacijama i odgovornim političkim faktorima SRH izradio Nacrt programa proslave, koji je općejugoslavenskog značaja. Ovim jubilejom, s ovakvim programom, izrazilo bi se dužno poštovanje cijele naše zemlje, Teslina rodnog kraja Like, naše nauke i našeg društva ovom genijalnom pronalazaču i divu nauke, koji je »preobrazivši svojim djelom svijet«, prema američkom priznanju, postao ne samo »dijelom američke historije«, već je svojim pronalascima ugrađenim u suvremenu civilizaciju, kao i svojom duboko humanom ličnošću pronio diljem svijeta i ime Jugoslavije i njenih naroda.

Jubilej Nikole Tesle 1976. nije prvi, ali se po svom sadržaju i cilju znatno razlikuje od prethodnih, što mu u našim jugoslavenskim okvirima i daje poseban trajniji i znanstveni i društveno-politički značaj.



Sadašnja, po redu peta, proslava uz Teslinu 120. obljetnicu rođenja svojim pristupom, kojim se uz njegov doprinos nauci želi naglasiti i njegov duboko humani i progresivno-društveni značaj u svijetu, a naročito u Jugoslaviji, odskače od ranijih.

Namjera je inicijatora i organizatora da prilikom sadašnjeg jubileja ostavi trajnije materijalne tragove.

Takvi, trajniji, materijalni tragovi koji su dug našeg društva Tesli i njegovu velikom djelu bili bi:

— rekonstrukcija njegova užeg radnog ambijenta u Smiljanu
— uređenje okoliša oko rodne kuće u Smiljanu
— izgradnja doma »Nikola Tesla« u Smiljanu
— film Nikola Tesla
— simpozij Nikola Tesla
— znanstveni sabor Nikola Tesla
— objavljivanje neobjavljenih radova Nikole Tesle.

Rekonstrukcija rodne kuće Nikole Tesle sa crkvicom i grobljem predviđa vraćanje u stanje kakvo je bilo prije 1941. godine. Rodna je kuća Nikole Tesle za vrijeme rata bila porušena. Poslije rata kuća je najnužnije restaurirana i u njoj su izloženi neki radovi Nikole Tesle. Kuću valja popraviti, a unutrašnjost urediti prema parohijalnim kućama 19. st.

Uz rekonstrukciju kuće predviđa se i uređenje neposrednog okoliša.

Crkva je također porušena za vrijeme rata. Predviđa se njezina restauracija u historijsku arhitektonsku cjelinu, a sve na osnovi naučnih istraživanja arhiva i komparativnih metoda.

Groblje se nalazi istočno od crkve na površini od oko 2500 m². Još uvijek je u upotrebi, ali je vrlo zapušteno. Predviđa se čišćenje i uređenje u stilu skromnog seoskog groblja. Ne predviđa se daljnje širenje.

Grobnica žrtvama fašizma i spomenik nalazi se uz kuću Nikole Tesle. U grobnici su žrtve ustaškog terora iz Smiljanskog kraja, a selo je potpuno uništeno. Uređenje grobnice bi se provelo u suradnji s Udruženjem boraca.

Seoske kuće u neposrednoj blizini su bile porušene za vrijeme rata, ali postoje temelji. Nekoliko kuća bi se restauriralo, a unutrašnjost uredila za goste koji bi posjećivali Teslin kraj.

Dom »Nikola Tesla« je zamišljen kao utilitarni spomenik velikom naučenjaku, gdje će se i dalje razvijati naučna dostignuća i misao Nikole Tesle. U domu bi bili izloženi radovi Nikole Tesle i sadašnji muzejski materijal iz njegove

kuće. Koristio bi se za održavanje znanstvenih skupova i takmičenje mladih pronalazača i istraživača.

Područje »Nikole Tesle« zauzima po urbanističkom planu područje u Smiljanu ispod Bogdanić brda s njegove sjeverne i sjeverozapadne strane, a udaljen je od Gospića 6 km. Ono se nalazi između potoka Vaganac i obronaka Bogdanić brda. Predviđa se uređenje putova, melioriranje i reguliranje potoka, vodovod i kanalizacija.

Film »Nikola Tesla« je zamišljen kao umjetnički, cjelovečernji film koji bi prikazao život i rad Nikole Tesle.

Filmski projekt »Nikola Tesla« trebao bi biti izveden u dvije osnovne faze:

I. faza — pripreme projekta uključivši izradu gotovog scenarija.

II. faza — proizvodnja i plasman filma.

Sva dokumentacija koja bi se prikupila istraživanjem za potrebe filma, bila bi sistematizirana, tiskana i čuvana u Muzeju Nikola Tesla.

Već se sada može reći da postoje velike mogućnosti da se u Americi nađe glavni producent, financijer i distributer. To bi mogao biti i WESTINGHOUSE Co. čiji je osnivač i prvi direktor bio poznati američki pronalazač i businessman George Westinghouse, veliki prijatelj i pobornik Nikole Tesle.

U filmu će ličnost George Westinghousea biti druga uloga po značaju i veličini.

Recimo i to da i Amerika slavi 1976. godine Nikolu Teslu, da su i oni formirali odbor za proslavu i da su se prije nekoliko mjeseci, preko naših diplomatskih predstavništava, interesirali za program proslave u Jugoslaviji s očitom željom za suradnju.

Iduće godine slavi Amerika i 200 godina svog postojanja. Tim povodom je već u Americi odana velika čast i priznanje Nikoli Tesli na prigodnoj svečanosti u Washingtonu, uvrstivši ga u novoosnovanu »počasnu zadužbinu američkih izumitelja«. Do sada je tu počast dobilo samo dvanaest američkih izumitelja, među njima Edison, Morse, braća Wright i neki nobelovci.

Zbog tih sretnih okolnosti vjerujemo da je potreban samo odličan scenarij da bi se u Americi dobio partner za sufinanciranje i koprodukciju filma.

Simpozij »Nikola Tesla« bio bi posvećen istraživanju i dostignućima u oblasti znanosti i tehnike u kojima je djelovao Nikola Tesla. To bi bili u prvom redu dobivanje i iskorištenje energije i zaštita ljudske okoline. To su danas najaktualnije teme istraživanja, a Tesla im je posvetio najveći dio svoga djelovanja. Takav simpozij bi bio prilika da se okupe vodeći istraživači iz više oblasti. Simpozij bi bio međunarodnog karaktera, a dao bi mogućnost našim istraživačima da odmjere svoja dostignuća. Tesla nije mogao ostvariti neke svoje zamisli, jer u njegovo vrijeme još nije toliko napredovala znanost i tehnika. Danas je to moguće, pa bi nas ovaj simpozij trebao ponukati da nastavimo Teslin rad.

Znanstveni sabor »Nikola Tesla« bi bio skup mladih istraživača i pronalazača koji bi se održavao svake godine na rođendan Nikole Tesle u Smiljanu.

Sabor pronalazača i istraživača bio bi finale jugoslavenskoga takmičenja pionira i omladine u cijeloj Jugoslaviji iz svih oblasti nauke i tehnike. Radove bi ocjenjivao žiri imenovan od najviših ustanova, sveučilišta i akademija. Najboljima bi bile podijeljene nagrade »Nikola Tesla« i titule »Teslovac«. Zborovanje i takmičenje bi organizirala Narodna tehnika.

Organizaciju proslave je preuzela Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti u Zagrebu, na inicijativu drugova Jakova Blaževića, predsjednika Predsjedništva SRH, Ive Perišina, predsjednika Sabora SRH, Drage Despota, potpredsjednika Sabora SRH, Ivana Jurkovića i Stipe Šuvara, članova Izvršnog vijeća Sabora. Oni su konzultirani pri izradi programa i obećali svoju podršku. Pokrovitelj proslave bio bi predsjednik SFR Jugoslavije Josip Broz Tito.

ELEKTRA KRIŽEVCI

OSNOVNA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA
ELEKTRE ZAGREB

Trg kalničkih partizana 3 tel. 74-322, 74-074, 74-100

HIDROFORI »RADE KONČAR«

Primjena

Primjena hidroforskih postrojenja je svestrana. Hidrofori s kotlovima zapremine 90, 130 i 180 litara upotrebljavaju se za opskrbu vodom manjih stambenih zgrada i pojedinih domaćinstava, iz bunara, cisterne, odnosno kada je tlak u cjevovodu prenizak. Mogu povući vodu iz dubine do 7 metara ispod ulaznog otvora pumpe.

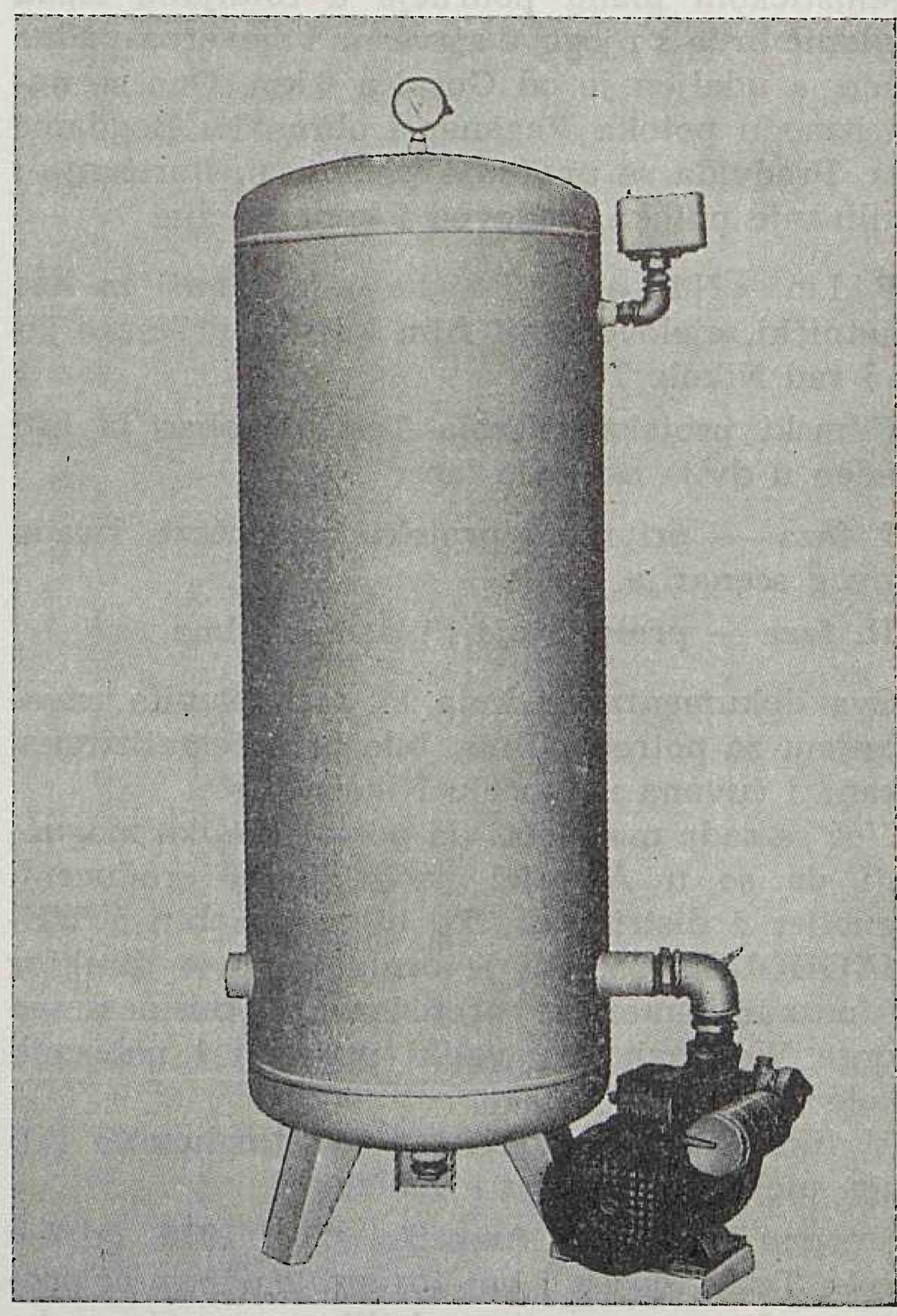
Opis

Hidroforska postrojenja izrađena su prema standardu JUS M. E2.100. Sastoje se od tlačnog kotla s odgovarajućom opremom (tlačna sklopka i manometar) pumpnog agregata (vrtložna pumpa i elektromotor). Tlačni kotao je izrađen od čeličnog lima, a s unutrašnje i vanjske strane presvučen je tankim slojem plastične mase. Plastificiranje je najnoviji postupak, gdje je unutrašnja i vanjska dekorativna zaštita ujedno zaštita protiv korozije, a otporna je i na razne kemijske sastojke koji se nalaze u vodi.

Svi hidrofori navedeni u tablici imaju pumpe projektirane i ispitane u Elektrotehničkom institutu »Rade Končar«. Tehničke i eksploatacione karakteristike su prilagođene potrebama domaćeg i inozemnog tržišta.

Karakteristike agregata su:

— mala težina, male dimenzije,
— osiguravaju normalan rad i dobavu vode i kod sniženog napona i do 170 V,
— mogućnost rada na mjestima s mnogo prašine, vlage kao i na otvorenom prostoru,
— dozvoljena temperatura vode je 80°C, pa čak i više. Kod više temperature opada usisna visina.



Izbor hidrofora

Izbor odgovarajućeg tipa hidrofora ovisi o postojećoj električnoj mreži i naponu mreže (trofazna mreža 3 × 380 V ili 3 × 220 V, ili jednofazna mreža 220 V), o prosječnoj dnevnoj potrošnji vode i o potrebnoj manometarskoj visini (visini dizanja vode).

Tehničke karakteristike hidrofora

Tip hidrofora	Zapremina lit.	Gabarit		Najveći dozvoljeni tlak AT	Protok lit/min	Visina dizajna H M V'ST	Vrsta struje[1]	Snaga KW	Težina kp
		Visina H mm	Promjer D mm						
HMV1-90	90	880	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	43
HMV2-90	90	880	400	4	20—60	50—15	jednofaz.	0,75	46
HTV2-90	90	880	400		20—60	50—15	trofazna	0,75	46
HMV1-130	130	1210	400		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	51
HMV2-130	130	1210	400		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	54
HTV2-130	130	1210	400	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	54
HMV3-130	130	1210	400		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	55
HTV3-130	130	1210	400		42—78	30—10	trofazna	1,1	55
HMV1-180	180	1310	450		30—60	30—10	jednofaz.	0,55	59
HMV2-180	180	1310	450		20—60	50—15	jednofaz.	0,75	62
HTV2-180	180	1310	450	4	20—60	50—15	trofazna	0,75	62
HMV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	jednofaz.	1,1	63
HTV3-180	180	1310	450		42—78	55—10	trofazna	1,1	63

[1] Pumpni agregati VPM imaju jednofazne motore za napon 220 V, 50 Hz
Pumpni agregati VPT imaju trofazne motore za napon 3×380 V (prespojivi na 3×220 V) 50 Hz

STATISTIČKI PREGLED

ELEKTROPRIVREDE SR HRVATSKE U SKLOPU ELEKTROPRIVREDE JUGOSLAVIJE

OSNOVNI PODACI

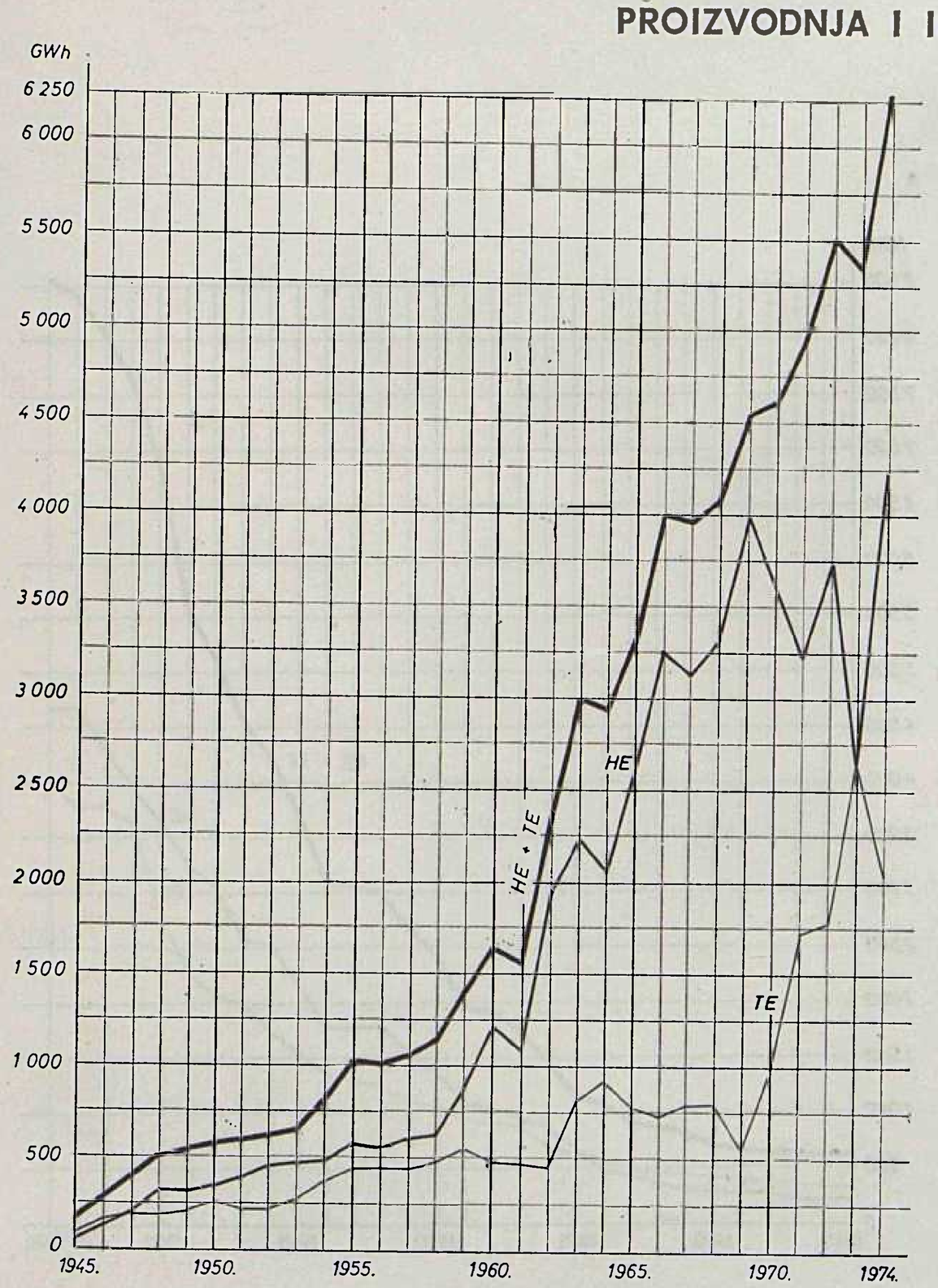
Tablica 1

OSNOVNI PODACI ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE
po stanju od 31. XII 1974. [2]

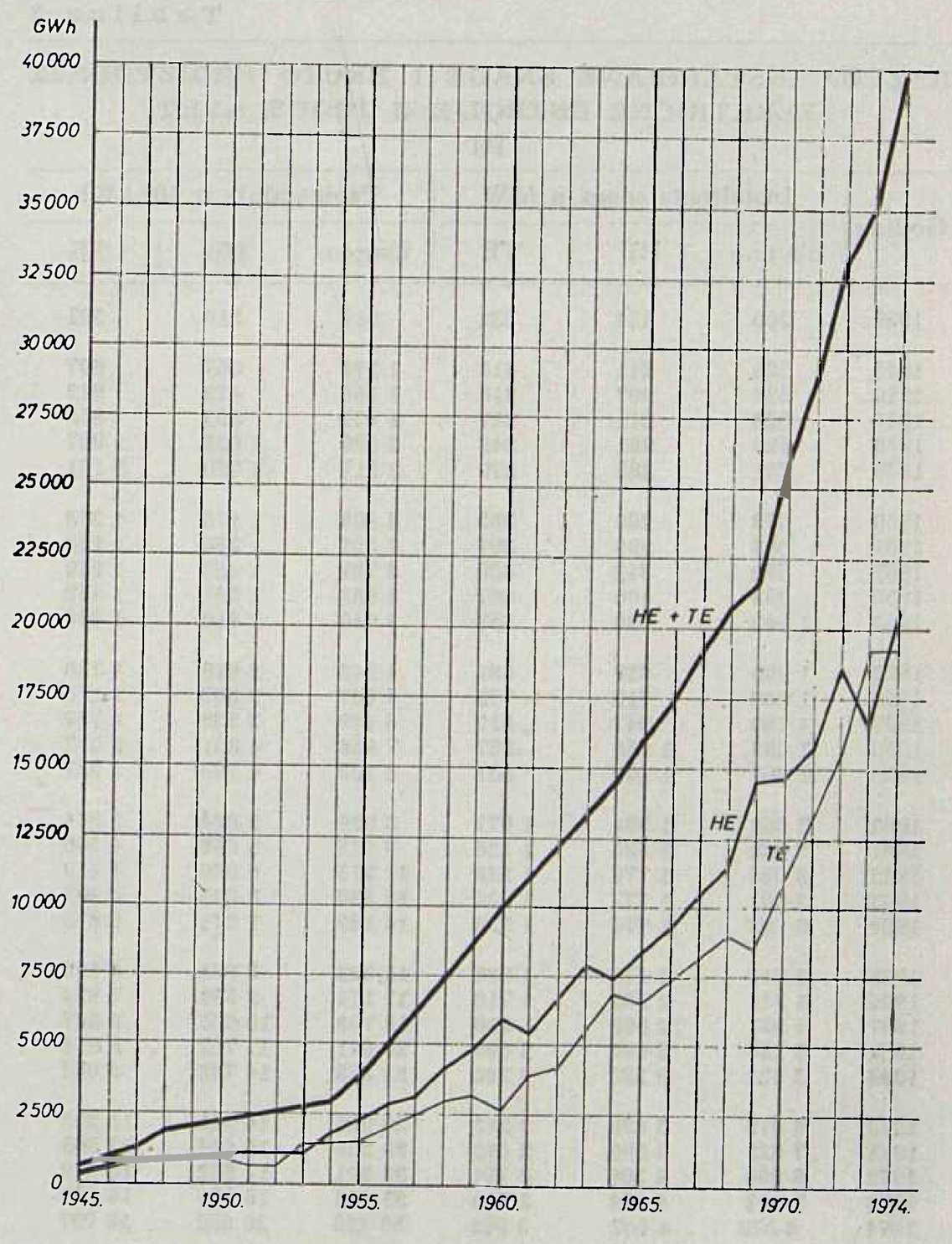
Naziv postrojenja		1945	1960	1965	1970	1971	1972	1973	1974
Hidroelektrane	broj	7	11	15	17	17	17	19	19
	snaga MW	69	286,6	650,0	777,7	777,7	777,7	1023,6	1024
od toga Udružene	MW	66	282,9	632,0	761,6	761,6	761,6	1007,5	1007
Termoelektrane	broj	10	48	41	40	40	40	40	41
	snaga MW	48	184,7	244,8	556,4	568,4	568,4	568,4	768
od toga Udružene	MW	33	86,3	144,4	479,4	491,4	491,4	491,4	691
Ukupno elektrane	MW	177	471,3	894,8	1334,1	1346,1	1346,1	1592,0	1792
Transformatorske stanice:									
220/110 kV	broj stanica	—	—	2	5	5	5	6	6
	broj transformatora	—	—	3	7	7	8	11	11
	snaga MVA	—	—	400	1000	1000	1150	1600	1600
110/30—50 kV	broj stanica	1	20	29	34	36	42	44	46
	broj transformatora	2	32	45	57	68	79	80	82
	snaga MVA	20	678	982	1441	1586	1920	1980	2060
30—50/3—10 kV	broj stanica	17	119	...	241	249	258	270	280
	broj transformatora	29	253	...	449	458	462	487	510
	snaga MVA	88	1673	...	1732	1851	1930	2010	2090
3—10 kV / niski napon	broj stanica	990	3911	...	10480	10876	11320	11625	11927
	broj transformatora	1217	4223	...	11763	12004	12460	12860	13262
	snaga MVA	187	858	...	2220	2276	2410	2910	3450
Dalekovodi:									
220 kV	km	—	50	594	874	949	976	1158	1158
110 kV	km	83	1314	1697	2062	2110	2384	2483	2533
50—30 kV	km	493	2199	2711	3305	3547	3651	3725	3799
10—3 kV	km	1691	8149	...	16967	17860	18630	19320	20010
niski napon	km	4376	18011	...	34749	35750	36685	37340	37995
Vršno opterećenje SRH	MW	82	382	605	1004	1126	1208	1227	1271

Mrežni transformatori u HE i TE uključeni u transformatorskim stanicama 220/110 i 110/30—50 kV.

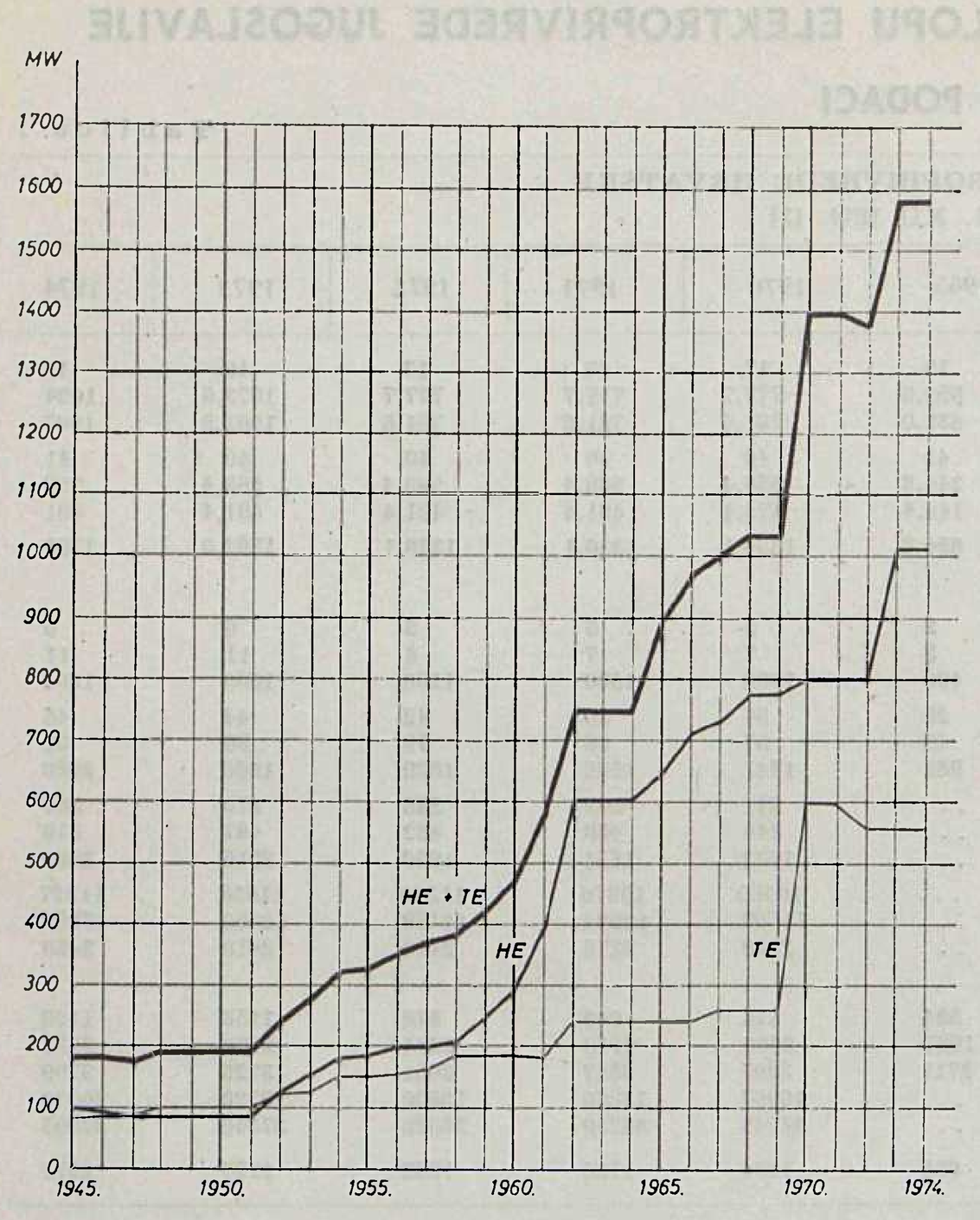
PROIZVODNJA I INSTALIRANE SNAGE



Sl. 1. Ukupna proizvodnja električne energije u Hrvatskoj



Sl. 2. Ukupna proizvodnja električne energije u Jugoslaviji



Sl. 3. Razvoj instaliranih snaga u elektranama Hrvatske

Tablica 2

RAZVOJ INSTALIRANE SNAGE I BRUTO PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ

[4]

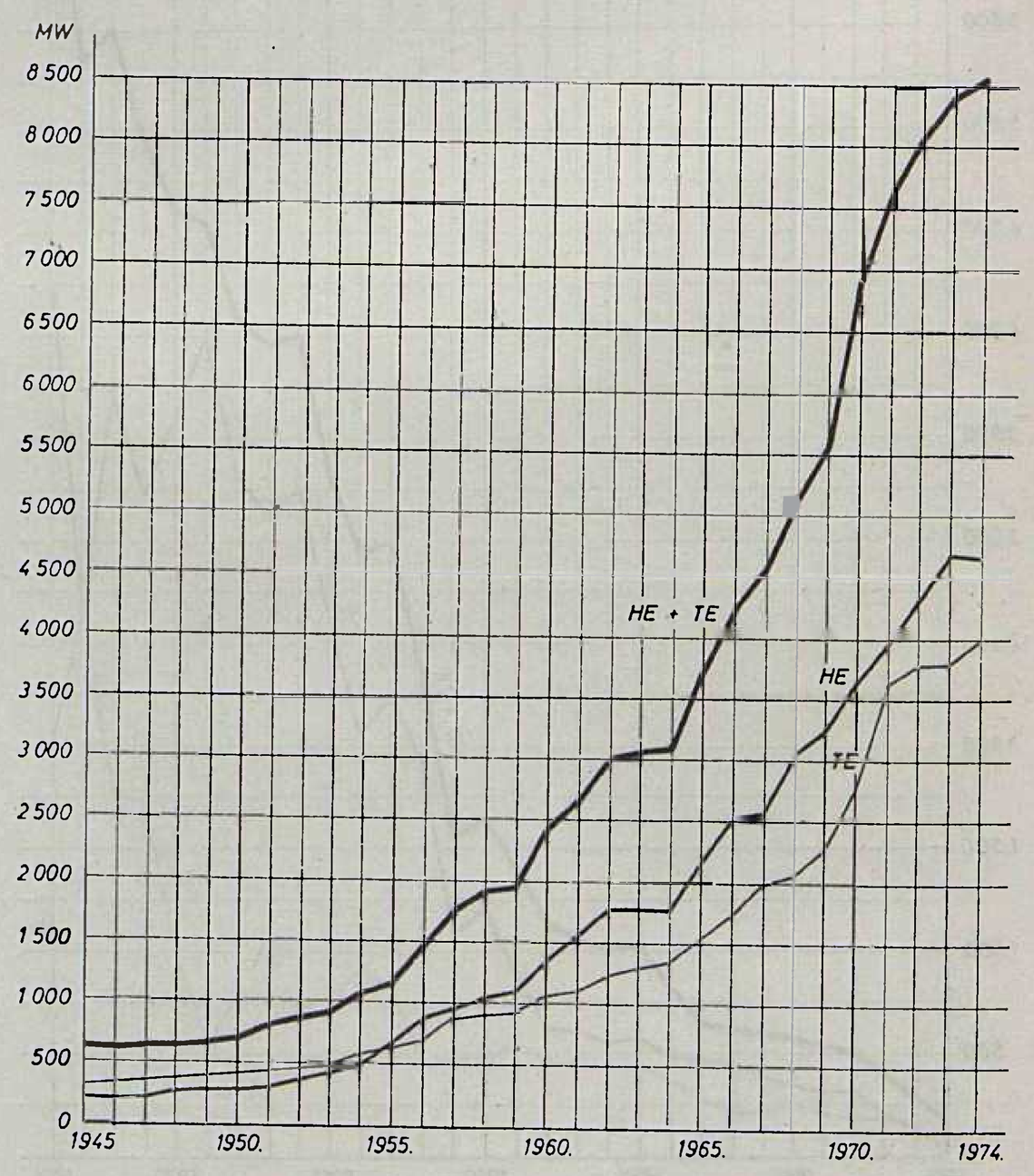
Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1939	158	72	86	419	249	170
1945	178	97	81	171	79	92
1946	177	93	84	266	130	136
1947	173	89	84	378	179	199
1948	188	89	99	497	301	196
1949	188	89	99	524	297	227
1950	188	89	99	577	326	251
1951	188	89	99	596	379	217
1952	235	117	118	628	412	216
1953	270	149	121	716	458	258
1954	321	173	148	815	461	354
1955	327	179	148	1 021	587	434
1956	347	192	155	1 006	564	442
1957	365	196	169	1 074	638	436
1958	381	200	181	1 168	670	498
1959	429	248	181	1 396	851	545
1960	470	289	181	1 671	1 197	474
1961	576	397	179	1 555	1 103	452
1962	746	505	241	2 339	1 913	426
1963	746	505	241	3 000	2 224	776
1964	746	505	241	2 914	2 068	846
1965	890	649	241	3 391	2 609	782
1966	962	721	241	4 000	3 257	743
1967	999	739	260	3 963	3 184	779
1968	1 035	775	260	4 094	3 304	790
1969	1 035	775	260	4 528	3 980	548
1970	1 393	798	595	4 622	3 656	966
1971	1 393	798	595	4 957	3 232	1 725
1972	1 363	798	565	5 500	3 718	1 782
1973	1 577	1 012	565	5 334	2 640	2 694
1974	1 577	1 012	565	6 299	4 233	2 066

Tablica 3

RAZVOJ INSTALIRANE SNAGE I BRUTO PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI

[4]

Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1939	505	174	331	817	316	501
1945	524	211	313	1 174	567	607
1946	523	207	316	1 150	478	672
1947	528	211	317	1 453	595	858
1948	629	281	348	2 060	1 053	1 007
1949	661	285	376	2 211	1 020	1 191
1950	673	290	383	2 408	1 175	1 233
1951	693	296	397	2 551	1 358	1 193
1952	772	342	430	2 701	1 423	1 278
1953	893	406	487	2 983	1 501	1 482
1954	1 049	496	553	3 440	1 810	1 630
1955	1 220	639	581	4 340	2 610	1 730
1956	1 488	715	773	5 047	2 869	2 178
1957	1 760	947	813	6 252	3 522	2 730
1958	1 895	1 058	837	7 358	4 301	3 057
1959	1 967	1 130	837	8 105	4 708	3 397
1960	2 468	1 391	1 077	8 928	5 984	2 944
1961	2 662	1 536	1 126	9 925	5 659	4 266
1962	3 026	1 778	1 248	11 315	6 896	4 419
1963	3 081	1 777	1 304	13 536	8 029	5 507
1964	3 109	1 774	1 335	14 189	7 574	6 615
1965	3 711	2 176	1 535	15 523	8 985	6 538
1966	4 243	2 533	1 710	17 174	9 880	7 294
1967	4 527	2 589	1 938	18 702	10 655	8 047
1968	5 155	3 094	2 065	20 641	11 767	8 874
1969	5 522	3 226	2 296	23 375	14 733	8 642
1970	6 879	3 636	3 243	26 023	14 741	11 282
1971	7 623	3 980	3 643	29 509	15 644	13 865
1972	8 090	4 306	3 784	33 241	17 982	15 249
1973	8 408	4 624	3 784	35 063	16 395	18 668
1974	8 570	4 602	3 968	39 456	20 659	18 797



Sl. 4. Razvoj instaliranih snaga u elektranama Jugoslavije

Tablica 4

INSTALIRANE SNAGE ELEKTRANA 1974. PO REPUBLIKAMA
u MW [4]

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
S F R J	8 570	7 932	638	4 602	4 509	93	3 968	3 423	545
Bosna i Hercegovina	1 658	1 508	150	727	706	21	931	802	129
Crna Gora	218	190	28	197	190	7	21	—	21
Hrvatska	1 577	1 447	130	1 012	998	14	565	449	116
Makedonija	411	353	58	371	353	18	40	—	40
Slovenija	1 239	1 185	54	510	505	5	729	680	49
Srbija	3 467	3 248	218	1 785	1 757	28	1 682	1 492	190

Tablica 5

BRUTO PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE 1974. PO REPUBLIKAMA
u GWh [4]

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
S F R J	39 456	36 806	2 650	20 659	20 077	582	18 797	16 729	2 068
Bosna i Hercegovina	7 761	7 089	672	3 076	2 957	119	4 685	4 132	553
Crna Gora	989	862	128	889	862	27	100	—	100
Hrvatska	6 299	5 916	383	4 233	4 119	114	2 066	1 797	269
Makedonija	1 491	1 297	194	1 383	1 297	86	108	—	108
Slovenija	5 921	5 579	342	2 373	2 244	129	3 548	3 335	213
Srbija	16 995	16 063	931	8 705	8 598	107	8 290	7 465	825

Tablica 6

SPECIFIČNA BRUTO PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI
kWh po stanovniku [4]

Godina	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
1939.	75	...	...	...	...	...	...
1946.	75	...	...	...	...	...	...
1950.	147	91	15	130	37	636	89
1955.	247	219	59	253	94	1 014	132
1960.	484	561	304	404	295	1 692	290
1961.	533	589	725	373	320	2 006	318
1962.	597	578	994	555	313	2 008	364
1963.	706	680	1 837	707	314	2 133	423
1964.	736	790	1 866	685	375	1 982	477
1965.	796	850	1 693	792	389	2 177	506
1966.	870	916	1 676	928	418	2 137	585
1967.	937	1 015	1 571	913	513	2 197	694
1968.	1 024	1 201	1 769	938	436	2 354	778
1969.	1 149	1 302	2 101	1 033	563	2 721	865
1970.	1 268	1 435	1 818	1 051	754	2 844	1 043
1971.	1 439	1 702	1 679	1 121	727	2 573	1 381
1972.	1 602	1 716	1 605	1 237	548	3 112	1 641
1973.	1 673	1 784	1 322	1 196	697	3 110	1 795
1974.	1 852	1 977	1 788	1 404	860	3 358	1 960

Tablica 7

SPECIFIČNA NETO PROIZVODNJA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI 1965. DO 1974.
kWh po stanovniku [1] [4]*

Područje	1965.		1968.		1969.		1970.		1971.		1972.		1973.		1974.*	
	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja
Hrvatska	771r	749r	916r	964r	1 011	1 055	1 036	1 271	1 096	1 317	1 195	1 461	1 140	1 417	1 350	1 680
Osijek	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	54	902	22	1 019	...	...
Rijeka	2 845	1 294	2 210	1 639	2 460	1 632	2 276	1 856	2 089	1 830	2 030	2 110	2 820	1 773	...	...
Split	618	1 322	2 560	1 461	2 970	1 524	3 190	2 001	2 457	1 626	3 103	1 841	1 416	2 062	...	...
Zagreb	287	555	398	749	341	832	401	1 012	566	1 118	808	1 277	941	1 229	...	...
B i H	850	517	1 201	639	1 255	659	1 466	783	1 640	923	1 626	1 007	1 527	938	1 880	1 125
Crna Gora	1 692	551	1 769	720	2 060	786	1 891	1 114	1 637	1 160	1 582	2 212	1 128	2360	1 790	2 950
Makedonija	389	518	436	965	550	1 105	748	1 207	734	1 505	540	1 484	593	1 555	856	1 745
Slovenija	2 177	1 927	2 354	2 451	2 600	2 520	2 075	2 803	2 472	2 962	2 927	3 096	2753	2 953	3 170	3 210
Srbija	506	484	778	718	807	775	972	973	1 297	1 079	1 547	1 199	1 603	1 190	1 865	1 285
SFRJ	796	679	1 024	883	1 100	978	1 216	1 168	1 379	1 305	1 521	1 427	1 492	1 421	1 785	1 585

Tablica 8

RAZVOJ PROIZVODNJE NA GENERATORU I RAZMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE
SR HRVATSKE 1939—1974.
u GWh [1] [2]*

Godina	Proizvodnja												Ukupna razmjena (saldo)			Raspoloživo bruto
	Hrvatska			Udružene elektrane			Distr. i lokalne			Industr. elektrane						
	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	tuzemna	inozemna	
1939.	432	276	156	351	257	94	3	1	2	78	18	60	55	55	—	487
1945.	224	93	133	169	84	85	3	—	3	52	9	43	68	68	—	292
1946.	273	134	139	202	122	80	3	—	3	68	12	56	140	140	—	413
1947.	378	184	194	281	168	113	4	1	3	94	16	78	127	127	—	506
1948.	497	305	192	390	285	105	4	1	3	103	19	84	162	162	—	659
1949.	524	303	221	415	286	129	4	1	3	105	16	89	191	190	1	715
1950.	556	327	229	446	311	135	4	1	3	106	15	91	225	225	—	781
1951.	591	378	213	475	359	116	4	1	3	112	18	94	266	266	—	857
1952.	623	417	206	504	398	106	5	1	4	114	18	96	249	236	13	872
1953.	716	460	256	571	441	130	6	1	5	139	18	121	212	210	2	928
1954.	810	456	354	610	438	172	6	1	5	194	17	177	210	195	15	1020
1955.	1025	591	434	781	569	212	6	2	4	238	20	218	254	254	—	1279
1956.	1007	564	443	741	546	195	6	2	4	260	16	244	398	397	1	1405
1957.	1075	637	438	830	620	210	5	2	3	241	16	225	579	579	—	1655
1958.	1169	672	497	930	654	276	4	1	3	235	17	218	739	792	—53	1908
1959.	1139	854	539	1129	835	294	5	1	4	258	18	240	714	771	—57	2106
1960.	1671	1197	474	1412	1176	236	6	2	4	253	19	234	622	716	—94	2293
1961.	1555	1102	453	1333	1087	246	5	2	3	217	13	204	977	1051	—74	2532
1962.	2331	1903	428	2122	1888	234	5	—	5	204r	15	189r	480	519	—39	2811
1963.	3089	2311	778	2792	2212	580	90	83	7	207r	16r	191r	286	348	—62	3375
1964.	2910	2068	842	2555r	1976r	579r	106	74	32	249r	18r	231r	519	558r	—39	3429r
1965.	3430	2620	810	3040	2513	527	90r	86	4r	300r	21	279r	374	413r	—39	3804r
1966.	4000	3254	746	3616	3158	458	80r	77r	3	304r	19r	285r	171	187r	—16	4168r
1967.	3962	3183	779	3580	3098	482	70r	70r	—	312r	15	297r	516	502r	+14	4478r
1968.	4091	3301	789	3707	3211	496	77	77	—	306	13	293r	815	817r	— 2r	4905r
1969.	4520	3979	541	4155	3881	274	84	84	—	281	14	267	904	921	—17	5424
1970.	4692	3726	966	4362	3640	722	73	73	—	257	13	244	1303	1351	—48	5995
1971.	4953	3229	1724	4606	3152	1454	66	66	—	281	11	270	1509	1579	—70	6462
1972.	5509	3727	1782	5166	3632	1534	80	80	—	263	15	248	1518	1518	—	7027
1973.	5333	2640	2693	4971	2569	2401	61	61	—	302	10	292	2018	1975	43	7352
1974.*	6281	4226	2055	5916	4119	1797	85	85	—	280	22	258	2271	2369	—98	8552

Od 1965. uključeno 22% sistema HE Trebišnjice

RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tablica 9

MEĐUREPUBLIČKA RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE 1974.
u MWh [4]

Primila / predala	Ukupno	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Ukupno	5 349 491	140 367	428 804	2 412 697	1 736 389	538 620	92 614
B i H	2 477 029	—	82 667	1 905 256	—	473 435	15 671
Crna Gora	166 803	55 156	—	52 720	—	2 895	56 032
Hrvatska	53 235	—	—	—	—	50 930	2 305
Makedonija	16 966	—	—	—	—	—	16 966
Slovenija	84 645	67 102	550	15 353	—	—	1 640
Srbija	2 550 813	18 109	345 587	439 368	1 736 389	11 360	—

Tablica 10

RAZMJENA IZMEĐU PODRUČJA UNUTAR HRVATSKE
u MWh [1] [2]*

Godina	Split			Rijeka			Dubrovnik	Osijek	Zagreb		
	daje	prima	saldo	daje	prima	saldo	daje	prima	prima	daje	saldo
1965.	—	—	—	—	—	—	53 904	—	53 904	—	53 904
1966.	688 723	16 465	672 258	309 946	184 983	124 963	174 522	—	971 743	—	971 743
1967.	763 610	19 863	743 747	452 181	222 894	229 287	156 357	—	1 129 391	—	1 129 391
1968.	422 680	80 823	341 857	476 431	39 679	436 752	328 697	—	1 107 306	—	1 107 306
1969.	541 961	9 711	532 250	666 311	1 962	664 349	425 325	—	1 621 924	—	1 621 924
1970.	397 780	57 158	340 622	817 467	120 497	669 970	457 907	—	1 495 499	—	1 425 499
1971.	215 769	69 211	146 558	502 524	29 890	472 643	435 712	—	1 054 904	—	1 054 904
1972.	103 082	52 774	50 308	683 827	22 079	661 748	399 289	245 413	466 643	—	466 643
1973.	294 541	12 567	281 974	93 423	731 856	—638 433	266 975	299 630	56 829	—	56 829
1974.*	36 000	392 000	356 000	664 000	19 000	—645 000	318 000	377 000	516 000	286 000	230 000

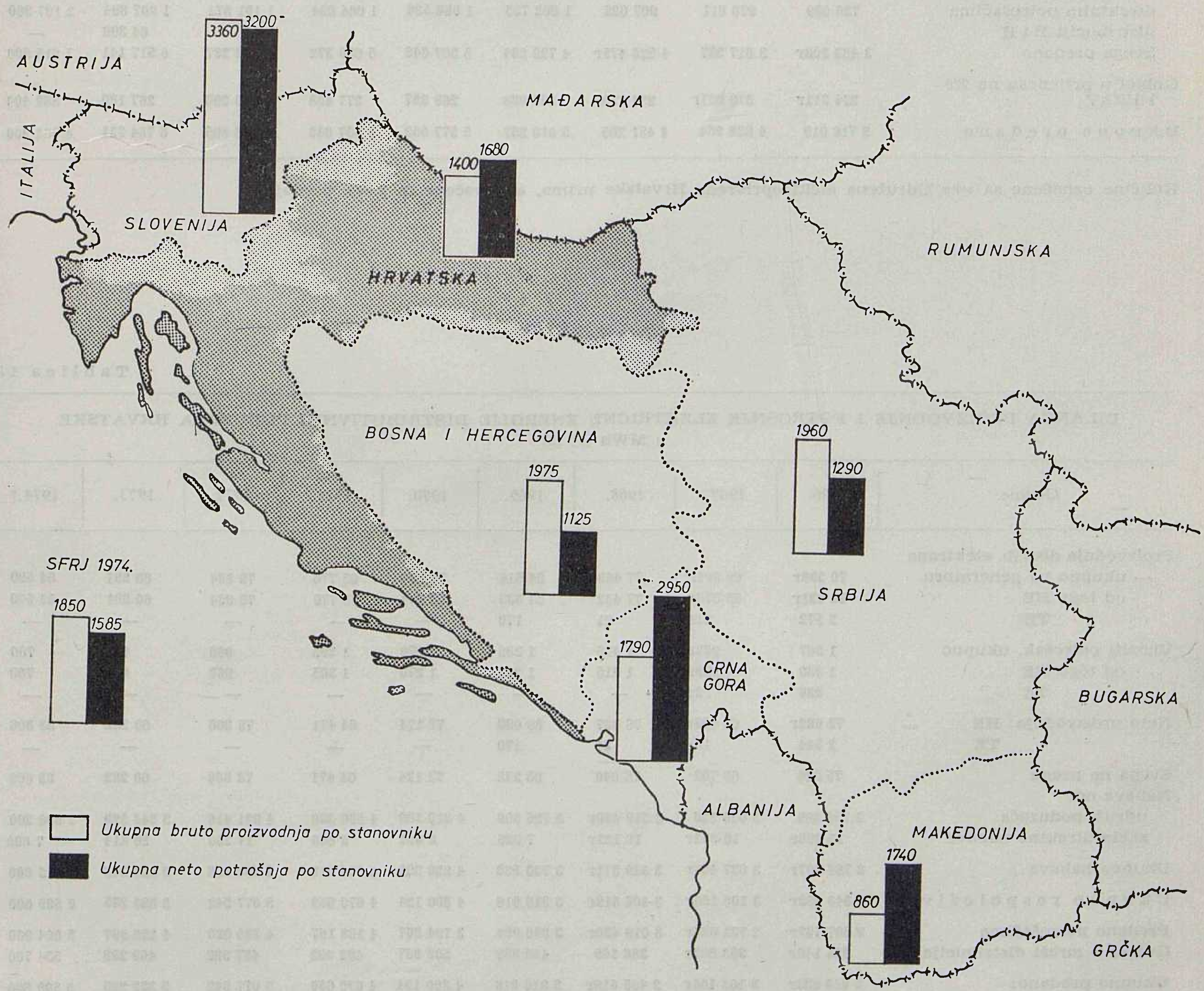
Razmjena između područja unutar Hrvatske vodi se tek od osnivanja združenih poduzeća u Splitu, Rijeci i Zagrebu 1966. g.

Tablica 11

RAZVOJ RAZMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE SRH
u GWh [2]

Razmjena	1960.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.
Nabava iz Slovenije	452,5	584,6	376,3	234,9	263,3	169,3	321,6	32,2	95,4	85,2	15,4
Predaja u Sloveniju	—	194,7	534,5	484,6	589,7	322,9	421,3	992,9	92,2	28,1	50,9
Saldo	+ 452,5	+ 389,9	— 158,2	— 249,7	— 326,5	— 153,5	— 99,7	— 960,7	+ 3,2	+ 57,1	— 35,5
Nabava iz Bosne	473,9	574,9	708,8	792,9	1189,4	1127,3	1492,9	2575,1	1565,1	1925,0	2397,4
Predaja u Bosnu	210,4	564,6	370,9	51,6	51,9	56,5	42,6	40,7	63,2	6,2	2,1
Saldo	+ 263,5	+ 10,3	+ 337,9	+ 741,3	+ 1137,5	+ 1070,8	+ 1450,3	+ 2534,4	+ 1460,7	+ 1918,8	+ 2395,3
Nabava iz inozemstva	—	—	19,4	16,6	8,3	1,7	0,1	1,5	—	42,6	50,0
Predaja u inozemstvo	94,0	39,4	35,7	2,8	9,8	18,2	48,1	71,8	0,1	0,0	146,6
Saldo	— 94,0	— 39,4	— 16,3	+ 13,9	— 1,5	— 16,6	— 48,1	— 70,3	— 0,1	+ 42,6	— 96,6
Ukupno nabava	926,4	1159,5	1104,5	1044,5	1461,0	1298,0	1814,5	2608,8	1660,5	2052,8	2462,8
Izvoz i predaja	304,4	798,6	941,2	539,0	651,4	397,5	512,0	1105,4	155,4	34,3	199,6
Saldo razmjene	+ 622,0	+ 360,9	+ 163,4	+ 505,5	+ 809,5	+ 900,8	+ 1302,6	+ 1503,4	+ 1505,1	+ 2018,5	+ 2263,2

U tablici je sadržana razmjena na svim naponima. Razmjena sa SR Crnom Gorom i SR Srbijom uključena u SR BiH.



Sl. 5. Specifična bruto proizvodnja i potrošnja električne energije po stanovniku u 1974. (u kWh/st.)

POTROŠNJA I BILANCE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tablica 12

PROIZVODNJA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE
u MWh [1] [2]*

Godine	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.*
Proizvodnja na generatoru	3 615 920	3 580 555	3 707 099	4 154 663	4 362 092	4 606 147	5 166 161	4 971 261	5 916 100
Vlastiti potrošak	62 693r	64 129r	65 489	51 537	89 996	156 548	164 588	207 289	175 300
Proizvodnja na pragu	3 553 227r	3 516 426r	3 641 610	4 103 126	4 272 096	4 449 599	5 001 573	4 763 972	5 740 800
Razmjena saldo	+163 392	+505 473r	809 595r	+ 900 756	+1 302 564	+1 503 437	+1 505 112	2 018 526	2 263 200
sa Slovenijom	—158 216	—249 712	— 326 471	— 153 510	— 99 675	— 960 733	+ 3 213	57 098	— 35 500
sa Bosnom	+337 897	+741 292r	+1 137 522r	+1 070 816	+1 450 290	+2 534 449	+1 501 975	1 643 073	2 395 300
sa inozemstvom	— 16 289	+ 13 893	— 1 459	— 16 550	— 48 051	— 70 279	— 76	42 626	— 96 600
sa Srbijom								241 642	...
sa Crnom Gorom								34 105	...
Nabava od:									
distributivnih elektrana	—	—	—	—	—	—	—	—	—
industrijskih elektrana	—	6 365	—	6 375	2 842	4 804	—	1 823	900
Razmjena i nabava, ukupno	163 392	511 838r	809 595r	907 131	1 305 406	1 508 241	1 505 112	2 020 349	2 264 100
Ukupno raspoloživo	3 716 619r	4 028 264r	4 451 205r	5 010 257	5 577 502	5 957 840	6 506 685	6 784 321	8 004 900
Predano:									
distributivnim poduzećima	2 755 609	3 026 526r	3 319 450r	3 726 509	4 219 109	4 596 338	4 981 416	5 244 849	5 508 200
direktnim potrošačima	726 699	970 811	907 025	1 002 755	1 088 536	1 084 034	1 191 871	1 207 894	2 107 300
distribuciji B i H								64 398	—
Svega predano	3 482 308r	3 817 337	4 226 475r	4 729 264	5 307 645	5 680 372	6 173 287	6 517 141	7 615 500
Gubici u prijenosu na 220 i 110 kV	234 311r	210 927r	224 730r	280 993	269 857	277 468	333 398	267 180	389 400
Ukupno predano	3 716 619	4 028 264	4 451 205	5 010 257	5 577 502	5 957 840	6 506 685	6 784 321	8 004 900

Količine označene sa »+« Udružena elektroprivreda Hrvatske prima, a označene sa »—« predaje.

Tablica 13

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE DISTRIBUTIVNIH PODUZEĆA HRVATSKE
u MWh [1] [2]*

Godine	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.*
Proizvodnja distrib. elektrana									
— ukupno na generatoru	76 593r	69 691r	77 463	84 514	73 394	65 776	79 834	60 891	84 500
od toga HE	74 021r	69 670r	77 442	84 335	73 394	65 776	79 834	60 891	84 500
TE	2 572	21r	21	179	—	—	—	—	—
Vlastiti potrošak, ukupno	1 567	989r	1 415	1 236	1 270	1 305	968	609	700
od toga HE	1 339	989r	1 415	1 236	1 270	1 305	968	609	700
TE	228	2r	—	—	—	—	—	—	—
Neto proizvodnja: HE	72 682r	68 683r	76 027	89 099	72 124	64 471	78 866	60 282	83 800
TE	2 344	19r	21	179	—	—	—	—	—
Svega na pragu	75 026	68 702	76 048	83 278	72 124	64 471	78 866	60 282	83 800
Nabava od:									
udruž. poduzeća	2 755 609	3 026 526	3 319 450r	3 726 509	4 219 109	4 596 338	4 981 416	5 244 529	5 508 200
saldo direktne nabave	13 298r	10 932r	10 121r	7 029	8 891	9 850	17 250	20 414	7 600
Ukupna nabava	2 768 907r	3 037 458r	3 329 571r	3 733 538	4 228 000	4 606 218	4 998 666	5 264 943	5 515 800
Ukupno raspoloživo	2 843 933r	3 106 160r	3 405 619r	3 816 816	4 300 124	4 670 689	5 077 542	5 325 225	5 599 600
Predano potrošačima	2 507 787r	2 722 628r	3 019 450r	3 390 984	3 794 267	4 188 167	4 590 020	4 855 997	5 064 900
Gubici u mreži distribucije	336 146r	383 532r	386 169	425 832	505 857	482 492	487 522	469 228	534 700
Ukupno predano:	2 843 933r	3 106 160r	3 405 619r	3 816 816	4 300 124	4 670 659	5 077 542	5 325 225	5 599 600

* Saldo direktne nabave distributivnih poduzeća u 1974. iznosio je 7600 MWh

Tablica 14

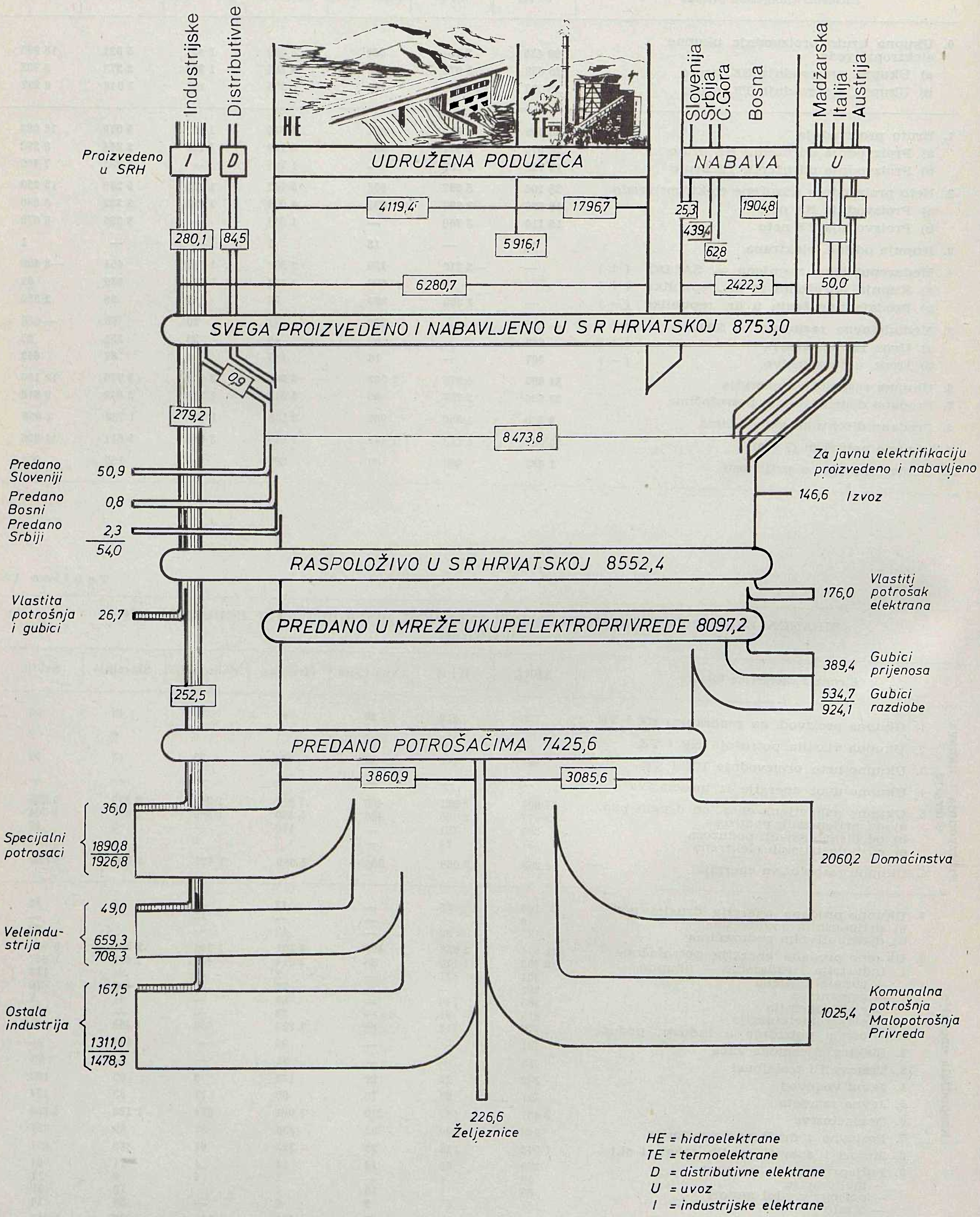
BILANCA ELEKTRIČNE ENERGIJE UDRUŽENE JUGOSLAVENSKE ELEKTROPRIVREDE 1974.
u GWh [4]

Elementi energetske bilance	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
0. Ukupna bruto proizvodnja ukupne elektroprivrede	39 456	7 761	989	6 299	1 491	5 921	16 995
a) Ukupna proizvodnja HE, bruto	20 659	3 076	889	4 233	1 383	2 373	8 705
b) Ukupna proizvodnja TE, bruto	18 797	4 685	100	2 066	108	3 548	8 297
1. Bruto proizvodnja	36 805	7 089	861	5 916	1 297	5 579	16 063
a) Proizvodnja udruženih HE bruto	20 076	2 957	861	4 119	1 297	2 244	8 598
b) Proizvodnja udruženih TE bruto	16 729	4 132	—	1 797	—	3 335	7 465
2. Neto proizvodnja udružene elektroprivrede	35 106	6 697	856	5 742	1 293	5 258	15 259
a) Proizvodnja HE neto	19 996	2 937	856	4 098	1 293	2 232	8 580
b) Proizvodnja TE neto	15 110	3 760	—	1 644	—	3 026	6 679
3. Kupnja od ind. elektrana	15	—	13	1	—	—	1
4. Međurepublička razmjena — SALDO (±)	—	—2 318	250	2 359	1 719	454	—2 458
a) Kupnja udruženih iz dr. republika (+)	—	77	459	2 412	1 736	539	92
b) Prodaja udruženih u dr. republike (—)	—	2 395	209	53	17	85	2 550
5. Međudržavna razmjena — SALDO (±)	— 235	—	382	—97	30	65	—616
a) Uvoz iz inozemstva (+)	662	—	400	46	35	152	27
b) Izvoz u inozemstvo (—)	897	—	18	143	5	87	643
6. Ukupna raspoloživa energija	34 893	4 379	1 502	8 006	3 043	5 776	12 186
7. Prodano distributivnim potrošačima	23 560	2 757	480	5 517	1 341	3 848	9 616
8. Prodano direktnim potrošačima	9 500	1 356	962	2 108	1 702	1 763	1 609
9. Ukupno potrošači (7 + 8)	33 060	4 113	1 442	7 625	3 043	5 611	11 225
10. Gubici energije u prijenosu	1 833	266	60	381	0	165	961

Tablica 15

BILANCA ELEKTRIČNE ENERGIJE JUGOSLAVENSKIH DISTRIBUTIVNIH PODUZEĆA 1974.
u GWh [4]

	Elementi energetske bilance	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Proizvodnja i nabava energije	1. Ukupna proizvod. na generatoru HE i TE	459	118	28	85	85	43	99
	2. Ukupna vlastita potrošnja HE i TE	4	0	0	1	0	0	2
	3. Ukupno neto proizvodnje HE i TE	455	118	28	84	85	43	97
	4. Ukupno uvoz energije iz inozemstva	—	—	—	—	—	—	—
	5. Ukupno nabavljena ener. od drugih pod.	23 808	2 951	480	5 596	1 342	3 853	9 586
	a) od prijenosnih poduzeća	23 477	2 766	480	5 479	1 340	3 848	9 564
	b) od distributivnih poduzeća	294	161	—	110	—	5	18
	c) od industrijskih elektrana	37	24	—	7	2		4
	6. Ukupno raspoloživa energija	24 263	3 069	508	5 680	1 427	3 896	9 683
	7. Ukupno prodana energija drugim pod.	185	56	—	43	—	4	82
	a) prijenosnim poduzećima	0	—	—	—	—		—
	b) distributivnim poduzećima	185	56	—	43	—	4	82
Raspodjela energije	8. Ukupno prodana energija potrošačima	21 574	2 658	420	5 101	1 246	3 564	8 584
	1. Industrija i rudarstvo — ukupno	8 353	1 117	85	2 014	495	1 693	2 947
	— rudnici ugljena	381	171	—	2	—	96	112
	— cementare	295	—	—	77	40	106	70
	— elektrokemija	285	148	—	88	—	41	7
	— elektrometalurgija	216	81	—	23	—	—	113
	— ostala potrošnja u industr. poduz.	7 176	718	85	1 824	455	1 448	2 645
	2. Elektroželjeznička vuča	251	—	—	96	—	155	—
	3. Tramvaji i trolejbusi	75	16	—	31	—	—	28
	4. Javni vodovod	382	29	20	133	5	35	160
	5. Javna rasvjeta	321	28	10	99	17	33	134
	6. Domaćinstva	9 431	1 157	213	2 061	614	1 128	4 258
	7. Poslovne i društvene prostorije	948	100	55	330	50	89	324
	8. Motori i aparati (malih zanat. i sl.)	1 542	120	25	323	61	360	651
	9. Poljoprivreda — ukupno	272	90	12	14	4	71	81
	— melioracije	26	4	—	2	4	5	11
	— poljoprivredni motori	85		10	7		13	55
	— ostalo	161	87	2	6	—	53	14
	9. Gubici u mreži	2 504	355	87	536	181	328	1 017



Sl. 6. Tok električne energije u SRH 1974. god.

Tablica 16

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ
u GWh [2]

Potrošači	1960.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.
Elektrokemija	183,6	230,1	271,1	308,1	399,3	486,8	494,8	456,1	533,8	465,8	567,4
Elektrometalurgija	289,7	270,6	307,8	334,4	295,1	328,9	326,0	321,1	345,5	415,4	1206,2
Ostali ind. dir. pot.	95,8	101,5	148,4	148,3	150,5	163,2	180,7	191,6	179,9	169,1	153,2
Dir. ind. potr. ukupno	569,1	602,2	727,3	790,8	845,9	978,9	1001,5	968,8	1059,2	1050,3	1926,8
Neindustr. dir. potroš.	—	—	—	—	—	23,8	87,0	115,4	132,7	141,6	135,0
Ugljenokopi	21,1	6,2	5,8	11,9	10,5						45,5
Cementare	117,2	116,0	110,6	123,4	135,1	1222,2	1333,3	1552,4	1776,0	1804,2	247,4
Ostala industrija	333,4	781,3	875,5	1049,8	1178,7						1478,3
Industr. vlast. snabd.	212,4	(265,0)	298,2	304,8	273,0	255,8	250,9	271,3	258,7	293,5	280,1
Ukupna industrija	*1253,2*	*1505,7*	*2016,5*	*2280,7*	*2443,4*	*2456,9*	*2585,7*	*2792,5*	*3093,9*	*3148,0*	*4113,4*
Električne željeznice	20,7	53,5	52,3	52,2	61,4	90,8	140,0	169,9	180,2	192.0	226,6
Domaćinstva	409,2	842,6	924,0	1064,3	1175,6	1333,2	1496,8	1637,9	1772,3	1853,3	2060,2
Komunalna potrošnja	165,2	148,8	164,8	150,4	178,0						
Poljoprivreda	9,1	16,0	18,7	20,3	23,0	769,1	911,1	943,3	994,3	1070,6	1025,4
Ostali	67,5	380,5	370,7	305,0	340,6						
Široka potrošnja	651,0	1441,4	1530,5	1592,0	1778,6	2102,3	2407,9	2581,2	2766,6	2923,9	3085,6
Ukupno potrošači	*1924,9*	*2947,1*	*3547,9*	*3872,9*	*4222,0*	*4650,0*	*5133,6*	*5543,6*	*6040,7*	*6263,9*	*7425,6*
Vlastita potrošnja	61,5	76,5	95,9	66,6	96,3	67,6	91,3	157,8	165,6	207,0	202,7
Gubici razvoda	175,9	247,9	289,3	342,6	386,2	425,8	505,9	482,5	487,4	495,0	534,7
Potrošnja u SRH	*2162,3*	*3298,5*	*3933,1*	*4281,1*	*4704,5*	*5143,4*	*5730,8*	*6183,9*	*6693,7*	*6965,9*	*8163,0*
Gubici prijenosa	131,0	487,7*	216,2	208,5	224,7	281,0	269,9	277,5	335,4	310,0	389,4
Raspoloživo bruto	*2293,3*	*3786,2*	*4149,3*	*4490,6*	*4929,2*	*5424,0*	*6000,7*	*6461,4*	*7027,1*	*7275,9*	*8552,4*

Pojedine stavke su djelomično procijenjene. 1965.* u gubitke prijenosa (262,8) uključena prodaja izvan SRH

Tablica 17

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SFRJ 1974.
u GWh [5]

Elementi energetske bilance	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Proizvodnja na generatoru	39 456	7 761[1]	989	6 299[1]	1 491	5 921	16 995
Vlastita potrošnja	1 807	410	6	241	4	341	805
Proizvodnja na pragu elektrane	37 649	7 351	983	6 058	1 487	5 580	16 900
Uvoz	625	—	467	31	7	101	19
Izvoz	625	—	—	4	—	0	621
Primljeno od drugih republika	—	140	429	2 413	1 736	539	93
Prodano drugim republikama	—	2 477	167	53	17	85	2 551
Gubici prijenosa i razvoda	4 253	621	92	917	181	493	1 949
Raspoloživo za potrošnju	33 396	4 393	1 620	7 528	3 032	5 642	11 181
Industrija i rudarstvo	19 697	2 759	1 285	4 189	2 276	3 770	5 418
Rudnici ugljena	518	185	2	49	—	99	183
Cementare	800	—	—	327	134	110	229
Elektrokemija	3 328	255	700	814	28	912	619
Elektrometalurgija	3 676	796	146	316	1 279	499	640
Ostala industrija	11 375	1 523	437	2 683	835	2 150	3 747
Elektroželjeznička vuča	729	94	—	348	5	155	127
Tramvaji i trolejbusi	75	16	—	31	—	—	28
Javni vodovod	382	29	—	133	5	35	160
Javno osvjetljenje	321	28	10	99	17	33	134
Domaćinstva	9 431	1 157	213	2 061	614	1 128	4 258
Poslovne i društvene prostorije	948	100	55	330	50	89	324
Motori i aparati	1 541	120	25	323	61	361	651
Poljoprivreda, ukupno	272	90	12	14	4	71	81
Melioracije	26	4	—	2	4	5	11
Poljoprivredni motori	85	0	10	7	0	13	55
Ostalo	161	86	2	6	—	53	14

[1] Kod SR Bosne i Hercegovine uključeno 78% proizvodnje HE »Trebišnjica« a kod SR Hrvatske 22%.

Tablica 18

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U INDUSTRIJI SR HRVATSKE PREMA TEHNOLOŠKOJ NAMJENI[1]
u MWh [3]

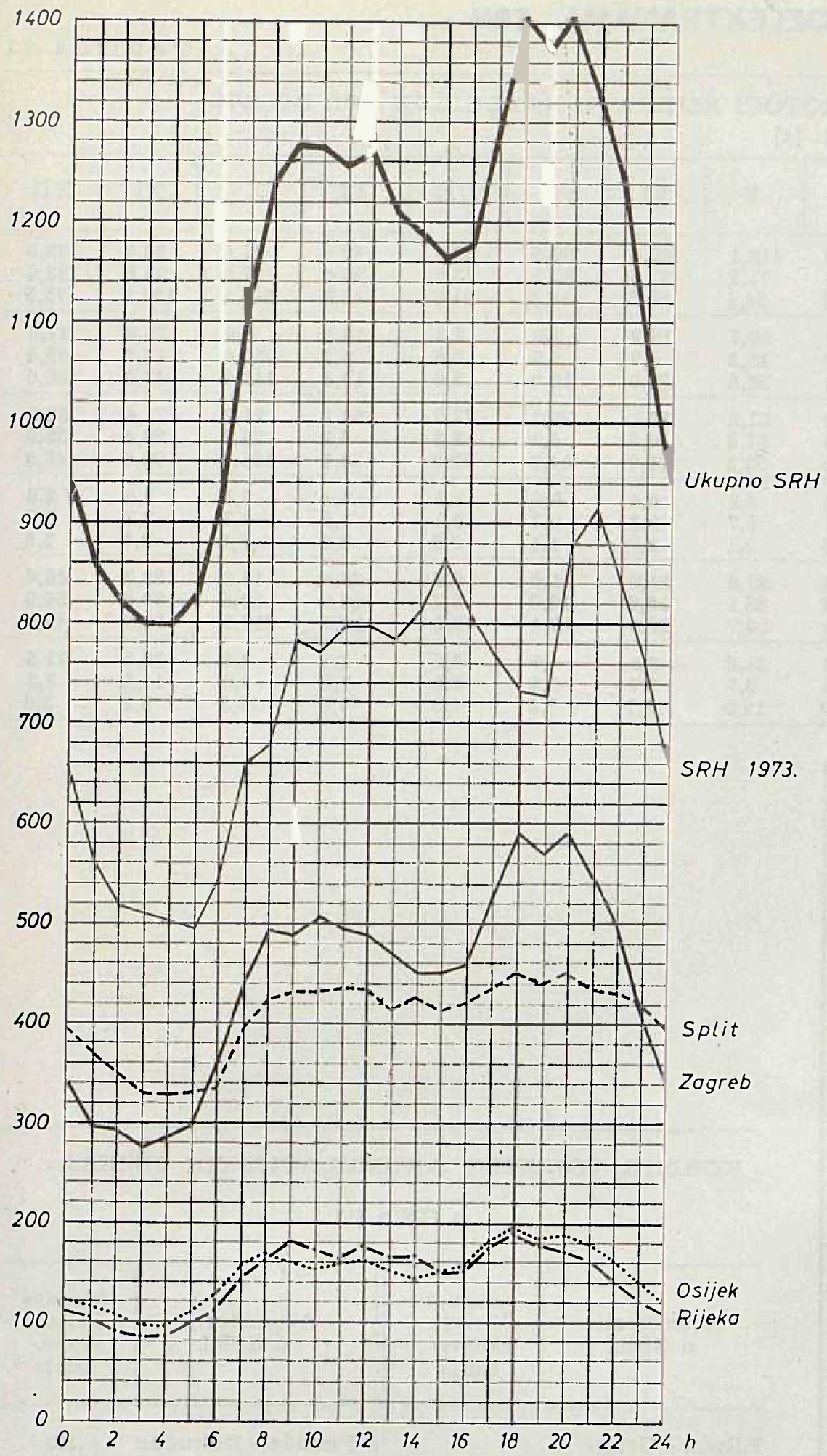
Godina	Ukupno	Za termičke svrhe	Za elektrolizu i galvanizaciju	Za elektromotore	Ostalo
1960.*	1 264 000	. . .	. . .	. . .	. . .
1961.*	1 385 000	. . .	. . .	. . .	. . .
1962.	1 473 000	288 000	239 000	870 000	. . .
1963.	1 706 000	362 000	249 000	1 011 000	. . .
1964.	1 848 000	387 000	161 000	1 199 000	. . .
1965.	1 954 747	401 992	153 412	1 284 849	114 494
1966.*	2 054 000	. . .	. . .	. . .	. . .
1967.	2 119 000	509 000	180 000	1 304 000	125 000
1968.	2 311 000	541 000	176 000	1 460 000	126 000
1969.	2 577 000	550 918	173 758	1 712 317	140 406
1970.	2 664 822	549 581	168 445	1 974 232	152 564
1971.	2 863 931	527 470	149 192	1 997 043	190 226
1972.	3 098 550	583 832	143 812	2 158 955	211 951
Ukupno 1973.	3 180 771	419 094	194 502	2 315 485	251 690
Elektroenergija	213 329	3 157	—	183 075	27 097
Ugljen i prerađevine	45 644	333	—	44 695	616
Nafta i prerađevine	226 972	2 657	320	208 492	15 503
Crna metalurgija	213 813	70 470	—	118 660	24 683
Obojena metalurgija	283 114	ć35 877	134 204	108 914	4 119
Nemetali	98 556	37 682	31	50 035	10 808
Metalna industrija	184 511	49 024	6 547	114 073	14 867
Brodogradnja	94 786	5 207	—	75 799	13 780
Elektroindustrija	49 050	10 591	2 643	29 883	5 933
Kemijska industrija	640 230	177 935	48 643	389 405	24 247
Građevni materijal	311 769	2 824	—	285 126	23 819
Drvna industrija	106 590	1 552	8	96 165	8 865
Industrija papira	129 687	170	—	120 143	9 374
Tekstilna industrija	235 222	5 248	—	204 622	25 352
Industrija kože i obuće	24 147	1 716	—	19 937	2 494
Industrija gume	47 196	2 317	100	31 333	13 446
Prehrambena industrija	243 523	10 133	1 492	211 227	20 671
Grafička industrija	21 420	1 597	131	15 452	4 240
Industrija duhana	5 810	208	—	4 610	992
Filmska industrija	524	39	—	258	227
Rudarska industrija	1 277	—	—	1 044	233
Ostala industrija	3 601	357	383	2 537	324

[1] Izvjesna manja odstupanja od podataka objavljenih u ostalim tablicama posljedica su drugog izvora podataka, kao i činjenice da je raspored potrošnje električne energije po tehnološkoj namjeni najčešće dobiven na temelju procjene stručnjaka u poduzeću.
* Podaci iz obrasca Ind - 1, SGH 1971—1975.

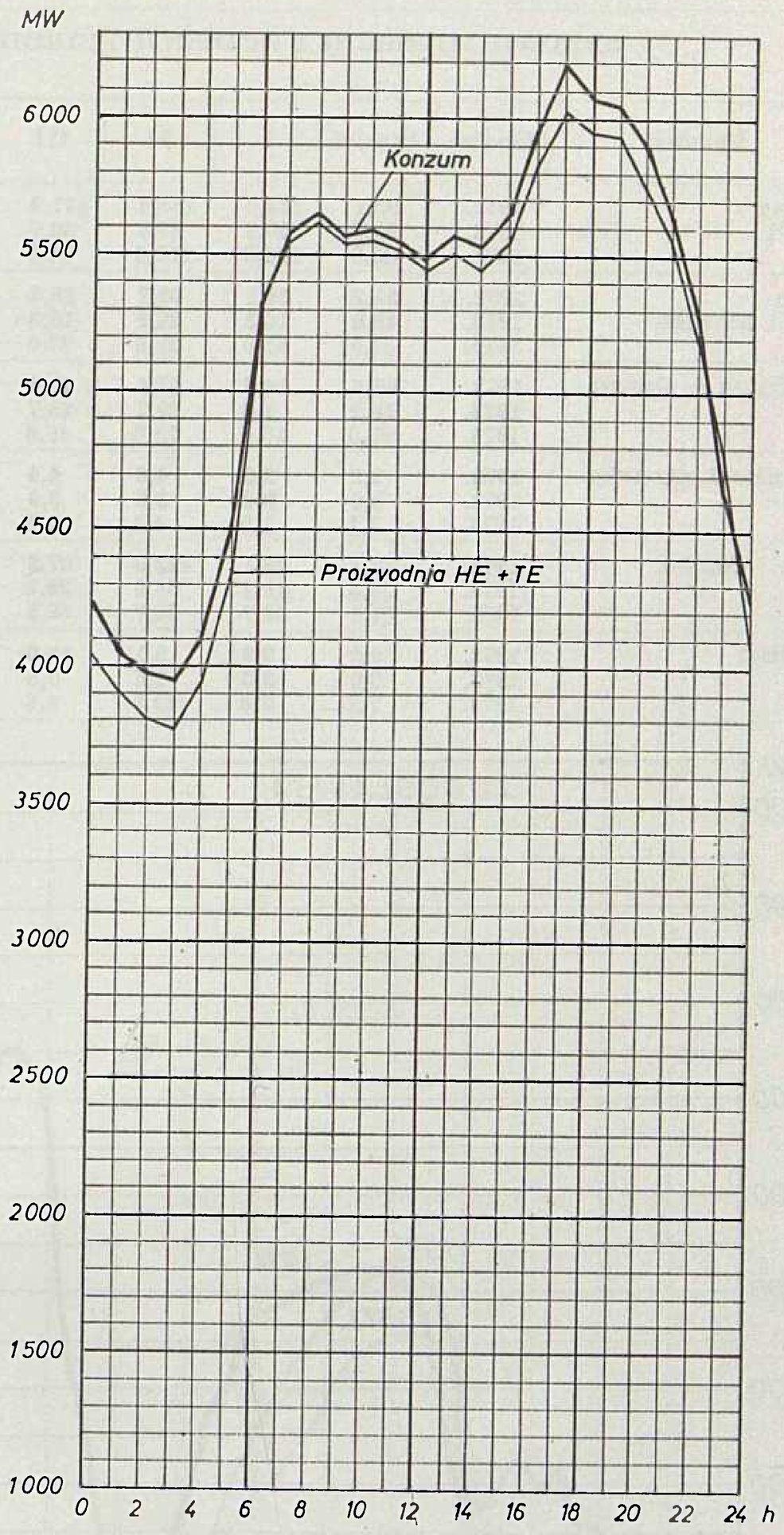
Tablica 19

RAZVOJ NETO SPECIFIČNE PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE SR HRVATSKE
[1]

Godina	Stanovništvo × 1000	Neto proizvodnja GWh	Specifična proizvodnja kWh/stanovnik	Ukupna potrošnja GWh	Specifična potrošnja kWh/stanovnik	Potrošnja domaćinstava GWh	Elektroenergetski standard kWh/stanovnik
1939.	4 062	432	106	422	104	. . .	. . .
1945.	3 674*	224	61	255	69	41	11
1946.	3 722*	273	73	342	92	50	14
1947.	3 758	379	101	435	116	58	16
1948.	3 780	497	131	565	149	66	17
1949.	3 820	524	137	627	164	70	18
1950.	3 851	556	144	669	174	83	22
1951.	3 882	591	152	732	188	90	23
1952.	3 913	623	159	741	189	73	19
1953.	3 946	716	181	783	198	92	23
1954.	3 978	810	204	844	212	131	33
1955.	4 013	1 025	255	1 076	268	165	41
1956.	4 040	1 007	249	1 180	292	227	56
1957.	4 067	1 076	264	1 404	345	281	60
1958.	4 089	1 169	286	1 577	384	376	90
1959.	4 115	1 392	338	1 767	429	426	104
1960.	4 140	1 671	404	1 943	469	409	99
1961.	4 169	1 555	373	2 132	511	457	110
1962.	4 198	2 334	555	2 380	567	554	132
1963.	4 229	2 948	697	2 853	677	689	163
1964.	4 252	2 793	657	2 903	683	768	183
1965.	4 281	3 308	772	3 204	749	813	190
1966.	4 312	3 903	906	3 508	814	924	214
1967.	4 430	3 861	889	3 783	872	1 064	246
1968.	4 364	3 996	917	4 200	964	1 187	271
1969.	4 406	4 447	1 009	4 650	1 055	1 333	302
1970.	4 411	4 572	1 036	5 134	1 164	1 497	339
1971.	4 376	4 767	1 089	5 543	1 266	1 638	377
1972.	4 450	5 319	1 195	6 041	1 357	1 770	398
1973.	4 469	5 096	1 140	6 330	1 416	1 938	434
1974.	4 479	6 078	1 360	7 426	1 660	2 060	460



Sl. 7. Dnevni dijagram opterećenja za SRH, Srijeda 18. 12. 1974.



Sl. 8. Dnevni dijagram opterećenja za SFRJ, Srijeda 18. 12. 1974.

Tablica 20

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI u GWh [5]

	1960.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.
Proizvodnja na generatoru	8 962	15 523	17 174	18 701	20 641	23 374	26 023	29509	33 231	35 062	39 456
Potrošnja u elektranama	317	643	767	873	876	925	1 256	1 484	1 435	1 746	1 807
Proizvodnja na pragu elektrana	8 645	14 880	16 406	17 828	19 774	22 249	24 767	28 025	31 796	33 416	37 649
U v o z[1]	30	498	246	329	439	349	361	104	227	304	625
I z v o z[2]	123	104	96	189	145	91	152	266	905	353	625
Gubici prijenosa i razvoda	1 221	2 016	2 083	2 135	2 282	2 699	2980	3 220	3 613	3 753	4 253
Raspoloživo za potrošnju	7 330	13 528	14 472	15 833	17 786	20 012	21 966	24 643	27 555	29 514	33 396
Domaćinstva (osvjetljenje i aparati)	1 271	2 876	3 289	3 898	4 559	5 267	6 082	6 911	7 674	8 621	9 431
Poslovne i društvene prostorije	259	620	587	496	549	753	968	871	903	1 129	948
Motori i aparati ostalih potrošača	266	544	611	546	497	798	928	1 083	1 211	1 435	1 541
Javna rasvjeta	79	158	176	192	193	229	242	279	297	322	321
Vodovod	121	187	197	211	234	250	273	310	366	347	382
Tramvaji i trolejbusi	56	75	81	89	91	83	80	73	77	69	75
Elektroželjeznička vuča	34	103	119	128	159	170	301	460	591	648	729
Industrija	5 245	8 612	9 333	10 183	11 384	12 325	12 954	14 355	16 161	16 639	19 697
Od toga elektrometalurgija i elektrokemija	(1 862)	3 361	3 653	4 008	4 575	5 181	5 259	5 799	5 843	6 223	7 004
Poljoprivreda	—	83	79	89	120	137	168	301	275	304	272

[1] Podaci o uvozu i izvozu za 1973. i 1974. godinu uzeti su od statistike vanjske trgovine SZS, dok su podaci za prethodne godine korišteni od Zajednice jugoslovenske elektroprivrede.

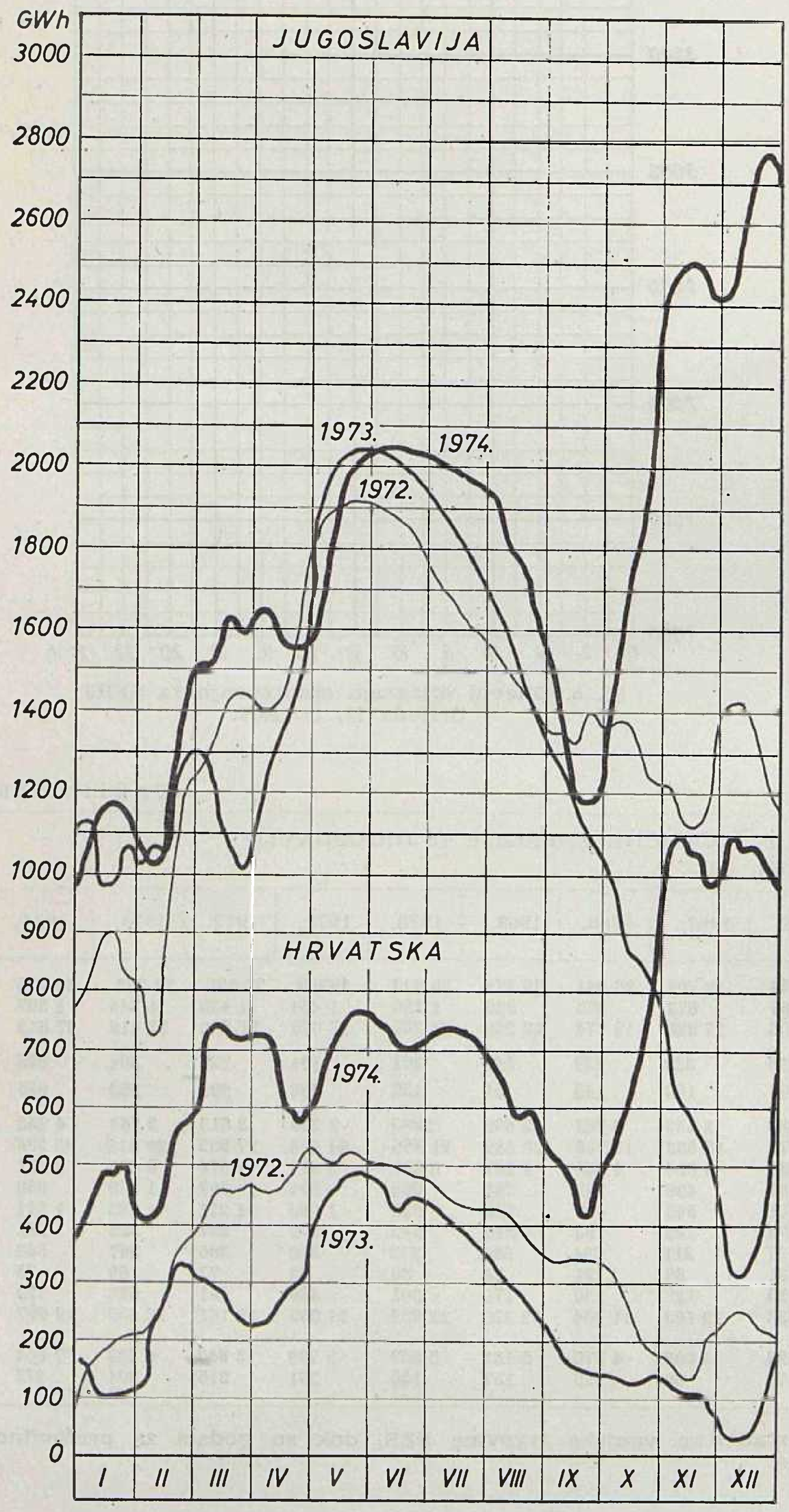
[2] Potrošnja za poljoprivredne motore i melioracije.

PROTOCI U HIDROELEKTRANAMA SRH

Tablica 21

SREDNJI MJESEČNI I GODIŠNJI PRIRODNI PROTOCI RIJEKA, U RAZDOBLJU 1971. DO 1974.
m^3/sek. [1]

Vodotok	Godina	Prosjek	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Cetina profil	1972.	95,1	182,5	181,4	141,9	163,9	113,1	49,6	39,5	38,0	42,6	27,4	88,3	72,8
	1973.	53,5	56,3	87,4	50,7	89,4	71,2	37,5	26,3	23,0	25,6	27,6	23,5	123,4
	1974.	99,0	126,0	110,8	95,9	55,8	84,4	58,2	43,2	21,7	45,5	346,2	126,1	75,5
Krka profil Mataše	1972.	21,2	34,1	33,7	28,5	28,7	29,7	16,2	9,9	9,3	12,9	9,9	25,0	17,0
	1973.	18,0	16,3	26,9	15,3	25,0	18,3	9,7	6,9	5,6	5,7	10,0	12,2	45,4
	1974.	33,9	41,0	27,8	27,0	18,0	28,6	31,0	18,0	8,8	19,4	112,9	47,0	28,0
Mrežnica + Dobra	1972.	47,6	14,6	57,4	42,4	109,0	81,2	17,1	27,2	27,5	50,1	21,2	71,4	52,5
	1973.	18,1	7,3	29,5	20,7	48,5	11,8	6,9	4,2	2,3	6,1	24,3	20,4	35,5
	1974.	41,6	19,5	23,6	40,6	23,9	50,3	27,2	14,9	22,0	28,1	126,6	72,6	48,5
Ličanka-Lokvarka Križ	1972.	3,2	2,2	4,6	4,4	4,5	4,2	0,4	0,6	1,5	2,4	2,0	9,0	2,6
	1973.	2,0	2,0	2,8	0,9	3,1	0,7	2,3	0,3	0,1	1,8	2,7	3,7	3,7
	1974.	3,1	1,9	4,4	1,6	2,5	5,1	2,7	1,1	0,5	2,4	8,1	3,4	2,9
Lika i Gacka	1972.	47,1	39,1	123,8	67,2	49,4	97,0	24,8	11,0	9,6	35,5	14,8	52,0	40,6
	1973.	26,3	19,3	56,9	25,2	54,3	25,1	16,6	10,3	6,7	58,0	19,5	20,6	54,9
	1974.	51,1	44,7	55,7	39,9	27,5	50,7	22,5	12,4	8,3	18,9	227,5	64,5	40,9
Rječina	1972.	9,2	3,9	5,1	11,0	12,8	21,6	2,1	1,7	2,2	3,1	4,3	30,5	11,5
	1973.	6,0	3,3	2,6	0,8	8,3	6,7	1,7	1,5	0,2	7,6	9,8	14,5	8,5
	1974.	7,7	3,8	12,9	4,6	5,9	12,3	6,7	3,4	0,9	5,1	24,3	9,2	3,6

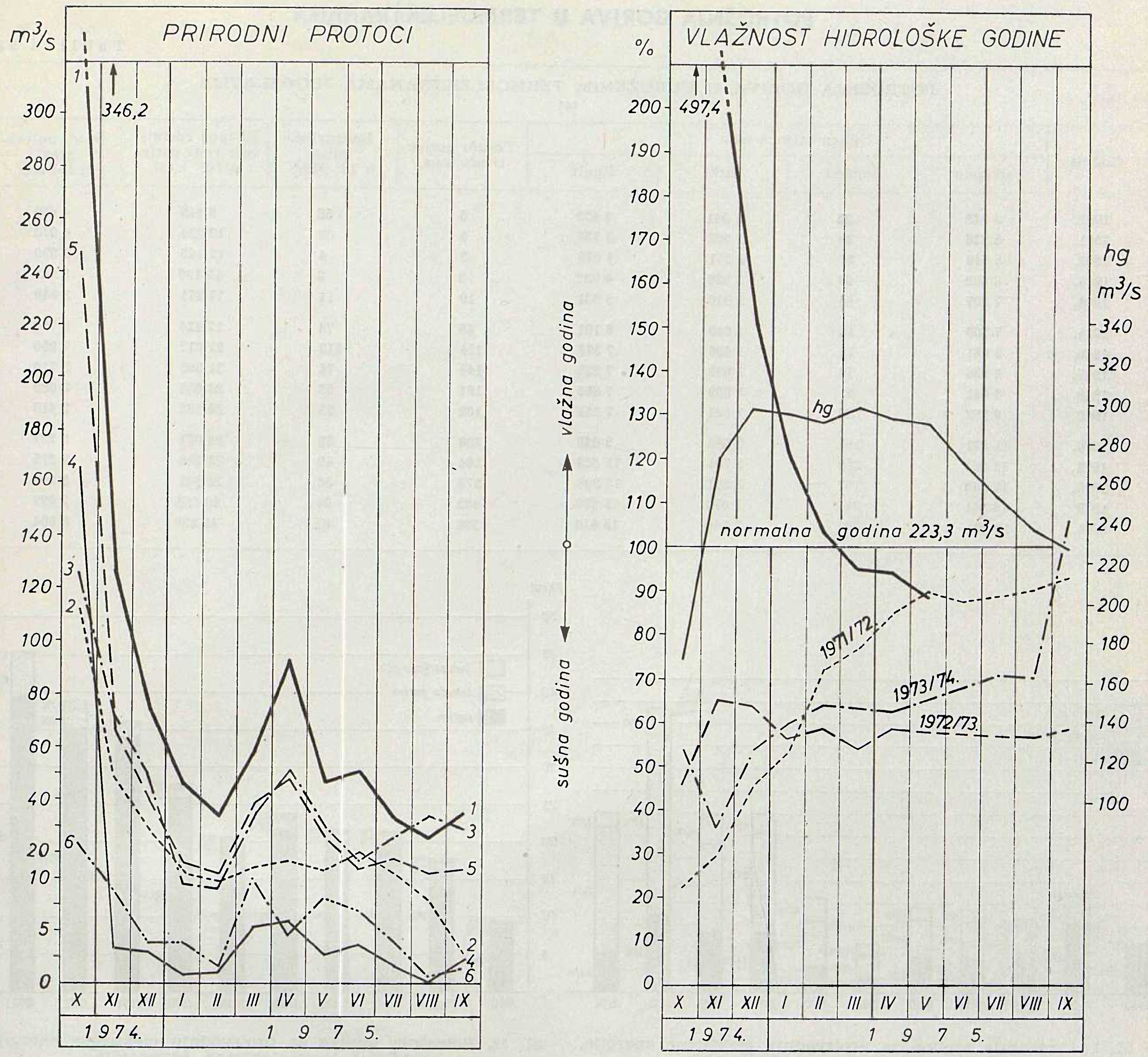


KORISNI VOLUMEN AKUMULACIJSKIH JEZERA

u GWh [1]

Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija	Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija
Bileća - Grančarevo	1 013	Peruća - Zakučac	352
Mavrovo	365	Senj - Kruščica	140
Bistrica - Kokin Brod	201	Vinodol	44
Rama	420	Buško Blato	1 168
Vlasina	178	Ukupno SRH	1 326
Slano	138		
Jablanica	60		
Perućica - Krupac	52		
Tikveš	50		
Špilje	40		
SFRJ - bez SRH	2 517	*Svega SFRJ*	4 221

Sl. 9. Kretanje akumulacija u SRH i SFRJ



Sl. 10. Hidraulicitet vodotoka u hidrološkoj godini 1974/75: 1 Cetina, 2 Krka, 3 Dobra — Mrežnica, 4 Ličanka — Lokvarka — Križ, 5 Lika — Gacka, 6 Rječina.

Vlažnost / Vodotok	Hidrološke godine 1973/74			Hidrološke godine 1974/75		
	Zimsko razdoblje %	Ljetno razdoblje %	Godišnje razdoblje %	Zimsko razdoblje %	Ljetno razdoblje %	Godišnje razdoblje %
Cetina	59,1	72,0	62,9	80,5	64,8	75,2
Krka	91,8	90,0	97,5	140,8	76,1	89,8
Dobra-Mrežnica	51,6	129,7	114,6	121,8	139,2	127,7
Ličanka-Lokvarka	54,7	103,2	109,2	68,5	104,0	80,0
Lika-Gacka	63,3	43,0	124,2	112,2	86,9	104,8
Rječina	80,2	64,3	72,3	86,8	42,6	65,5
Ukupno	64,1	84,8	104,9	95,0	79,7	89,8

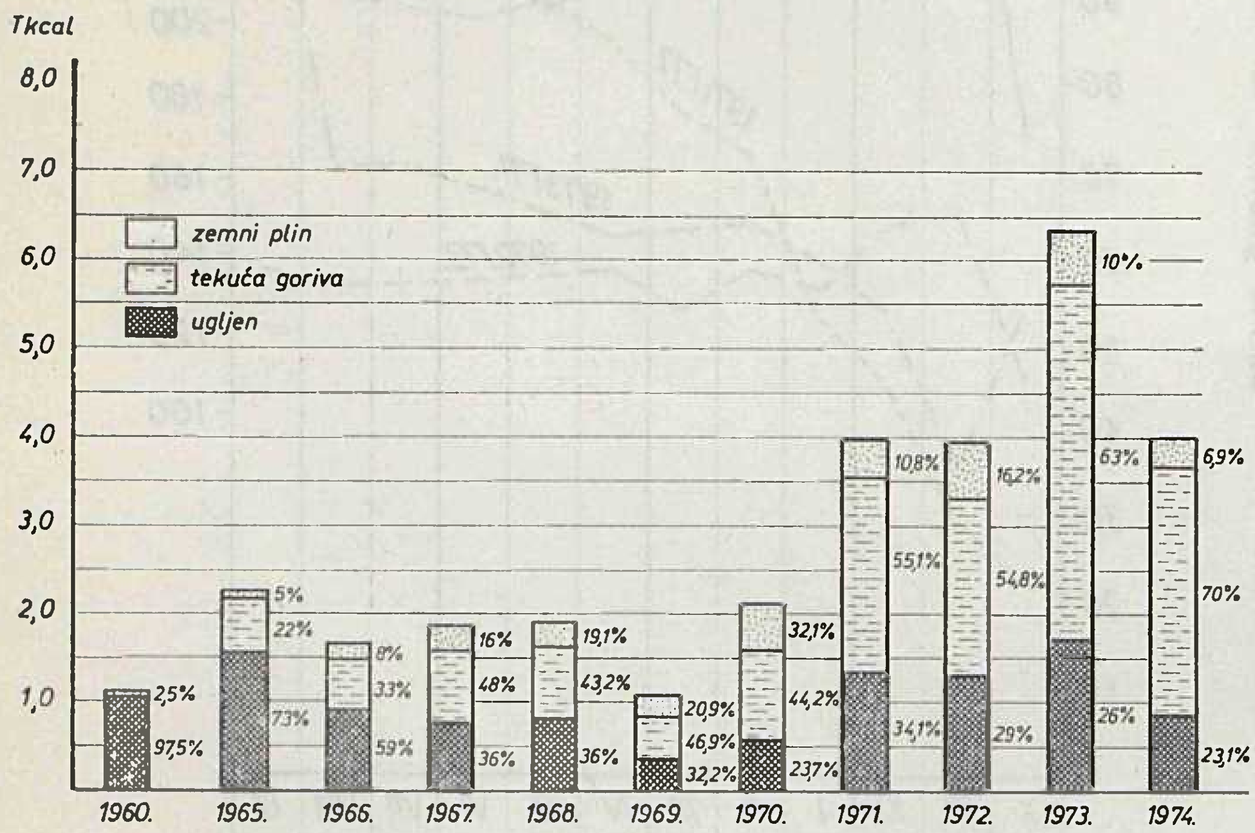
Vlažnost se računa u postocima prosječnog hidraulicitetа, a ovaj je određen mjerenjem vodnih količina kroz 30 godina. Vlažnost se ustanovljuje za hidrološku godinu od 1. X do 30. IX iduće godine svakog mjeseca kumulativno od početka X mjeseca do razmatranog mjeseca.

POTROŠNJA GORIVA U TERMOELEKTRANAMA

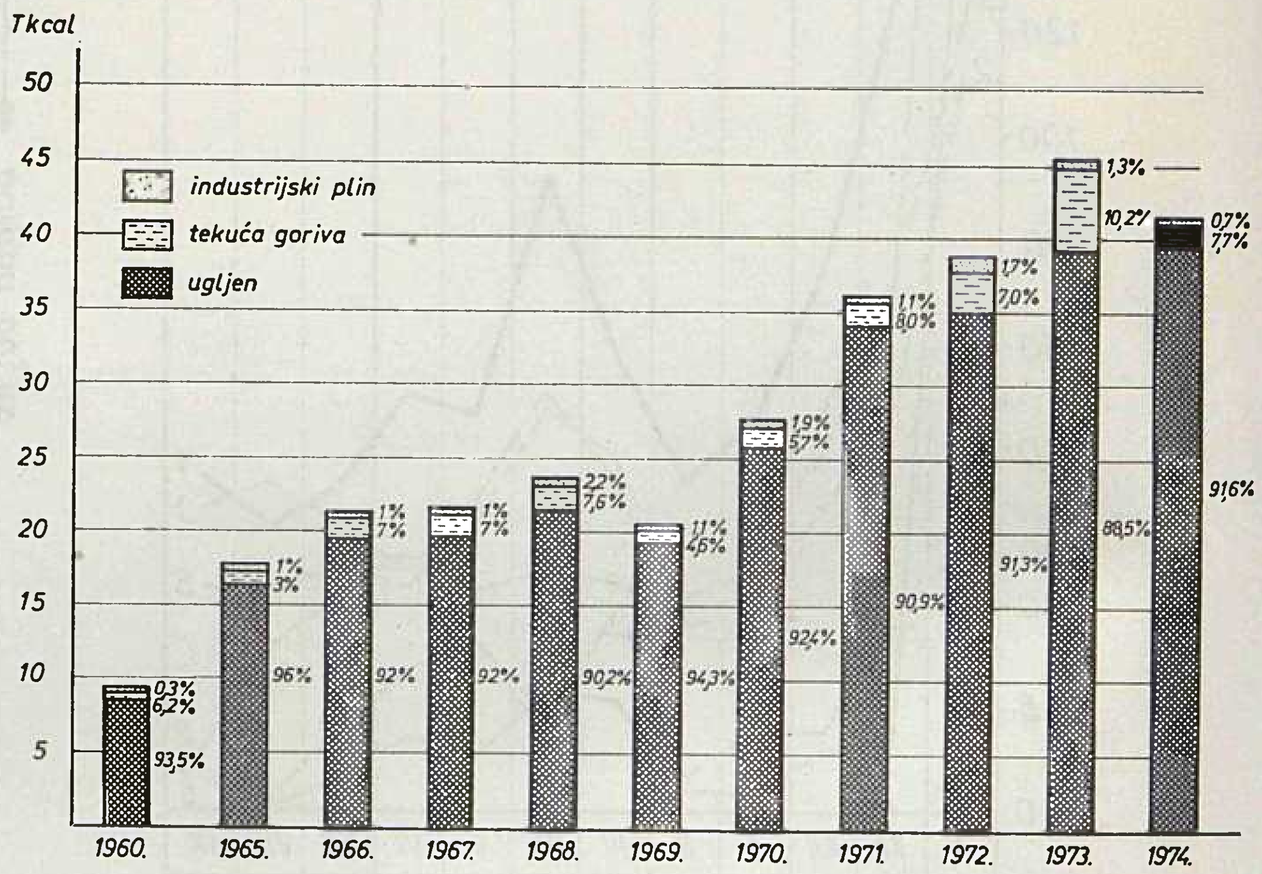
Tablica 22

POTROŠNJA GORIVA U UDRUŽENIM TERMOELEKTRANAMA JUGOSLAVIJE
[4]

Godina	Ugljen - tisuća tona				Tekuća goriva tisuća tona	Industrijski plin u 10^6 Nm^3	Ukupna energija svih vrsta goriva u 10^9 k cal	Spec. potroš. prag kcal/kWh
	ukupno	kameni	mrki	lignit				
1960.	3 529	35	1 041	2 452	5	58	8 145	4 680
1961.	5 326	29	1 562	3 735	3	69	12 034	4 070
1962.	5 649	26	1 551	4 070	3	4	12 189	3 920
1963.	6 882	23	1 936	4 922	3	3	15 196	3 740
1964.	7 887	44	1 910	5 931	10	11	17 871	3 840
1965.	7 769	18	1 649	6 101	49	74	17 424	3 780
1966.	9 081	11	1 496	7 573	154	112	21 017	4 050
1967.	8 936	13	1 692	7 229	148	76	21 595	3 710
1968.	9 641	51	1 899	7 690	184	53	23 656	3 680
1969.	9 192	26	1 821	7 344	102	35	20 886	3 410
1970.	11 821	192	2 580	9 048	203	68	28 031	3 237
1971.	14 921	250	2 781	11 889	284	49	35 258	3 275
1972.	16 046	197	2 541	13 308	273	66	38 591	3 243
1973.	18 941	311	3 070	15 559	482	64	46 668	3 097
1974.	19 231	281	3 040	15 910	394	62	45 399	3 004



Sl. 11. Potrošnja topline za proizvodnju električne energije, udruženih termoelektrana SR Hrvatske

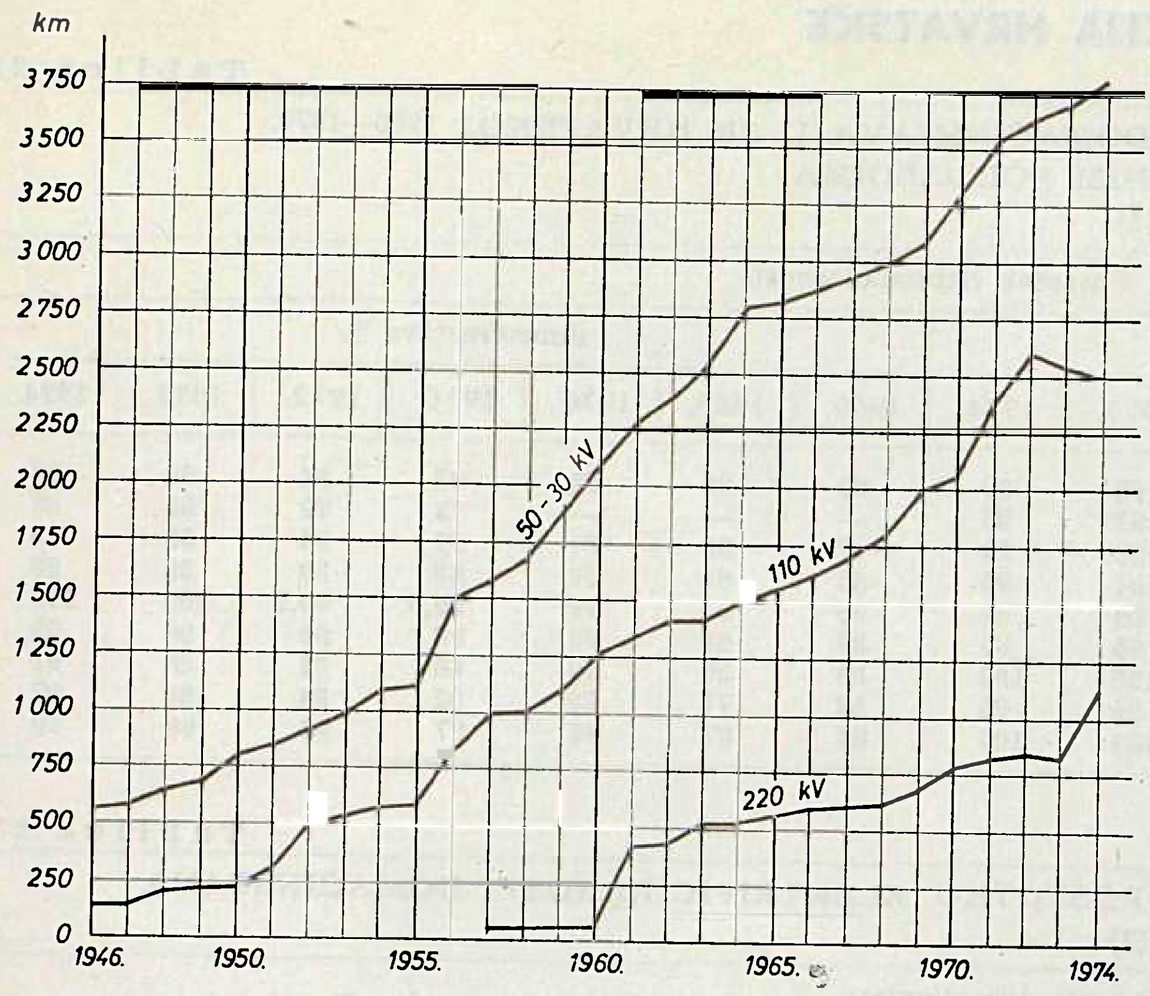


Sl. 12. Potrošnja topline za proizvodnju električne energije udruženih termoelektrana Jugoslavije

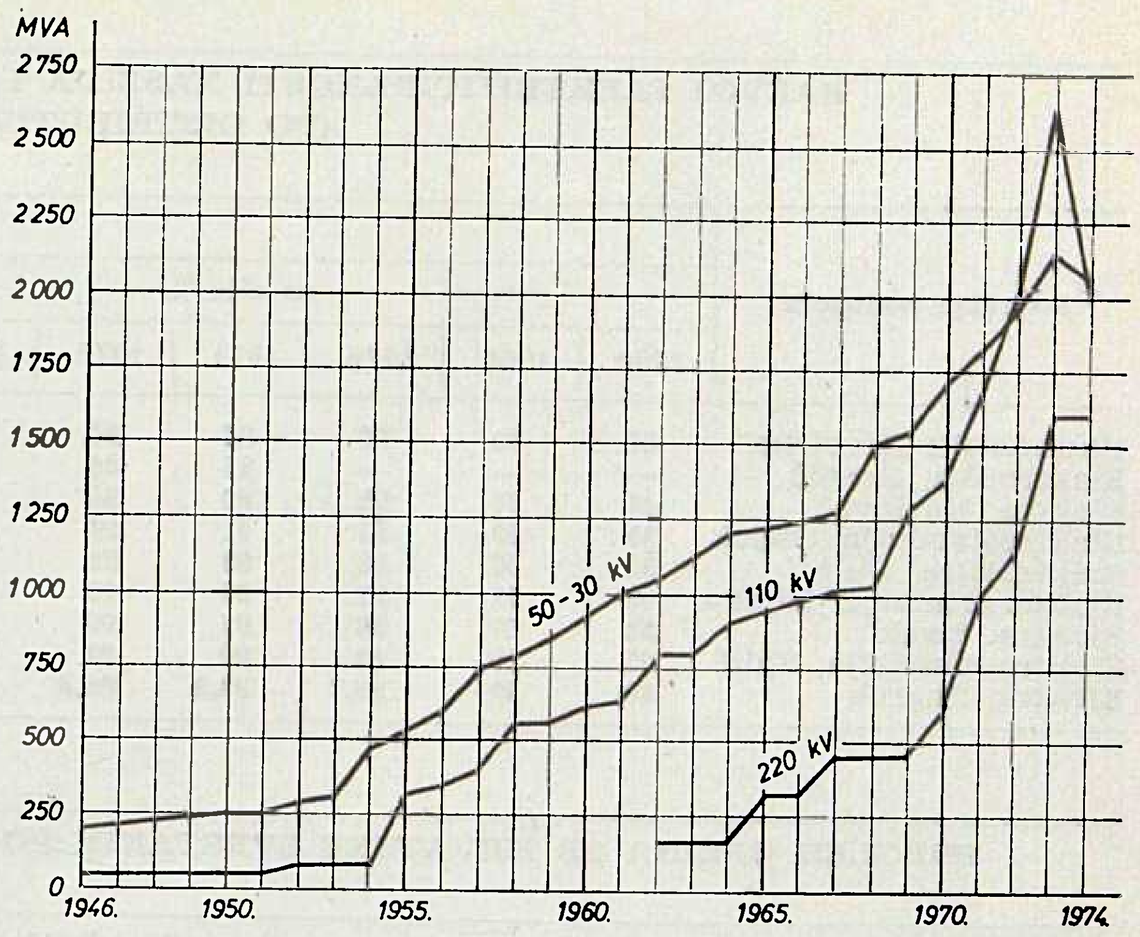
Tablica 23

POTROŠNJA GORIVA U UDRUŽENIM TERMOELEKTRANAMA HRVATSKE
[2]

Godina	Ugljen - tisuće tona				Tekuća goriva tisuća tona	Prirodni plin u 10^6 Nm^3	Ukupna energija svih vrsta goriva u 10^9 k cal	Spec. potroš prag kcal/kWh
	ukupno	kameni	mrki	lignit				
1960.	457	34	32	391	3	—	1 066	5 290
1961.	496	29	17	450	2	—	1 063	4 870
1962.	395	17	—	378	1	—	856	4 940
1963.	915	24	8	883	2	3	2 109	4 213
1964.	800	31	—	769	8	11	2 151	4 286
1965.	689	18	8	663	47	11	2 168	3 591
1966.	423	12	—	411	55	13	1 616	3 992
1967.	301	13	3	285	91	30	1 844	4 290
1968.	270	13	—	257	82	36	1 806	4 090
1969.	149	6	—	143	52	23	1 051	4 451
1970.	167	91	—	76	97	52	2 120	3 272
1971.	280	200	—	80	221	44	3 906	2 978
1972.	246	170	—	76	221	66	3 945	2 849
1973.	358	254	—	103	407	65	6 279	2 850
1974.	178	152	—	26	396	19	4 706	2 860



Sl. 13. Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Hrvatske



Sl. 14. Instalirana snaga transformatora u elektroprivredi Hrvatske

Tablica 24

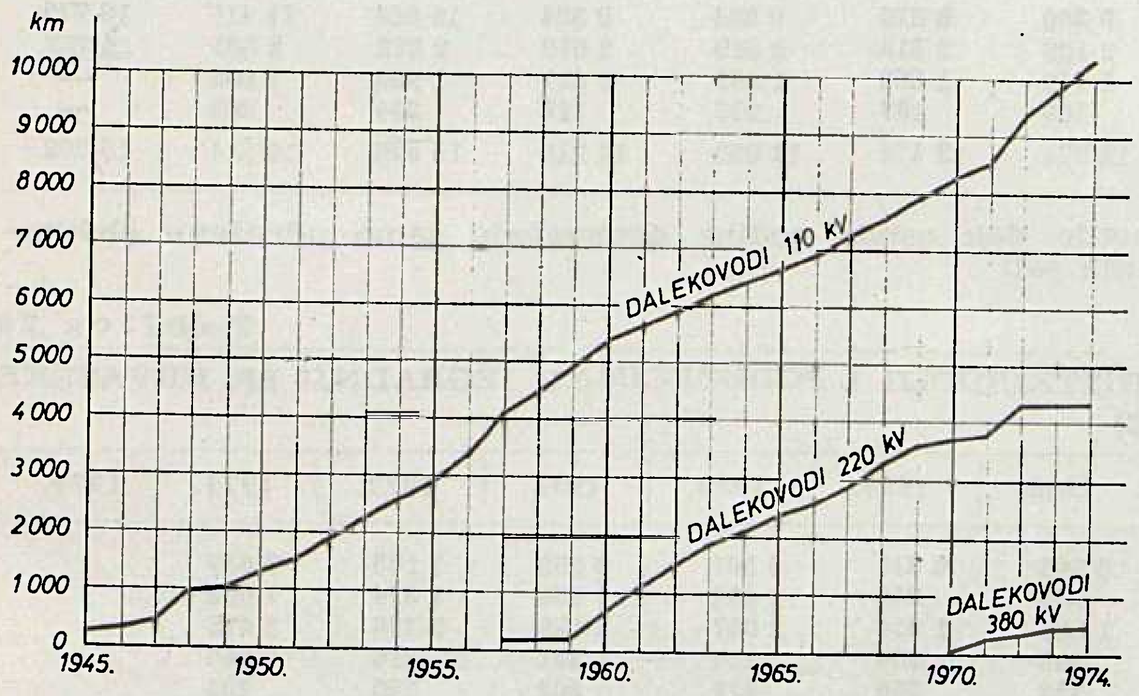
RAZVOJ PRIJENOSNE MREŽE HRVATSKE
[1] [2]*

Godina	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	220 kV	110 kV	30-50kV	220 kV	110 kV	30-50 kV
1955.	—	623	1 136	—	358	502
1960.	50	1 248	2 137	—	630	908
1961.	403	1 315	2 366	—	660	1 003
1962.	436	1 416	2 431	150	770	1 051
1963.	512	1 416	2 588	150	770	1 128
1964.	512	1 508	2 845	150	861	1 190
1965.	578	1 574	2 863	300	923	1 201
1966.	621	1 603	2 933	300	904	1 229
1967.	621	1 708	3 018	450	1 004	1 274
1968.	661	1 818	3 027	450	1 013	1 511
1969.	736	2 009	3 137	450	1 301	1 574
1970.	834	2 047	3 305	600	1 387	1 732
1971.	866	2 410	3 547	1 000	1 847	1 851
1972.	892	2 607	3 613	1 150	2 272	1 993
1973.	864	2 587	3 631	1 600	2 604	2 165
1974.*	1 158	2 533	3 799	1 600	2 060	2 090

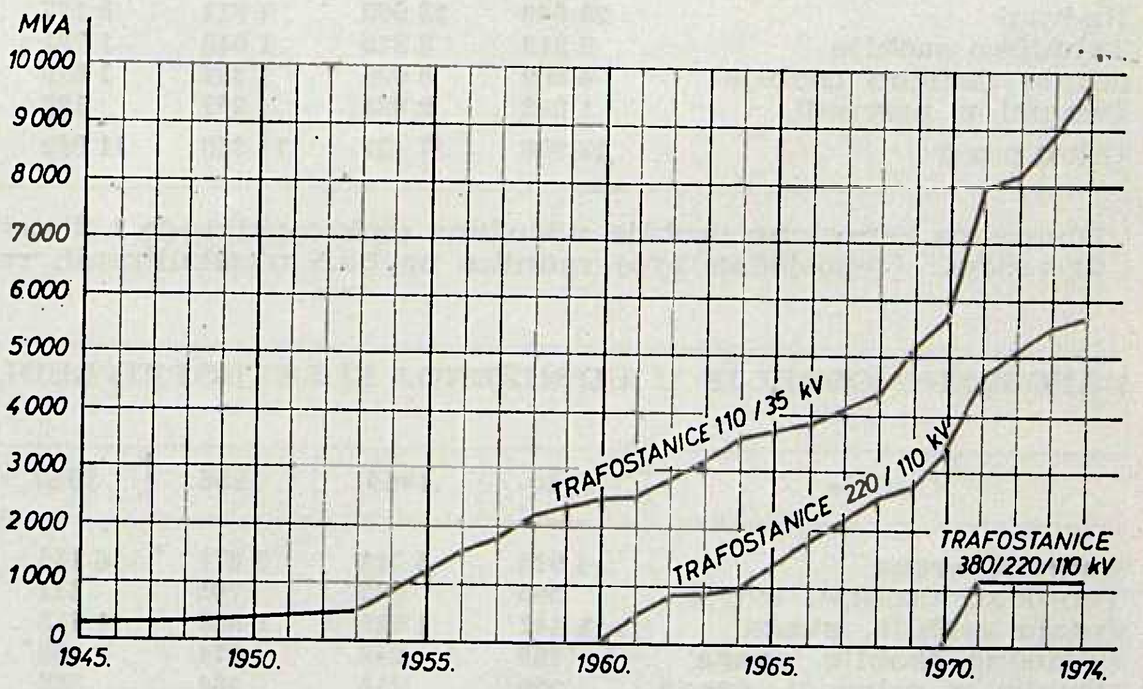
Tablica 25

RAZVOJ PRIJENOSNE MREŽE JUGOSLAVIJE
[4]

Godina	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	380 kV	220 kV	110 kV	380 kV	220 kV	110 kV
1955.	—	—	2 884	—	—	1 070
1960.	—	409	5 428	—	150	2 361
1961.	—	1 042	5 576	—	220	2 381
1962.	—	1 301	5 809	—	600	2 849
1963.	—	1 547	6 064	—	600	3 015
1964.	—	1 384	6 388	—	600	3 550
1965.	—	2 290	6 550	—	1 300	3 691
1966.	—	2 418	6 783	—	1 600	3 798
1967.	—	2 693	7 173	—	1 900	4 120
1968.	—	3 151	7 560	—	2 350	4 390
1969.	—	3 366	8 039	—	2 500	5 095
1970.	203	3 691	8 291	800	2 800	5 683
1971.	286	3 969	8 899	1 100	4 550	7 815
1972.	372	4 255	9 899	1 100	4 900	8 263
1973.	471	4 336	9 879	1 100	5 450	8 684
1974.	471	4 338	10 360	1 100	5 750	9 803



Sl. 15 Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Jugoslavije



Sl. 16. Instalirana snaga transformatora u elektroprivredi Jugoslavije

ELEKTRIFIKACIJA HRVATSKE

Tablica 26

RAZVOJ ELEKTRIFICIRANOSTI NASELJA I DOMAĆINSTAVA U SR HRVATSKOJ 1960—1974.
(PO DISTRIBUTIVNIM PODUZEĆIMA)
[1]

Područje poduzeća	Postotak elektrificiranosti													
	naselja %							domačinstava %						
	1960.	1965.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1960.	1965.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.
Ukupno SR Hrvatska	57	80	95	96	96	98	99	63	81	92	93	94	94	96
Elektrolika, Gospić	—	—	—	85	86	93	96	—	—	—	73	79	81	85
Elektra, Karlovac	47	67	92	98	98	99	99	47	63	84	94	94	96	99
Elektroslavonija, Osijek	39	69	91	91	94	94	95	55	64	82	83	89	89	89
Elektroistra, Pula	53	86	98	98	98	99	99	85	95	99	99,5	99,5	100	100
Elektroprimorje, Rijeka	66	72	93	93	93	95	95	83	94	98	98	99	99	99
Elektra, Sisak	32	67	96	97	99	100	100	39	56	79	80	85	88	91
Elektrodalmacija, Split	37	65	88	90	92	95	95	58	71	89	92	94	96	97
Elektra, Zagreb	89	93	99,7	99,8	99,8	100	100	84	87	96	97	98	98	99

Tablica 27

PREGLED OPĆINA SR HRVATSKE SVRSTANIH PO POSTOTKU ELEKTRIFICIRANOSTI DOMAĆINSTAVA
[1]

Postotak elektrificiranosti domaćinstava							
0 – 85 %		86 – 90%		91 – 98%		99 – 100%	
Obrovac	41	Donji Lapac	86	Sisak	91	Bjelovar	Makarska
Gračac	70	Benkovac	86	Kostajnica	91	Brač	Novigrad
Slunj	71	Vinkovci	86	Otočac	91	Buzet	Omiš
Senj	73	Slav. Brod	87	Nova Gradiška	91	Crikvenica	Opatija
Beli Manastir	77	Knin	87	Petrinja	94	Daruvar	Pag
Vrgin Most	80	Titova Korenica	88	Sinj	93	Delnice	Pazin
Đakovo	82	Slav. Orahovica	88	Donji Miholjac	92	Donja Stubica	Ploče
Pod. Slatina	83	Slav. Požega	89	Metković	94	Dubrovnik	Poreč
Županja	83	Drniš	89	Vrgorac	94	Dugo Selo	Pula
Gospić	85	Valpovo	90	Novska	95	Duga Resa	Rab
Ntšice	85	Dvor	90	Ozalj	95	Čabar	Rijeka
		Virovitica	90	Osijek	96	Čakovec	Rovinj
				Grubišno polje	98	Đurđevac	Samobor
				Kutina	97	Garešnica	Sesvete
				Vojnić	97	Hvar	Split
				Biograd	96	Imotski	Šibenik
				Vukovar	97	Jastrebarsko	Umag
				Buje	98	Karlovac	Velika Gorica
				Ivanić-Grad	98	Klanjec	Vrbovec
				Ivanec	98	Korčula	Vrbovsko
				Mali Lošinj	96	Krapina	Zadar
				Pakrac	96	Križevci	Zabok
				Varaždin	97	Krk	Zagreb
				Vis	96	Labin	Zaprešić
				Koprivnica	98	Lastovo	Zelina
				Novi Marof	97	Ludbreg	Zlatar Bistrica
				Ogulin	98		
				Trogir	98		
				Čazma	98		
				Glina	98		

ZAPOSLENO OSOBLJE U ELEKTROPRIVREDI

Tablica 28

ZAPOSLENO OSOBLJE U UDRUŽENOJ ELEKTROPRIVREDI I DISTRIBUCIJI JUGOSLAVIJE
[4]

Osoblje	1960.	1965.[1]	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971	1972.	1973.	1974[2].
Radnici	20 049	23 969	7 811	8 177	8 350	8 810	9 364	9 364	10 904	11 416	10 775
Tehničko osoblje	2 219	3 375	1 610	1 781	2 109	2 315	2 519	2 619	2 678	2 801	4 787
Ostalo stručno osoblje	6 869	8 039	1 532	1 819	1 749	1 862	1 961	2 011	1 990	2 032	—
Učenici u privredi	1 242	2 038	257	185	166	187	216	216	254	265	—
Ukupno	28 906	37 421	11 210	11 962	12 374	13 174	14 060	14 210	15 826	16 514	15 562

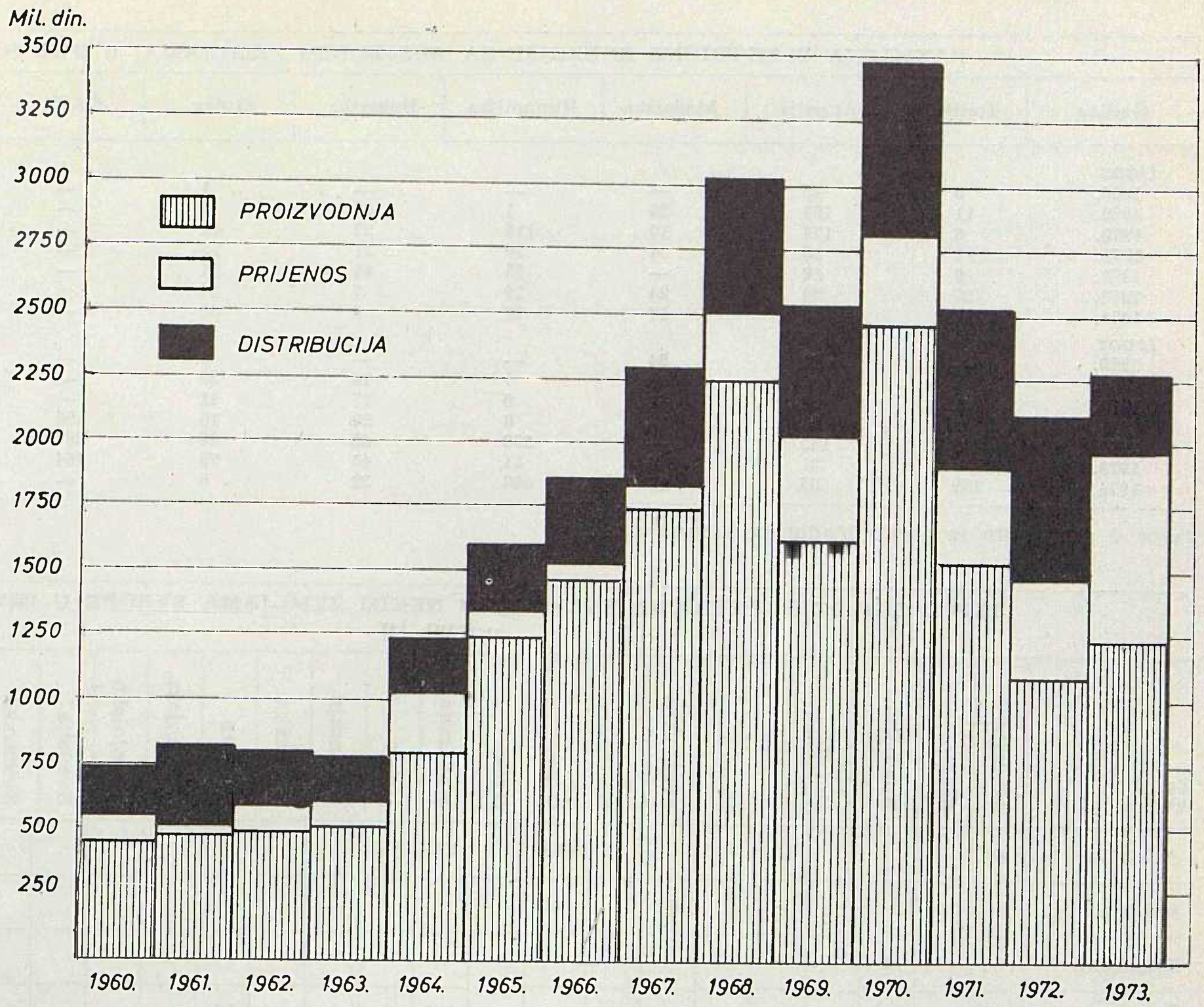
[1] Obuhvaća zaposleno osoblje udružene elektroprivrede i distribucije dok ostale godine obuhvaćaju samo udruženu elektroprivredu. [2] Prosječan broj radnika na bazi ukalkuliranih radnih sati

Tablica 29

ZAPOSLENO OSOBLJE U UDRUŽENOJ ELEKTROPRIVREDI, DISTRIBUCIJI I PODUZEĆIMA U IZGRADNJI SR HRVATSKE
[2]

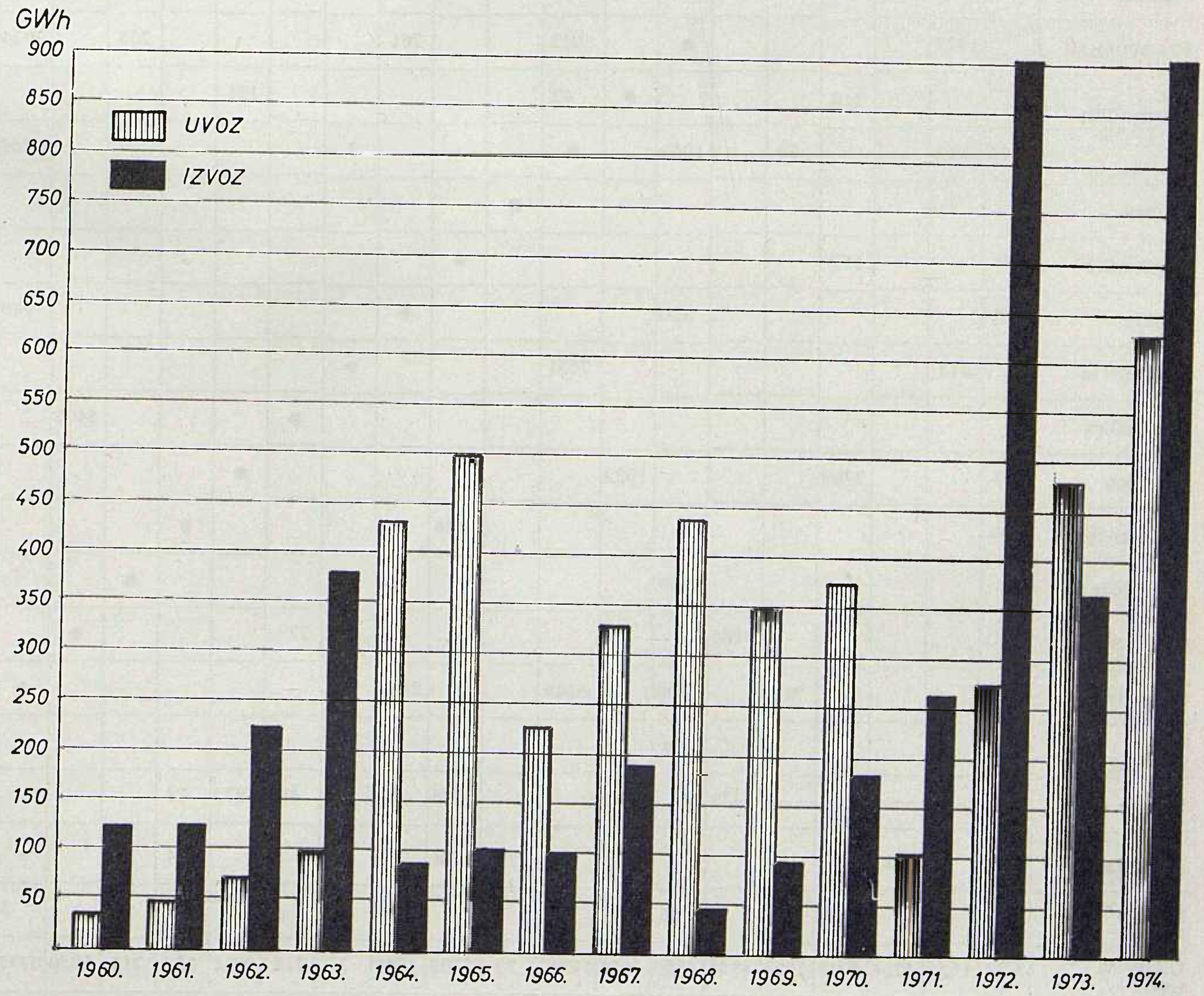
Osoblje	1960.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.
Radnici, svega	4 978	5 790	5 871	6 164	6 283	6 311	6 501	6 800	7 185	7 687	
Tehničko osoblje, svega	565	645	765	841	949	965	1 082	1 159	1 374	1 052	
Ostalo osoblje, svega	1 447	1 955	1 888	1 713	1 836	1 934	2 037	2 156	2 238	2 415	
Pomoćno osoblje, svega	489	276	374	460	308	256	254	331	216	845	
Učenici u privredi, svega	290	418	384	369	355	360	319	309	126	204	
Ukupno	7 769	9 084	9 273	9 547	9 731	9 826	10 193	10 755	11 139	12 203	...

Podaci se odnose na udružena i distributivna poduzeća i poduzeća u izgradnji, na zadnji dan u godini.



Sl. 17. Investiciona ulaganja u elektroprivredu Jugoslavije

MEĐUNARODNA STATISTIKA



Sl. 18. Razmjena električne energije sa susjednim zemljama

Tablica 30

RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE SA SUSJEDNIM ZEMLJAMA u GWh [4]

Godina	Italija	Austrija	Mađarska	Rumunjska	Bugarska	Grčka	ČSSR	Albanija	UKUPNO
Uvoz									
1960.	5	25	—	—	—	1	—	—	31
1965.	11	404	25	1	54	3	—	—	498
1970.	6	174	10	115	37	19	—	—	361
1971.	1	13	4	50	21	15	—	—	104
1972.	2	18	—	55	62	31	—	108	276
1973.	27	54	24	29	7	34	—	305	480
1974.	117	75	17	36	4	36	—	377	662
Izvoz									
1960.	—	21	94	—	—	9	—	—	124
1965.	—	3	53	4	19	25	—	—	104
1970.	1	32	61	0	17	41	—	—	152
1971.	0	23	16	0	20	10	196	—	266
1972.	3	142	—	298	65	26	367	—	901
1973.	—	31	6	51	45	79	164	—	376
1974.	189	65	17	608	32	6	—	—	917

Izvoz u ČSSR bio je preko Mađarske i Rumunjske.

Tablica 31

IZVOZ I UVOZ ELEKTRIČNE ENERGIJE U NEKIM ZEMLJAMA EVROPE U 1973. GODINI u GWh [4]

Zemlja izvoznica \ Zemlja uvoznica	Austrija	Belgija	Bugarska	Čeho-slovačka	Danska	Finska	Francuska	DR Njemačka	SR Njemačka	Grčka	Mađarska	Italija	Holandija	Norveška	Poljska	Rumunjska	Španjolska	Švedska	Švicarska	Vel. Britanija	SSSR	Jugoslavija	Ostale zemlje	Ukupan izvoz
Austrija	●								4187		170	327										8		4692
Belgija		●					90		115														913	1118
Bugarska			●													2								2
Čeho-slovačka	765			●				643			303				10									1721
Danska					●				933									289						1222
Finska						●												260						260
Francuska		1322					●		3012			761					235		2024	131			80	7565
DR Njemačka				214				●	42						128									384
SR Njemačka	1326	113			84		1050		●				7						2806				2035	7481
Grčka										●														
Mađarska	191			552							●					2								745
Italija	122						320					●							1960					2402
Holandija		215							2681				●											2896
Norveška														●				5401						5401
Poljska	53			2709				1022							●						5			3798
Rumunjska	300		...								1428					●					1565	29		3322
Španjolska							2100										●						68	2168
Švedska						3885								172				●						4975
Švicarska	473				918		900		6149			2160							●					9682
Vel. Britanija							20													●				20
SSSR			...	2601		450					3795			46	1873	73					●			8838
Jugoslavija	31		36							79	36					174						●		356
Ostale zemlje				...			20		793								79		3			267	●	1162
Ukupan uvoz	3261	1650	3264	6048	1002	4335	4500	1655	17912	79	5732	3248	7	218	2011	252	314	5950	6793	131	1570	304	3156	73401

Tablica 32

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U NEKIM ZEMLJAMA EVROPE I SAD
u GWh

Zemlja	Godina	Neto proizvodnja	Saldo razmjene		Ukupno raspoloživa energija za potrošnju	Od toga			Potrošnja		
			uvoz	izvoz		utrošeno za pumpanje vode	gubici prenosa i distrib.	ukupna potrošnja	industrija	promet	ostalo
Austrija	1970.	30036	1372	6786	23806	714	2078	21014	10511	1499	8563
	1971.	28755	2170	4771	25105	790	2054	22261	10866	1589	9349
	1972.	28394	3006	4524	26876	661	2186	24029	11879	1663	10487
	1973.	30306	3261	4808	28759	584	2312	25863	12121	1752	11990
Belgija	1970.	30523	1301	925	29336	—	1628	27708	17620	741	7890
	1971.	...	...	...	...	...	...	29395	18422	770	8764
	1972.	35664	1560	2094	35128	562	1861	32705	22091	782	9832
	1973.	39121	1650	2405	38366	639	1915	35812	22603	817	12392
Bugarska	1970.	19513	101	210	19404	19404	3578	15826	10733	483	4610
	1971.	21016	245	27	21234	...	3839	17395	11825	574	4996
	1972.	22271	994	65	23200	...	4324	18876	12354	669	5853
	1973.	19563	3264	8	22819	...	2081	20738	13324	712	6702
Čehoslovačka	1970.	45163	4525	1129	44936	96	3384	41456	2678	2376	8677
	1971.	47237	5129	830	47714	157	3536	44021	27757	2607	9487
	1972.	45849	4759	1201	49407	175	4039	45193	32666	2671	9856
	1973.	47645	6048	1788	51905	227	4178	47500	28825	2758	15917
Francuska	1970.	146837	4363	4857	140214	179	9904	129980	75797	6975	47208
	1971.	155796	4189	5611	147452	201	10372	136879	78385	7138	51356
	1972.	163400	3022	8932	157500	240	11000	146300	81964	7344	56992
	1973.	174500	4500	7500	171500	200	11300	160000	...	...	...
Mađarska	1970.	14537	4058	663	16532	—	1490	15042	9003	778	4144
	1971.	14990	5113	767	17851	—	1557	16294	9934	924	5436
	1972.	14676	5304	914	19066	—	1667	17399	11267	946	5186
	1973.	15867	5732	1070	20529	—	1867	18662	10607	1015	7040
Grčka	1970.	9820	41	19	9421	—	840	8581	5110	46	3425
	1971.	11043	10	15	11038	—	975	10063	6094	45	3924
	1972.	12452	25	31	12446	—	1018	11428	6769	46	4613
	1973.	14009	79	34	14054	—	1040	13014	7672	47	5295
Italija	1970.	117423	4672	707	116807	1350	9820	105637	67381	4106	32445
	1971.	124860	3234	1573	121425	1379	10113	109933	68165	4197	35447
	1972.	129620	2900	2700	129820	1970	12920	116900	72287	4301	40312
	1973.	139103	3248	2369	139982	2320	11833	125829	77290	4318	44221
Holandija	1970.	40869	27	368	28807	—	2075	36732	18139	922	15970
	1971.	44904	1	1083	41924	—	2307	39617	19606	951	17074
	1972.	47499	5	1465	46039	—	2579	43460	21687	922	20851
	1973.	50529	7	1351	49185	—	2738	46477	22900	...	...
Norveška	1070.	57204	807	1641	56370	—	5370	51000	31915	543	18497
	1971.	62883	436	3370	59949	—	5749	54200	33391	550	20259
	1972.	67800	120	4764	63156	41	5900	57210	33857	563	22790
	1973.	...	218	5410	67558	...	...	...	...	...	...
Poljska	1970.	64530	1500	1506	59925	163	5346	54416	34411	2820	10136
	1971.	69871	2266	2339	64739	496	5764	58479	33877	3140	13849
	1972.	70933	2410	2618	70725	609	6452	63664	36711	3390	23541
	1973.	78312	2011	3765	76558	558	7035	68965	39950	3550	25465
Rumunjska	1970.	35088	28	2413	32703	—	6947	25756	19415	580	5761
	1971.	39391	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	1972.	43439	411	3736	40114	—	8019	32095	24770	719	6606
	1973.	...	251	3799	43231	—	7962	35269	27514	873	6882
Španjolska	1970.	53904	213	1727	52390	267	6875	43301	...	...	...
	1971.	59668	228	2723	57173	1330	7494	48611	...	...	...
	1972.	65270	200	2400	63070	1408	8102	53560	...	1350	...
	1973.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Švedska	1970.	60646	6613	2555	64704	78	7989	56637	33257	2079	21301
	1971.	65073	5182	3551	66704	20	6290	60394	35536	1938	35312
	1972.	71682	6177	4858	73001	41	8778	64182	37091	1975	25116
	1973.	...	5950	5216	78814	29	9194	69591	39787	2016	63597
Švicarska	1970.	33173	4442	9202	28413	869	2767	24777	...	2006	12567
	1971.	32785	6375	9146	30014	1258	2871	25885	10576	2012	13297
	1972.	31300	9098	9072	31326	1538	2977	26811	10663	2006	14142
	1973.	37155	6793	10291	33657	1724	3159	28389	10945	2027	15417
Turska	1970.	8617	—	—	8217	—	900	7317	4369	210	2322
	1971.	9781	—	—	9332	—	1762	7650	5465	155	1552
	1972.	10789	—	—	10789	—	—	9702	6049	160	3493
	1973.	...	—	—	...	...	...	...	...	...	...
SSSR	1970.	740726	—	5200	735726	...	58236	667400	488400	...	134600
	1971.	800360	—	6700	793660	...	63200	730460	520400	58200	151760
	1972.	857435	—	7100	850335	...	69335	781000	552900	61500	166600
	1973.	...	—	9653	905000	...	72600	832400	585600	64800	182000
Velika Britanija	1970.	232703	557	6	233254	1487	17959	213808	82447	2734	119320
	1971.	239529	118	1	239646	1209	18870	219567	83956	2765	123780
	1972.	245264	485	5	245744	1184	18832	225728	91970	2697	131061
	1973.	262896	131	22	263005	883	19755	242367	91397	2613	148357
S A D	1970.	1638010	5633	3414	1640229	...	128920	1511309	685800	4966	822009
	1971.	1717521	7373	3380	1721514	...	135314	1586200	702763	4537	878951
	1972.	1853390	10496	2752	1861134	—	145000	1716134	749694	4490	962000
	1973.	1947084	...	...	...	...	...	...	...	...	...
SR Njemačka	1970.	242606	14075	6324	234670	2119	13975	218576	116707	7928	78866
	1971.	259633	14818	8246	249452	2579	14163	232710	121795	8191	87280
	1972.	257200	18600	6800	269000	2400	14100	252500	145590	8603	98307
	1973.	286211	17912	7630	296493	2215	—14634	279644			
Jugoslavija	1970.	26023	361	152	24976	—	2980	21996	12256	381	8661
	1971.	29509	104	266	27863	—	3220	24643	13535	533	9755
	1972.	29801	277	905	291	—	3618	27555	16161	668	10726
	1973.	33316	304	353	33267	—	3753	29517	15749	717	13051

PROIZVODNJA I POTROŠNJA UKUPNE ENERGIJE

Tablica 33

PROIZVODNJA UGLJENA, KOKSA, NAFTE I PLINA U SFRJ
u hilj. tona i mln* m³ [5]

Godina	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Ugljen ukupno	Koks ukupno	Zemni* plin	Sirova nafta	Benzin ukupno	Petrolej ukupno	Plinsko ulje	Loživo ulje	Ukapljeni plin ukupno	Gazolin
1960.	1 283	9 628	11 801	22 712	1 103	53	944	277	74	354	396	13	6
1961.	1 313	9 494	13 266	24 073	1 111	69	1 431	294	59	405	409	13	5
1962.	1 189	9 320	14 186	24 695	1 125	95	1 525	322	81	532	492	15	5
1963.	1 286	9 945	16 191	27 422	1 107	191	1 611	344	89	618	480	17	6
1964.	1 262	10 715	17 534	29 511	1 177	274	1 799	386	98	701	683	23	10
1965.	1 169	10 509	18 279	29 957	1 267	330	2 063	546	82	809	1 148	36	15
1966.	1 133	10 080	18 080	29 292	1 237	402	2 222	788	94	1 142	1 764	49	17
1967.	909	9 023	16 535	26 467	1 226	461	2 374	886	94	1 389	1 816	54	18
1968.	835	9 508	16 389	26 732	1 236	584	2 494	935	119	1 380	1 847	68	23
1969.	681	9 992	16 373	26 496	1 226	730	2 699	1 003	146	1 722	1 967	78	23
1970.	643	8 989	18 790	28 422	1 309	977	2 854	1 233	163	2 092	2 509	95	25
1971.	707	9 333	20 862	30 902	1 297	1 151	2 961	1 472	215	2 665	2 930	105	28
1972.	599	9 184	21 157	30 940	1 299	1 242	3 200	1 394	211	2 495	2 989	196	28
1973.	576	9 145	22 729	32 451	1 318	1 329	3 332	1 528	251	2 558	3 480	210	24
1974.	601	9 380	24 444	33 582	1315	1 447	3 458	1 627	315	2 725	4 317	...	...

Tablica 34

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I GORIVA U JUGOSLAVENSKOJ INDUSTRIJI
[5]

Godina	Elektroenergija	Antracit	Koks	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Tekuće gorivo	Mazut	Zemni plin
	GWh	u tisućama tona							mln m³
1960.	5 449	131	1 341	1 607	5 682	5 706	155	189	25
1961.	5 979	136	1 350	1 624	6 280	8 032	180	195	35
1962.	6 580	128	1 337	1 821	6 098	7 783	203	225	58
1963.	7 858	134	1 334	1 514	6 746	9 409	235	255	151
1964.	8 423	132	1 344	1 953	7 288	10 855	346	376	228
1965.	9 267	146	1 342	2 006	7 055	10 868	458	594	267
1966.	10 012	142	1 336	1 906	6 562	11 379	444	898	337
1967.	10 598	139	1 317	1 830	6 455	11 226	436	1 168	404
1968.	11 613	148	1 279	1 880	6 598	11 210	486	1 443	516
1969.	12 783	165	1 274	1 951	6 746	10 627	545	1 603	660
1970.	13 815	143	1 360	2 110	7 065	12 829	555	1 952	893
1971.	15 287	132	1 454	2 200	6 496	15 253	678	2 237	1 039
1972.	17 002	161	1 681	2 130	6 346	16 661	646	2 549	1 111
1973.	18 184	179	1 718	2 258	6 935	18 711	845	3 038	1 199
1974.	20 509	179	1 858	2 152	6 726	19 244	825	3 227	1 300
Elektroenergija	1 680	—	—	152	3 137	16 233	38	481	...
Ugljen i koks	518	—	0,1	1 723	61	293	25	1	...
Nafta	373	—	7	—	61	—	282	232	...
Crna metalurgija	2 976	77	1 464	—	271	67	7	479	...
Obojena metalurgija	4 407	18	155	32	202	253	40	150	...
Nemetali	406	—	9	—	27	104	91	162	...
Metalna industrija	1 401	1	92	76	123	80	67	74	...
Brodogradnja	105	—	2	2	1	1	5	3	...
Elektroindustrija	344	—	0,3	3	87	3	12	22	...
Kemijska industrija	3 162	22	99	13	733	318	117	255	...
Građevinski materijal	1 027	61	10	101	582	211	35	634	...
Drvna industrija	611	—	0,4	1	136	23	22	78	...
Industrija	1 127	—	—	18	443	1 225	3	96	...
Tekstilna industrija	1 038	—	—	9	336	137	13	186	...
Industrija kože i obuće	105	—	—	1	44	26	1	34	...
Industrija gume	138	—	0,1	2	106	—	8	48	...
Prehrambena industrija	952	—	20	7	422	267	55	276	...
Grafička industrija	87	—	0,1	1	6	2	2	5	...
Industrija duhana	40	—	—	1	8	0,2	2	10	...
Filmska industrija	1	—	—	0,1	0,0	—	—	0,1	...
Raznovrsna industrija	31	—	—	—	1	1	—	1	...
Potrošnja u ind. elektranama[1]	183	—	—	10	693	768	6	107	...

[1] Potrošnja električne energije u industrijskim elektranama prikazana je dva puta. Jedanput u onim granama koje nisu industrijske elektrane, a drugi put izdvojeno.

Tablica 35

PROIZVODNJA UGLJENA, KOKSA, NAFTE I PLINA U SR HRVATSKOJ
u hilj. tona i mln* m³ [3]

Godina	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Ugljen ukupno	Koks plinara	Zemni* plin	Sirova nafta	Benzin ukupno	Petrolej ukupno	Plinsko ulje	Loživo ulje	Ukapljeni plin ukupno	Gazolir
1960.	802	358	1 190	2 530	9	34	770	198	67	256	261	11	1
1961.	832	522	1 068	2 422	10	52	1 125	216	54	287	271	15	1
1962.	810	535	902	2 247	10	59	1 157	225	71	355	267	15	1
1963.	852	514	757	2 124	9	82	1 158	249	79	427	285	17	1
1964.	784	424	743	1 951	10	135	1 285	310	90	535	476	15	1
1965.	751	468	738	1 957	10	156	1 414	467	73	714	805	24	3
1966.	765	403	603	1 771	8	189	1 545	681	78	1 019	1 340	51	8
1967.	611	280	411	1 302	8	232	1 702	749	76	1 176	1 399	45	10
1968.	506	283	384	1 174	2	330	1 818	755	97	1 108	1 253	54	13
1969.	381	191	344	916	—	404	1 934	667	114	1 076	703	48	13
1970.	363	81	274	718	—	476	2 057	826	122	1327	1 093	71	13
1971.	422	21	197	640	—	547	2 142	991	158	1 617	1 513	106	12
1972.	382	19	176	577	—	569	2 362	914	145	1 543	1 590	147	13
1973.	385	3	137	524	—	612	2 423	1 023	164	1 681	1 890	147	13
1974.	374	0	85	460	—	674	2 470	1 087	211	1 698	2 399	163	0

Tablica 36

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I GORIVA U INDUSTRIJSKIM PODUZEĆIMA I POGONIMA SR HRVATSKE
[3]

Godina	Elektro-energija	Antracit	Koks	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Tekuće gorivo	Mazut	Zemni plin
	GWh	u tisućama tona							mln m³
1960.	1 264	57	232	171	1 028	852	79	65	34
1961.	1 385	68	238	156	999	882	91	60	50
1962.	1 456	64	232	163	977	876	97	59	56
1963.	1 680	70	243	181	1 037	1 145	109	75	72
1964.	1 716	69	241	234	1 045	1 355	195	130	124
1965.	1 888	81	226	229	916	1 191	296	189	143
1966.	2 054	76	234	179	831	854	280	311	176
1967.	2 196	74	196	130	778	645	293	416	216
1968.	2 339	87	203	108	700	627	278	490	313
1969.	2 524	89	190	91	692	513	230	538	385
1970.	2 661	81	194	157	669	396	246	634	442
1971.	2 846	74	195	255	666	371	270	783	498
1972.	3 068	66	195	218	609	328	303	844	522
1973.	3 148	65	210	302	601	324	422	1 058	532
1974.	4 114	65	252	202	581	196	440	1 013	589
Elektroindustrija	184	—	—	152	0,6	26	2	392	88
Ugljen i prerađevine	49	—	—	0,4	—	—	6	—	36
Nafta i prerađevine	240	—	7	0	—	—	282	48	95
Crna metalurgija	223	4	149	—	1	0	—	63	59
Obojena metalurgija	1 088	8	30	—	10	12	1	3	—
Nemetali	86	—	0	—	0	22	6	33	10
Metalna industrija	182	0	25	2	17	7	10	5	15
Brodogradnja	92	—	2	2	1	1	3	2	1
Elektroindustrija	61	—	—	0	0	2	4	5	1
Kemijska industrija	743	8	32	—	57	1	92	40	219
Građevni materijal	337	45	0	42	163	25	9	267	22
Drvna industrija	142	—	0	—	29	3	4	13	10
Industrija papira	102	—	—	—	74	—	0	20	—
Tekstilna industrija	243	—	—	0	49	43	3	39	11
Industrija kože i obuće	23	—	—	1	5	0	0	4	—
Industrija gume	46	—	0	—	74	—	—	4	—
Prehrambena industrija	243	—	6	2	98	53	18	73	20
Grafička industrija	20	—	—	0	2	0	0	0	0
Industrija duhana	8	—	—	0	—	—	0	2	—
Filmska industrija	0,5	—	—	—	0	—	—	0	—
Ostala industrija	3	—	—	—	—	2	—	0	1

LITERATURA

1. Godišnjak elektroprivrede Hrvatske 1973.
2. Statistički pregled elektroprivrede SRH 1974.
3. Statistički godišnjak SRH 1975.
4. Statistički godišnjak elektroprivrede SFRJ za 1974.
5. Statistički godišnjak SFRJ 1975.

Tablica 37

PROIZVODNJA I POTROŠNJA UKUPNE ENERGIJE

Količine u 000 tona uslovnog ugljena i u kg po jednom stanovniku

Zemlja	Godina	Proizvodnja					Potrošnja					
		ukupna energija	ugljen	sirova nafta	prirodni plin	hidro i nuklearna el. energija	ukupno	čvrsta goriva	tekuća goriva	prirodni plin	hidro i nuklearna el. energ.	po 1 stanovniku
Austrija	1969.	9 573	1 920	3 588	1 975	2 090	22 081	6 355	11 050	3 019	1 657	2 994
	1970.	10 657	1 835	3 639	2 528	2 655	25 303	7 037	12 535	3 752	1 978	3 424
	1971.	9 773	1 885	3 271	2 520	2 097	25 536	5 863	13 601	4 300	1 772	3 425
	1972.	9 869	1 878	3 221	2 615	2 155	26 963	6 026	14 323	4 649	1 965	3 608
Belgija	1969.	13 427	13 200	—	84	137	54 208	24 759	25 417	3 772	260	
	1970.	11 581	11 362	—	71	149	59 647	23 351	29 935	5 972	389	5 955
	1971.	11 181	10 960	—	68	153	61 554	19 415	33 408	2 415	315	[illegible]
	1972.	10 759	10 500	—	69	190	65 044	19 795	36 267	8 625	357	
Bugarska	1969.	16 038	14 686	422	699	230	29 448	18 920	9 568	699	261	
	1970.	16 159	14 824	434	631	269	33 423	20 236	12 297	631	259	3 937
	1971.	14 801	13 698	396	436	271	35 294	19 929	14 628	436	301	4 133
	1972.	14 708	13 831	322	243	262	35 434	19 955	14 805	293	382	4 130
Čehoslovačka	1969.	77 427	75 270	273	1 572	312	88 242	75 224	9 529	2 764	725	6 120
	1970.	79 460	77 134	264	1 604	459	91 400	76 210	10 833	3 372	984	6 318
	1971.	81 794	79 577	252	1 629	336	96 007	78 543	12 568	3 820	1 076	6 621
	1972.	81 419	79 265	248	1 554	352	99 101	78 383	15 601	4 135	982	6 843
Francuska	1969.	61 788	42 353	3 600	8 666	7 169	177 162	59 248	98 633	12 190	7 091	3 517
	1970.	59 308	39 035	3 389	9 164	7 720	193 044	55 749	115 643	13 994	7 658	3 799
	1971.	54 222	34 665	2 852	9 521	7 184	201 476	50 158	127 895	16 416	7 066	3 928
	1972.	51 683	31 540	2 353	10 013	7 777	214 934	44 091	142 454	21 349	7 040	4 153
Mađarska	1969.	21 994	15 315	2 358	4 309	12	29 805	18 168	6 750	4 575	312	2 895
	1970.	23 211	15 990	2 590	4 621	11	33 111	19 323	8 465	4 887	435	3 212
	1971.	23 239	15 682	2 600	4 946	12	34 090	19 148	9 165	5 221	555	3 289
	1972.	22 870	14 750	2 626	5 475	14	34 100	17 697	10 101	5 740	562	3 279
Grčka	1969.	2 465	2 211	—	—	254	10 163	2 554	7 361	—	248	1 149
	1970.	2 865	2 534	—	—	329	11 195	2 953	7 910	—	332	1 274
	1971.	3 924	3 593	—	—	331	13 009	3 977	8 703	—	330	1 470
	1972.	4 069	3 735	—	—	334	14 321	4 260	9 728	—	333	1 607
Italija	1969.	25 126	1 269	2 122	15 924	5 806	129 320	12 804	94 471	15 929	6 116	
	1970.	26 391	991	1 956	17 544	5 900	144 096	12 678	107 478	17 544	6 396	
	1971.	26 261	919	1 764	17 882	5 756	143 850	11 983	107 967	17 937	5 964	
	1972.	27 110	571	1 573	18 837	6 129	151 933	11 136	114 071	20 573	6 153	96
Holandija	1969.	37 346	5 564	2 626	29 116	39	59 982	9 481	31 313	19 191	—3	4 659
	1970.	48 989	4 334	2 495	42 114	46	66 188	7 155	31 781	27 249	3	5 080
	1971.	64 152	3 609	2 228	58 264	51	67 606	5 092	27 505	35 095	—85	5 124
	1972.	82 722	2 812	2 076	77 793	41	76 133	4 193	27 301	44 781	—142	5 711
Poljska	1969.	7 492	392	—	—	7 100	17 062	1 529	8 604	—	6 930	4 430
	1970.	7 642	484	—	—	7 158	18 708	1 534	10 121	—	7 053	4 823
	1971.	8 673	438	404	—	7 831	20 396	1 289	11 642	—	7 464	5 216
	1972.	11 023	455	2 114	—	8 455	18 244	1 207	9 163	—	7 874	4 639
Norveška	1969.	150 210	144 269	603	5 224	113	131 514	115 424	9 412	6 546	133	4 039
	1970.	157 656	149 931	586	6 902	236	138 913	119 943	10 493	8 235	243	4 278
	1971.	163 805	155 846	549	7 170	240	143 233	122 379	11 473	9 150	231	4 374
	1972.	170 647	162 163	486	7 756	242	150 662	128 098	12 594	34 648	502	4 556
Rumunjska	1969.	56 470	9 530	17 727	28 936	277	52 580	12 048	11 919	28 670	—83	2 627
	1970.	59 347	11 065	17 887	30 049	347	56 772	13 968	12 973	29 782	48	2 803
	1971.	62 784	11 671	18 446	32 105	562	60 896	14 620	14 270	31 839	168	2 975
	1972.	66 792	12 073	18 886	34 914	918	65 323	15 073	15 098	34 648	502	3 145
Španjolska	1969.	17 181	12 997	247	—	3 937	44 849	14 921	26 282	—	3 646	1 354
	1970.	15 973	12 166	196	—	3 610	50 143	15 704	30 928	—	3 421	1 484
	1971.	16 795	12 226	160	—	4 409	56 861	15 794	36 468	502	4 097	[illegible] 666
	1972.	18 034	12 695	186	7	5 146	60 886	16 124	38 788	1 052	4 921	1 765
Švedska	1969.	5 253	15	—	—	5 238	46 018	2 439	37 876	—	5 702	5 768
	1970.	5 211	12	—	—	5 199	51 003	2 585	42 711	—	5 706	6 341
	1971.	6 525	10	—	—	6 515	49 363	2 514	40 130	—	6 718	6 090
	1972.	6 915	10	—	—	6 905	46 614	2 073	37 472	—	7 070	5 739
Švicarska	1969.	3 581	—	—	—	3 581	19 873	850	15 807	—1	3 181	3 875
	1970.	3 973	—	—	—	3 973	21 594	719	17 501	—	3 377	3 445
	1971.	4 024	—	—	—	4 024	22 653	564	18 379	32	3 677	3 577
	1972.	3 552	—	—	—	3 552	22 803	377	18 698	173	3 555	3 620
Turska	1969.	11 232	6 121	4 679	—	432	15 849	6 056	9 361	—	432	461
	1970.	11 055	6 071	4 605	—	380	16 930	6 259	10 291	—	380	481
	1971.	11 000	6 206	4 488	—	313	18 674	6 241	12 120	—	313	517
	1972.	11 236	6 402	4 433	—	401	20 875	6 407	14 067	—	401	564
SSSR	1969.	1 139 102	456 300	426 789	241 253	14 760	1 010 603	437 198	318 729	240 409	14 268	4 200
	1970.	1 188 998	450 400	459 950	263 663	15 985	1 054 689	429 865	345 504	264 004	15 316	4 344
	1971.	1 250 301	460 900	490 197	282 903	16 300	1 111 758	441 078	367 583	287 673	15 424	4 537
	1972.	1 312 478	481 020	520 572	294 886	16 000	1 179 560	462 904	398 742	302 846	15 068	4 767
Velika Britanija	1969.	164 005	152 790	100	6 994	4 121	286 009	159 172	114 273	8 369	4 195	5 139
	1970.	163 653	144 564	203	15 000	3 887	299 362	152 255	127 040	16 101	3 966	5 362
	1971.	176 014	147 066	268	24 774	3 906	306 681	144 226	132 664	25 873	3 918	5 507
	1972.	159 708	119 500	435	35 562	4 210	301 827	121 500	139 482	36 574	4 270	5 398
S A D	1969.	1 952 387	514 987	623 215	780 701	33 484	2 189 298	466 513	887 375	801 777	33 633	10 773
	1970.	2 062 532	552 173	649 429	826 803	34 128	2 278 786	470 712	933 555	840 110	34 409	11 123
	1971.	2 029 192	504 966	637 331	848 392	38 503	2 327 443	451 742	969 970	866 783	38 947	11 241
	1972.	2 065 220	537 278	636 635	849 856	415451	2 426 075	475 567	1 035 892	872 207	42 409	11 617
Zapadna Njemačka	1969.	169 172	144 007	10 239	12 485	1 441	295 112	135 220	140 798	15 890	3 205	4 850
	1970.	174 333	144 222	9 807	17 331	2 974	317 795	131 448	160 275	22 129	3 942	5 163
	1971.	175 511	142 422	9 656	20 930	2 483	320 267	121 914	165 542	29 507	3 305	5 220
	1972.	171 167	135 832	9 236	23 246	2 853	332 780	117 847	173 401	37 204	4 328	[illegible]
Jugoslavija	1969.	19 888	13 589	3 539	972	1 788	26 295	15 465	8 038	972	1 820	1 292
	1970.	21 417	14 532	3 741	1 301	1 843	29 337	16 430	9 737	1 301	1 869	1 440
	1971.	23 130	15 804	3 886	1 485	1 956	33 084	17 878	11 786	1 485	1 935	1 600
	1972.	23 864	15 766	4 196	1 654	2 248	33 438	17 597	12 018	1 654	2 170	1 610