UDK 621.31 ENJAAC 31 (11—12) 391—478 (1982) YU ISSN 0013—7448

ENERGIJA

ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

SADRŽAJ »ENERGIJE« U 1982. GODINI

Studije i istraživanja

Bilčar, N.: Uloga NE Krško u elektroenergetskom sistemu zapadnog dijela Jugoslavije . . . . . 87 3— 4

Černohous, F.: Toplifikacijske turbine u nuklearnim elektranama . . . . . 265 7— 8

Čorak, D.: Mogućnost i ekonomska opravdanost izgradnje blokova spojnog procesa . . . . . 1 1— 2

Čorak, D.: Tendencija razvoja centraliziranog toplinskog sistema s proizvodnim jedinicama spojenog procesa u svijetu i Jugoslaviji . . . . . 325 9—10

Defang, Ch.: Kineska visokonaponska prijenosna mreža . . . . . 45 1— 2

Dvornik, V.: Strojno polaganje kabela u distributivnim mrežama srednje Dalmacije . . . . . 421 11—12

Hatić, Đ. — Petričec, M., Mladineo, N.: Izbor optimalnih parametara niza vodno-energetskih stepenica primjenom dinamičkog programiranja . . . . . 407 11—12

Jalušić, K.: Energetski kabel kao element mreže . . . . . 433 11—12

Kalea, M.: 25 godina prijenosa električne energije u Slavoniji i Baranji . . . . 181 5— 6

Lakota, J.: Prilog upoznavanju potencijalnih partnera za realizaciju budućih nuklearnih elektrana (I dio) . . . . . 337 9—10

Lakota, J.: Prilog upoznavanju potencijalnih partnera za realizaciju budućih nuklearnih elektrana (II dio) . . . . 397 11—12

Lončar, I. — Ružinski, N.: Uzroci onečišćenja i tehnološka obrada turbinskog kondenzata . . . . . 75 3— 4

Mičuga, J.: Glavne električne sheme s rješenjem napajanja električne potrošnje za velike jedinice termoelektrana i nuklearnih izvora . . . . . 355 9—10

Mihalek, E.: Potrebe i prijedlog kategorizacije distributivnih potrošača u našim mrežama s obzirom na pogonsku sigurnost opskrbe električnom energijom 203 5— 6

Mihalek, E.: Neki aspekti razvoja nadzemnih vodova niskog napona . . . . . 237 7— 8

Mužny, J., Tokić, B., Rosić, P., Nikolić, D., B., Selišek, D.: Djelotvoran način štićenja podzemnih kabelskih trasa od udara groma na nepovoljnim terenima . 411 11—12

Naumovski, I.: Prekidanje kratkih spojeva s prekidačima visokog napona u blizini generatora . . . . . 29 1— 2

Nikolić, B.: Proračun preseka kabla niskog napona za napajanje stambenog objekta električnom energijom na osnovu srednje snage stana na nivou TS-SN/NN . . . . . 113 3— 4

Ožegović, M.: Ekvivalentne sheme nultog sistema tronamotnog transformatora 35 1— 2

Ožegović, M.: Uzemljenje zvjezdišta paralelno spojenih transformatora preko zajedničkog otpora . . . . . 107 3— 4

Schenner, R.: Rješenje 110 kV i 30 kV mreže grada Zagreba za razdoblje 1980—2000. god. (II dio) . . . . . 91 3— 4

Sekso, A.: Iznošenje potencijala energetskim kabelima — rezultati mjerenja i smjernice za zaštitu . . . . . 155 5— 6

Sterpin, E.: Ugradnja i ispitivanje diferencijalne zaštite radova u mreži 35 kV »Elektroistre« . . . . . 371 9—10

Subašić, D.: Utvrđivanje projektne velike vode prema principima nuklearne sigurnosti . . . . . 347 9—10

Tropin, K.: Osnovne sheme i opremanje pojednostavnjenih transformatorskih stanica . . . . . 245 7— 8

Tropin, K.: Pojednostavnjenje transformatorske stanice i neka naša iskustva 443 11—12

Pogonska problematika

Bošnjaković, R., Gostović, B., Komadina, R.: Redukcija buke u HE Senj . . . 213 5— 6

Đordan, N.: Planiranje mjera zaštite na radu u elektroenergetskim postrojenjima (iskustva iz BiH) . . . . . 49 1— 2

Kalea, M.: Pogon i održavanje prijenosne mreže u Slavoniji i Baranji, današnje stanje i značajni pogonski događaji . . 245 7— 8

Nadinić, B.: Osvrt na ispitivanja energetskih karakteristika blokova TE Kosovo . . . . . 193 5— 6

Sterpin, E.: Uzemljenje nosne konstrukcije linijskog rastavljača na drvenom stupu . . . . . 437 11—12

Šuste, J.: Pogonska problematika redukcije potrošnje električne energije u distributivnim mrežama . . . . . 375 9—10

Ekonomska problematika

Stanić, D.: Osvrt na članak (studiju) »Temeljna obilježja sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u planskom razdoblju 1976. do 1980. god. . . . . 317 9—10

Šimović, J.: Temeljna obilježja sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u planskom razdoblju 1976—1980. godine (I dio) . 117 3— 4

Šimović, J.: Temeljna obilježja sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u planskom razdoblju 1976—1980. godine (II dio) . 169 5— 6

Savjetovanje i konferencije

Alerić, S.: Seminari o srednjoročnom i dugoročnom razvoju elektroprivrede . . 133 3— 4

Vijesti iz elektroprivrede

Rad Instituta za elektroprivredu u 1981. god. . . . . 273 7— 8

UDK 621.31 ENJAAC YU ISSN 0013-7448

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

energija

Izdavači:

Združeno poduzeće »Elektroprivreda«, Rijeka
Združeno poduzeće »Elektroprivreda Dalmacije«, Split
SIZ za znanstveni rad SR Hrvatske
Elektra, Karlovac
Elektroslavonija, Osijek
Elektroistra, Pula
Elektroprimorje, Rijeka
Elektra, Sisak
Elektrodalmacija, Split
Elektra, Zagreb
Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
Institut za elektroprivredu, Zagreb

IZDAVAČKI SAVJET

Dragutin *Stanić*, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Združeno poduzeće, Split — Enco *Tirelli* i Boris *Simončić*, dipl. ing. »Elektroprivreda« Rijeka — Josip *Brkljačić*, dipl. ing., HE Senj — Petar *Kuzele*, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb — Ivan *Cvitan*, dipl. ing., »Elektra«, Sisak — Ivo *Božin*, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Zorko *Cvetković*, Elektroprenos, Zagreb — Šimun *Šimundža*, dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split — Anđelko *Dujmović*, dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek — »Elektroistra«, Pula — Branko *Mrakovčić*, dipl. ing., »Elektroprimorje«, Rijeka — Marko *Šimunović*, dipl. ing., »Elektra«, Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris *Markovčić*, dipl. ing. — Urednik: Zdenka *Jelić*, dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola *Bilčar*, dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Đuro *Hatić*, dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen *Nadinić*, dipl. ing. — Prijenos električne energije, Zorko *Cvetković*, dipl. ing., Zagreb — Josip *Nevešćanin*, dipl. ing., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav *Balen*, dipl. ec., Jure *Šimović*, dipl. ec., Petar *Kuzele*, dipl. ing. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomsko-financijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik: Zlatko *Orban*.

Redakcija završena 15. veljače 1982.

Godište 31 (1982) Zagreb 1982 Br. 1—2

SADRŽAJ

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD:

Čorak dr D.: Mogućnost i ekonomska opravdanost izgradnje blokova spojnog procesa 1

Schenner mr R.: Rješenje 110 kV i 30 kV mreže grada Zagreba za razdoblje 1980—2000. god. . 15

Naumovski I.: Prekidanje kratkih spojeva s prekidačima visokog napona u blizini generatora 29

Ožegović dr M.: Ekvivalentne sheme nultog sistema tronamotnog autotransformatora 35

PREGLEDNI RAD:

Defang Ch.: Kineska visokonaponska prijenosna mreža 45

STRUČNI RAD:

Đordan N.: Planiranje mjera zaštite na radu u elektroenergetskim postrojenjima (iskustva iz BiH) 49

Širom svijeta 55

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 12 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300 novih dinara, a za poduzeća i ustanove 1200 novih dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 150 novih dinara.

Za inozemstvo $ 70 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišeji: Grafički zavod Hrvatske, Zagreb
Frankopanska 26.

TERMOELEKTRANA »RIJEKA 1«

INSTALIRANA SNAGA

1 × 320 MW

GORIVO

teško loživo ulje

koksni plin

U 1978. GODINI
OTPOČELA
S
PROIZVODNJOM
ELEKTRIČNE
ENERGIJE



51221 KOSTRENA

telefon: 424-222,
424-647

telex: 24413 YU INATER

Energija God. 31 (1982) br. 1—2, 1—13

MOGUĆNOST I EKONOMSKA OPRAVDANOST IZGRADNJE BLOKOVA SPOJNOG PROCESA

Dr Duško Čorak, Zagreb

UDK 621.311.22:621.181
Originalni znanstveni rad

Kad postoje prirodni uvjeti za izgradnju proizvodnih jedinica spojnog procesa (dovoljno velik toplinski konzum s odgovarajućim dijagramom opterećenja), nužno je odgovoriti da li za to postoji i ekonomska opravdanost. Pri tome se javljaju i mnoga druga pitanja kao što su: koja je to minimalna vrijednost toplinskog konzuma koja opravdava izgradnju spojnog procesa i koja je to minimalna veličina proizvodne jedinice spojnog procesa koju je opravdano graditi te kakve su optimalne tehničke i energetske karakteristike takvih jedinica. U ovom se članku razrađuju i neka druga pitanja značajna za donošenje odluke o opravdanosti izgradnje proizvodnih jedinica spojnog procesa.

Ključne riječi: proizvodne jedinice, izgradnja, spojni proces

1. Osnovne pretpostavke

Kad u toplinskom ili elektroenergetskom sistemu zbog porasta potreba treba graditi nove proizvodne jedinice, uvijek se postavlja osnovno pitanje koja je to struktura proizvodnih jedinica (veličina, tip i vrsta goriva) koja daje optimalno rješenje. Povećana potražnja može biti zadovoljena izgradnjom proizvodnih jedinica spojnog procesa, termoelektrana, hidroelektrana i proizvodnih jedinica izravnog procesa za zadovoljenje samo toplinskih potreba. Ako se u razmatranje uključe proizvodne jedinice spojnog procesa, tada treba imati na umu da se povećane potrebe u toplinskom sistemu mogu u potpunosti zadovoljiti izgradnjom ove vrste proizvodnih jedinica, dok potražnja u elektroenergetskom sistemu može biti veća ili manja od moguće proizvodnje ovih proizvodnih jedinica.

Kako se u toplinskom sistemu može zadovoljiti ukupna povećana potražnja i izgradnjom samo proizvodnih jedinica spojnog procesa, razumno je, s obzirom na oblik dijagrama opterećenja i znatne razlike u investicijskim ulaganjima između proizvodnih jedinica spojnog i izravnog procesa, postaviti pitanje da li se na taj način postižu minimalni troškovi u sistemu. Drugim riječima, potrebno je odgovoriti koji je dio toplinskog opterećenja u dijagramu trajanja opravdano pokrivati proizvodnim jedinicama spojnog procesa. Ako udio toplinske snage spojnog procesa u ukupno potrebnoj snazi toplinskog sistema obilježimo sa

$$\alpha_T = \frac{T_{SP}}{Q_X} \qquad (1)$$

gdje su:

T_{SP} — toplinska snaga spojnog procesa

Q_x — maksimalno toplinsko opterećenje u toplinskom sistemu,

tada se pitanje svodi na traženje optmialne vrijednosti α_T. Očito je da se u slučaju $\alpha_T = 0$ potrebe toplinskog sistema zadovoljavaju proizvodnim jedinicama izravnog procesa, a potrebe u elektroenergetskom sistemu proizvodnim jedinicama bez spojnog procesa. Za $0 < \alpha_T < 1$, osim proizvodnih jedinica spojnog procesa, uvijek se pojavljuju proizvodne jedinice izravnog procesa kao dopuna potrebne snage za pokrivanje dijagrama trajanja toplinskog opterećenja.

Navedenim razmatranjem dolazi se u osnovi do ovih dviju varijanti:

a) Sve proizvodne jedinice za pokrivanje toplinskog opterećenja pretpostavljene su kao proizvodne jedinice izravnog procesa (vrelovodni i parni kotlovi u toplinskom sistemu — referentno rješenje). Proizvodne jedinice s kojima se zadovoljava potražnja u elektroenergetskom sistemu predstavljaju referentno rješenje u tom sistemu.

b) Nove proizvodne jedinice za zadovoljenje potreba u toplinskom sistemu osiguravaju se u kombinaciji spojni + izravni proces, tako da se postignu minimalni ukupni troškovi u oba sistema.

Kod traženja optimalne vrijednosti udjela spojnog procesa (α_T) u pokrivanju dijagrama trajanja toplinskog opterećenja treba imati na umu da su karakteristike toplinskog i elektroenergetskog sistema najznačajniji utjecajni parametri. Karakteristike toplinskog sistema u uvjetima kad se radi o opskrbi ogrjevnih korisnika u najvećoj mjeri ovise o klimatskim prilikama dotičnog područja. Veličina toplinskog konzuma, dinamika razvitka toplinskog konzuma, struktura proizvodnih jedinica, uvjeti predaje topline u sistemu i sigurnost opskrbe daljnji su utjecajni parametri.

Osim navedenih parametara značajni su još i ovi:

— veličina proizvodnih jedinica spojnog procesa (električna i toplinska snaga)
— specifična proizvodnja električne energije po jedinici oduzete topline
— specifični potrošak topline u kondenzacijskom pogonu proizvodnih jedinica spojnog procesa
— vrsta i cijena goriva
— investicijska ulaganja
— tip proizvodnih jedinica (kondenzacijsko oduzimna ili protutlačna)
— referentno rješenje u toplinskom i elektroenergetskom sistemu.

Broj utjecajnih faktora zaista je velik, to više što svaki od njih može varirati u širem ili užem području, bilo kao zavisna bilo kao nezavisna varijabla. Navedeno pokazuje na kompleksnost problema, pri čemu utjecajni faktori u elektroenergetskom sistemu nisu posebice specifirani.

Sigurno je da svaki od navedenih utjecajnih faktora nema jednaku težinu. Kad se želi doznati npr. koji su to granični uvjeti kad je opravdano graditi spojni proces, tada je problem moguće nešto pojednostavniti a da se pri tome ne umanji vrijednost dobivenih rezultata.

U namjeri da se postavljeni ciljevi postignu, utvrđene su neke granične vrijednosti pojedinih parametara koji su omogućili da se problem svede u okvire praktične provedbe.

Poznato je da postoje značajne razlike u klimatskim karakteristikama pojedinih područja. Tako se broj stupnjeva-dana za područje Zagreba, Sarajeva i Splita odnosi kao 1 : 1, 1 : 0,47. Budući da nisu provedena istraživanja za veći broj gradova, teško je sa sigurnošću tvrditi da se sva urbana područja nalaze unutar navedenog područja. Sigurno je da klimatske prilike Zagreba, s manjim odstupanjima, mogu poslužiti kao reprezentativne za sve urbane sredine iz kontinentalnog područja. S druge strane, klimatske prilike Rijeke uzete su kao reprezentativne za grupu gradova s blažom klimom.

U pogledu veličine proizvodnih jedinica spojnog procesa uzeto je da donja veličina snage (električna) iznosi 50 MW, a gornja 200 MW. Veće vrijednosti snaga, 300 i 600 MW nisu razmatrane iz ovih razloga:

Do sada najveće izgrađene jedinice spojnog procesa dosegle su električnu snagu 300 MW (u kondenzacijskom pogonu) i toplinsku snagu oduzimanja 384 MW. Pri tome se maksimalna električna snaga postiže kod čistog kondenzacijskog pogona. U oduzimnom radu električna snaga se smanjuje 15—20%, ovisno o uvjetima oduzimanja.

Veće jedinične snage nisu do sada građene, i to ne zbog toga što postoje neki posebni tehnički problemi u konstrukciji. Problemi postoje na strani veličine toplinskog konzuma. Jedna jedinica toplinske snage 384 MW u uvjetima optimalnog učešća spojnog procesa treba imati toplinski konzum između 768—960 MW. Toplinskih sistema u svijetu koji imaju snagu veću od 1 000 MW relativno je malo (najviše ih ima u SSSR-u). Instaliranje cjelokupne snage spojnog procesa samo u jednoj jedinici nije pogodno. Ni u zemlji koja ima najveće snage toplinskih sistema (SSSR) nije se išlo na veće jedinične snage od navedene. S druge strane, instaliranje proizvodnih jedinica spojnog procesa uvijek je vezano za urbana područja, gdje nije u interesu (zbog zaštite okoline) instalirati veću električnu snagu od one koju toplinski sistem traži.

Zbog svega navedenog ne može se očekivati da bi se u našim uvjetima mogle graditi veće jedinične snage iako se u posljednje vrijeme u svijetu razmatraju takve mogućnosti (Danska — 400 MW_e). Na temelju provedenih analiza s blokovima do 200 MW može se jasno uočiti da se povećanjem jedinične snage, ako za to postoje uvjeti u toplinskom sistemu (pretpostavka je da u elektroenergetskom sistemu nema ograničenja), povećavaju i pozitivni efekti.

Kad se veličina proizvodne jedinice ne utvrđuje prema uvjetima toplinskog sistema, a to znači da se iz proizvodne jedinice ne izvlači maksimalna toplinska snaga, tada i nije riječ o proizvodnim jedinicama spojnog procesa u punom značenju te riječi. Takvi slučajevi se mogu pojaviti kad se termoenergetski izvori za proizvodnju električne energije grade u neposrednoj blizini urbanih područja (TE Kosovo ili TE Kolubara, odnosno TE Obrenovac) ili onda kada je to ekonomski opravdano.

Sve što će biti pokazano na proizvodnim jedinicama do snage 200 MW u osnovi vrijedi i za veće jedinične snage, uz pretpostavku da je stanje toplinskog sistema takvo da može primiti takve jedinične snage.

Unutar navedenog nivoa snaga uzeta su u razmatranje tri nivoa proizvodnih jedinica spojnog procesa koje su namijenjene samo za zadovoljenje ogrjevnih potreba (50, 100 i 200 MW) i dva nivoa snaga za zadovoljenje potreba tehnološkog i ogrijevnog toplinskog sistema (60 i 160 MW).

Sve proizvodne jedinice spojnog procesa koje su uzete u analizu predstavljaju tipske jedinice koje se proizvode u serijama za koje postoji višegodišnje iskustvo. Najkvalitetniji raspoloživi podaci za navedeno područje promatranja našli su se u proizvodnim jedinicama sovjetske proizvodnje.

Ovu radnu pretpostavku u vezi s korištenjem podataka o energetskim karakteristikama sovjetskih jedinica ne treba shvatiti kao davanje neke prednosti ovim jedinicama u odnosu na one drugih proizvođača. Štoviše, domaći proizvođač »Jugoturbina« mogao bi, uz određene napore, pokriti cjelokupni proizvodni program. Samo je zbog nedostatka podataka za ovako široko područje razmatranja, a koje nije samo vezano za energetske ka-

rakteristike već i cijene, odnosno odnose cijena između pojedinih rješenja, uzeta navedena pretpostavka.

U skladu s navedenim za analize u ovom razmatranju odabrane su ove jedinice:

T-180/215-130
T-100-130
T-50-130
PT-60-130
PT-135/165-130

Proizvodne jedinice s oznakom T namijenjene su pokrivanju ogrjevnog toplinskog konzuma, a s oznakom PT pokrivanju ogrjevnog i tehnološkog konzuma. Sve jedinice osim jedinice T-180/215-130 izvedene su bez međupregrijanja, dok je ova jedinica izvedena s jednim međupregrijanjem. Kod svih jedinica pretpostavljeno je da je kondenzator izveden kao djelomično ogrjevni.

Navedene proizvodne jedinice promatrane su sve u izvedbi kao kondenzacijsko oduzimne.

Protutlačne proizvodne jedinice nisu razmatrane između ostalog i zato što je u okviru studije (L 1) pokazano da taj tip jedinica u odnosu na kondenzacijsko oduzimne ima znatno slabije rezultate. Pogodnost protutlačnih jedinica dolazi do izražaja u uvjetima kad toplinski konzum omogućuje proizvodnju protutlačne energije u toku cijele godine. U uvjetima stanja elektroenergetskog sistema kao što je to u SRH (analizirano do 1995. god.) kad sistem u godišnjim razdobljima kad nema proizvodnje protutlačne energije (zbog prilika u toplinskom sistemu) ima manjkove snaga i energije u elektroenergetskom sistemu, ovaj se tip proizvodnih jedinica pokazuje kao neprikladan. Znatno povoljnije rezultate postižu kondenzacijsko oduzimne jedinice, koje mogu postići instaliranu snagu u toku cijele godine (pri tome su svi ostali utjecajni parametri pri razmatranju ova dva tipa proizvodnih jedinica isti).

Kao pogonsko gorivo za proizvodne jedinice spojnog procesa promatran je ugljen i mazut. Za razliku od mazuta, čija cijena neznatno ovisi o lokaciji proizvodne jedinice u odnosu na udaljenost od rafinerije nafte, cijena ugljena svedena na energetsku jedinicu goriva znatno ovisi o udaljenosti proizvodne jedinice od rudnika. U ovom je radu u svim analizama uzeto da je cijena ugljena u referentnoj TE 62,1 d/GJ u kotlu. Ta je cijena, međutim, od rudnika do rudnika različita, pa za svaki konkretni slučaj rudnika i konkretni slučaj spojnog procesa analizu treba ponoviti. Za ugljen za spojni proces računata je cijena: 62,1, 71,7 i 81,2 d/GJ u kotlu. Kao cijena mazuta uzete su vrijednosti 128 d/GJ.

Kao pogonsko gorivo za spojni proces razmatran je mazut, kako bi se dobila slika o položaju ovog rješenja u odnosu na ugljen.

Kao veličina referentne elektrane promatrana je jedanput ona snage 300 MW, a drugi put 600 MW, s karakteristikama koje su uzete iz podloga za studiju »Razvoj elektroprivrede Jugoslavije do 1985. godine s osvrtom na 1990. godinu i vizijom 2000. godine« (Elektrane od 1985. do 2000. godine), za pokrivanje opterećenja u elektroenergetskom sistemu, a vrelovodnih kotlova snage 116,3 MW u ogrjevnom sistemu i parnih kotlova 80/64 t/h u tehnološkom sistemu.

Za svaki promatrani slučaj toplinskog sistema i nivoa konzuma unutar sistema, računato je da sigurnost opskrbe u ogrjevnom sistemu iznosi 97,5%, a za tehnološki sistem 98%. Neovisno o udjelu spojnog procesa u pokrivanju dijagrama opterećenja, tražena sigurnost je zadržana na navedenim vrijednostima.

Sve proizvodne jedinice spojnog procesa promatrane su da se grade u različitim veličinama toplinskog konzuma, i to tako da se udio snage iz promatrane jedinice kreće od 0,3 do 0,6.

U jednom slučaju promatran je utjecaj veličine agregata za iste vrijednosti veličine toplinskog konzuma. Tako je promatrana izgradnja jedinica spojnog procesa $1 \times$ T-180/215-130; $2 \times$ T-100-130, te $4 \times$ T-50-130 za područje $0{,}6 > \alpha_T > 0{,}3$.

Uklapanje proizvodnih jedinica spojnog procesa u elektroenergetski sistem obavljeno je za prilike sistema SRH.

2. Osnovni podaci o proizvodnim jedinicama u toplinskom sistemu

Za svaku proizvodnu jedinicu izravnog ili spojnog procesa, postojeću ili novu, potrebno je poznavati osnovne energetske i tehničke karakteristike, kao što su: tip proizvodne jedinice, maksimalna toplinska snaga u ogrjevnom i tehnološkom toplinskom sistemu, maksimalna električna snaga, snaga tehničkog minimuma, faktor raspoloživosti u toplinskom i elektroenergetskom sistemu, vrijeme trajanja remonta, specifični potrošak goriva, povećanje troškova u reduciranom radu, koeficijent proizvodnje električne energije za svaku proizvodnu jedinicu u ogrjevnom i tehnološkom toplinskom sistemu, te na kraju vrstu i cijenu goriva .

Podaci za proizvodne jedinice za pokrivanje toplinskog opterećenja u ogrjevnom i tehnološkog toplinskom sistemu dani su u tablici 1.

Sve proizvodne jedinice spojnog procesa koje su uzete u razmatranje za utvrđivanje optimalnog koeficijenta toplifikacije standardne su izvedbe i nalaze se u proizvodnom programu SSSR-a. Osnovni tehnički podaci za izabrane proizvodne jedinice uzeti su iz projektne dokumentacije koja je bila raspoloživa. Osnovne tehničke karakteristike prikazane su u tablici 2.

3. Potrebe izgradnje novih proizvodnih jedinica u toplinskom sistemu

Na temelju provedbe analiza prilika moguće je utvrditi potrebnu sigurnost opskrbe u ogrjevnom i

Tablica 1.

PODACI O PROIZVODNIM JEDINICAMA U TOPLINSKOM SISTEMU

Podaci o razmatranim proizvodnim jedinicama spojnog procesa na *ugljen*

Oznaka proizvodne jedinice	Trajanje remonta mjeseci	Maksimalna snaga oduzimanja		Snaga tehničkog minimuma MW	Koefic. proizv. el. energije u oduzimnom radu		Raspoloživost		Ukupna električna snaga MW	Specifični potrošak goriva u oduzim. radu	Povećani spec. potrošak goriva pri radu s reduc. stanicom
		tehnološki konzum MJ/s	ogrjevni konzum MJ/s		tehnološki konzum Ws/J	ogrjevni konzum Ws/J	toplinski konzum	električni konzum			
T-50—130	1	—	107,6	13,6	—	0,399	0,9	0,9	45,18	1,15	0,05
PT-60—130	1	143,6	65,9	16,0	0,216	0,342	0,9	0,9	53,5	1,15	0,05
T-100—130	1	—	210,3	31,0	—	0,446	0,9	0,9	103,3	1,15	0,05
PT-135/165-130	1	187,6	162,8	42,7	0,231	0,448	0,9	0,9	142,2	1,144	0,05
T-180/215-130	1	—	325,6	57,4	—	0,494	0,9	0,9	191,4	1,144	0,05

Podaci o proizvodnim jedinicama izravnog procesa na *ugljen*

VK-100	1	—	116,3	—	—	—	0,9	—	—	1,144	—
PK-80/64	1	55,7	—	—	—	—	0,9	—	—	1,176	—

Podaci o razmatranim proizvodnim jedinicama spojnog procesa na *mazut*

T-50—130	1	—	107,6	14,3	—	0,420	0,9	0,9	47,56	1,098	0,05
PT-60—130	1	143,6	65,9	16,9	0,228	0,360	0,9	0,9	56,32	1,098	0,05
T-100—130	1	—	210,3	32,62	—	0,469	0,9	0,9	108,72	1,092	0,05
PT-135/165-130	1	—	162,8	44,9	0,243	0,472	0,9	0,9	149,7	1,092	0,05
T-180/215-130	1	—	325,6	60,45	—	0,520	0,9	0,9	201,5	1,092	0,05

Podaci o proizvodnim jedinicama izravnog procesa na *mazut*

VK-100	1	—	116,3		—	—	0,9	—	—	1,144	—
PK-80/64	1	55,7	—	—	—	—	0,9	—	—	1,176	—

tehnološkom sistemu. Za traženu sigurnost opskrbe toplinskih korisnika, te krivulja trajanja toplinskog opterećenja, podataka o individualnim raspoloživostima proizvodnih jedinica te vremenu trajanja remonta utvrđena je potrebna raspoloživa snaga proizvodnih jedinica za traženu sigurnost opskrbe i potrebna instalirana snaga. Promatranja su provedena za opskrbu toplinskog sistema jednom s referentnim rješenjem (izravni proces), a drugi put u različitim varijantama spojnog procesa gledano sa stajališta veličine njena udjela, različite veličine proizvodnih jedinica i različitih nivoa toplinskog konzuma.

Pregled potreba izgradnje proizvodnih jedinica za promatrane varijante pokrivanja toplinskog konzuma, ogrjevnog i tehnološkog, prikazan je u tablici 3.

4. Osnovne karakteristike elektroenergetskog sistema

Analize prilika radi utvrđivanja mjesta i uloge proizvodnih jedinica spojnog procesa u pokrivanju dijagrama opterećenja u elektroenergetskom sistemu provedene su za uvjete elektroenergetskog sistema SRH. Provedba analiza u elektroenergetskom sistemu izvršena je za stanja konzuma 1986, 1990, 1992, 1995. i 2000. godine. Maksimalno opterećenje u elektroenergetskom sistemu i potrebna proizvodnja za navedene godine dana je u tablici 4.

Struktura proizvodnih jedinica termoelektrana u elektroenergetskom sistemu bez proizvodnih jedinica spojnog procesa utvrđena je prethodnim analizama. U tim analizama uzeto je da se potrebna dodatna snaga termoelektrana u sistemu od 1986. god. do 2000. god. osigura u termoelektrani karakteristika referentne elektrane snage 300, odnosno 600 MW na ugljen. Dodatna snaga referentne elektrane u sistemu za slučaj izgradnje bez proizvodnih jedinica spojnog procesa dana je u tablici 5. (usporedna varijanta) i predstavlja referentno rješenje u elektroenergetskom sistemu. Za slučaj izgradnje proizvodnih jedinica spojnog procesa potrebna snaga dodatne termoelektrane karakteristika referentne elektrane dana je također u tablici

OSNOVNE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE JEDINICA SPOJNOG PROCESA

Tablica 2.

Naziv	Dimenzija	Oznaka jedinice spojnog procesa				
		T-180/215-130	T-100/130	T-50-100	PT-135/165-130	PT-60-130
Nominalna snaga	MW	180	100	50	135	50
Maksimalna snaga	MW	217	120	60	165	60
Tlak svježe pare	MPa	13,26	13,26	13,26	13,26	13,26
Temperatura svježe pare	°C	565/565	565	565	565	565
Broj nereguliranih oduzimanja	—	7	7	5	7	5
Temperatura napojne vode	°C	230	229	230	232	230
Tlak kondenzacije	MPa	0,0051	0,0055	0,0051	0,0051	0,0051
Količina rashladne vode	m³/h	25 000	16 000	7 000	12 400	8 063
Količina pare industrijskog oduzimanja	t/h	—	—	—	320	140/230
Tlak pare industrijskog oduzimanja	MPa	—	—	—	1,5	1,22
Temperatura pare industrijskog oduzimanja	°C	—	—	—	—	275
Toplinska snaga ogrjevnog oduzimanja	MW	325,6	210,0	107,6	187,6	62,8
Tlak pare ogrjevnog oduzimanja	MPa	—	0,05—0,2	0,05—0,2	0,08	0,02—0,15
Količina svježe pare pri nominal. snazi i nominalnoj količini oduzimanja	t/h	640	445	245,5	760	306
Specifična proizvodnja el. energije u oduzimnom radu:						
— za industrijsko-oduz.	J/Ws	—	—	—	0,243	0,249
— za ogrjevno oduzimanje	J/Ws	0,520	0,461	0,420	0,472	0,369
Specifični potrošak topline (prag)						
— kondenzacijski režim	J/Ws	2,814	3,012	3,070	2,873	3,105
— protutlačni pogon	J/Ws	1,127	1,127	1,127	1,127	1,127

5. S postojećim elektranama i dodatnim termoelektranama danim u tablici 5. osigurava se za sve varijante izgradnje ista sigurnost opskrbe u sistemu.

Izgradnja proizvodnih jedinica spojnog procesa radi utvrđivanja optimalne strukture (α_T) za različite nivoe toplinskog konzuma i različite varijante izgradnje pretpostavljena je u svim varijantama 1986. godine.

5. Utvrđivanje optimalne vrijednosti učešća spojnog procesa u pokrivanju dijagrama opterećenja u toplinskom sistemu

Zadovoljenje potreba u toplinskom i elektroenergetskom sistemu utvrđeno je na temelju provedbe analize prilika u oba sistema (L 1), a s podacima i uvjetima danim u 1, 2, 3. i 4.

Povoljnost pojedinog tehničkog rješenja nije moguće utvrditi na temelju promatranja samo troškova goriva, već ukupnih troškova promatranih u dužem vremenskom razdoblju. Za tu svrhu potrebno je poznavati investicijsko ulaganje, način financiranja izgradnje, vijek trajanja izgradnje, te ostale elemente koji sačinjavaju stalne troškove.

U skladu s analizom potreba toplinskog konzuma, a prema postavljenim varijantama načina pokrivanja, ocijenjena su investicijska ulaganja i svedena na cijene materijala i usluga iz I tromjesečja 1981. god. Pri ocjeni investicijskih ulaganja korišteni su podaci vezani za izgradnju proizvodne jedinice spojnog procesa T-100-130 i podaci iz investicijskih programa za PT-135/165-130 u TE-TO Novi Sad. Investicije za ostale proizvodne jedinice spojnog procesa utvrđene su na temelju podataka o odnosima cijena između pojedinih tipova jedinica (L 2). Za referentne termoelektrane investicijska ulaganja su utvrđena na temelju podataka (L 3).

Investicije za proizvodne jedinice izravnog procesa utvrđene su na temelju podataka dobivenih od TPK Zagreb.

Veličine investicijskih vrijednosti za promatrane proizvodne jedinice prikazane su u tablici 6.

Za uvjete financiranja pretpostavljeno je da će dijelom biti iz inozemnog kredita, a dijelom iz domaćih kredita.

Procentualno učešće inozemnog kredita u odnosu na domaće kredite za sve proizvodne jedinice spojnog procesa i referentnu termoelektranu pretpostavljeno je jednako. Kamati na kredite i interkalarni kamati su jednaki, a isto tako i vrijeme otplate kredita za sve proizvodne jedinice (osim proizvodnih jedinica izravnog procesa).

PREGLED POTREBA IZGRADNJE PROIZVODNIH JEDINICA ZA RAZLIČITE VARIJANTE IZGRADNJE I RAZLIČITE TOPLINSKE KONZUME

Tablica 3.

Varijanta	α_T	Varijanta sa spojnim procesom	Varijanta s izravnim procesom	Snaga toplinskog konzuma MW	
				Tehnološki	Ogrjevni
T-50-130	0,3	T-50-100 + 2,14 VK 100	3,14 VK 100	—	290,5
	0,4	T-50-100 + 1,89 VK 100	2,86 VK 100	—	217,8
	0,5	T-50-100 + 1,43 VK 100	2,35 VK 100	—	174,3
	0,6	T-50-100 + 0,915 VK 100	1,80 VK 100	—	145,3
PT-60-130	0,3	PT-60-130 + 1,87 VK 100 + 4,73 PK 80/64	2,54 VK 100 + 6,37 PK 80/64	387,0	177,9
	0,4	PT-60-130 + 1,60 VK 100 + 3,65 PK 80/64	2,25 VK 100 + 5,17 PK 80/64	290,3	133,4
	0,5	PT-60-130 + 1,30 VK 100 + 2,98 PK 80/64	1,89 VK 100 + 4,35 PK 80/64	232,2	106,8
	0,6	PT-60-130 + 0,91 VK 100 + 2,73 PK 80/64	1,49 VK 100 + 3,93 PK 80/64	193,5	89,0
T-100-130	0,3	T-100-130 + 3,69 VK 100	5,16 VK 100	—	568,0
	0,4	T-100-130 + 2,79 VK 100	4,21 VK 100	—	426,0
	0,5	T-100-130 + 2,16 VK 100	3,50 VK 100	—	340,9
	0,6	T-100-130 + 1,85 VK 100	3,08 VK 100	—	284,0
PT-135/165-130	0,3	PT-135/165 — 130 + 2,97 VK 100 + 5,94 PK 80/64	4,23 VK 100 + 7,54 PK 80/64	504,2	439,6
	0,4	PT-135/165 — 130 + 2,20 VK 100 + 4,61 PK 80/64	3,42 VK 100 + 6,16 PK 80/64	379,8	329,7
	0,5	PT-135/165 — 130 + 1,90 VK 100 + 3,80 PK 80/64	3,06 VK 100 + 5,30 PK 80/64	303,9	263,8
	0,6	PT-135/165 — 130 + 1,68 VK 100 + 3,11 PK 80/64	2,78 VK 100 + 4,53 PK 80/64	253,3	219,8
T-180/215-130	0,3	T-180/215 — 130 + 5,46 VK 100	7,42 VK 100	—	879,2
	0,4	T-180/215 — 130 + 3,99 VK 100	5,82 VK 100	—	659,4
	0,5	T-180/215 — 130 + 3,25 VK 100	4,88 VK 100	—	527,5
	0,6	T-180/215 — 130 + 2,78 VK 100	4,17 VK 100	—	439,6

Za sve potrebne investicije predviđeno je uzimanje kredita uz ove uvjete:

Za proizvodne jedinice izravnog procesa:

vrijeme otplate kredita		10 godina
kamatnjak		8 %
kamatnjak za interkalarne kamate		8 %
vijek trajanja		15 godina
vrijeme izgradnje		2 godine
dinamika ulaganja	1. god.	20 %
	2. god.	80 %

Za proizvodne jedinice spojnog procesa i referentnu termoelektranu:

1. Inozemni krediti

vrijeme otplate kredita	10 godina
kamatnjak	7 %
kamatnjak za interkalarne kamate	7 %

2. Domaći kredit

a) prvi izvor

vrijeme otplate	10 godina
kamatnjak	8 %
kamatnjak za interkalarne kamate	8 %

b) drugi izvor

vrijeme otplate	15 godina
kamatnjak	7 %
kamatnjak za interkalarne kamate	7 %
Vijek trajanja objekta	25 godina
Udio domaćih kredita	80 %
Vrijeme izgradnje objekta	3(4)* godine
Dinamika ulaganja	1 god. 33 % (12 %)*
	2 god. 23 % (36 %)*
	3 god. 44 % (40 %)*
	4 god. — (12 %)*

(* za blok 300 i 600 MW)

POTREBNA SNAGA I ENERGIJA
U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU SRH

Tablica 4.

Godina	Maksimalno opterećenje (MW)	Potrebna proizvodnja (GWh)
1986.	3 022,7	18 500,0
1990.	3 613,3	22 000,0
1992.	4 191,5	24 950,0
1995.	5 066,6	30 140,0
2000.	6 947,8	41 300,0

Valorizacija rješenja zajedničke proizvodnje topline i električne energije temelji se na minimiziranju ukupnih troškova u toplinskom i elektroenergetskom sistemu. Pri tome je potrebno definirati o kakvim se ukupnim troškovima radi.

Kad je riječ o toplinskom i elektroenergetskom sistemu, treba imati na umu da se radi o sistemima koji se s vremenom mijenjaju (u pravilu se povećavaju), što uzrokuje stalnu potrebu izgradnje novih proizvodnih jedinica, a time i promjenu strukture. Problem je u cjelini dinamičke prirode, jer, na primjer, ako se želi saznati koja je optimalna struktura proizvodnih jedinica u nekoj godini, tada se ne može zanemariti utjecaj proizvodnih jedinica koje trebaju ući u pogon nakon tog perioda. Za takvo promatranje potrebno je poznavati prilike u sistemu i pretpostaviti tehnička rješenja koja se očekuju da će biti na raspolaganju za zadovoljenje povećane potrošnje, kao i za zamjenu za dotrajale proizvodne jedinice. Ako se pretpostavi da spoznaja o porastu potražnje u sistemu na dugoročni period ne mora biti egzaktna, da proizvodne jedinice s kojima možemo zadovoljiti povećanu potrošnju mogu biti različite veličine i različitih karakteristika s različitim pogonskim gorivima, onda se može lako uočiti da se radi o veoma složenom problemu. U nedostatku dinamičkih modela koji omogućuju istovremeno variranje niza parametara (veličina konzuma, veličina jedinica, vrsta goriva itd. u oba sistema) nužno je učiniti i određena pojednostavnjenja u smislu svođenja problema u realne okvire raspoloživih računskih modela. Za rješenje zadatka koji je postavljen, da se utvrdi optimalna vrijednost udjela spojnog procesa u pokrivanju toplinskog konzuma za različite veličine proizvodnih jedinica i stanja izgradnje u elektroenergetskom sistemu, pošlo se s pretpostavkom da će proizvodna

POTREBNA SNAGA DODATNE TE PO VARIJANTAMA IZGRADNJE

(MW)

Tablica 5.

Godina	Varijanta					
	T-50-130	PT-60-130	T-100-130	PT-135/165-130	T-180/215-130	Referentna
1986.	117,50	109,20	59,40	20,50	0,00	162,70
1990.	471,80	463,50	413,70	374,80	325,60	517,00
1992.	625,50	617,20	567,40	528,50	479,30	670,70
1995.	663,50	655,20	605,40	566,50	517,30	708,70
2000.	899,40	891,10	841,30	802,40	753,20	944,60

PREGLED INVESTICIJSKIH ULAGANJA U PROIZVODNE JEDINICE (1. kvartal 1981. g.)

Tablica 6.

Proizvodna jedinica	Ugljen		Mazut	
	investicije	specifične investicije (st. gen.)	investicije	specifične investicije (st. gen.)
	1 000 dinara	10^3 din/MW	1 000 dinara	10^3 din/MW
T-50-130	1 970 850	39 417	1 459 900	29 198
PK-80/64	2 515 850	41 931	1 863 600	31 060
T-100-130	3 778 000	31 483	2 798 500	23 321
PT-135/165-130	5 319 000	32 236	3 940 000	23 878
T-180/215-130	5 766 800	26 822	4 271 700	19 868
TE 300 MW	6 948 300	23 161	5 146 900	17 156
TE 600 MW	11 866 300	19 777	8 789 900	14 650
VK — 100	204 000	1 754*	95 200	818,6*
PT-60-130	230 000	4 126*	138 900	2 491,8*

* 10^3 din/MJ/s

proizvodnih jedinica spojnog procesa utvrđena u 1986. god. u toplinskom sistemu za svaki promatrani α_T ostati ista u promatranom razdoblju. Za promatranje uzeto je razdoblje od 25 godina, koliki je životni vijek proizvodnih jedinica spojnog procesa. Za proizvodne jedinice izravnog procesa, čiji je vijek trajanja kraći (15 god.), nakon isteka vijeka trajanja uzima se zamjenska jedinica istih karakteristika, a na kraju promatranja ostaje dio neotpisane vrijednosti. Kako se pokrivanje toplinskog i električnog konzuma pretpostavlja različitim tehničkim rješenjima u pogledu tehničkih karakteristika koji iziskuju i različite investicijske troškove, to je kod valorizacije usvojeno da se promatraju ukupni aktualizirani troškovi u razdoblju od 25 god. u toplinskom i elektroenergetskom sistemu. Pretpostavljena stopa aktualizacije je 8%, a kao referentna godina svođenja 1986. god.

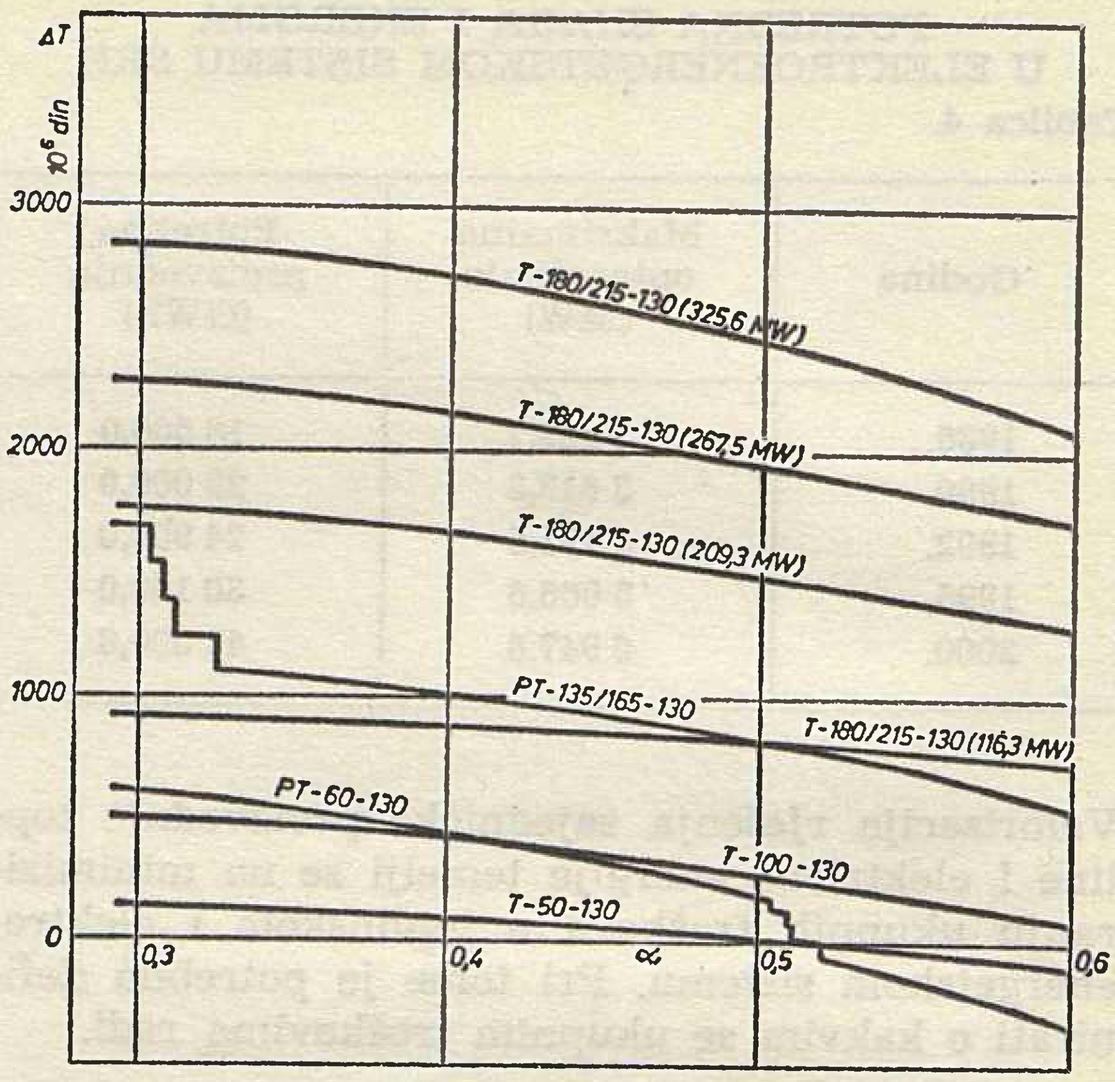
Rješenje izgradnje koje daje najveću pozitivnu razliku ukupnih aktualiziranih troškova između referentne i promatranih varijanti predstavlja optimalnu varijantu izgradnje, a ujedno i optimalno učešće proizvodnih jedinica spojnog procesa u pokrivanju dijagrama opterećenja u toplinskom sistemu. Vrijednost ukupnih aktualiziranih troškova, odnosno razlika (uštede) između referentnog i ostalih rješenja u funkciji koeficijenta α_T prikazana je u dijagramima sl. 1. do 8.

Vrijednosti koeficijenta α_T s postavljenim varijantama izgradnje promatrane su u području 0,3 do 0,6. Postoji li opravdanje pokrivanja toplinskog konzuma proizvodnim jedinicama spojnog procesa, tada se optimalna vrijednost α_T praktično uvijek nalazi u tom području.

Različita vrijednost α_T za promatrane proizvodne jedinice spojnog procesa postignuta je promjenom veličine toplinskog konzuma. Tako npr. pri α_T za različite proizvodne jedinice odgovara različita vrijednost toplinskog konzuma (vidi tabl. 3).

Veličina ušteda (ako se pojavljuju) ovisi o dosta faktora, kako je već navedeno. Kvantitativne vrijednosti utjecaja pojedinih veličina mogu se vidjeti na pojedinim dijagramima sl. 1 do 8. Na sl. 1 utvrđene su ovisnosti ušteda kod proizvodnih jedinica spojnog procesa u odnosu na referentno rješenje izgradnje u ovisnosti od udjela tog spojnog procesa u pokrivanju toplinskog opterećenja (α_T). U ovom slučaju referentno rješenje u elektroenergetskom sistemu jest jedinica snage 300 MW. Cijena goriva u proizvodnim jedinicama spojnog procesa i referentnog rješenja je jednaka (62,1 d/GJ). Stopa aktualizacije pretpostavljena je sa 8 %.

Iz rezultata pokazanih na sl. 1. može se zaključiti da je optimalna vrijednost α_T za sve proizvodne jedinice između 0,3 i 0,4 (bliže 0,3). Veće proizvodne jedinice spojnog procesa postižu znatno bolje rezultate u odnosu na manje proizvodne jedinice pri istom α_T. Ovo dolazi jednom zbog manjih razlika u specifičnim investicijskim ulaganjima u odnosu na referentno rješenje, a drugi put zbog manje



Sl. 1. *Ukupne uštede u sistemu s referentnom TE 300 MW (cijena ugljena 62,1 din/GJ; a = 8%)*

razlike u specifičnom potrošku topline kod rada u čisto kondenzacijskom pogonu.

Karakterističan je utjecaj karaktera toplinskog konzuma (oblik dijagrama opterećenja) kod proizvodnih jedinica koje rade u dva toplinska sistema (ogrjevnom i tehnološkom). Kod vrijednosti $\alpha_T > > 0{,}32$, kod proizvodne jedinice PT-135/165-130, veličina tehnološkog toplinskog konzuma izvan ogrjevne sezone ne osigurava angažiranje tehničkog minimuma, pa dolazi do pada ušteda u sistemu u odnosu kad veličina toplinskog konzuma osigurava angažiranje tehničkog minimuma. Slična se situacija pojavljuje kod proizvodne jedinice PT-60-130.

Jedno od najčešćih pitanja koja se javljaju kod ideje o izgradnji spojnog procesa glasi:

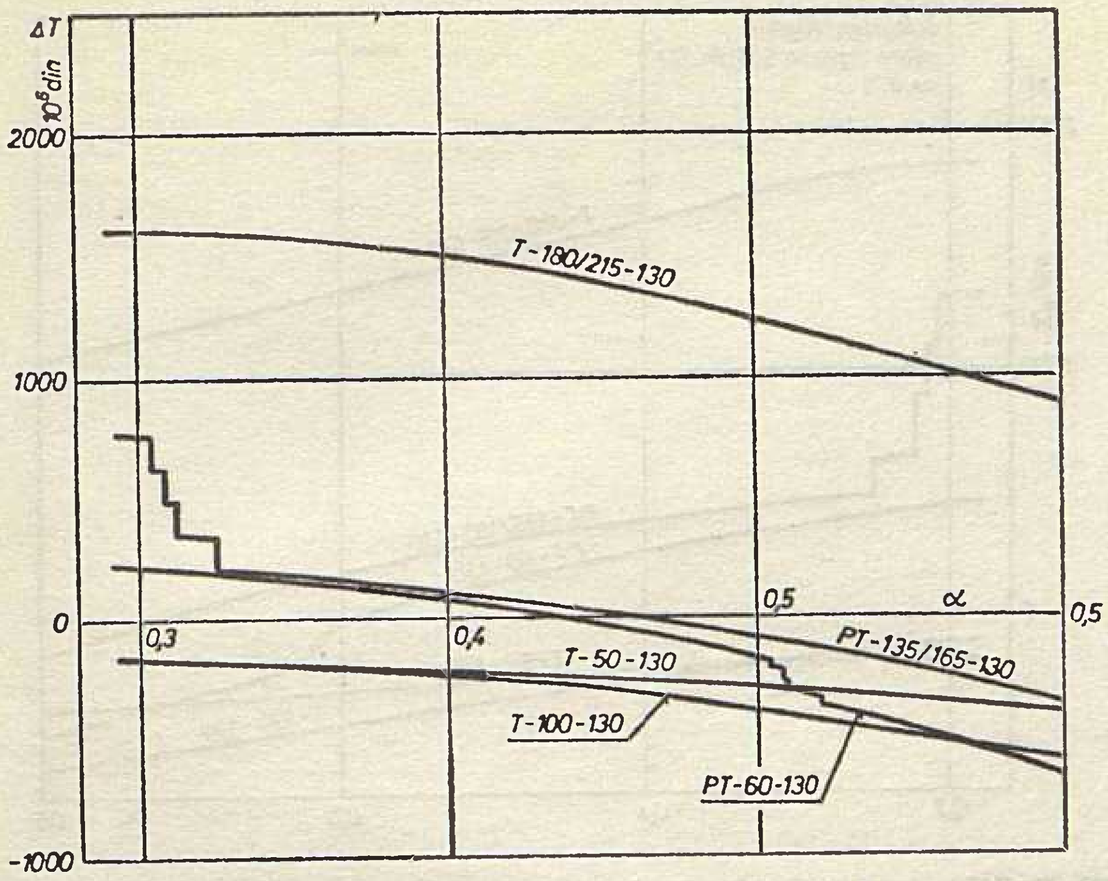
a) Koja je to minimalna veličina proizvodne jedinice spojnog procesa koju je opravdano graditi?

b) Koja je to minimalna vrijednost toplinskog konzuma koja još opravdava izgradnju spojnog procesa?

Navedena dva pitanja uvijek treba gledati u kontekstu ostalih utjecajnih parametara, cijena goriva, veličina referentnog rješenja, oblika dijagrama opterećenja u toplinskom sistemu, termodinačkih parametara svježe i oduzete topline itd.

Za uvjete dane na sl. 1 snaga spojnog procesa od 50 MW i $\alpha_T \sim 0{,}5$ (toplinsko opterećenje ~ 170 MW$_t$) čini granične uvjete opravdanosti izgradnje.

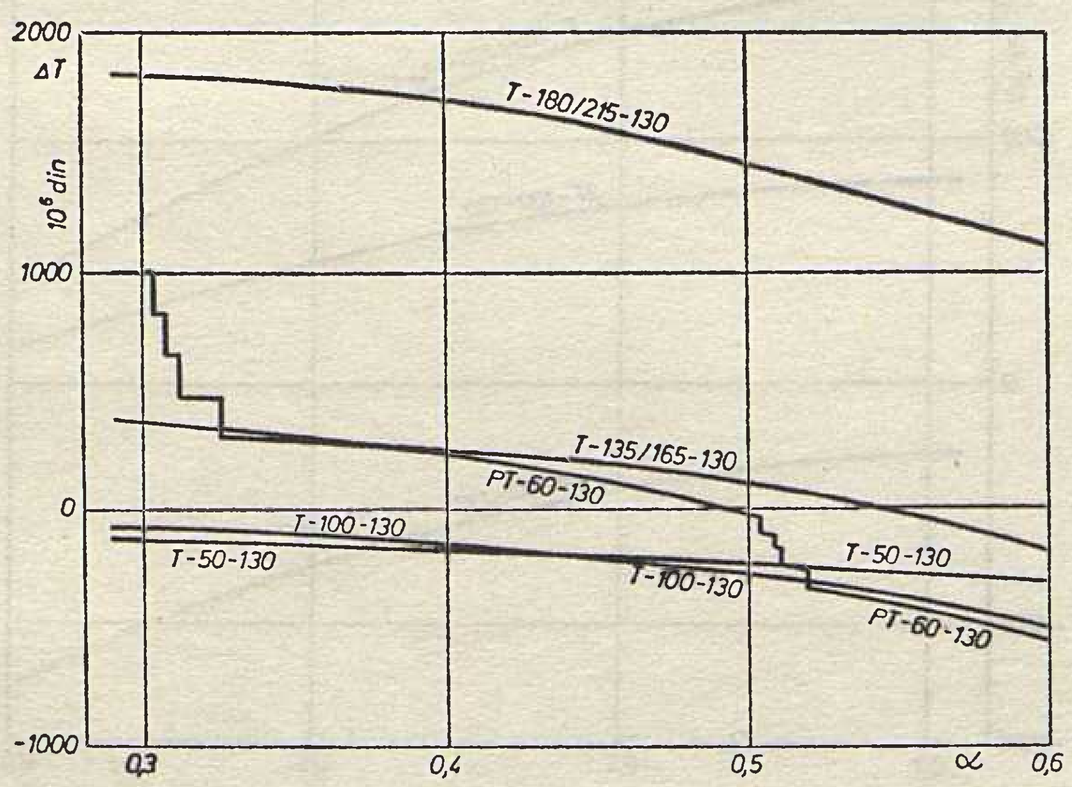
Promjenom referentnog rješenja u elektroenergetskom sistemu od 300 na 600 MW, ostavljajući sve ostale parametre nepromijenjenima, efekti spojnog procesa znatno se smanjuju (sl. 2). Uzroci tome su jasni: manje specifične investicije u referentno rješenje i bolji specifični potrošak čine svoje.



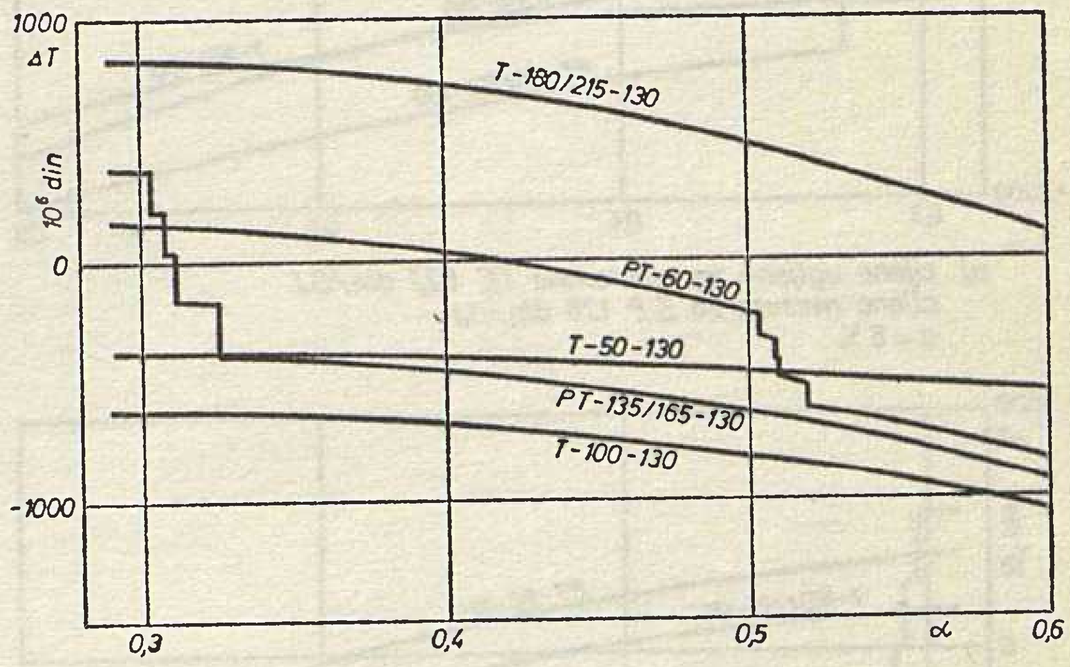
Sl. 2. *Ukupne uštede u sistemu s referentnom TE 600 MW (cijena ugljena 62,1 din/GJ)*

Blokove tipa T, snage 50 i 100 MW nije opravdano graditi ni za koji α_T. Pri tome je karakteristično da se nepovoljniji rezultati pojavljuju kod bloka T-100 u odnosu na blok T-50. Razlog je veće angažiranje bloka T-100 za proizvodnju čisto kondenzacijske energije. Povećani rad u čistoj kondenzaciji u pravilu pogoršava efekt ušteda. Blokovi tipa PT ostaju snažniji u konkurenciji zahvaljujući povoljnijem angažiranju u tehnološkom toplinskom sistemu.

Može se očekivati da će cijena goriva kod rješenja spojnog procesa u pravilu biti veća od cijene goriva referentnog rješenja, i to zbog toga što se termoelektrane grade u neposrednoj blizini sirovinske osnovice (rudnika ili rafinerija nafte) pa je cijena goriva minimalna. Proizvodne jedinice spojnog procesa uvijek su vezane za toplinski konzum, a to znači urbane centre koji su najčešće udaljeni od sirovinske osnovice (uz neke izuzetke, npr. Prištinu, Tuzlu, a na neki način i Beograd). Zbog navedenog vrijedno je razmotriti kakav se utjecaj postiže povećanjem cijene goriva kod spojnog procesa. Ostavljajući ostale parametre nepromijenjene (kao na sl. 1), rezultati povećane cijene goriva prikazani su na sl. 3 (cijena 71,7 d/GJ — povećanje ~ 15 %) i na sl. 4 (cijena 81,2 d/GJ — povećanje ~ 30 %).



Sl. 3. *Ukupne uštede u sistemu s referentnom TE 300 MW (cijena ugljena za S. P. 71,7 din/GJ; za referentnu TE 62,1 din/GJ; a = 8%)*



Sl. 4. *Ukupne uštede u sistemu s referentnom TE 300 MW (cijena ugljena za S. P. 81,2 din/GJ; za referentnu TE 62,1 din/GJ; a = 8%)*

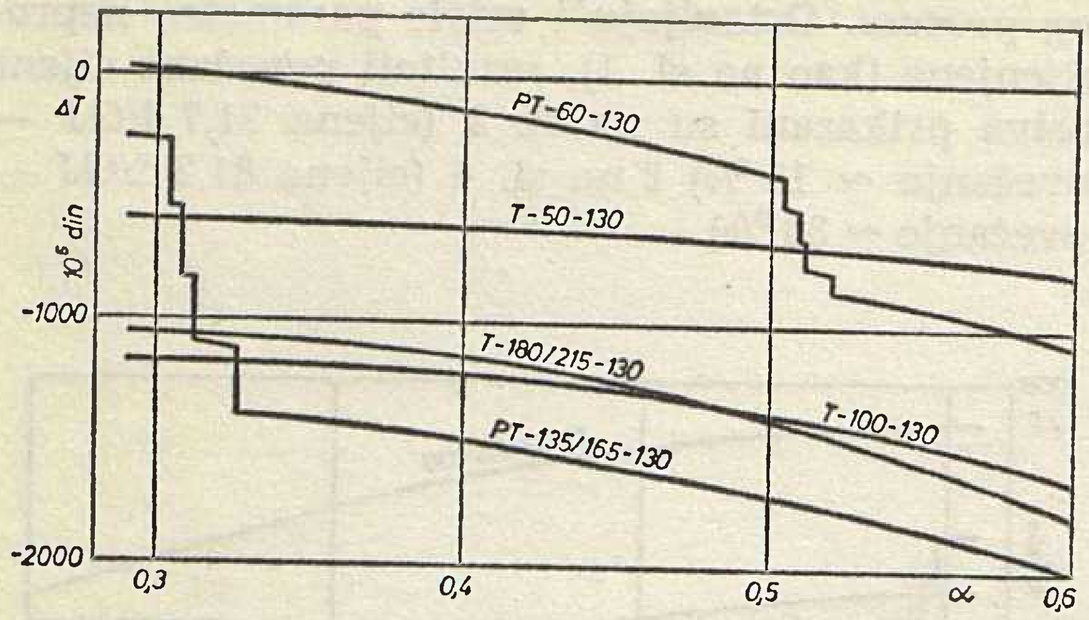
Efekti navedenog povećanja cijena goriva kod spojnog procesa su očiti, pa je svaki komentar suvišan. Međutim, treba napomenuti da u uvjetima kad se pojavljuju razlike u cijeni goriva između referentne termoelektrane treba računati da se pojavljuju i dodatni troškovi kod referentnog rješenja u elektroenergetskom sistemu, u prvom redu u većim troškovima izgradnje prijenosne mreže, te gubicima snage i energije u prijenosu u odnosu na rješenje spojnog procesa koji se nalazi u centru konzuma.

Zbog navedenog, utjecaj cijene goriva treba pažljivo promatrati. Opća ocjena nije stoga moguća, već je svaki slučaj nužno analizirati u skladu s pokazanom metodologijom.

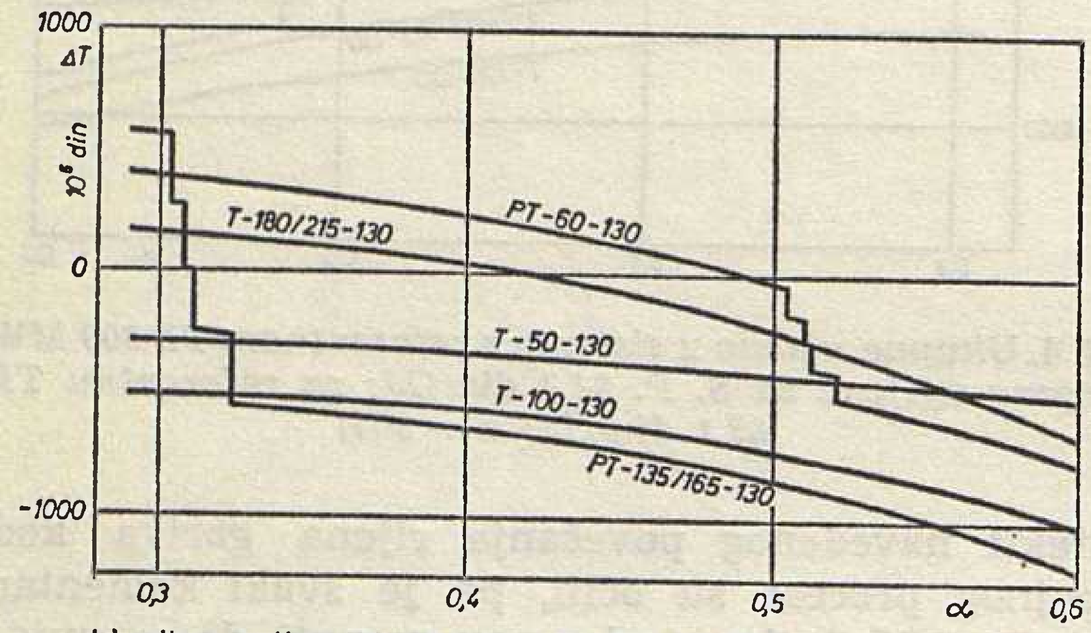
Rješenje spojnog procesa kod korištenja mazuta, kada je uzeto da mu je cijena za ~ 70 % veća od cijene ugljena, pokazuje povoljni efekt samo kod većih jediničnih snaga spojnog procesa tipa T i $\alpha_T < 0{,}425$ (sl. 5 b), a kod spojnog procesa tipa PT jedino veličina 60 MW daje povoljne efekte do vrijednosti $\alpha_T < 0{,}5$, dok proizvodna jedinica PT-135/165-130, nakon nemogućnosti angažiranja tehničkog minimuma u protutlačnom pogonu ($\alpha_T > 0{,}3$) i znatnog angažiranja u proizvodnji čiste kondenzacijske proizvodnje, pokazuju nepovoljan efekt. Ostale jedinice tipa T (T-50 i T-100) za cijelo područje α_T pokazuju negativan efekt.

Kod rješenja spojnog procesa pri korištenju mazuta čija je cijena ~ 100 % veća od cijene ugljena, samo proizvodna jedinica spojnog procesa tipa PT (PT-60-130) pokazuje minimalan pozitivni efekt za $\alpha_T < 0{,}32$, dok ni jedna druga proizvodna jedinica ne pokazuje pozitivne efekte (slika 5 a).

Kod ekonomskih vrednovanja pojedinih rješenja značajno mjesto zauzima stopa aktualizacije. Rješenja s povećanim investicijskim ulaganjima kod



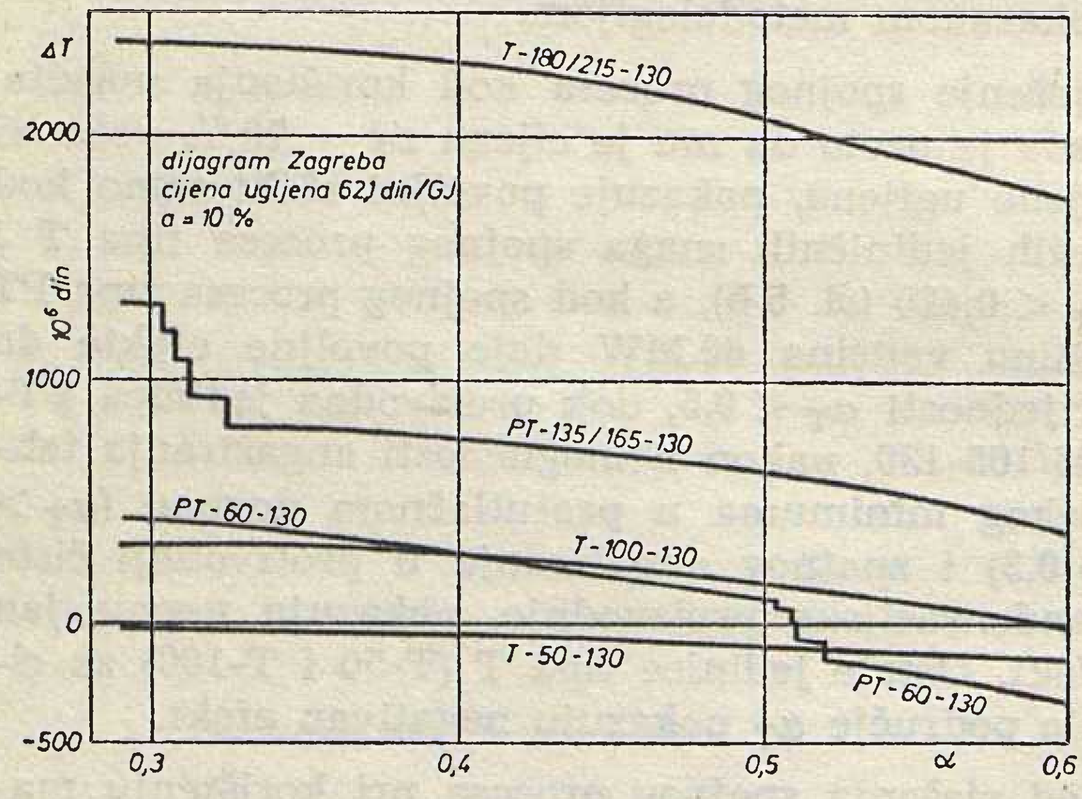
a) *cijena ugljena za referentnu TE 62,1 din/GJ*
cijena mazuta za S.P. 128 din/GJ
a = 8 %



b) *cijena ugljena za referentnu TE 62,1 din/GJ*
cijena mazuta za S.P. 105,5 din/GJ
a = 8 %

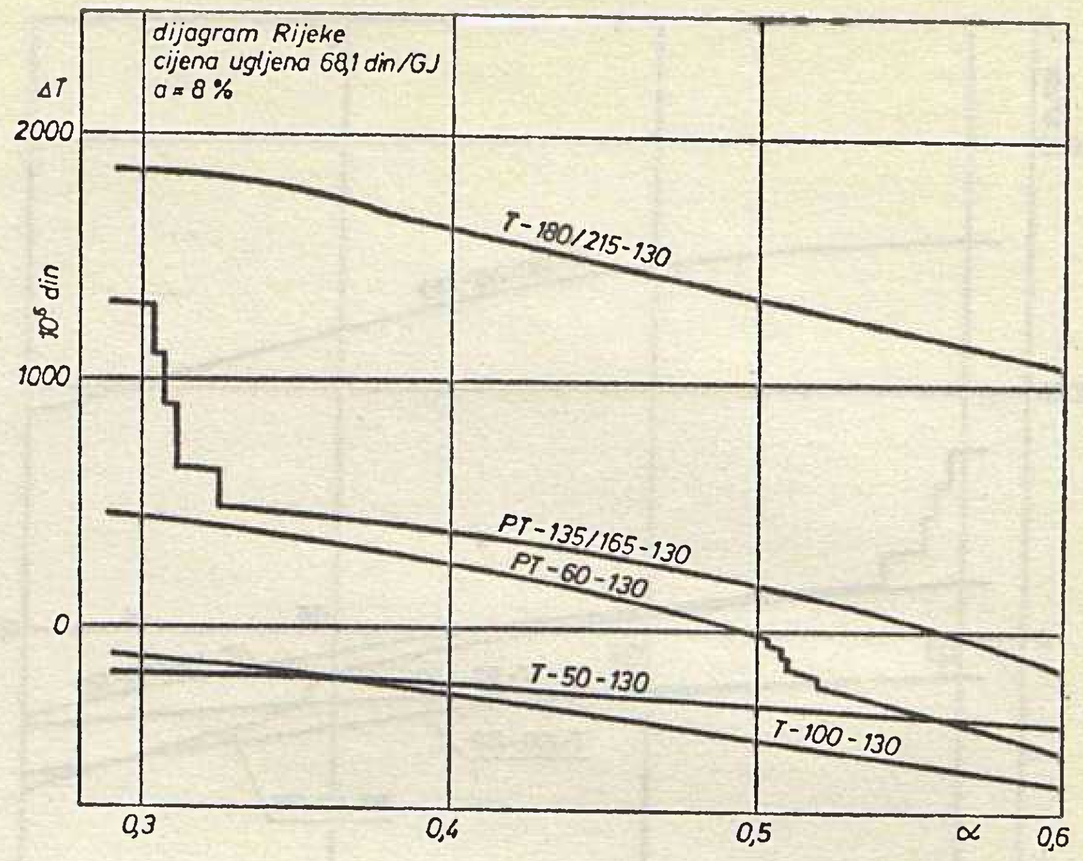
Sl. 5. *Ukupne uštede u sistemu s referentnom TE 300 MW*

povećane stope aktualizacije pokazuju se nepovoljnija u odnosu na rješenja s manjim investicijskim ulaganjima. Zadržavajući sve parametre isto kao na sl. 1, a povećanjem stope aktualizacije s 8 na 10 %, dobivaju se rezultati prikazani na sl. 6. Uspoređujući rezultate sa sl. 6 i 7, može se uočiti



Sl. 6. *Ukupne uštede u sistemu s referentnom TE 300 MW*

utjecaj povećane stope aktualizacije na vrijednost ušteda koje se postižu s rješenjima spojnog procesa. Utjecaj klimatskih karakteristika (oblik dijagrama opterećenja) razmatran je na sl. 7. Zadržavajući sve parametre sa sl. 1, osim dijagrama trajanja ogrjevnog konzuma, koji je na sl. 1 bio za prilike

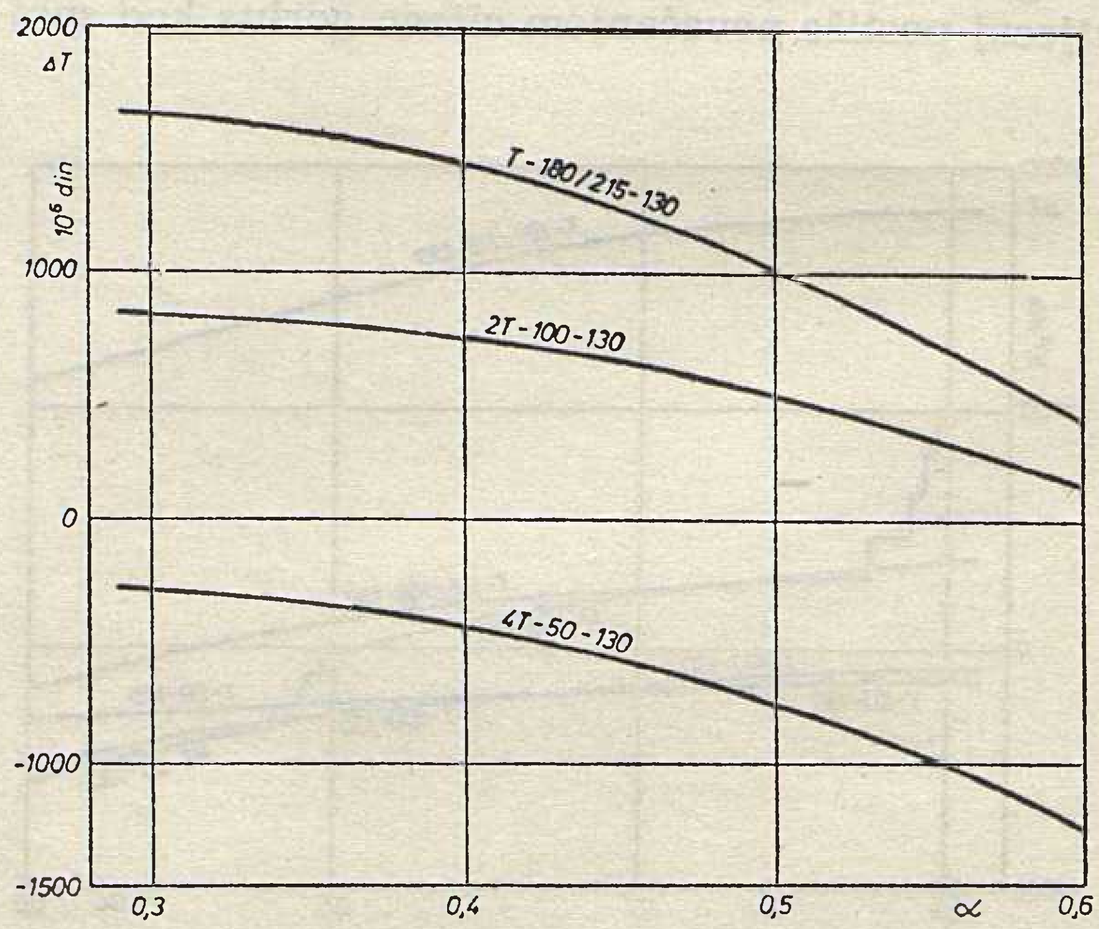


Sl. 7. *Ukupne uštede u sistemu s referentnom TE 300 MW*

Zagreba, a na sl. 7 za prilike Rijeke, dobivaju se rezultati kako je to pokazano na sl. 7. Proizvodne jedinice tipa T (T-50 i T-100) ni za jednu vrijednost α_T ne postižu pozitivan efekt u odnosu na referentno rješenje. Jedinica T-180/215-130, zbog svojih povoljnih karakteristika (minimalna razlika u specifičnom potrošku u kondenzacijskom pogonu u odnosu na referentno rješenje $\Delta_q = 0{,}153$, postiže povoljan efekt za sve promatrane vrijednosti $0{,}6 > \alpha_T > 0{,}3$. Proizvodne jedinice tipa PT, zbog zadržavanja istog dijagrama trajanja u tehnološkom sistemu pokazuju pozitivni rezultat (PT-60 za $\alpha_T < 0{,}5$, a PT-135/165 za $\alpha_T < 0{,}56$).

Utjecaj izbora veličine proizvodnih jedinica za isti toplinski konzum, npr. jedinice T-180/215-130 umjesto 2 × T-100-130 ili 4 × T-50-130, prikazan je na sl. 8. Povoljnost veće jedinične snage je očita.

Usporede li se pažljivo rezultati sa sl. 1 s rezultatima sl. 8, može se uočiti da varijante 4 × T-50-130



Sl. 8. *Ukupne uštede u sistemu s referentnom TE 300 MW*
dijagram Zagreba; a = 8%
cijena ugljena 62,1 din/GJ za S. P. i referentnu TE

za sve vrijednosti α_T postižu negativan efekt, za razliku od 1 × T-50-130, kad je za $\alpha_T < 0{,}52$ ova jedinica postizala pozitivan rezultat. Razlozi nepovoljnog rezultata kod rješenja 4 × T-50-130 jesu prvenstveno u utjecaju promjene rasporeda remonta u elektroenergetskom sistemu. Iako proizvodnja protutlačne električne energije u varijanti 4 × T-50-130 poraste 4,49 puta u odnosu na varijantu 1 × T-50-130, uštede u troškovima goriva porastu samo 3,22 puta. To samo pokazuje koliko struktura proizvodnih jedinica u elektroenergetskom sistemu utječe na izbor nove jedinice.

Kao posljednji utjecajni parametar promatrana je veličina snage oduzimanja na jedinici spojnog procesa T-180/215-130. Ovaj je parametar značajan u svim uvjetima kad je toplinski konzum manji od optimalnog za navedenu jedinicu, a optimalan je za manje jedinice. Tako npr. s oduzimanjem od 209,3 MW_t na jedinici T-180/215-130 (sl. 1), postižu se znatno povoljniji efekti u odnosu na jedinicu T-100-130 koja ima snagu oduzimanja 214 MW_t. Razlike u pozitivnim efektima veće su za oko tri puta kod jedinica T-180/215-130. Ta se razlika javlja u prvom redu zbog manjih razlika u specifičnim ulaganjima kod T-180/215-130 u odnosu na referentno rješenje, a također i zbog manje razlike u specifičnom potrošku topline u kondenzacijskom pogonu.

Sve ovo upućuje na to da u uvjetima manjeg toplinskog konzuma treba težiti izgradnji većih jediničnih snaga proizvodnih jedinica spojnog procesa koje imaju što sličnije energetske karakteristike jedinicama referentnog rješenja. Tako se za toplinski konzum od 284 MW s jedinicom T-180/215-130 postižu oko dva puta veći pozitivni efekti u odnosu na jedinicu T-100-130 koja radi u toplinskom konzumu veličine 570 MW_t. To je dovelo do toga da se u Zapadnoj Evropi teži izgradnji kondenzacijskih oduzimnih jedinica istih karakteristika kao referentnih rješenja u elektroenergetskom sistemu. Pri tome se takva rješenja koncipiraju veoma elastično, tako da se može porastom toplinskog konzuma bez problema povećati snaga oduzimanja. Razlike u specifičnom potrošku ovih jedinica u odnosu na čistu kondenzacijsku izvedbu iznosi svega 0,1 do 0,3 % (L 4), a razlike u specifičnim ulaganjima iznose 4 do 16 %.

KEY WORDS:

PRODUCTION UNITS
CONSTRUCTION
COMBINED PROCES

POSSIBILITIES AND ECONOMICAL REASONS FOR CONSTRUCTION OF COMBINED PROCESS BLOCKS

When natural reasons exist for construction of combined process blocks great enaugh thermical consume with related diagram of load it is necessary that economical reasons are considered. Some other questions arise: what is minimum thermical consume which is economicaly justified and what is minimum production for which construction is reasonable and what are optimal technical and operational characteristics sions for construction of combined process blocks are presions for construstion of combined process blocks are presented in the article.

DIE MÜGLEICHKEITEN UND DEREN WIRTSCHAFTLICHE BEGRÜNDUNG BEI DER AUFSTELLUNG VON ABDAMPF (VERBUND) — BLOCKSÄTZEN

Bei vorhandenen natürlichen Bedingungen zur Aufstellung von Einheiten für Verbundprozesse ist genügend grosser Wärmebedarf mit entsprechenden Belastungsdiagrammen für die Beantwortung solcher Fragen eine unerlässliche Notwendigkeit. Dabei treten auch andere bedeutende Probleme auf: wir gross ist der Minimalwert des Wärmebedarfs, um die Aufstellung einer Abdampfanlage zu rechtfertigen und wie gross darf die minimale Leistung sein, welche optimale technische und energetische Kennwerte sind dazu erforderlich. Erwähnt werden in der Untersuchung auch andere wesentliche Fragen, die für die Errichtung von Abdampfanlagen massgebend sind.

ВОЗМОЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СООРУЖЕНИЯ БЛОКОВ СОПРЯЖЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

При анличин природных условий для сооружения производственных единиц сопряженного технологического процесса (достаточно большое потребление тепла при соответствующем графике нагрузки) необходимо дать также и экономическое обоснование. При этом возникает ряд различных вопросов, в том числе: Минимальное значение потребляемого тепла, оправдывающее введение сопряженного технологического процесса; минимальная мощность производственной единицы сопряженного процесса, которую оправдано сооружать; оптимальные технические и энергетические характеристики подобных единиц. Приводятся и другие вопросы, ответы на которые влияют на принятие решения о целесообразности создания производственных единиц сопряженного технологического процесса.

Literatura:

[1] D. Čorak: Određivanje optimalne strukture toplinskih izvora na lokaciji EL-TO i TE-TO Zagreb Institut za elektroprivredu — Zagreb, 1978. god.

[2] S. A. Zikov: Svrsishodnost izgradnje toplifikacijskih blokova s međupregrijanom parom Teploenergetika 3/1971.

[3] Podloge za studiju »Razvoj elektroprivrede Jugoslavije do 1985. god. s osvrtom na 1990. i vizijom do 2000. god«. (Elektrane od 1985. do 2000. god.)

[4] H. Mühlhaüser: Steam Turbine in conventional Combined D. H. and Power Station, BBC

Naslov pisca:

dr Duško Čorak, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Uredništvo primilo rukopis 15. listopada 1981.



Ulaz u Elektrotehni

Energija God. 31 (1982) br. 1—2, 15—23

RJEŠENJE 110 kV I 30 kV MREŽE GRADA ZAGREBA ZA RAZDOBLJE 1980 — 2000. GOD.

(I. DIO)

mr Rihard Schenner, Zagreb

UDK 621.316.1
Originalni znanstveni rad

U članku su prikazani rezultati studije s istom temom. Obrađena su ova područja: Postojeće stanje konzuma i mreže — Normativi opterećenja i potrošnje električne energije — Prognoza budućeg konzuma — Izbor elemenata električne mreže analizom na modelu — Razrada 110 kV i 30 kV mreže Zagreba za razdoblje 1980—2000. god.

Ključne riječi: električna mreža, potrošnja električne energije, prognoza konzuma, planiranje mreže

1. POSTOJEĆE STANJE KONZUMA I MREŽE

1.1 Područje i stanovništvo

U ovoj studiji obrađeno je područje obuhvaćeno Generalnim urbanističkim planom grada Zagreba od 1971. god.

Ukupna površina obuhvaćena GUP-om (Generalnim urbanističkim planom) iznosi 46 400 ha, dok je ukupna površina grada Zagreba nešto veća i iznosi 49 800 ha.

Prema popisu stanovništva od 1971. g. na području grada živjelo je ukupno 602 205 stanovnika u 213 628 kućanstava, pa su na jedno kućanstvo dolazila u prosjeku 2,82 stanovnika. Porast stanovništva od 1900. do 1971. god. ima prosječni trend od 2,58% a od 1948. do 1971. god. iznosi 2,51%. To znači da je trend porasta broja stanovnika približno konstantan. Međutim, to također znači da se u apsolutnim veličinama broj stanovnika znatno povećava, što ima kao posljedicu adekvatne zahtjeve za izgradnjom infrastrukture.

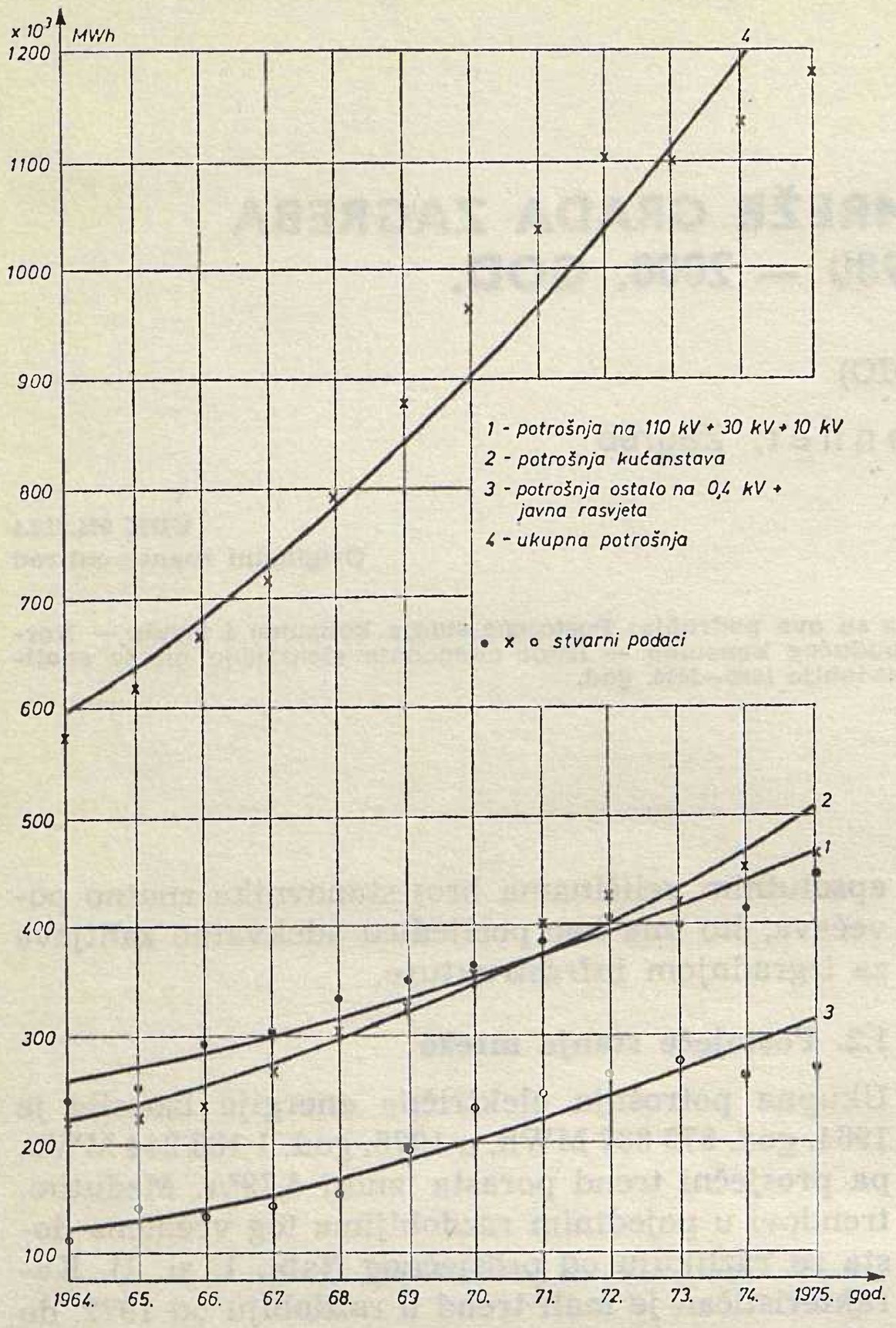
1.2. Postojeće stanje mreže

Ukupna potrošnja električne energije iznosila je 1964. god. 575 837 MWh, a 1975. god. 1 186 244 MWh, pa prosječni trend porasta iznosi 6,79%. Međutim, trendovi u pojedinim razdobljima tog vremena dosta se razlikuju od prosječnog (tabl. 1, sl. 1). Karakterističan je mali trend u razdoblju od 1972. do 1975. god. od samo 2,34%, što pogrešno upućuje na zasićenje potrošnje. Takvi mali trendovi javljaju se u srednjoročnim vremenskim razdobljima zbog privrednih i ostalih kretanja. Međutim, oni imaju dosta velik utjecaj na dugoročne prognoze konzuma. U tabl. 1. nalaze se i podaci o potrošnji električne energije po strukturi potrošnje. Struktura potrošnje prati se prema naponu priključka, dok se je-

Tabela 1.

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PO STRUKTURI POTROŠAČA U RAZDOBLJU OD 1964. DO 1975. GOD. NA PODRUČJU »ELEKTRE« ZAGREB

Godina	110 kV MWh	30 kV MWh	10 kV MWh	Kućanstva MWh	Ostalo na 0,4 kV MWh	Javna rasvjeta MWh	Ukupno MWh
1964.	—	71 794	168 763	223 456	103 199	8 625	575 837
1965.	—	104 123	148 900	224 817	129 385	11 687	618 912
1966.	—	120 638	173 179	236 641	121 747	12 987	665 192
1967.	—	122 153	181 659	270 555	130 884	13 986	719 237
1968.	—	137 568	197 569	304 734	138 546	16 253	794 670
1969.	—	147 875	203 409	332 792	176 192	20 721	880 989
1970.	5 190	150 627	209 845	364 525	212 624	21 731	964 542.
1971.	12 490	151 059	225 406	401 665	222 205	25 466	1 038 291
1972.	12 820	146 587	252 002	431 098	236 516	27 547	1 106 570
1973.	9 252	143 501	250 188	423 178	246 859	29 280	1 102 268
1974.	8 120	144 806	265 770	454 662	239 918	26 170	1 139 446
1975.	38 797	140 519	268 998	466 542	240 491	30 897	1 186 244



Sl. 1. *Dijagram potrošnje električne energije po strukturi za grad Zagreb u periodu 1964—1975. god. i aproksimacija eksponencijalnom funkcijom*

dino potrošači na 0,4 kV dijele na kućanstva, ostalo na 0,4 kV i javnu rasvjetu. S obzirom na ekonomska praćenja podataka, u pojedinu strukturu pripadaju ove ekonomske kategorije:

— u potrošnju na 110 kV nivou industrija (cementara) i promet (željeznice)
— u potrošnju na 30 kV nivou isključivo industrija
— u potrošnju na 10 kV nivou uglavnom industrija, ali ima i raznih drugih kategorija, na primjer: trgovina (robne kuće, veća trgovačka poduzeća), financije (banke), zdravstvo (bolnice) i slično. U budućnosti se može predvidjeti procentualno jačanje ovih drugih kategorija u potrošnji 10 kV nivoa
— u potrošnju kućanstava spada potrošnja stambenih objekata to znači kućanstva, liftova, rasvjete stubišta i ostalih zajedničkih uređaja u objektu
— u potrošnju ostalo na 0,4 kV spada uglavnom tzv. infrastruktura. U ovoj studiji se zbog lakšeg praćenja pod infrastrukturom smatra sve ono što nije industrija, kućanstvo ili javna rasvjeta. Također je jedan manji dio industrijskih poduzeća priključen na 0,4 kV nivou. To znači da ostalo na 0,4 kV čine: dućani, obrt, uredi, škole, vrtići, ugostiteljstvo i slično, te manje tvornice
— u potrošnju javne rasvjete spada isključivo javna rasvjeta.

Na sl. 1. ucrtani su dijagrami potrošnje grupiranih struktura i ukupne potrošnje kao i aproksimacija eksponencijalnom funkcijom. U tabl. 2. su brojčani podaci.

Tabela 2.
TRENDOVI PORASTA PO STRUKTURI POTROŠNJE U RAZDOBLJU OD 1964. DO 1975. GODINE NA PODRUČJU »ELEKTRE« ZAGREB PREMA STVARNIM PODACIMA I PREMA APROKSIMACIJI POMOĆU EKSPONENCIJALNE FUNKCIJE

Podaci za račun	Trendovi porasta po strukturi potrošnje %			
	ukupno	110 kV+30 kV+ +10 kV	kućanstva	0,4 kV + rasvjeta
stvarni	6,79	5,82	6,92	8,39
računski	7,14	5,60	7,90	9,16

Procentualno učešće pojedinih ekonomskih kategorija u ukupnoj potrošnji električne energije znatno se ne mijenja s vremenom (tabl. 3), ali se ipak primjećuje određeno smanjenje procentualnog udjela industrije a porast kućanstava i infrastrukture.

Tabela 3.
UDIO POJEDINIH STRUKTURA POTROŠNJE U UKUPNOJ POTROŠNJI ZA 1964. GOD. 1975. GOD. U POSTOCIMA

Godina	Procentualni udio pojedinih struktura u ukupnoj potrošnji		
	110 kV + 30 kV + 10 kV	kućanstva	0,4 kV + rasvjeta
1964.	41,77	38,81	19,42
1975.	37,79	39,33	22,88

Potrošnja prosječnog potrošača na određenom naponskom nivou nalazi se u tabl. 4.

Broj potrošača na 30 kV nivou relativno je malen (prosječno 10 tvornica), pa jedan potrošač može znatno utjecati na prosječnu potrošnju. Zbog toga je slučajno došlo do smanjenja potrošnje prosječnog potrošača na 30 kV nivou u razdoblju 1964—1975. god. Porast potrošnje prosječnog potrošača u kućanstvu i ostalo na 10 kV nivou u granicama je normale, dok je znatan porast potrošnje prosječnog potrošača ostalo na 0,4 kV i javne rasvjete. Potrebno je napomenuti da se pod prosječnim potrošačem smatra brojilo potrošača, što stvara određenu nelogičnost jedino kod javne rasvjete.

Potrošnja po stanovniku analiziranog područja iznosila je u 1975. god. približno 1970 kWh/st, što je relativno malo. Međutim, treba imati na umu da se grad Zagreb osim električnom energijom napaja

Tablica 4.

POTROŠNJA PROSJEČNOG POTROŠAČA PO NAPONSKIM NIVOIMA

Naponski nivo odnosno struktura potrošnje	Potrošnja prosječnog potrošača za 1975. g.* kWh/god.	Potrošnja prosječnog potrošača za**		Trend porasta** 1964—1975. %
		1964. god. kWh/god.	1975. god. kWh/god.	
potrošači na 110 kV	19 398 500	—	19 398 500	—
potrošači na 30 kV	14 051 900	18 181 250	12 940 455	—3,04
potrošači na 10 kV	1 881 105	1 512 763	1 804 909	1,62
kućanstva	2 350	1 545	2 071	2,70
ostalo na 0,4 kV	18 200	8 709	16 455	5,95
javna rasvjeta	48 656	22 884	40 352	5,29

* — podaci za OOUR Distribucija — Zagreb — praktično područje GUP-a

** — podaci za ZOOUR Elektrodistribucija — Zagreb — područje grada Zagreba, Samobora, Zaprešića, Dugog Sela, Velike Gorice i Zeline

i plinom, krutim gorivima i naftom, što ima određen utjecaj na potrošnju električne energije.

Vršno opterećenje područja obrade iznosilo je u 1975. god. oko 280 MW. Razvoj vršnog opterećenja približno je jednak razvoju potrošnje električne energije.

U 1975. god. iznosili su gubici električne energije na području grada Zagreba, Samobora, Zaprešića, Dugog Sela, Velike Gorice i Zeline oko 10%, a vrijeme trajanja vršnog opterećenja bilo je 4 732 sata.

Tabela 5.

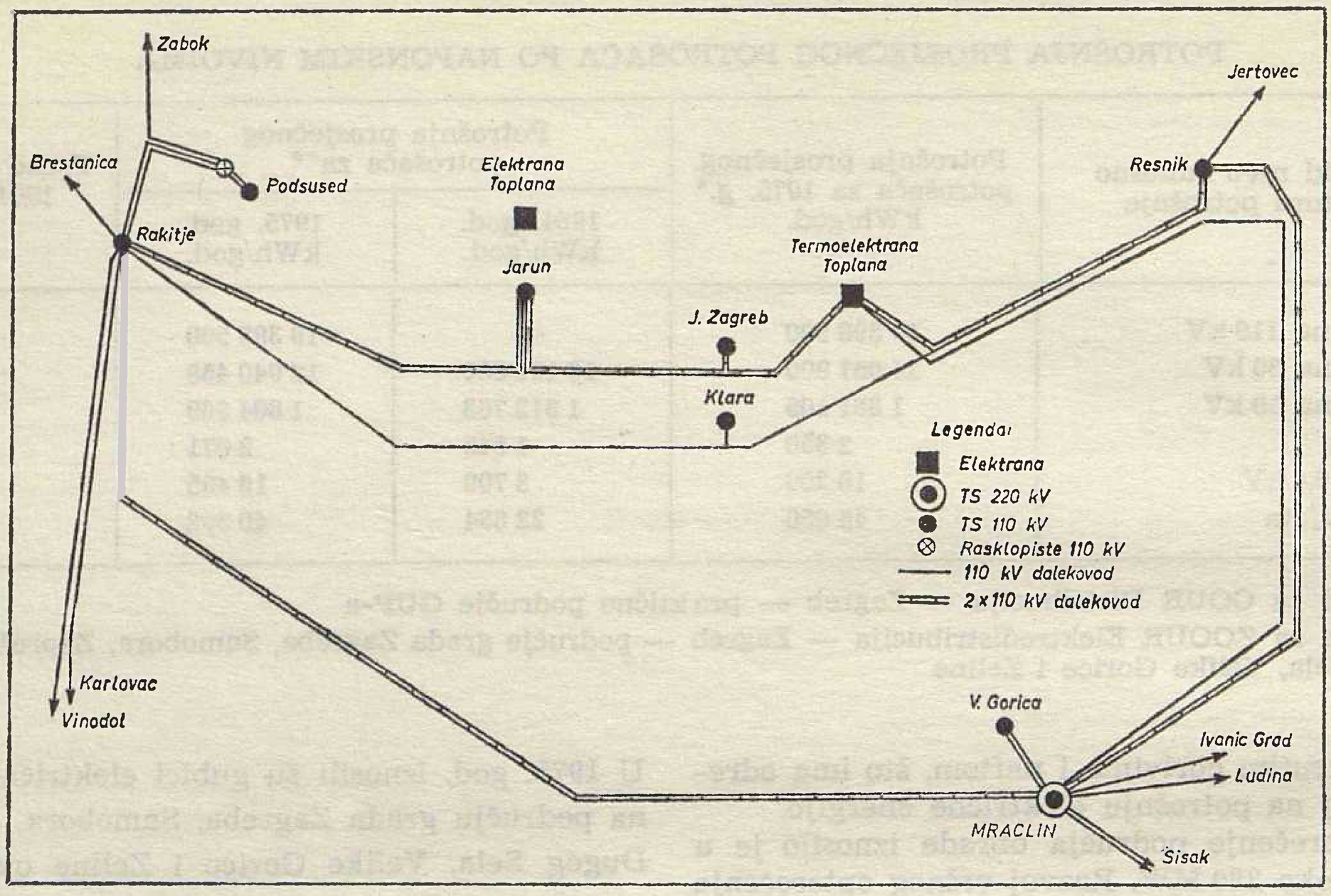
PODACI O TRANSFORMATORSKIM STANICAMA 110 kV NA PODRUČJU »ELEKTRE«—ZAGREB
STANJE 1975. GODINE

Naziv 110 kV stanice	Prijenosni odnos	Godina izgradnje	Instalirana snaga transformatora-MVA		Vršno opterećenje u 1975. g. MW
			sadašnja	maximalna	
Klara	110/30 kV	1945/46	35	35	14,0
Rakitje	110/30 kV	1952.	2×25	2×25	39,4
Resnik	110/30 kV	1958.	2×60	2×60	69,6
Termoelektrana	110/30 kV	1962.	2×60	2×60	88,8
Jarun	110/30/10 kV	1971.	2×60	3×60	78,0
Južni Zagreb	110/10 kV	1973.	2×40	3×40	15,6
Podsused	110/6 kV	1973.	2×16	2×16	12,9

Tabela 6.

PODACI O 110 kV VODOVIMA NA PODRUČJU »ELEKTRE«—ZAGREB — STANJE 1975. GOD.

Naziv voda	Godina izgradnje	Presjek vodiča	Vrsta stupa	Dužina km
Klara-Rakitje	1946.	3×150Ač	drveni	17,1
Rakitje-Podsused	1956.	3×240Ač	čel. reš.	6,3
Mraclin-Resnik	1957.	2×3×240Ač	čel. reš.	21,5
Resnik-Termoelektrana	1957.	2×3×240Ač	čel. reš.	8,3
Termoelektrana-Klara	1957.	3×240Ač	čel. reš.	7,5
Mraclin-Rakitje	1964/68.	2×3×240Ač	čel. reš.	34,9
Rakitje-Jarun	1971.	2×3×240Ač	čel. reš.	12,2
Termoelektrana-Jarun	1971.	2×3×240Ač	čel. reš.	11,7
priključak J. Zagreb	1972.	3×240Ač	čel. reš.	2,7
Rakitje-Podsused	1974.	3×240Ač	čel. reš.	6,3
Mraclin-Termoelektrana	izgradnja	3×2×240Ač	čel. reš.	27,7



S. 2. *Situacija 110 kV mreže na području ELEKTRE — Zagreb (Stanje 1975. god.)*

Opskrba grada Zagreba električnom energijom vršila se 1975. god. iz prijenosnog sistema 220 kV i 110 kV pomoću transformatorskih stanica 220/110 kV, 110/30 kV i 110/10 kV i distributivne mreže 30 kV, 10 kV i 0,4 kV.

Na području grada Zagreba postoje i dvije elektrane-toplane koje su priključene na 30 kV mrežu (Elektrana-Toplana, EL-TO), odnosno na 110 kV mrežu (Termoelektrana-Toplana, TE-TO). Međutim, primarna zadaća ovih elektrana-toplana jest proizvodnja tople vode, odnosno pare, a sekundarna električne energije.

Na sl. 2. nalazi se situacija 110 kV mreže na području Elektre Zagreb oko 1975. god. U tabl. 5. i 6. navedeni su podaci o 110 kV transformatorskim stanicama i 110 kV vodovima.

Prema sl. 2. i podacima o godinama izgradnje 110 kV transformatorskih stanica i 110 kV vodova može se zaključiti da se 110 kV mreža razvijala na južnom području grada. Na zapadnom (Rakitje) i istočnom (Resnik) dijelu postoje dva prilično jaka 110 kV čvorišta. Ovakav razvoj je i logičan ako se ima na umu da je sjeverni dio grada smješten na obroncima Medvednice.

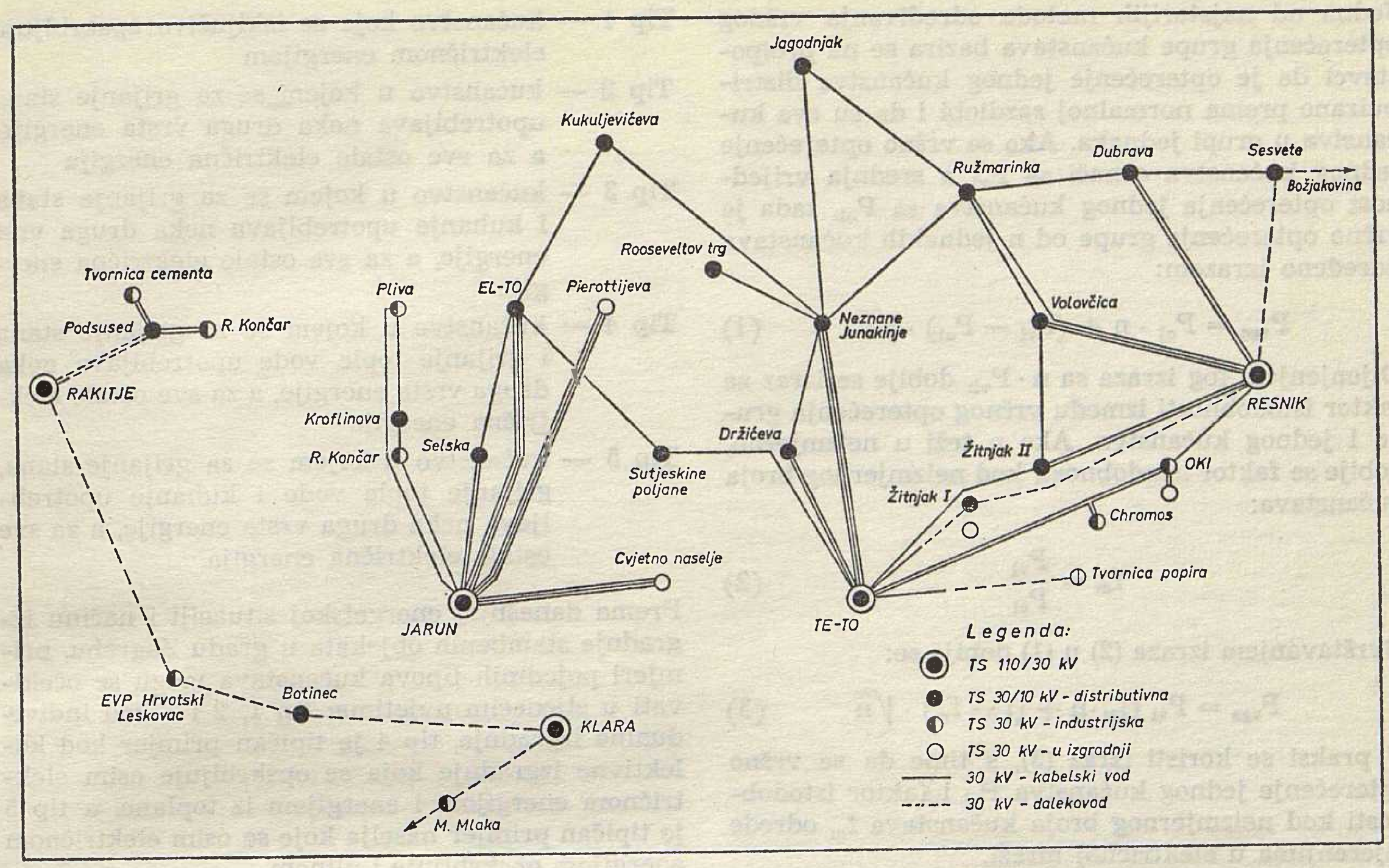
Do sada se na području grada razvijala isključivo nadzemna 110 kV mreža. Međutim, daljnji razvoj 110 kV mreže teško je pretpostaviti bez primjene 110 kV kabelskih vodova, jer već dvostruki 110 kV dalekovod Rakitje — Jarun — Termoelektrana — Toplana-Resnik prolazi kroz nova gradska naselja, odnosno uz obalu Save.

Iz transformatorskih stanica 110/30 kV napaja se 30 kV mreža grada. U tabl. 7. su podaci o distributivnim transformatorskim stanicama 30/10 kV. Na području grada je razvijena 30 kV kabelska mreža ukupne dužine 167 km sa presjekom vodiča

Tabela 7.

PODACI O DISTRIBUTIVNIM TRANSFORMATORSKIM STANICAMA 30/10 kV NA PODRUČJU »ELEKTRE«—ZAGREB — STANJE 1975. GOD.

Naziv 30 kV stanice	Godina izgradnje	Instalirana snaga transformatora-MVA		Vršno opterećenje u 1975. g. MW
		sadašnja	maximal.	
Uklopna I/1	1927.	8	8	7,0
Uklopna IX	1934.	8+16	2×16	22,3
Uklopna XI	1947.	8	8	3,9
Uklopna XVI	1953.	2×8	2×8	12,4
Uklopna III	1956.	3×8	3×8	20,0
Uklopna IV	1957.	2×8	2×8	13,0
Uklopna V	1958.	8+16	8+16	14,3
Uklopna VI	1960.	3×8	3×8	16,6
Uklopna VII	1960.	2×8	2×8	13,5
Uklopna VIII/1	1963.	8	8	7,8
Uklopna XII	1967.	2×8	3×8	14,3
Uklopna X	1968.	8+4	2×8	8,3
Uklopna II	1969.	2×16	2×16	29,1
Uklopna XIV	1970.	8+16	2×16	17,6
Uklopna VIII/2	1970.	2×16	2×16	21,0
Uklopna XVIII	1972.	2×16	2×16	15,3
Uklopna XVII	—	8	8	6,3
Uklopna XI	izgradnja	—	2×16	—
Uklopna XV	izgradnja	—	2×16	—
Uklopna I/2	izgradnja	—	2×16	—



Sl. 3. *Situacija 30 kV mreže grada Zagreba oko 1975. godine*

150 mm² Cu (99 % ukupne dužine). Nadzemna 30 kV mreža ima ukupnu dužinu 73 km raznih izvedbi i presjeke vodiča od 35 mm² Ač do 150 mm² Ač.

Osim distributivnih transformatorskih stanica 30/10 kV, na području grada bilo je 1975. god. i devet industrijskih transformatorskih stanica 30/x kV raznih prijenosnih omjera.

Osnovna karakteristika današnje 30 kV i 110 kV mreže je njezino veliko opterećenje. To se odnosi naročito na 30 kV mrežu, odnosno na distributivne transformatorske stanice 30/10 kV koje su opterećene s približno 77 % termički dopuštene snage. Puštanjem u pogon triju novih transformatorskih stanica 30/10 kV situacija se neće bitno promijeniti zbog porasta opterećenja.

Situacija 30 kV mreže u 1975. god. nalazi se na sl. 3.

Do danas još nije bilo većih problema sa zastojima zbog preopterećenja u 30 kV i 110 kV mreži. Međutim, ako do toga dođe, neće se situacija moći dovoljno brzo sanirati, a u pitanju će biti reduciranja dosta velikih područja. To znači da treba ubrzati izgradnju planiranih objekata.

2. NORMATIVI OPTEREĆENJA I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

U »Elektri« Zagreb koristili su se normativi opterećenja i potrošnje električne energije koji su napravljeni prije približno 20 godina, tako da je upravo sada bilo vrijeme da se oni kontroliraju. Ti normativi rađeni su za kućanstva, a bili su u određenoj mjeri povećani da se obuhvati prateća infrastruktura. Osnovna razlika prosječnog kućanstva u Zagrebu oko 1980. god. u odnosu na stanje oko 1960. god. jest znatno veći standard, ali i složenije rješavanje energetske opskrbe. Veći standard može se vidjeti oko 1980. god. po posjedovanju kućanskih aparata u prosječnom kućanstvu, kojih prije nije bilo u tolikoj mjeri, npr.: stroj za pranje rublja (82%), televizor (92%), hladnjak (93%). Oko 1960. god. još se dosta kućanstava opskrbljivalo krutim gorivima, ali se kasnije to sve više napuštalo i sve su veću ulogu imale toplane, plin, odnosno nafta. Također se i cijena svih vrsta energija relativno znatno povećala. Sve to je dovelo do kompleksnijeg određivanja opskrbe kućanstava i infrastrukture energijom.

U ovom radu napravljeni su posebno normativi opterećenja za kućanstva i za infrastrukturu, što prije nije bio slučaj. Razlog tomu je razvoj sve većih trgovačkih i poslovnih centara, pa je potrebno posebno analizirati stambene objekte i objekte infrastrukture. Normativi za industriju nisu napravljeni jer se svako poduzeće za sebe uzima kao poseban potrošač.

Određivanje opterećenja i potrošnje za kućanstva imaju najveću tradiciju. Postupci koji se pri tome primjenjuju baziraju se uglavnom na statističkoj matematici.

Jedna od najstarijih metoda određivanja vršnog opterećenja grupe kućanstava bazira se na pretpostavci da je opterećenje jednog kućanstva distribuirano prema normalnoj razdiobi i da su sva kućanstva u grupi jednaka. Ako se vršno opterećenje jednog kućanstva označi sa P_{vl} a srednja vrijednost opterećenja jednog kućanstva sa P_{ol}, tada je vršno opterećenje grupe od n jednakih kućanstava određeno izrazom:

$$P_{vgn} = P_{ol} \cdot n + (P_{vl} - P_{ol}) \cdot \sqrt{n} \qquad (1)$$

Dijenjenjem tog izraza sa $n \cdot P_{vl}$, dobije se izraz za faktor istodobnosti između vršnog opterećenja grupe i jednog kućanstva. Ako n teži u neizmjerno, dobije se faktor istodobnosti kod neizmjernog broja kućanstava:

$$f_m = \frac{P_{vl}}{P_{ol}} \qquad (2)$$

Uvrštavanjem izraza (2) u (1) dobije se:

$$P_{vgn} = P_{vl} (f_m \cdot n + (1 - f_m) \cdot \sqrt{n} \qquad (3)$$

U praksi se koristi izraz (3), s time da se vršno opterećenje jednog kućanstva P_{vl} i faktor istodobnosti kod neizmjernog broja kućanstava f_m odrede mjerenjima u električnoj mreži.

Jedan drugi pristup polazi od opterećenja jednog kućanskog aparata. Pri tome se binomna distribucija opterećenja aproksimira normalnom, što vrijedi za veći broj aparata. Ako je P_a opterećenje jednog aparata i p_a vjerojatnost upotrebe tog aparata, tada je vršno opterećenje grupe od n istovrsnih aparata određeno izrazom:

$$P_{vgna} = P_a (p_a \cdot n + u \cdot \sqrt{p_a \cdot (1 - p_a)} \cdot \sqrt{n}) \; u = 3 \qquad (4)$$

Ako se analizira vršno opterećenje grupe kućanstava, tada je to zapravo vršno opterećenje grupe raznovrsnih aparata. Uz pretpostavku da svako kućanstvo ima po jedan aparat za pojedinu namjenu i da ima m raznovrsnih aparata, tada vršno opterećenje grupe od n kućanstava iznosi:

$$P_{vgn} = n \cdot \sum_{i=1}^{m} P_{ai} \cdot p_{ai} + 3 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m} P_{ai}^2 \cdot p_{ai} (1 - p_{ai})} \cdot \sqrt{n} \qquad (4a)$$

Ako se vrijeme mogućeg korištenja aparata označi sa t_{ua} i potrošnja aparata u tom razdoblju sa W_a, tada se vjrojatnost upotrebe aparata može odrediti iz izraza:

$$p_a = \frac{P_a}{t_{ua} \cdot W_a} \qquad (5)$$

Ovaj drugi postupak primjenjen je u ovom radu.

Prije određivanja vršnog opterećenja grupe kućanstava bilo je potrebno odrediti razne tipove kućanstava. Osnovna podjela napravljena je prema energetskoj opskrbi kućanstava. Na taj način su definirani ovi tipovi:

Tip 1 — kućanstvo koje se isključivo opskrbljuje električnom energijom

Tip 2 — kućanstvo u kojem se za grijanje stana upotrebljava neka druga vrsta energije, a za sve ostalo električna energija

Tip 3 — kućanstvo u kojem se za grijanje stana i kuhanje upotrebljava neka druga vrst energije, a za sve ostalo električna energija

Tip 4 — kućanstvo u kojem se za grijanje stana i grijanje tople vode upotrebljava neka druga vrsta energije, a za sve ostalo električna energija

Tip 5 — kućanstvo u kojem se za grijanje stana, grijanje tople vode i kuhanje upotrebljava neka druga vrsta energije, a za sve ostalo električna energija.

Prema današnjoj energetskoj situaciji i načinu izgradnje stambenih objekata u gradu Zagrebu, primjeri pojedinih tipova kućanstava mogu se očekivati u sljedećim uvjetima: tip 1, 2 i 3 kod individualne izgradnje, tip 4 je tipičan primjer kod kolektivne izgradnje koja se opskrbljuje osim električnom energijom i energijom iz toplane, a tip 5 je tipičan primjer naselja koje se osim električnom energijom opskrbljuje i plinom.

Kućanstva su, osim prema energetskom opskrbljivanju, podijeljena i prema standardu.

Analize su rađene s raznim kombinacijama kućanskih aparata. Međutim, broj kombinacija je vrlo velik i nije pogodan za praktičnu primjenu (tabl. 8. i 9). Zbog toga se svaki tip kućanstava podijelio na tri podgrupe, i to A, B i C. Izuzetak je jedino tip 1, kod kojeg je utjecaj opterećenja i potrošnje električne energije za grijanje stana tako jak da ostalo ne dolazi do praktičnog izražaja.

Podgrupu C čine kućanstva koja imaju ove kućanske aparate: rasvjetu, stroj za pranje rublja, hladnjak, televizor, glačalo, razne grijalice i sitne aparate te aparate koji ovise o tipu kućanstva, a to su električni štednjak, bojleri u kuhinji i kupaonici i termoakumulacijske peći.

Podgrupa B se dobije tako da se podgrupi C doda stroj za pranje suđa i stroj za sušenje rublja, a podgrupa A da se podgrupi B doda klima-uređaj.

Potrebno je napomenuti da se normativi opterećenja i potrošnje električne energije rade za jednu daljnju budućnost, što znači 20 do 30 godina, pa se ovakva podjela može prihvatiti kao dosta realna. Izrazi za izračunavanje vršnog opterećenja grupe od n kućanstava i potrošnja pojedinih tipova kućanstava nalazi se u tabl. 8.

Jedan od osnovnih problema za daljnji rad bila je procjena standarda i energetskog opskrbljivanja u budućnosti. U vezi s time konzultirane su organizacije koje se tim problemima bave (Plinara, EL-TO i TE—TO). Određeni problem pojavio se kod individualne izgradnje, gdje se energetsko napajanje ne određuje planski. U toj izgradnji uglavnom do-

Tabela 8.

NORMATIVI OPTEREĆENJA I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U KUĆANSTVU

Tip i standard kućanstva	Opterećenje grupe od n kućanstava kW	Potrošnja jednog kućanstva kWh/god.
Tip 1	$7 \cdot n$	14 230 + 15 980
Tip 2 A	$3{,}77 \cdot n + 6{,}47 \cdot \sqrt{n}$	7 420
Tip 2 B	$2{,}42 \cdot n + 5{,}28 \cdot \sqrt{n}$	6 530
Tip 2 C	$2{,}00 \cdot n + 4{,}33 \cdot \sqrt{n}$	5 670
Tip 3 A	$3{,}45 \cdot n + 6{,}11 \cdot \sqrt{n}$	6 600
Tip 3 B	$1{,}85 \cdot n + 4{,}86 \cdot \sqrt{n}$	5 710
Tip 3 C	$1{,}43, \cdot n + 3{,}81 \cdot \sqrt{n}$	4 850
Tip 4 A	$3{,}60 \cdot n + 6{,}24 \cdot \sqrt{n}$	5 410
Tip 4 B	$2{,}24 \cdot n + 5{,}00 \cdot \sqrt{n}$	4 520
Tip 4 C	$1{,}82 \cdot n + 3{,}99 \cdot \sqrt{n}$	3 660
Tip 5 A	$3{,}27 \cdot n + 5{,}86 \cdot \sqrt{n}$	4 590
Tip 5 B	$1{,}67 \cdot n + 4{,}55 \cdot \sqrt{n}$	3 700
Tip 5 C	$1{,}25 \cdot n + 3{,}40 \cdot \sqrt{n}$	2 840

laze u obzir tipovi 1 i 2, eventualno 3. Osnovna razlika u opterećenjima grupa kućanstava tipa 1 i 2 je u vremenu vršnog opterećenja, gdje za tip 1 pada u vremenu niže tarife, a to znači poslije 22 sata, a kod tipa 2 između 19 sati i 20 sati, kada približno pada i današnje vršno opterećenje cijelog područja grada. U studiji je pretpostavljeno da se termoakumulacijsko grijanje neće razviti do te mjere koja bi prouzrokovala preseljenje vremena vršnog opterećenja bilo koje transformatorske stanice 110/20 kV u vrijeme niže tarife, tj. nakon 22 sata.

U pogledu standarda trebalo je odrediti prosječan standard kućanstava za daljnju budućnost. Zbog toga se mogao odmah odbaciti standard podgrupe A, koja u sklopu prosječnog kućanstva predviđa klima-uređaj. Standard podgrupe C gotovo je postignut oko 1980. godine, pa je prenizak za daljnju budućnost.

Zbog svega toga odabran je za daljnji rad standard podgrupe B. Prema podacima iz literature možda je teško očekivati da će prosječno kućanstvo u Zagrebu imati oko 2.000 god. ukupno sve kućanske aparate koji se predviđaju u toj podgrupi. Međutim, u tome je i određena rezerva za primjenu onih aparata za koje se danas još ne zna ili se vrlo malo primjenjuju. To znači da će se za sektorsku analizu konzuma koristiti tipovi 2B, 3B, 4B i 5B.

U odnosu na današnje stanje dobije se trend porasta opterećenja grupe prosječnih kućanstava od približno 3 %, što je u granicama danas poznatih podataka. Zbog provjere dobivenih vrijednosti provedene su konzultacije u Beogradu i Ljubljani, koje su zadovoljile.

Već je prije napomenuto da određivanje normativa infrastrukture ima manju tradiciju nego što je slučaj kod kućanstava. Osim toga, mnogo je veća raznovrsnost objekata, pa se zbog toga određivanju tih normativa moralo pristupiti na jednostavniji način. Naravno, da se na taj način dobije prosjek za analizirane objekte.

Za određivanje normativa infrastrukture služili su podaci o sadašnjem stanju iz ankete većih potrošača, podaci iz literature i podaci projektnih organizacija. Jedno od osnovnih pravila pri određivanju normativa bili su današnji podaci za neke reprezentativne objekte koji mogu poslužiti kao mjerilo za prosjek u budućnosti. Te vrijednosti mogle su se eventualno povećati. Predloženi normativi nalaze se u tabl. 9. Opterećenja su na nivou opterećenja transformatorske stanice 20/0,4 kV. Prema vrijednostima iz tabl. 9. može se vidjeti da se radi o prosjeku. To se naročito odnosi na socijalne i kulturne ustanove, gdje već danas postoji golema razlika između npr. klasičnih muzeja i novih izložbenih prostora koji su u izgradnji. U budućnosti će također takve razlike sigurno postojati. Slično je sa zanatstvom, poslovnim prostorom itd. Iz tabl. 9. mogu se donositi zaključci o današnjem prosječnom standardu određenih objekata infrastrukture. Robne kuće, trgovine, ugostiteljstvo, hoteli, pa i jedan od poslovnog prostora prati porast standarda, dok se za ostale objekte to ne bi moglo reći.

Tabela 9.

NORMATIVI OPTEREĆENJA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA INFRASTRUKTURU

	Stanje 1975. g.	Normativ 2000. g.
robne kuće i trgovine	80 W/m²	120 W/m²
ugostiteljstvo (bez hotela)	70 „	110 „
poslovni prostor	30 „	60 „
dječje ustanove	25 „	60 „
osnovne škole	15 „	50 „
fakulteti, instituti, srednje škole	10 „	40 „
socijalne i kulturne ustanove	10 „	40 „
domovi zdravlja	17 „	40 „
zanatstvo	15 „	40 „
rasvjeta ulica	1,0 „	1,5 „
bolnice	0,43 kW/lež.	1,2 kW/lež.
hoteli (prosjek)	—	1,2 „
hoteli (viša kategorija)	1,0 „	1,5 „
hoteli (niža kategorija)	0,4 „	0,8 „

3. PROGNOZA BUDUĆEG KONZUMA

Prognoze budućeg konzuma mogu se podijeliti na dvije osnovne vrste analiza, i to na:

— globalne prognoze
— sektorske prognoze.

Globalne prognoze analiziraju ukupnu potrošnju električne energije. Kriteriji za ocjenu realnosti tih prognoza su opće priznate veličine, tako da ova vrsta prognoze služi kao mjerilo za druge prognoze. To znači da se kod drugih ne mogu očekivati veća odstupanja od globalne. Za svaku etapu prognozirat će se ukupni konzum, ali i struktura potrošnje kućanstva, industrije i infrastrukture.

Sektorske prognoze konzuma analiziraju potrebe za energijom pojedinih sektora, odnosno zona analiziranog područja, i to po strukturi potrošnje, pa se sumiranjem konzuma pojedinih zona i struktura dobije ukupan konzum. Polazni nivo analize bit će 20 kV odnosno 10 kV nivo, odnosno nivo opterećenja industrijskog poduzeća.

Na kraju će se provesti usporedba sektorske i globalne prognoze. U slučaju većih odstupanja, korigirat će se sektorska prognoza.

3.1. Globalna prognoza konzuma

Uobičajene metode za prognozu globalnog konzuma baziraju se na praćenju porasta konzuma u prošlosti, određivanju zakonitosti tih kretanja i preslikavanje tih zakonitosti pomoću matematičkih funkcija u budućnost. Pri tome se obično analizira funkcionalna veza potrošnje električne energije i vremena ili nekih ekonomskih veličina, npr. narodnog dohotka.

Za analizu u ovoj studiji primijenjeni su postupci odnosno metode uobičajene u te svrhe. Odabrale su se sljedeće:

1. korelacija potrošnje električne energije i narodnog dohotka,
2. eksponencijalna funkcija,
3. parabola,
4. analiza trenda porasta električne energije,
5. logistička funkcija.

Kod svih tih postupaka pretpostavlja se da postoji određena funkcionalna veza između analiziranih veličina. Kada se odrede konstante pretpostavljene funkcije može se vrlo lagano napraviti i prognoza konzuma. Konstante funkcija određuju se traženjem minimuma sume kvadrata razlika.

Ovisnost potrošnje električne energije i narodnog dohotka određena je linearnom korelacijom:

$$W = b \cdot D + a \qquad (6)$$

(W — potrošnja električne energije; D — narodni dohodak; a i b — konstante)

Kod ove metode pretpostavlja se da će za stvaranje jediničnog narodnog dohotka u budućnosti biti potrebna ista količina električne energije koja je bila potrebna i u prošlosti. Da takve prognoze budu realne, potrebno je da se ostvari gornja pretpostavka, ali je i potrebno prognozirati dovoljno realno budući narodni dohodak.

Jedna od prvih funkcionalnih veza konzuma i vremena je eksponencijalna funkcija:

$$W = e^{at+b} = W_o \cdot e^{a \cdot t} \qquad (7)$$

(W_0 — potrošnja električne energije u prvoj godini analiziranog perioda, a — konstanta)

Osnovna je pretpostavka kod ove metode da svaka jedinična veličina konzuma stvara uvijek jednaki broj novih jedinica. To je izraženo konstantnim trendom porasta:

$$t_p = \frac{W_{t+1}}{W_t} = e^a \qquad (8)$$

Praćenjem razvija potrošnje električne energije došlo se do zaključka da se trend porasta pomalo, ali u prosjeku konstantno smanjuje. Da se ta pojava na određeni način obuhvati, primjenjuje se tzv. lomljenje eksponencijalne funkcije. Potrošnja električne energije po stanovniku Zagreba danas je u takvoj fazi da se normalnim smatra trend porasta od 7,2 % tj. konzum se podvostručuje svakih 10 godina.

Korištenje parabole za prognozu konzuma proizlazi iz prakse. Parabola ima oblik:

$$W = a \cdot t^2 + b \cdot t + c \qquad (9)$$

(a, b i c — konstante)

Kod analize trenda porasta električne energije koristi se eksponencijalna funkcija za korelaciju procenta trenda porasta električne energije i vremena:

$$p_t = p_o \cdot e^{-a \cdot t} \qquad (10)$$

(p_t — procent trenda porasta, p_o — početni procent trenda porasta, a — konstanta)

Ova metoda temelji se na već spomenutom smanjenju trenda porasta potrošnje i predviđanju takve pojave u daljnjoj budućnosti. Metoda je prilično osjetljiva na ulazne podatke, tako da može doći do naglog smanjenja potrošnje, ali u određenim slučajevima i do obratne pojave.

Primjena logističke funkcije za prognozu konzuma je približno jednako stara kao i eksponencijalna funkcija. Ona je određena izrazom:

$$W = \frac{W_z}{1 + e^{a - b \cdot t}} \qquad (11)$$

(W_z — zasićenje funkcije, a i b — konstante)

Ovom metodom uglavnom se analizira potrošnja po stanovniku analiziranog područja. Osnovna pretpostavka ove metode je postojanje zasićenja u potrošnji po stanovniku koje nastupa u momentu zadovoljenja svih energetskih potreba. Matematički taj moment nastupa kada vrijeme teži u neizmjerno. To je, znači, jedno idealizirano stanje kojemu se približavamo ovisno o porastu realne potrošnje, odnosno potrošnje iz prošlosti. Ako je ta potrošnja malena u odnosu prema zasićenju, tada se dobiva praktično eksponencijalni porast. Međutim, porastom potrošnje trendovi opadaju sve više do

prijelaza u zasićenje. Ova se metoda najviše približava realnim kretanjima konzuma, ali je vrlo osjetljiva na ulazne podatke.

Kao što se vidi, svaka se metoda temelji na određenim pretpostavkama i ima određenih prednosti i mana. Zbog toga je trebalo odrediti neke općenite kriterije za ocjenu realnosti prognoze. Jedan od najstarijih kriterija je prosječni trend porasta, a drugi kriterij je predviđena potrošnja električne energije po stanovniku područja. Ta dva kriterija imaju međusobnu vezu. Kod nerazvijenih područja, odnosno zemalja trendovi su veći od 7,2% uz razmjerno malu potrošnju po stanovniku, trend od 7,2% može se očekivati kod zemalja sa potrošnjom po stanovniku između 3 000 i 5 000 kWh/st, a kod veće potrošnje po stanovniku trendovi su manji od 7,2%. To vrijedi za prosjek zemalja, dok i kod većih gradova može doći do određenih odstupanja. Za grad Zagreb treba imati na umu razmjerno malu sadašnju potrošnju električne energije po stanovniku, međutim također i energiju plina i toplana, ali i problematiku s energetskim napajanjem koje ima dvostruko djelovanje: štednju energije zbog velike cijene ali i preorjentaciju potrošača na električnu energiju zbog nestašice drugih vrsta energije.

Oko 2000. god. predviđa se da će područje obrade imati 1 000 000 stanovnika. Prema navedenim metodama i prema tom predviđenom broju stanovnika određena je i potrošnja električne energije oko 2000. god., potrošnja po stanovniku oko 2.000. god. i trend porasta 1975—2000. god. za ukupnu potrošnju. Podaci se nalaze u tabl. 10. Vrijednosti za analizu s parabolom nisu navedene jer nemaju nikakvu logiku.

Prema vrijednostima iz tabl. 10. mogla su se u daljnje razmatranje uzeti samo prva četiri rezultata. To praktično znači da se trebalo analizirati da li je realnija ukupna potrošnja od približno 7 000 MWh ili 4 700 MWh.

Ako se promatra potrošnja po stanovniku, tada je realnija prognoza od 7 153 MWh odnosno 7 153 kWh/st. Današnja potrošnja po stanovniku najrazvijenijih država u granicama je između 5 000 i 17 000 kWh/st., a gradovi zapadne Evrope imaju potrošnju reda veličine 7 000 kWh/st. Međutim, trend porasta od 7,45% je nešto previsok, ali treba imati na umu slijedeće:

— trend porasta od 7,45 % je računska veličina u koju ulazi stvarna potrošnja u 1975. god. i globalna kakva se očekuje oko 2000. god. Trendovi porasta od 1972. god. do 1975. god. bili su izrazito maleni i bili su pod jakim utjecajem privrednih kretanja. Prosječni trend koji daje eksponencijalna funkcija iznosi 7,14 % je prihvatljiv i realniji kao mjerilo

— porast broja stanovnika gradova vezan je više uz mehanički priliv stanovništva nego uz natalitet, pa se zbog toga u njima može očekivati veći trend porasta potrošnje električne energije nego što to vrijedi za prosjek države.

Zbog svega toga smatra se najrealnija ukupna potrošnja električne energije za grad Zagreb oko 2000. god. od:

7 153 000 MWh.

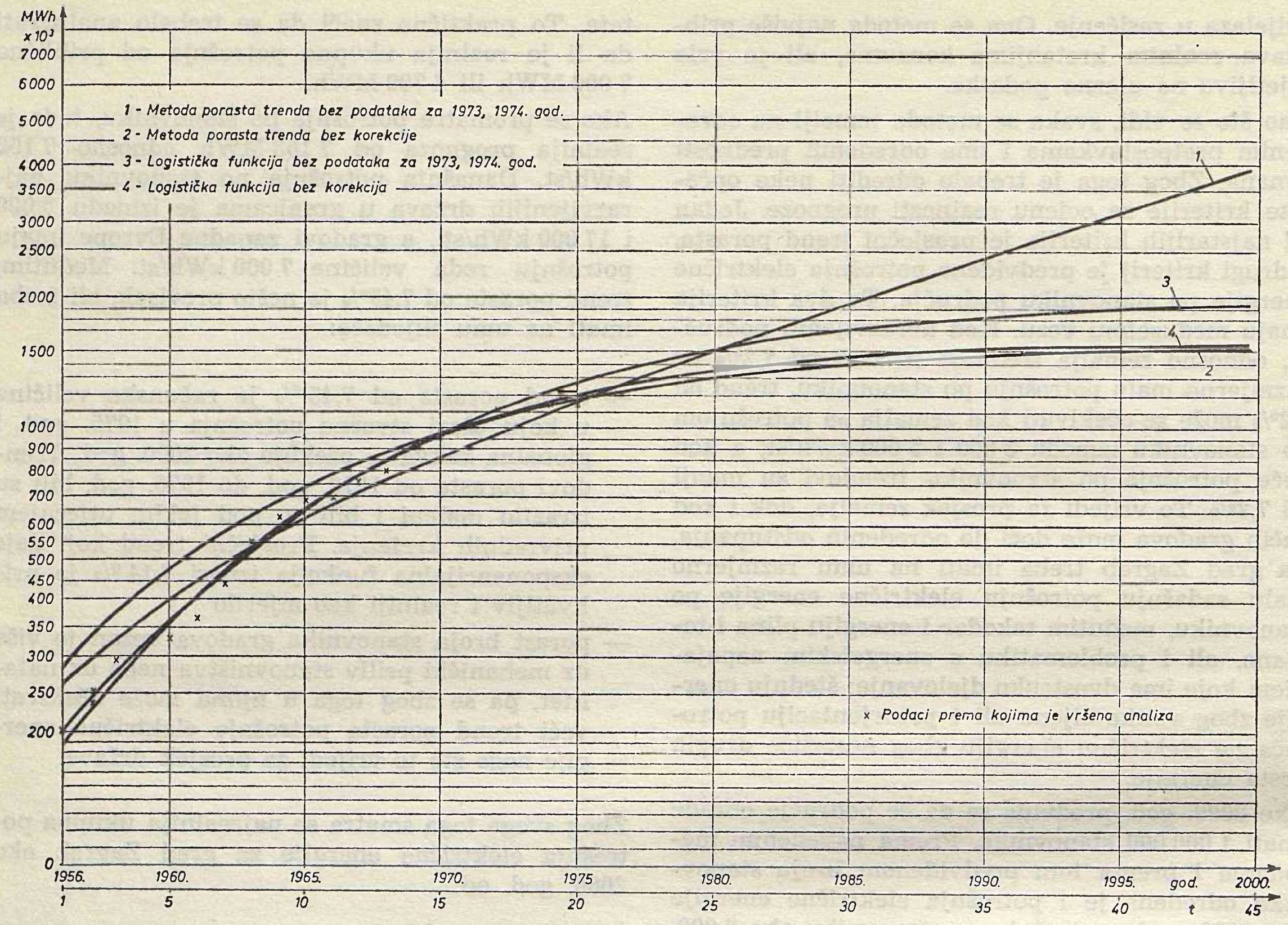
Na sl. 4. nacrtane su razne funkcije za prognozu konzuma.

Izračunate vrijednosti potrošnje električne energije odnose se na prodanu električnu energiju. Uz

Tabela 10.

PROGNOZA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE OKO 2000. GOD.
POTROŠNJE PO STANOVNIKU OKO 2000. GOD. I TREND PORASTA UKUPNE POTROŠNJE 1975—2000. GOD.

Metoda analize	Potrošnja oko 2000. g. MWh	Potrošnja po stanovniku oko 2000. g. kWh/st.	Trend porasta 1975—2000. %
1	2	3	4
eksponencijalna funkcija	7 152 539	7 153	7,45
eksponencijalna funkcija — lomljenje svake treće god.	5 050 655	5 051	5,96
eksponencijalna funkcija — lomljenje svake godine	4 540 730	4 541	5,51
korelacija potrošnje električne energije i narodnog dohotka	4 702 490	4 702	5,70
analiza trenda porasta elek. energije — uz korekcije	3 956 024	3 856	4,96
logistička funkcija — analiza potrošnje po stanovniku uz korekcije	2 479 400	2 479	3,00
logistička funkcija — analiza potrošnje po stanovniku	2 143 600	2 144	2,40
logistička funkcija — analiza ukupne potrošnje uz korekcije	1 940 143	1 940	2,00
logistička funkcija — analiza ukupne potrošnje	1 588 300	1 588	1,20
analiza trenda porasta električne energije	1 533 788	1 534	1,01



Sl. 4a. *Dijagram potrošnje električne energije prema različitim metodama za daljnju perspektivu*

gubitke od približno 5%, dobije se ukupna potreba za električnom energijom od:

7 530 000 MWh.

Vršno opterećenje područja grada Zagreba odredit će se za 2000. god. pomoću vremena trajanja vršnog opterećenja. Predviđa se da će ono iznositi između 5 000 i 5 500 sati, pa će vršno opterećenje iznositi oko

1 400 MW.

Prosječni trend porasta vršnog opterećenja za razdoblje 1975. do 2000. god. iznosi 6,76 %.

Osim za 2000. god., odredio se globalni konzum i za 1980. i za 1985. god. Prema sl. 1. vidi se da realne vrijednosti potrošnje električne energije odstupaju od matematičke funkcije. Ta odstupanja su uvjetovana raznim društvenim, privrednim i energetskim kretanjima. Analizom tih podataka utvrdilo se da ona mogu maksimalno iznositi ±9 % u jednom desetogodišnjem razdoblju. To su znači granice unutar kojih se mogu očekivati vrijednosti potrošnje električne energije za 1980. i 1985. god. u odnosu na vrijednosti prema eksponencijalnoj funkciji.

Da se odredi konzum za 1980. i 1985. god., koristila se korelacija narodnog dohotka i potrošnje električne energije. Vrijednosti su zatim kontrolirane pomoću veličine trenda porasta.

Za 1985. god. je takva analiza zadovoljila, međutim za 1980. god. su trendovi porasta bili preveliki. Zbog toga se zaključilo kao najrealnije da se do 1985. god. računa s konstantnim trendom porasta od 6,74 %. Na taj se način dobije potrošnja električne energije za 1980. god. od

1 643 652 MWh.

Za 1985. god. se dobije potrošnja električne energije od

2 279 045 MWh.

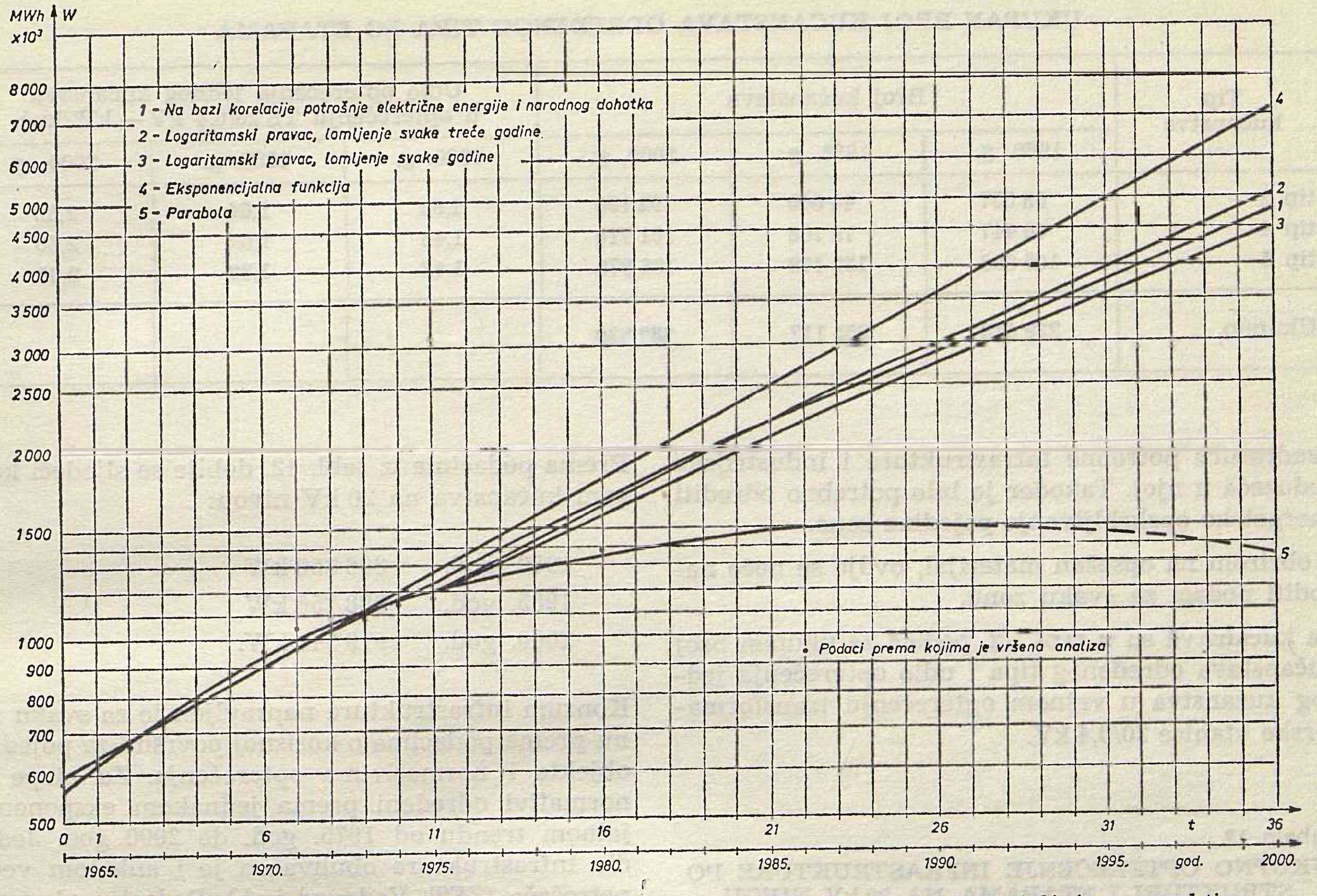
Vršno opterećenje područja odredit će se uz 8 % gubitaka u mreži i vremenom trajanja vršnog opterećenja od 4 831 sat za 1980. god. a 4 932 sata za 1985. god. Na taj se način dobije

367 MW za 1980. god, odnosno 499 MW za 1985. god.

Podjela konzuma po vrstama izvest će se po ovim grupama:

— kućanstva
— industrinja
— infrastruktura.

Takva podjela smatra se najpogodnijom s obzirom na podatke iz Generalnog urbanističkog plana (GUP).



Sl. 4b. *Dijagram potrošnje električne energije prema različitim metodama za daljnju perspektivu*

Podjela konzuma obavit će se prema sadašnjem stanju i prema podacima iz GUP-a.

Za sadašnje se stanje znade točan podatak za potrošnju kućanstava. U 1975. god. je potrošnja kućanstava iznosila 39% ukupne potrošnje. Prema anketi većih potrošača i broju uposlenih u industriji potrošnja industrije je iznosila za 1975. god. oko 35% ukupne potrošnje.

Budući da je konzum infrastukture za grad Zagreb definiran kao sav ostali konzum osim kućanstava i industrije, to je taj konzum iznosio u 1975. god. približno 26 % ukupne potrošnje.

Za konzum kućanstva može se i u daljnjoj budućnosti s dovoljno realnosti tvrditi da će iznositi oko 40% ukupne potrošnje. Međutim, za industriju i infrastrukturu su podaci GUP-a takvi da je teško prihvatiti da će procentualna učešća ostati nepromijenjeno. To se može vidjeti iz predviđena broja radnih mjesta. U zagrebačkoj industriji bilo je 1975. god. oko 111 199 uposlenih a u 2000. god. se predviđa 139 777 uposlenih (trend 0,92 %), dok je u infrastrukturi bilo 1968. god. oko 76 377 uposlenih, a u 2000. god. se predviđa 230 579 uposlenih (trend 3,51 %). Prema tim podacima predvidio se udio pojedine vrste konzuma u ukupnom konzumu prema podacima iz tabl. 11.

Ocijenjeno je da se time konzum industrije u određenoj mjeri potcijenio a konzum infrastrukture precijenio, što se imalo na umu pri razradi električne mreže.

Tabela 11.
PROCENTUALNI UDIO POJEDINE VRSTE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U UKUPNOJ POTROŠNJI ZA 2000. GOD. I ETAPE

Vrsta konzuma	1975. g.	1980. g.	1985. g.	2000. g.
kućanstva	39%	40%	40%	40%
industrija	35%	32%	29%	20%
infrastruktura	26%	28%	31%	40%

3.2. **Sektorska prognoza konzuma**

Sektorska prognoza konzuma osnova je za razradu električne mreže. Podaci potrebni za razradu sektorskog konzuma jesu planovi stambene izgradnje, te razvoja industrije i infrastrukture i normativi opterećenja, odnosno potrošnje električne energije. Baza za razradu sektorskog konzuma bila je Generalni urbanistički plan grada Zagreba iz 1971. god., podaci Centra za ekonomski razvoj grada Zagreba, anketa većih potrošača i anketa USIZ-a. Također je kontaktirano sa Plinarom, Elektranom-Toplanom i Termoelektranom-Toplanom u vezi s energetskim napajanjem pojedinih zona, kao i s Urbanističkim zavodom grada Zagreba u vezi etapne izgradnje. Generalnim urbanističkim planom grad Zagreb je podijeljen na 130 zona. Za svaku zonu i etapu bilo je potrebno odrediti broj stanova,

Tabela 12.

UKUPAN BROJ KUĆANSTAVA ODREĐENOG TIPA PO ETAPAMA

Tip kućanstva	Broj kućanstava			Udio opterećenja jednog kućanstva u opterećenju TS 20/0,4 kV — kW/kuć.		
	1980. g.	1985. g.	2000. g.	1980. g.	1985. g.	2000. g.
tip 2	53 057	44 000	92 150	1,58	1,84	2,85
tip 4	70 447	78 708	101 710	1,46	1,69	2,65
tip 5	105 906	132 409	188 970	1,13	1,32	2,05
Ukupno	229 410	255 117	382 830			

kvadraturu potrebne infrastrukture i industrijska poduzeća u njoj. Također je bilo potrebno odrediti energetsko opskrbljivanje pojedine zone.

S obzirom na opsežan materijal, ovdje se neće navoditi podaci za svaku zonu.

Za kućanstva su u tabl. 12. podaci za ukupan broj kućanstava određenog tipa i udio opterećenja jednog kućanstva u vršnom opterećenju transformatorske stanice 20/0,4 kV.

Tabela 13.

UKUPNO OPTEREĆENJE INFRASTRUKTURE PO STRUKTURI I ETAPAMA NA 20 kV NIVOU

Struktura	Opterećenje po etapama kW		
	1980. g.	1985. g.	2000. g.
1	2	3	4
trgovine	28 059	34 136	130 260
ugostiteljstvo	4 302	4 699	115 720
zanati i servisi	2 549	3 330	30 840
poslovni prostor	30 811	36 242	148 110
kulturne ustanove	10 943	15 068	46 790
bolnice	4 561	5 801	15 132
domovi zdravlja	810	1 058	6 505
socijalne ustanove	3 917	4 920	21 020
hoteli	2 875	5 280	29 652
dječje ustanove	8 900	10 250	28 944
osnovne škole	6 181	7 808	54 800
škole II stupnja	2 448	3 204	61 200
fakulteti i više škole	2 760	3 520	33 200
naučni instituti	1 670	2 110	17 960
ostalo (sport i sl. GUP)	—	—	5 400
rasvjeta ulica	—	—	32 300
ŽTP	13 980	15 820	15 450
PTT	5 380	7 660	15 500
ZET	20 630	37 450	68 200
vodovod	8 495	11 920	16 510
kanalizacija	290	4 520	8 800
ostalo (sport i sl., anketa)	21 590	26 430	28 820
Ukupno	181 051	241 226	931 153

Prema podacima iz tabl. 12. dobije se sljedeći konzum kućanstva na 20 kV nivou:

1980. god. 306 356 kW
1985. god. 388 756 kW
2000. god. 919 546 kW.

Konzum infrastrukture napravljen je za svaku zonu prema podacima o korisnoj površini za pojedine objekte i normativima opterećenja. Za etape su normativi određeni prema jednakom eksponencijalnom trendu od 1975. god. do 2000 god. Jedan dio infrastrukture obuhvaćen je i anketom većih potrošača (ZET, Vodovod i sl.). Podaci o ukupnim opterećenjima po strukturama na 20 kV nivou nalaze se u tabl. 13.

Konzum industrije za sektorsku analizu odredio se pomoću ankete potrošača. Kod takvih anketa obično se prikupe dosta točni podaci za 5 ili 10 godina u budućnost, dok su za 20-godišnje razdoblje podaci manje točni a nema ni uključene nove industrije. Međutim, anketa ipak daje niz korisnih podataka. Prilikom anketiranja tvornica u gradu Zagrebu karakteristično je bilo precjenjivanje konzuma u petogodišnjem periodu, razmjerno realna procjena za desetogodišnje razdoblje i potcjenjivanje konzuma za 2000. god. Suma vršnih opterećenja tvornica za etape po industrijskim granama nalazi se u tabl. 14.

Neki interesantniji podaci o sadašnjem stanju konzuma industrije nalaze se u tabl. 15.

3.3. Usporedba globalne i sektorske prognoze konzuma i korekcije

Globalna analiza konzuma napravljena je sa potrošnjom električne energije, a sektorska s opterećenjem na 20 kV nivou, odnonso na nivou industrijskih poduzeća. Zbog usporedbe rezultata, odredit će se potrošnja električne energije sektorske analize. U tu svrhu koristit će se vrijeme trajanja vršnog opterećenja na odgovarajućem naponskom nivou. Predviđene vrijednsti nalaze se u tabl. 16.

Na taj način određene vrijednosti potrošnje električne energije za sektorsku analizu nalaze se zajedno s globalnom prognozom u tabl. 17.

Tabela 14.
SUMA VRŠNIH OPTEREĆENJA INDUSTRIJSKIH PODUZEĆA PO GRANAMA, PO ETAPAMA

Grana industrije	Suma vršnih opterećenja tvornica kW			
	1975. g.	1980. g.	1985. g.	2000. g.
1	2	3	4	5
građevinska industrija	14 447	18 060	18 300	25 380
industrija papira	6 995	12 850	14 200	21 750
kemijska industrija	20 364	33 800	35 560	62 000
prehrambena industrija	10 985	15 520	24 775	34 350
industrija duhana	648	700	800	1 000
industrija alkohola	3 604	5 770	6 180	8 100
prerada plastike	440	550	600	450
drvna industrija	2 410	3 360	4 300	5 860
industrija gume	2 080	3 400	5 000	11 800
elektroindustrija	16 700	24 900	31 280	47 500
tekstilna industrija	8 051	10 520	12 680	17 500
industrija stakla	950	1 200	1 660	2 500
filmska industrija	530	660	780	950
grafička industrija	1 270	1 410	1 600	2 600
metalska industrija	15 092	20 147	26 307	41 875
industrija kože	1 520	1 840	2 010	2 500
U k u p n o	106 086	154 687	186 032	285 935

Tabela 15.
POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I OPTEREĆENJE PO UPOSLENOM U INDUSTRIJI GRADA ZAGREBA U 1975. GOD. (OPTEREĆENJE PO UPOSLENOM ZA ODREĐENU INDUSTRIJSKU GRANU DOBILO SE DIJELJENJEM SUME VRŠNIH OPTEREĆENJA PODUZEĆA SUMOM UPOSLENIH)

Grana industrije	Potrošnja odn. opterećenje po uposlenom		Vrijeme trajanja vršnog optereć. h/god.
	kWh/up.	kW/up.	
1	2	3	4
građevinska industrija (cement)	12 890	8,56	1 506
industrija papira	10 650	2,17	4 908
kemijska industrija	5 500	3,70	1 486
prehrambena industrija	3 890	0,97	4 010
industrija duhana	3 550	0,93	3 817
industrija alkohola	3 070	1,11	2 766
prerada plastike	2 820	0,80	3 525
drvna industrija	2 720	1,08	2 519
industrija gume	2 620	0,87	3 011
elektroindustrija	2 240	0,75	2 987
tekstilna industrija	2 230	0,54	4 130
industrija stakla	2 220	0,92	2 413
filmska industrija	1 720	0,96	1 792
grafička industrija	1 380	0,58	2 380
metalska industrija	1 250	0,62	2 016
industrija kože	1 050	0,42	2 500
P r o s j e k	3 480	1,02	3 412

Tabela 16.
VREMENA TRAJANJA VRŠNOG OPTEREĆENJA NA 20 kV NIVOU PO ETAPAMA

Vrsta konzuma	Vrijeme trajanja vršnog opterećenja h/god.			
	1975. g.	1980. g.	1985. g.	2000. g.
kućanstva	2 000	2 170	2 360	3 000
industrija	3 650	3 720	3 800	4 000
infrastruktura	2 300	2 430	2 560	3 000

Već je napomenuto da će se izvršiti eventualne korekcije sektorske prognoze u odnosu na globalnu. Za 2000. god. razlika u ukupnom konzumu iznosi oko 6%, što i nije znatno. Međutim, gotovo sva ta razlika odnosi se na konzum industrije, jer je kod kućanstava razlika 3,6 %, kod infrastrukture 2,4 % a kod industrije 20 %. Zbog te razlike u konzumu industrije u 2000. god. odlučilo se korigirati taj konzum. Konzumu industrije dodana je veličina konzuma od 65 000 kW, odnosno 260 000 MWh, tako da je prema korigiranoj sektorskoj analizi konzum industrije iznosio oko 1 400 000 MWh. Raspodjela tog konzuma po zonama grada Zagreba izvršena je prema broju radnih mjesta pojedinih zona i prema lokaciji industrijskih zona

Za etape se nisu provodile korekcije sektorskog konzuma, jer su odstupanja takva da neće utjecati na razradu elektrine mreže. Razlog tim odstupanjima jesu problemi s podacima potrebnim za analizu sektorskog konzuma.

Tabela 17.
POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PREMA GLOBALNOJ I SEKTORSKOJ ANALIZI I USPOREDBA

Godina	Vrsta konzuma	Prognoza potrošnje		Usporedba sektor. : : glob.
		globalna MWh	sektorska MWh	
1980.	kućanstva	612 717	657 461	0,932
	industrija	575 436	525 969	1,094
	infrastruktura	416 417	460 222	0,905
	Ukupno	1 604 565	1 643 652	0,976
1985.	kućanstva	917 464	911 618	1,006
	industrija	706 922	660 923	1,069
	infrastruktura	617 538	706 504	0,874
	Ukupno	2 241 924	2 279 045	0,984
2000.	kućanstva	2 758 638	2 861 200	0,964
	industrija	1 143 740	1 430 600	0,799
	infrastruktura	2 793 459	2 861 200	0,976
	Ukupno	6 695 837	7 153 000	0,936

Za daljnju razradu 30 kV i 110 kV mreže grada Zagreba služit će sektorska analiza konzuma. Prilikom razrade električne mreže uvidjelo se da je potrebno razraditi i 1990. i 1995. god. Konzum zona za te etape odredio se pomoću prosječnog trenda porasta opterećenja pojedine zone u razdoblju 1985—2000. god.

Ovdje će se ponoviti, odnosno dopuniti neke osnovne postavke prognoze budućeg konzuma.

Izgradnja stambenih objekata predviđena je gotovo podjednako na svim područjima gdje ima slobodnog mjesta. To su npr. južni Zagreb, Susedgrad, Jarun, Dubrava i sl., a u središtu grada predviđa se forsiranje izgradnje interpolacija.

Energetska opskrba kućanstava predviđena je u pravilu bez primjene električne energije za grijanje stanova, jer se ne predviđa takav razvoj tog grijanja da bi to utjecalo na vršna opterećenja transformatorskih stanica 110/20 kV. Isto tako se pristupilo i prema klimatizaciji.

Razvoj konzuma infrastrukture predviđa se u postojećem starom središtu grada, kao i u novom oko Ulice proleterskih brigada, te u južnom Zagrebu. Kod konzuma infrastrukture predviđen je i određen utjecaj klimatizacije preko veličine normativa opterećenja.

Konzum industrije predvidio se prema podacima GUP-a, tj. predviđa se procentualno smanjenje tog konzuma u ukupnom. Ovakav stav može eventualno utjecati na električnu mrežu jačih industrijskih zona, i to Žitnjaka i Podsuseda, što treba imati na umu prilikom razrade mreže.

KEY WORDS:

ELECTRICAL NETWORK
ELECTRICAL POWER LOAD
FORECAST OF LOAD
NETWORK PLANNING

A SOLUTION FOR 110 kV AND 30 kV NETWORK OF CITY ZAGREB FOR PERIOD 1980—2000 YEAR
(I part)

In the article are presented results of the study with the same object. Following parts are analysed:

existent condition of net and load
normatives for load and electrical power production
forecaste of future load
choice of network elements by model analyses
elaboration of 110 kV and 30 kV network of city Zagreb for period 1980—2000 year.

DER AUSBAU DER 110 kV und 30 kV STROMVERSORGUNGSNETZES DER STADT ZAGREB FÜR DEN ZEITABSCHNITT 1980—2000
(1. Teil)

Die Arbeit zeigt die Ergebnisse von Untersuchungen über das oben genannte Thema, in dem folgende Probleme behandelt wurden:

derzeitiger Verbrauch und Zustand des Versorgungsnetzes
Belastungs-und Verbrauchskennwerte der elektr. Energie
voraussichtlicher Verbrauchsanstieg
Auswahl der einzelnen Netzelemente durch Modelluntersuchungen
Ausbau des 110 kV und 30 kV Netzes der Stadt Zagreb für den Zeitabschnitt 1980—2000.

РЕШЕНИЕ СЕТЕЙ 110 и 30 кВ ГОРОДА ЗАГРЕБ НА ПЕРИОД 1980—2000 гг.
(1-ая часть)

В сатье приводяатся результаты исследований по указанной теме. Обработки охватывают следующие области:

Настоящее состояние потребления электроэнергии и сети;
Нормативы нагрузок и потребления элктроэнергии;
Прогноз потребления в будущем;
Выбор элементов электросети путем анализа на модели;
Разработки сетей 110 и 30 кВ города Загреб на период 1980—2000 гг.

Naslov pisca:
mr Rihard Schenner, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu Zagreb

Uredništvo primilo rukopis:
22. IX 1981.

Energija God. 31 (1982) br. 1—2, 29—34

PREKIDANJE KRATKIH SPOJEVA S PREKIDAČIMA VISOKOG NAPONA U BLIZINI GENERATORA

Ivan Naumovski, Zagreb

UDK 621.316.5
Originalni znanstveni rad

Razmatraju se specifičnosti koje se odnose na izbor prekidača visokog napona u blizini sinhronih generatora. Obuhvaća se definiranje nazivnog prijelazno-povratnog napona, definiranje nazivne uklopne moći, postotak istosmjerne komponente u struji kratkog spoja, te naprezanja prekidača pri isklapanju struja kratkog spoja koje tokom nekoliko početnih perioda ne prolaze kroz nulu.

Ključne riječi: prekidač, kratki spoj, napon luka, nesimetrične struje.

1. Uvod

Visokonaponski prekidač je element sklopne opreme čija pouzdanost neposredno utječe na pouzdanost najskupljih elemenata električnih postrojenja, kao što su generator ili transformator. Izbor prekidača vrši se na temelju izračunatih veličina te konstatiranih uvjeta koji se mogu pojaviti u sistemu. Pri tome osim normalnih pogonskih uvjeta, pravila za izbor prekidača (standard JUS N.K3.150 od 1980. g.) obuhvaćaju i nekoliko specifičnih prilika koje mogu nastati pri kratkom spoju (bliski kratki spoj, nepodudarnost faza itd.)

Za izbor prekidača u blizini generatora vrijede uglavnom ista pravila kao i za ostale prekidače visokog napona. Međutim, standard JUS N.K3.150 upozorava i na neke specifičnosti koje treba imati na umu pri izboru prekidača visokog napona u blizini generatora. Te specifičnosti se odnose na:

— definiranje nazivnog prijelaznog povratnog napona
— definiranje nazivne kratkospojne uklopne moći i postotka istosmjerne komponente u struji kratkog spoja, a time i potrebne asimetrične prekidne moći prekidača
— uvjete prekidanja kratkog spoja s prekidačem u blizini generatora, kada zbog većeg postotka istosmjerne komponente i zbog bržeg smanjenja izmjenične komponente od istosmjerne, struja kratkog spoja u svom početnom tijeku nekoliko perioda ne prolazi kroz nulu.

Oštećenja opreme, a time i zastoji i gubici koji se povremeno javljaju u elektroenergetskim, prijenosnim i industrijskim postrojenjima visokog napona ponekad su i rezultat činjenice da pri izboru opreme nisu sagledane ili dovoljno definirane sve specifične karakteristike kojima mora udovoljavati izabrana oprema. U nekim slučajevima nije dovoljno specificirati standard (IEC, odnosno JUS) kojima mora udovoljavati element opreme, pa da time budu obuhvaćeni svi parametri za tipsku provjeru (ispitivanje) izabranog elementa opreme. S druge strane je jasno da traženje tipske provjere i za specifične prilike čija je vjerojatnost pojave u sistemu tako mala da se mogu svrstati u slučajne događaje (»viša sila«), može ugroziti ekonomiku izgradnje električnog postrojenja.

Praksa je dokazala da izboru opreme i specificiranju karakteristika kojima treba udovoljavati ta oprema mora prethoditi studij i analiza svih specifičnih prilika koje se mogu pojaviti u određenom sistemu, te ocjena vjerojatnosti pojave tih prilika. To je sigurno jeftinije od eventualnih naknadnih studija uzroka nastalih posljedica.

Ovaj rad daje osvrt na one specifičnosti koje se odnose na izbor prekidača visokog napona u blizini generatora na koje upozorava standard JUS-a za izbor prekidača visokog napona. Budući da je dosada u domaćoj literaturi pojava asimetričnih struja kratkog spoja u blizini generatora bez prolaza kroz nulu vrlo malo razmatrana [1], rad obrađuje detaljnije tu pojavu, a na ostale specifičnosti daje samo osvrt.

2. Izbor nazivnog prijelaznog povratnog napona za prekidače u blizini generatora

U točki 4.2 standarda JUS N.K3.150 definirane su standardne vrijednosti prijelaznog povratnog napona koji se javlja na stezaljkama prekidača nakon prekidanja kratkog spoja, a napomenuto je da teži uvjeti mogu postojati na primjer:

a) u slučaju kratkog spoja neposredno iza transformatora, kada između transformatora i prekidača nema nikakvih značajnih kapaciteta, pa tjemena vrijednost i brzina porasta prijelaznog povratnog napona mogu biti veći od standardnih vrijednosti;

b) u slučaju kratkog spoja na prekidačima u blizini generatora kada brzina porasta prijelaznog povratnog napona može dostići vrijednost veću od vrijednosti specificiranih u standardu.

U ovim slučajevima između proizvođača i korisnika moraju biti dogovorene posebne karakteristike prijelaznog povratnog napona.

Ako pitanje uspješnosti luka u nul-točki sinusoidne struje kratkog spoja svedemo na pitanje »utrke« između brzine porasta prijelaznog povratnog napona i brzine porasta dielektričke čvrstoće između kontakata prekidača, onda veća početna brzina porasta prijelaznog povratnog napona na kontaktima prekidača u najmanju ruku može, zbog ponovnog paljenja luka, povećati trajanje luka u prekidaču (zbog »čekanja« nove nul-točke u kojoj prekidač postiže razmak između kontakata dovoljan za definitivno prekidanje luka).

Najjednostavniji način za određivanje realnog prijelaznog povratnog napona koji se u određenom postrojenju može pojaviti na kontaktima izabranog prekidača pri prekidanju kratkog spoja na sabirnicama jest traženje naponskog odziva na nadomjesnom kapacitetu prema zemlji (u nadomjesnoj shemi priključen paralelno prekidaču). Za najjednostavniju nadomjesnu shemu, serijski R, L, C krug, pri tome se dobiva slijedeći izraz za prijelazni povratni napon u_p

$$u_p = u_c = U_m (1 - e^{-\alpha t} \cos \omega_0 t) \qquad (1)$$

pri čemu je

U_m — vršna vrijednost faznog napona mreže oko koje titra povratni napon sve dok se ne stabilizira (pomak između struje koja se gasi u nultočki i napona je približno 90 °),

$\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ — kružna frekvencija visokofrekventnih titranja povratnog napona (rezonantna ili vlastita frekvencija kruga),

$\alpha = R/2L$ — koeficijent prigušenja visokofrekventnih titraja.

Iz slike 1. koja ilustrira izraz (1) se vidi da je strmina porasta prijelaznog povratnog napona proporcionalna vlastitoj frekvenciji kruga $\omega_0 = 2\pi f_0$. Poznato je da pri prekidanju kratkih spojeva iza transformatora ili prigušnica frekvencije f_0 mogu



Sl. 1. *Jednofrekventni prijelazni povratni napon u serijskom R, L, C krugu*

postići vrijednost i do 100 kHz, a time i vrlo visoke strmine porasta prijelaznog povratnog napona.

Određivanje strmine porasta prijelaznog povratnog napona za kratke spojeve u blizini generatora i transformatora otežano je zbog frekventne ovisnosti induktiviteta generatora i transformatora. Stoga je najbolje raditi pomoću mrežnog modela, koji treba simulirati i stranu izvora i stranu sabirnica.

Novi prijedlog standarda IEC-56 za prekidače nazivnih napona većih od 123 kV predviđa povećanje početne strmine prijelaznog povratnog napona pri ispitivanju prekidača, sa 1 kV/μs na 2 kV/μs (za ispitivanje 100%-tne i asimetrične prekidne moći), odnosno sa 2 kV/μs na 3 kV/μs (za ispitivanje 60%--tne prekidne moći prekidača).

3. Definiranje nazivne uklopne, te asimetrične prekidne moći prekidača u blizini generatora

Fizikalna zasnovanost pojave asimetrične struje kratkog spoja generatora određena je uvjetima održanja toka koji je u trenutku kratkog spoja obuhvaćen statorskim namotom.

Maksimalna asimetrična struja kratkog spoja u jednoj fazi generatora javlja se onda kada kratki spoj nastane u trenutku kada čitav tok rotorskog namota prolazi kroz statorski namot te faze. Istosmjerna komponenta asimetrične struje kratkog spoja nastoji pri tome održati tok kroz statorski namot, a izmjenična komponenta sprečava varijacije okretnog rotorskog toka kroz statorski namot. Ako se generator promatra kao serijski RL krug s nepromjenljivim induktivitetom, rješavanjem prijelazne pojave zatvaranja strujnog kruga s naponom izvora $u = U\sqrt{2}\sin(\omega_t + \psi)$ dobiva se

$$i = I_K\sqrt{2}\sin(\omega t + \psi - \varphi) + Ae^{-R/Lt} \qquad (2)$$

pri čemu je

$$I_K = \frac{U}{R^2 + (L\omega)^2},\ \operatorname{tg}\varphi = \frac{L\omega}{R},\ A = \text{konst.} \qquad (3)$$

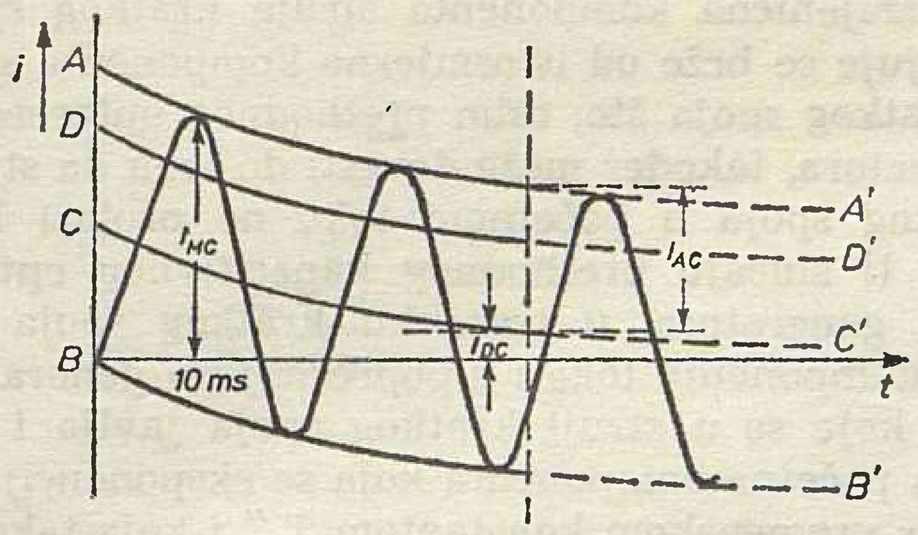
U slučaju $\psi = 0$ (uklapanje u trenutku kada je napon izvora nula) i $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ($LL\omega \gg R$) izraz (2) postaje

$$i = -I_K\sqrt{2}\cos\omega t + Ae^{-R/L\,t} \qquad (4)$$

Uz početni uvjet $i = 0$ za $t = 0$ dobiva se konačni izraz vremenskog toka struje u fazi s maksimalnom asimetrijom

$$i = -I_K\sqrt{2}\cos\omega t + I_K\sqrt{2}\,e^{-R/L\,t} \qquad (5)$$

Aperiodička istosmjerna komponenta struje kratkog spoja u izrazu (5) nestaje s vremenskom konstantom $T_a = L/R$, a ostaje stacionarna, simetrična, izmjenična komponenta struje kratkog spoja (slika 2).



Sl. 2. *Vremenski tok asimetrične struje kratkog spoja prethodno neopterećenog generatora*

I_{MC} — uklopna struja

$I_{AC} = \sqrt{2}\, I_K$ — tjemena vrijednost izmjenične komponente struje kratkog spoja

I_{DC} — istosmjerna komponenta struje kratkog spoja u trenutku razdvajanja kontakata prekidača.

Veličina uklopne struje I_{MC} ovisi o vremenskoj konstanti istosmjerne komponente struje kratkog spoja. Za vremensku konstantu $T_a = L/R = 45$ ms $R/X \approx \cos\varphi = 0{,}07$) i za vrijeme $t = 10$ ms u kojem se postiže vršna vrijednost uklopne struje I_{MC} (sl. 2) dobiva se iz relacije (5)

$$I_{MC} = I_K \sqrt{2}\,(1 + e^{-10/45}) = I_K \sqrt{2} \cdot 1{,}8 = 2{,}55\, I_K$$

Kod velikih blokova generator - transformator vremenska konstanta $T_a = L_G + L_T/R_G + R_T$ kreće se i do nekoliko stotina milisekundi, ali njezin doprinos kratkom spoju na visokonaponskim sabirnicama relativno je malen. Na primjer, omjer nazivne struje i struje kratkog spoja na 420 kV-nim sabirnicama bloka 200 MVA iznosi svega 0,27/0,9 kA. Suprotno tome vremenska konstanta dalekovoda vezanih na istim sabirnicama kreće se od 10 do nekoliko desetaka milisekundi. Kako je doprinos dalekovoda ukupnoj struji kratkog spoja na sabirnicama vrlo visok, izračunati faktor 2,55 kojim se množi efektivna vrijednost simetrične komponente struje kratkog spoja da bi se dobila vršna vrijednost struje kratkog spoja najčešće je realan također i za izbor visokonaponskih prekidača u blizini generatora.

Veličina asimetrične prekidne moći za koji treba biti dimenzioniran prekidač u blizini generatora ne ovisi samo o vremenskoj konstanti T_a, već i o trenutku isklapanja. Iz razloga stabilnosti sistema, ograničenja termičkih i električkih efekata kratkog spoja, te mehaničkih naprezanja turbine i generatora, od prekidača se, ovisno o selektivnosti, često traži vrlo kratko vrijeme isklapanja. Pri izboru prekidača 420 kV s ukupnim vremenom isklapanja 3 periode (60 ms), u trenutku isklopa reaktanca generatora već postiže vrijednost približno jednaku tranzientnoj reaktanci X_d'. Ovo vrijedi za sve generatore čija suptranzientna vremenska konstanta T_d ne premašuje iznos od nekoliko desetaka milisekundi. Prema tome je tranzientna reaktanca generatora X'_d u najvećem broju slučajeva mjerodavna za izračunavanje simetrične efektivne komponente struje kratkog spoja I_K (I_K'), čak i za prekidače u blizini generatora.

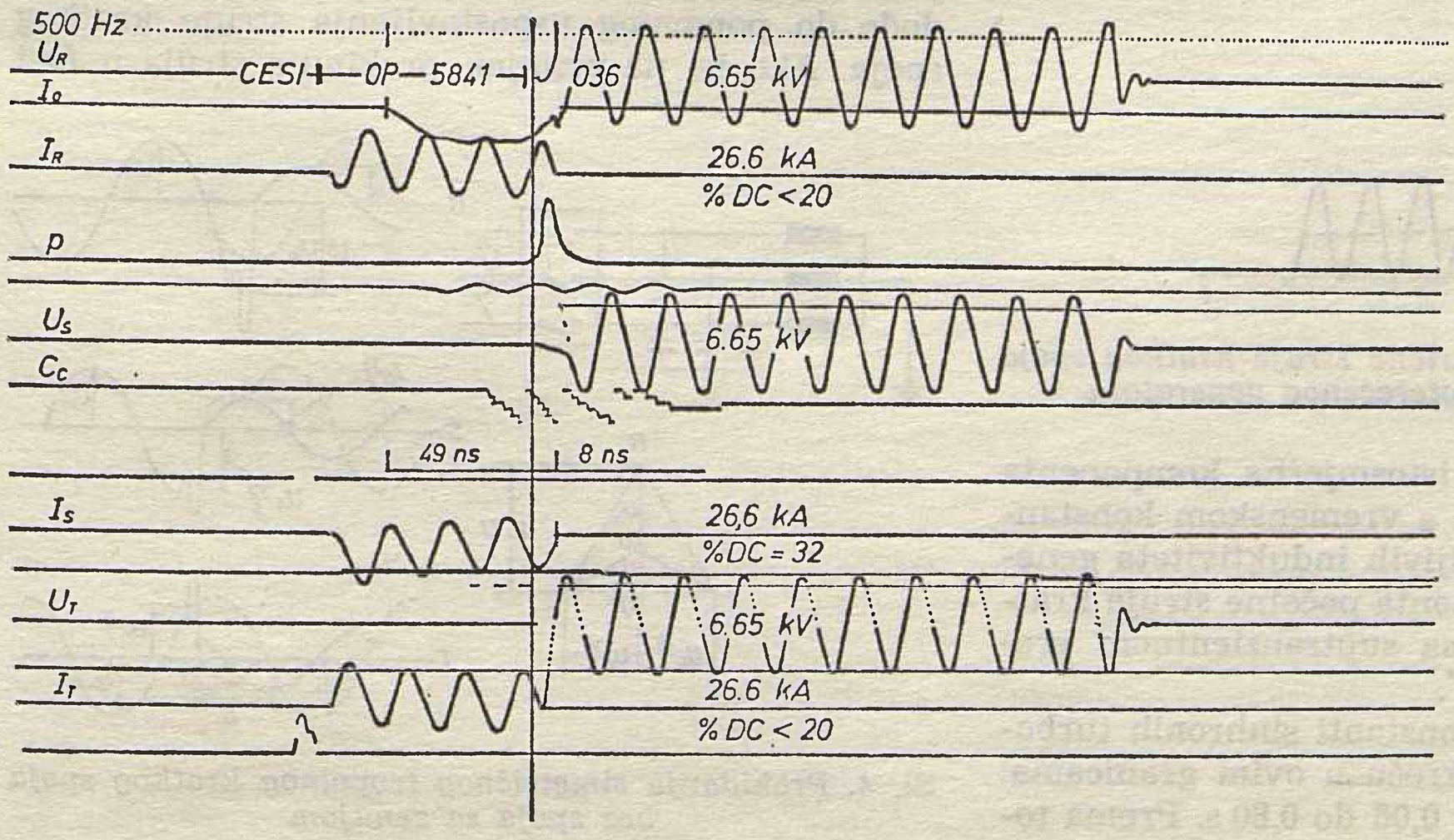
Asimetrična struja kratkog spoja u trenutku otvaranja kontakata može se izračunati iz relacije

$$I_{as} = \sqrt{I_K^2 + I_{DC}} \qquad (6)$$

Ako se istosmjerna komponenta izražava u postotcima $p = 100\, I_{DC}/\sqrt{2}\, I_K$, onda vrijedi

$$I_{as} = I_K \sqrt{1 + 2(p/100)^2} \qquad (7)$$

Postotak istosmjerne komponente struje kratkog spoja pri ispitivanju prekidača očitava se iz eksponencijalne krivulje dane u standardu JUS N.K3.010, ovisno o vlastitom vremenu otvaranja prekidača i on odgovara zanemarivom opadanju izmjenične struje kratkog spoja. Prema tome, za kratke spojeve u blizini generatora treba provjeriti samo da li faktor snage kratkog spoja nije manji od 0,07 ($T_a > 45$ ms, ali za ukupnu struju kratkog spoja). Standard JUS NK3.150 upozorava još i na



Oscilogram br. 1. *Ispitivanje asimetrične prekidne moći prekidača M12-25-12. Efektivna vrijednost komponente simetrične struje kratkog spoja 26,6 kA, postotak istosmjerne komponente u jednoj fazi 32%, fazni napon 6,65 kV*

to da treba provjeriti da minimalno vrijeme djelovanja zaštite nije manje od 10 ms, koliko se obično dodaje vlastitom vremenu prekidača pri očitavanju postotka istosmjerne komponente kojom se prekidač ispituje.

Na oscilogramu br. 1 ilustrativno je prikazan jedan od rezultata kratkospojnog ispitivanja 12 kV-nog malouljnog prekidača tipa M12-25-12 proizvodnje »R. Končar«, asimetričnom strujom kratkog spoja. Ispitivanja tog prekidača izvršena su u kratkospojnom laboratoriju poznate stanice CESI — Milano od 15 — 20. 9. 1980.

Kako se vidi iz oscilograma, unatoč tome što je vlastito vrijeme otvaranja prekidača bilo 49 ms, izabran je postotak istosmjerne komponente 32%, što je znatno više nego što je predviđeno krivuljom u standardu IEC 56 (JUS N.K3.150). Time se provjerila i mogućnost ugradnje spomenutog prekidača tamo gdje se mogu očekivati i veći postoci istosmjerne komponente u struji kratkog spoja. Prema relaciji (7) i na temelju očitane vrijednosti simetrične efektivne komponente struje kratkog spoja 26,6 kA (kod faznog napona 6,65 kV) slijedi vrijednost efektivne asimetrične struje

$$I_{as} = I_{sim}\sqrt{1+2\,(32/100)^2} = 1{,}097 = I_{sim} = 29{,}18\ \text{kA}$$

4. Zasnovanost pojave asimetrične struje kratkog spoja u blizini generatora, bez prolaza kroz nulu

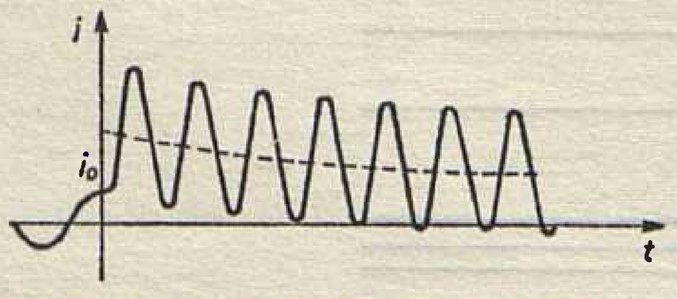
U prethodnom poglavlju razmatrali smo asimetričnu struju kratkog spoja za slučaj prethodno neopterećenog generatora ($i = 0$ za $t = 0$). U slučaju prethodno kapacitivnog opterećenja generatora iz izraza (4) se za početni uvjet $i = i_0$ za $t = 0$ dobiva

$$A = \sqrt{2}\,I_K + i_0 \qquad (8)$$

što uvršteno u (5) daje

$$i = -I_K\sqrt{2}\cos\omega t + (\sqrt{2}\,I_K + I_0)\,e^{-R/L\,t} \qquad (9)$$

Prema tome, kako se to vidi iz slike 3 koja prikazuje izraz (8), asimetrična struja kratkog spoja u svom početnom toku ne prolazi kroz nulu onda kada je istosmjerna komponenta veća od amplitude izmjenične komponente.



Sl. 3. *Vremenski tok asimetrične struje kratkog spoja prethodno kapacitivno opterećenog generatora*

Kako je već spomenuto, istosmjerna komponenta struje kratkog spoja pada s vremenskom konstantom T_a, ali zbog promjenljivih induktiviteta generatora izmjenična komponenta početne struje kratkog spoja također pada sa suptranzientnom vremenskom konstantom T_d''.

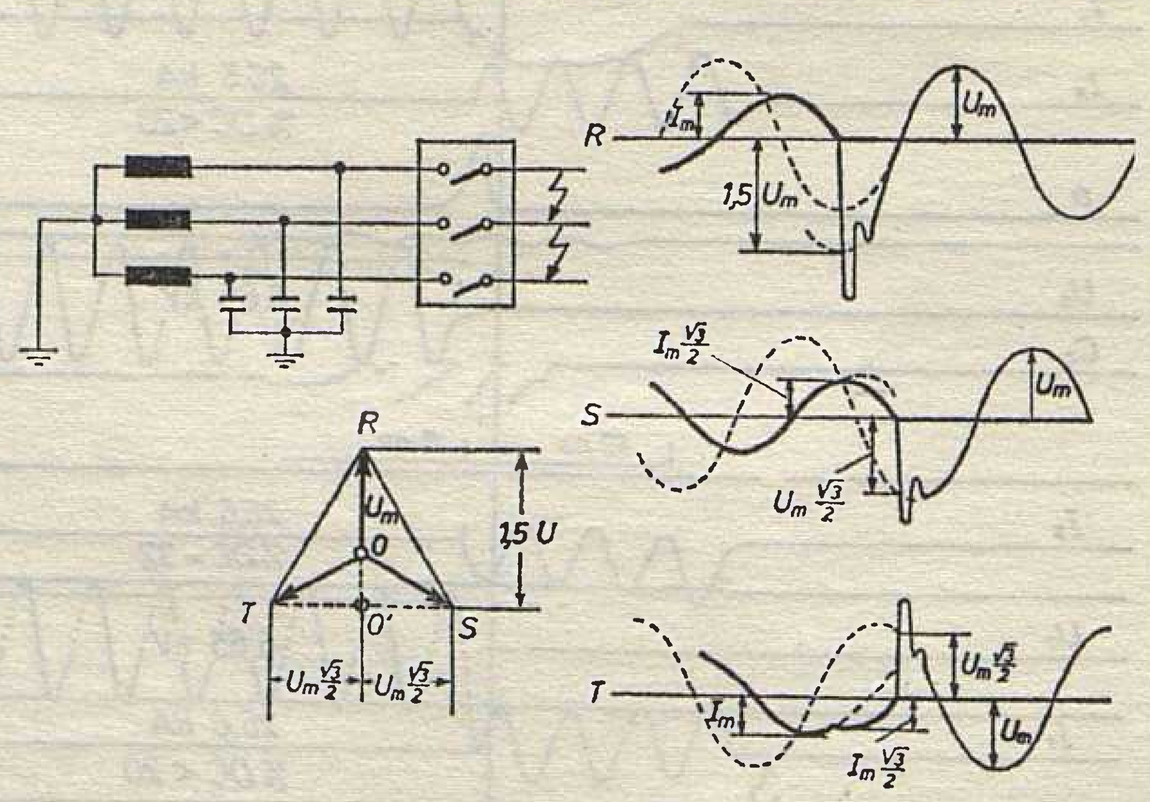
Vrijednosti vremenskih konstanti sinhronih turbogeneratora se prema [2] kreću u ovim granicama: $T_d = 0{,}01$ do $0{,}06$ s, $T_a = 0{,}06$ do $0{,}80$ s. Prema tome, izmjenična komponenta struje kratkog spoja smanjuje se brže od istosmjerne komponente struje kratkog spoja što, osim prethodnog opterećenja generatora, također može dovesti do toga da struja kratkog spoja u početnom toku ne prolazi kroz nulu. U slučaju prethodnog kapacitivnog opterećenja generatora, u trenutku kratkog spoja postoji komponenta toka i u poprečnoj osi generatora zbog koje se u struji kratkog spoja javlja i dodatna početna komponenta koja se eksponencijalno gubi s vremenskom konstantom T_q'' i koja također pridonosi bržem smanjivanju izmjenične komponente od istosmjerne komponente struje kratkog spoja. Dodatni faktor koji pridonosi bržem smanjivanju izmjenične komponente u struji kratkog spoja jest mala uzbudna struja generatora. Prema [2] kod velikih sinhronih generatora maksimalno vrijeme u kojem struja kratkog spoja na stezaljkama generatorskog prekidača ne prelazi kroz nulu iznosi i do 0,5 s. U slučaju blok-spoja generator - transformator, relativno veliki radni otpor transformatora pridonosi smanjenju vremenske konstante T_a, a također i smanjenju početne komponente u struji kratkog spoja, tako da je pojava asimetričnih struja kratkog spoja bez prolaza kroz nulu prisutna iza blok-transformatora jedinica većih od 400 MW [3].

5. Utjecaj nesimultanog prekidanja trofaznih asimetričnih struja kratkog spoja na prolaz tih struja kroz nulu

Razmatranje prilika prekidanja struja kratkog spoja bez prolaza tih struja kroz nulu možemo ograničiti na tropolne kratke spojeve jer je kod njih prigušenje izmjenične komponente izraženije nego kod dvopolnih kratkih spojeva [4].

Radi jasnijeg prikazivanja razmotrimo najprije prilike kod prekidanja simetričnog (stabiliziranog) tropolnog kratkog spoja (slika 4).

Prekidač prekida najprije struju faze koja u najpovoljnijem trenutku postiže nulu, tj. u trenutku kada je dielektrična čvrstoća među kontaktima pola koji prekida tu struju dovoljno velika da ne dođe do ponovnog uspostavljanja struje kratkog spoja. Ako je, na primjer, prekinuta struja u fazi



Sl. 4. *Prekidanje simetričnog tropolnog kratkog spoja bez spoja sa zemljom*

R (slika 4), faze S i T ostaju nakon toga u serijskom spoju pod djelovanjem linijskog napona ST (dvopolni kratki spoj). Iz trokuta napona vidi se da prelaskom trofaznog kratkog spoja u dvofazni nultočka dolazi na sredinu stranice trokuta, a napon na preostale 2 faze pada na relativnu vrijednost $\sqrt{3}/2$. Istovremeno se na otvorenom kontaktu pola koji je prvi prekinuo javlja 50% veći napon od vršne fazne vrijednosti [5]. Jasno je da zajedno s naponom i struja u preostale dvije faze pada na relativnu vrijednost $\sqrt{3}/2 = 0{,}866$.

Razmotrimo sada što se događa kad se uzmu u razmatranje još i istosmjerne komponente. Tu mogu biti dva krajnja slučaja, pri čemu je u svakom slučaju ukupna suma istosmjernih komponenata u sve tri faze jednaka nuli:

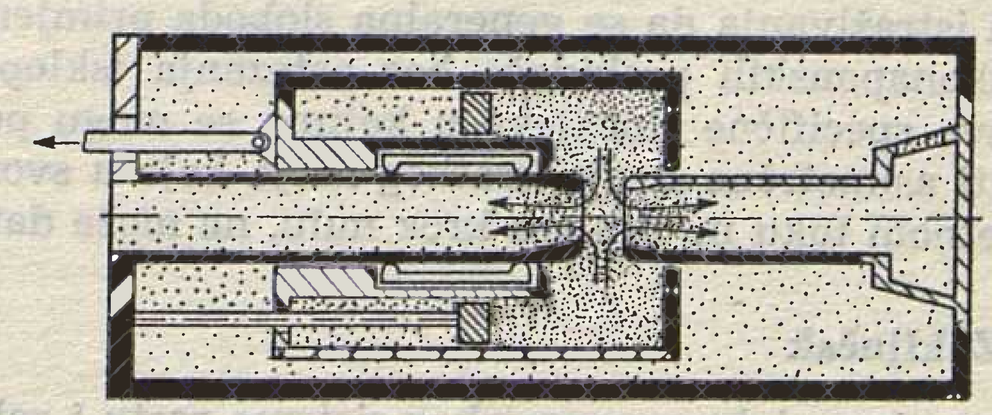
a) Ako je u jednoj fazi maksimalna istosmjerna komponenta (struja kratkog spoja ove faze ne prolazi kroz nulu), ostale dvije faze imaju po pola od maksimalne vrijednosti istosmjerne komponente i u ovim fazama već od samog početka struja prolazi kroz nulu. Struja kratkog spoja se prekida najprije u jednoj fazi koja prolazi kroz nulu u najpovoljnijem trenutku, a zatim, pošto preostale dvije faze ostanu u serijskom spoju, struja u njima postaje jednaka, ali suprotnog polariteta. Tada maksimalna vrijednost istosmjerne komponente u jednoj fazi pada na relativnu vrijednost 0,75, a 50 %-tna istosmjerna komponenta u drugoj fazi raste na 0,75. Budući da smo već konstatirali da simetrična komponenta struje kratkog spoja prilikom prelaska na dvopolni kratki spoj pada na 0,866, očito je da spomenuti porast istosmjerne komponente u jednoj fazi u ovom slučaju nije bitan. Struja kratkog spoja u fazama koje ostaju u serijskom spoju tako prolazi kroz nulu i prekida se 5 ms nakon prekida struje u prvoj fazi.

b) Ako kratki spoj nastane u trenutku kada je tok obuhvaćen namotom jedne faze statora generatora nula, onda se u toj fazi javlja simetrična struja kratkog spoja, dok se u ostalim dvijema fazama javljaju istosmjerne komponente relativne vrijednosti 0,866 ($\cos 30^\circ$). Ako se struja kratkog spoja prekida najprije u fazi sa simetričnom strujom, istosmjerna komponenta u preostalim fazama nakon prekida prve faze ostaje nepromijenjena (0,866), a izmjenična komponenta u tim fazama pada na relativnu vrijednost 0,866 (vidi sl. 4), tj. izjednačava se s vrijednošću istosmjerne komponente. Međutim, kako izmjenična komponenta struje kratkog spoja pada od samog početka kratkog spoja s vremenskom konstantom T_d'', odnosno kasnije s vremenskom konstantom T_d', u ovom slučaju asimetrična struja kratkog spoja, koja je u početku do prekida prve faze prolazila kroz nulu, nakon prekida prve faze, u preostalim fazama više neće prolaziti kroz nulu za vrijeme od nekoliko perioda. To se održava sve dok istosmjerna komponenta struje kratkog spoja ne postane manja od izmjenične komponente.

6. Utjecaj napona luka na smanjenje istosmjerne komponente struje kratkog spoja

Na temelju podataka iz literature [6] kod kratkog spoja na 400 kV-nim sabirnicama jednog 1000 MW-nog bloka u uvjetima prethodnog kapacitivnog opterećenja i poduzbude, kroz 400 kV-ni prekidač bloka može teći asimetrična struja kratkog spoja bez prolaza kroz nulu za vrijeme od 5 perioda (100 ms). Uobičajena zahtijevana vremena isklapanja prekidača 420 kV kreću se od 2 periode (40 ms) do najviše 4 periode (80 ms), uključujući i trajanje luka, s time da na ta vremena treba dodati i vrijeme prorade zaštitnih releja, koje se kreće do maksimalno 10 ms. Razlozi zbog kojih se traže kratka vremena isklapanja prekidača uvjetovani su zahtjevima stabilnosti sistema, selektivnosti, ograničenja termičkih i električnih efekata kratkog spoja, te mehaničkih naprezanja turbine i generatora. Zemlje s velikim dužinama prijenosnih vodova 420 kV (na primjer Indija), traže isključivo dvoperiodske ili troperiodske prekidače. Sagledavajući značenje faktora koji utječu na izbor brzih prekidača visokog napona, preporuka u standardu JUS N.K3.150 da se naprezanje prekidača u slučaju prekidanja struja kratkog spoja koje ne prolaze kroz nulu smanji kašnjenjem njegova otvaranja, ne može se smatrati prihvatljivom za prekidače 420 kV. Uključivanje uređaja za dopunsko prigušivanje posredstvom pomoćnog prekidača, spomenuto u standardu JUS N.K3.150 također se ne može smatrati prihvatljivim rješenjem u ekonomskom pogledu. Ono što se nameće kao rješenje jest izbor takvih prekidača koji su u sanju svojim karakteristikama pridonijeti prekidanju asimetričnih struja kratkog spoja bez prolaza tih struja kroz nulu. Deionizacijsko djelovanje medija za gašenje luka (intenzivno hlađenje luka, otpuhivanje luka i dr.) traje ograničeno kratko vrijeme kod svih tipova prekidača. Ako se luk ne ugasi u vremenu dok traje deionizacijsko djelovanje, postoji opasnost od eksplozije prekidača.

Na slici 5. prikazana je lučna komora autokompresionih prekidača SF_6 s dvostrukim sapnicama za otpuhivanje luka, za nazivne napone 123 — 765 kV. Sapnice za gašenje luka postavljene su simetrično jedna nasuprot drugoj na čvrstom razmaku. Kad je prekidač u zatvorenom stanju, sapnice su premoštene pomičnim kontakom. Za vrijeme isklapanja pokreće se kompresioni cilindar prema nepomičnom stapu i komprimira obuhvaćeni plin



Sl. 5. *Skica načina djelovanja lučne komore autokompresionih prekidača SF_6 s dvostrukim sapnicama (prekidači K3AS »R. Končar«)*

SF_6. Stlačeni plin struji kroz nepomične sapnice, pomičući pri tome korijene uspostavljenog luka sve dublje u unutrašnjost sapnica. Proporcionalno s povećanjem duljine luka povećava se i pad napona u luku. Do gašenja luka struja kratkog spoja dolazi 15 ms nakon pojave luka, s time da se strujanje komprimiranog plina nastavlja sve dok kompresioni cilindar ne napusti sapnicu. Ovaj sistem dvostrukih sapnica za aksijalno-radijalno otpuhivanje luka zastupljen je kod pneumatskih prekidača visokog napona. Veliki pad napona u luku kod pneumatskih prekidača bitan je razlog zbog čega se za generatorske prekidače upotrebljavaju pneumatski prekidači.

Kod prekidanja asimetričnih struja kratkog spoja, koje u svom prirodnom toku ne prolaze kroz nulu, u trenutku kada struja postiže minimalnu vrijednost (nekoliko stotina ampera) u prekidačima s dvostrukim sapnicama dolazi do brzog napona luka, a time i do porasta otpora luka. Znači, u krugu u kojem je do trenutka pojave luka tekla struja kratkog spoja uglavnom određena parametrima generatora i transformatora, nakon razdvajanja kontakata prekidača uključuje se novi serijski otpor čija veličina u određenom trenutku može postići veću vrijednost od omskih otpora generatora i transformatora. Djelovanjem otpora luka i vremenska konstanta istosmjerne komponente struje kratkog spoja postaje vremenska funkcija, pri čemu se za kratki spoj iza blok-transformatora dobiva izraz

$$T_a(t) = \frac{1}{\omega} \frac{X_d + X_t}{R_{SG} + R_T + r_a(t)} \qquad (10)$$

U tom izrazu su X_T i R_T impedancija i otpor transformatora, X_d — početna reaktancija generatora, R_{SG} — otpor statora generatora, a $r_a(t)$ — otpor luka.

Budući da povećanje otpora koje u strujnom krugu nastaje zbog otpora luka ne utječe na promjenu izmjenične komponente struje kratkog spoja, brzi pad istosmjerne komponente zbog visokog otpora luka dovodi i do brzog prolaza asimetrične struje kroz nulu, a time i do brzog prekidanja luka u promatranoj fazi.

Istraživanja i ispitivanja koja je vršila firma SIEMENS [7] pokazala su za određene konkretne slučajeve da s prekidačima SF_6 s dvostrukim sapnicama nije potrebno vremensko zatezanje isklopa asimetričnih struja sinhronih generatora snaga i do 1 500 MW. Međutim, unatoč tome, zaključak je svih istraživanja da se generalna sloboda primjene visokonaponskih prekidača bez zatezanja isklopa, za sve specifične slučajeve u kojima se mogu pojaviti asimetrčne struje kratkog spoja koje u svom početnom toku ne prolaze kroz nulu, ne može dati.

7. Zaključak

S razvojem elektroenergetskog sistema rastu i zahtjevi koji se postavljaju na opremu. Razlozi su za to između ostalog, i sve veće jedinice generatora i transformatora koje unose specifičnosti o kojima prije nije trebalo voditi brigu. Razvoj sklopne opreme mora ići ukorak sa zahtjevima. Studij specifičnih prilika koji se pojavljuju pri sklopnim operacijama prekidača i rastavljača visokog napona, kao i studij gorenja i gašenja luka pri prekidanju nužne su aktivnosti za postizanje tog cilja.

Literatura:

[1] I. Naumovski: O nekim specifičnostima prekidanja struja kratkog spoja u blizini velikih sinhronih generatora. JK CIGRE 1981. Referat 13.01

[2] M. Canay, H. Klein: Asymmetrische Kurzschlussströme von Generatoren unter Berücksichtigung des Lichtbogens beim Abschalten. Brown Bov. Mitt. 5—74

[3] H. Schramm: Abschalten generatornaher Kurzschlüsse beim Ausbleiben von Strommulldurchgängen. ETZ-A, Heft 2 — 1977

[4] B. Frančić: Struje kratkog spoja samouzbudnih sinhronih generatora. JNK CIGRE 1975, Referat 11. 01.

[5] I. Naumovski: Sklopni prenaponi u električnim sistemima s raspodjeljenim parametrima. JNK CIGRE 1972. Referat 13. 03.

[6] D. Nelles: Einfluss des Schalterlichtbogens auf die Nulldurchgänge von Kurzschlussströmen. Elektrwirtsch, Jg. 73 (1974), Heft 22.

[7] R. Brinkhoff, B. Kulicke, H. Schramm: Ausschalten nicht-simultaner Kurzschlüsse mit ausbleibenden Stromnulldurchgängen durch SF_6 — Blaskolbenschalter. Elektrizwirtsch., Jg. 77 (1978), Heft 11.

BREAKING OF SHORT CIRCUITS CURRENTS BY THE HIGH VOLTAGE BREAKERS IN VICINITY OF THE GENERATOR

In the article are given some specific items for the choice of high voltage breakers in vicinity of synchronous generators. Included are: definition rated transient-recovery voltage, definition of ratedline-charging breaking, percentage of DC component of short circuit breaking current and strain in breaker during breaking of the short circuit that for the few initial cycles doesn't cross zero.

KURZSCHLUSSUNTERBRECHUNGEN DURCH HÖCHSPANNUNGSSCHALTER IN UNMITTELBARER NÄHE DES GENERATORS

Untersucht werden Gesichtspunkte bezüglich der Wichtigkeit von Hochtspannungsschaltern in der Nähe von Synchrongeneratoren. Entwickelt werden: Definitionen der Nenn- »Übergangsrückspannung, der Nenn- Einschaltleistung, potentieller Anteil der Gleichstromkomponente im Kurzschluss-Strom und die Beanspruchung sämtlicher Schalter durch den Abschalstrom des Kurzschlusses, der zu Beginn innerhalb einiger Perioden nicht durch Null geht.

ОТКЛЮЧЕНИЕ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ ВБЛИЗИ ГЕНЕРАТОРОВ

Рассматривается специфика выбора высоковольтных выключателей устамавливаемых поблизости от синхронных генераторов. Статья содержит: определение переходного восвратного напряжения; определение номинальной мощности включения; прлцент составляющей постоянного тока в токе к.з.; нагрузки на выключатель при отключениях токов к.з., не не проходящих через нолевое значение в течение нескольких начальных периодов.

Naslov pisca:

Ivan Naumovski, dipl. inž.
Elektrotehnički institut
»Rade Končar«

Energija God. 31 (1982) br. 1—2, 35—43

EKVIVALENTNE SHEME NULTOG SISTEMA TRONAMOTNOG AUTOTRANSFORMATORA

Dr Marija Ožegović, Split

UDK 621.316.2
Originalni znanstveni rad

Tronamotni autotransformator često se pojavljuje u mrežama vrlo visokog napona, pa se u nekim analizama mreže postavljaju problemi proračuna u vezi s tretmanom zvjezdišta. Autor daje točan model ekvivalentne sheme u slučaju kada je zvjezdište izolirano, i to uvođenjem idealnog transformatora u nulti sistem komponenata.

Ključne riječi: autotransformator, nulti sistem, zvjezdište.

UVOD

Ekvivalentna shema direktnog sistema tronamotnog autotransformatora jednaka je ekvivalentnoj shemi običnog tronamotnog transformatora, a proizlazi iz odgovarajućih pokusa kratkog spoja.

Ekvivalentna shema nultog sistema tronamotnog autotransformatora, kada je zvjezdište uzemljeno preko impedancije $\bar{Z}_N$, također se može odrediti iz tri pokusa kratkog spoja. Rezultat su relacije u kojima su nulte impedancije izražene direktnim impedancijama i impedancijom $\bar{Z}_N$.

$Z_N = 0$ odgovara slučaju kada je zvjezdište transformatora neposredno uzemljeno. Transformacija odgovarajućih izraza tada je sasvim korektna.

$\bar{Z}_N = \infty$ odgovara slučaju izoliranog zvjezdišta. Postavljanje limesa kada $\bar{Z}_N \to \infty$ ne daje uvijek pouzdane rezultate jer ovisi o odabranoj ekvivalentnoj shemi i momentu prijelaza na granicu.

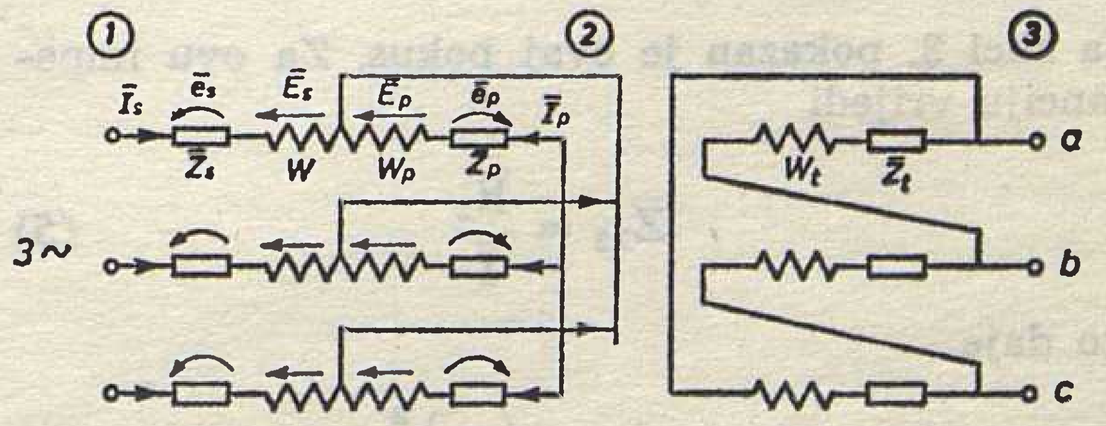
Potražen je model koji na osnovi pokusa kratkog spoja daje potpuno korektne rezultate. Pokusima kratkog spoja tronamotnog autotransformatora s uzemljenim zvjezdištem dodajemo još pokus kratkog spoja kada je na primar narinut jednofazni napon, kratko su spojene sekundarne stezaljke, a tercijar je zatvoren. Rezultat je ekvivalentna shema u kojoj je sekundarni (paralelni) namotaj mrtav. Transformacija u nultom sistemu komponenata razlikuje se od transformacije u direktnom odnosno inverznom sistemu komponenata. Nultom sistemu komponenata odgovaraju druge bazne vrijednosti od onih za direktni i inverzni sistem.

Ovisno o vrsti kratkog spoja sastavljaju se ekvivalentne sheme povezanih sistema komponenata. U slučaju tronamotnog autotransformatora s izoliranim zvjezdištem mogu se također povezati sistemi komponenata ako se u nulti sistem komponenata uključi idealni transformator. Idealni transformator pojavljuje se u reduciranoj mreži i u toj mreži izaziva struje izjednačenja, koje u stvarnoj mreži izaziva ponašanje transformatora u odnosu na nulti sistem komponenata.

1. EKVIVALENTNA SHEMA DIREKTNOG SISTEMA

Postavlja se zadatak određivanja ekvivalentne sheme nultog sistema tronamotnog autotransformatora po mogućnosti iz parametara koji su poznati pri određivanju ekvivalentne sheme direktnog sistema. Zato polazimo od tri pokusa kratkog spoja za određivanje impedancija direktnog sistema komponenata.

Određivanje $\bar{Z}_{12}$



Sl. 1. *Pokus kratkog spoja za određivanje* $\bar{Z}_{12}$

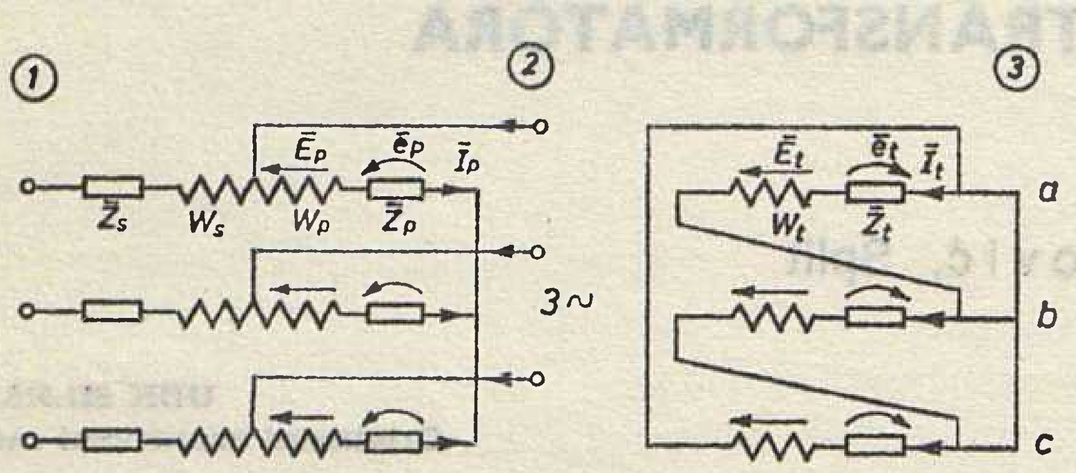
Na slici 1. pokazan je ovaj pokus. Za ovu impedanciju vrijedi

$$\bar{Z}_{12} = \frac{\bar{E}_1}{\bar{I}} \qquad (1)$$

što daje

$$\overline{Z}_{12} = \overline{Z}_s + \overline{Z}_p (N-1)^2 \qquad (2)$$

Određivanje $\overline{Z}_{13}$



Sl. 2. *Pokus kratkog spoja za određivanje* $\overline{Z}_{13}$

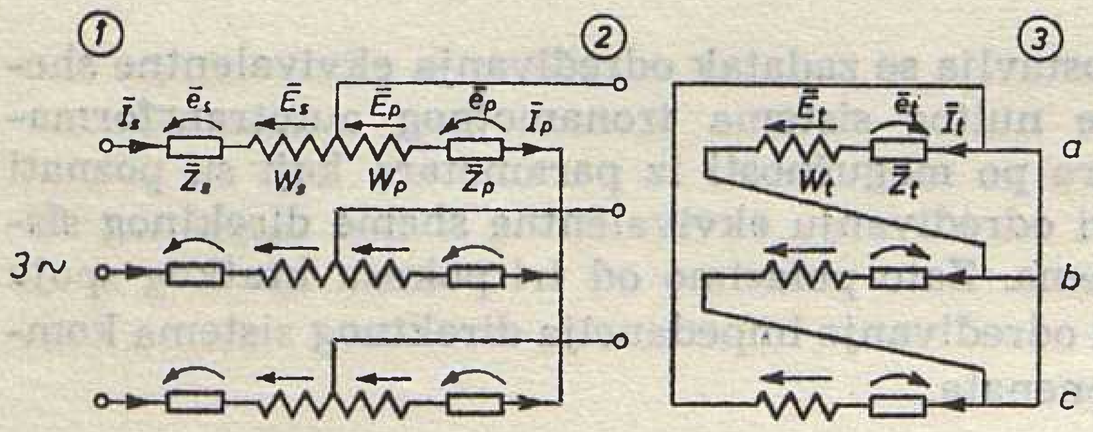
Na slici 2. pokazan je ovaj pokus. Za ovu impedanciju vrijedi

$$\overline{Z}_{13} = \frac{\overline{E}_1}{\overline{I}} \qquad (3)$$

Iz slike slijedi

$$\overline{Z}_{13} = \overline{Z}_s + \overline{Z}_p + N^2 \left(\frac{w_p}{w_t}\right)^2 \overline{Z}_t \qquad (4)$$

Određivanje $\overline{Z}_{23}$



Sl. 3. *Pokus kratkog spoja za određivanje* $\overline{Z}_{23}$

Na slici 3. pokazan je ovaj pokus. Za ovu impedanciju vrijedi

$$\overline{Z}_{23} = \frac{\overline{E}_2}{\overline{I}} \qquad (5)$$

što daje

$$\overline{Z}_{23} = \overline{Z}_p + \left(\frac{w_p}{w_t}\right)^2 \overline{Z}_s \qquad (6)$$

Impedancija $\overline{Z}_{23}$ je računata na sekundarnoj strani. Ovu impedanciju preračunamo na primarnu stranu množenjem sa N^2

$$\overline{Z}'_{23} = N^2 \left[\overline{Z}_p + \left(\frac{w_p}{w_t}\right)^2 \overline{Z}_t\right] \qquad (7)$$

Po poznatim formulama računamo impedancije krakova zvijezde

$$\overline{Z}'_1 = \overline{Z}_s - (N-1)\overline{Z}_p + \left(\frac{w_p}{w_t}\right)^2 \frac{N^2-1}{2} \overline{Z}_t \qquad (8a)$$

$$\overline{Z}_2 = N(N-1)\overline{Z}_p \qquad (8b)$$

$$\overline{Z}'_3 = N\overline{Z}_p + N^2 \left(\frac{w_p}{w_t}\right)^2 \overline{Z}_t \qquad (8c)$$

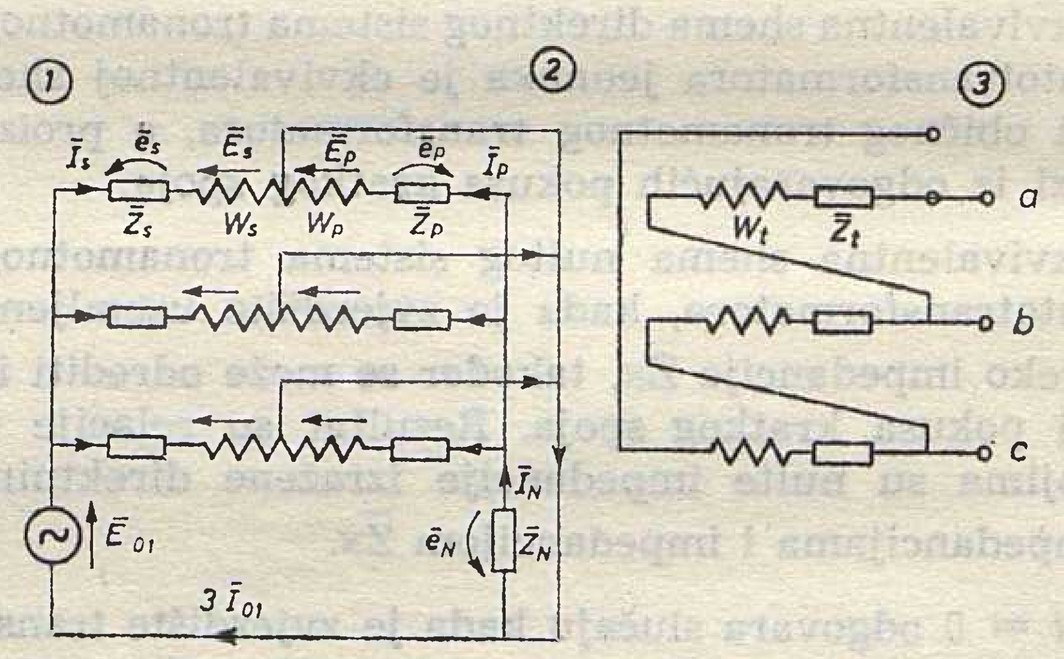
i također analogno kada se impedancije preračunaju na sekundarnu ili na tercijarnu stranu.

2. EKVIVALENTNE SHEME NULTOG SISTEMA

2.1. Zvjezdište uzemljeno preko impedancije

Polazimo također od tri pokusa kratkog spoja za određivanje impedancija nultog sistema komponenata.

Određivanje $\overline{Z}_{012}$



Sl. 4. *Pokus kratkog spoja za određivanje* $\overline{Z}_{012}$

Na slici 4. pokazan je ovaj pokus. Za ovu impedanciju vrijedi

$$\overline{Z}_{012} = \frac{\overline{E}_{01}}{\overline{I}_{01}} \qquad (9)$$

što daje

$$\overline{Z}_{012} = \overline{Z}_s + (\overline{Z}_p + 3\overline{Z}_N)(N-1) \qquad (10a)$$

ili

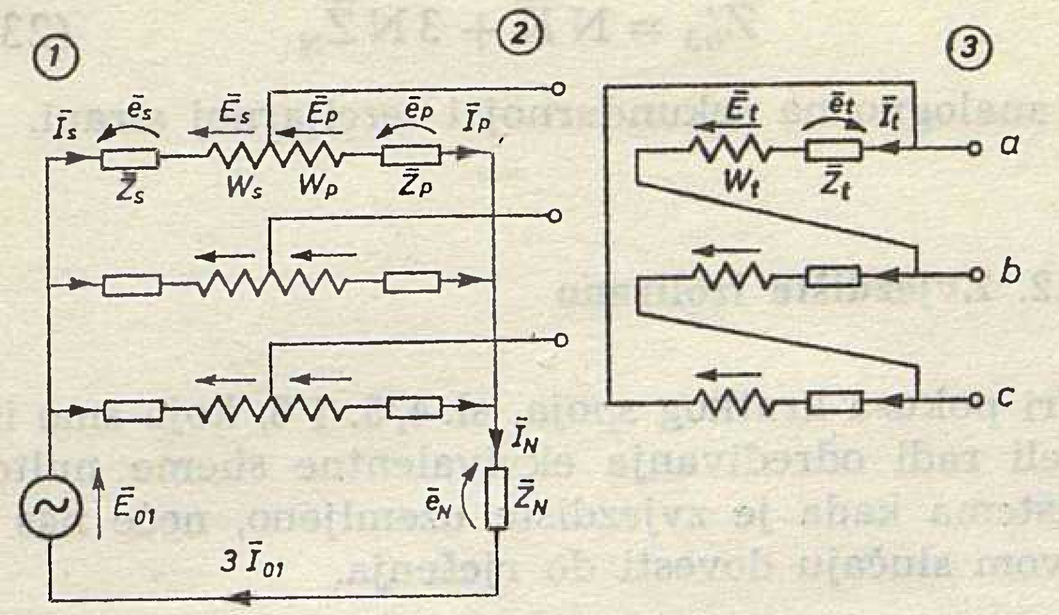
$$\overline{Z}_{012} = \overline{Z}_{12} + 3\overline{Z}_N (N-1)^2 \qquad (10b)$$

Određivanje $\overline{Z}_{013}$

Na slici 5. pokazan je ovaj pokus. Za ovu impedanciju vrijedi

$$\overline{Z}_{013} = \frac{\overline{E}_{01}}{\overline{I}_{01}} \qquad (11)$$

što daje



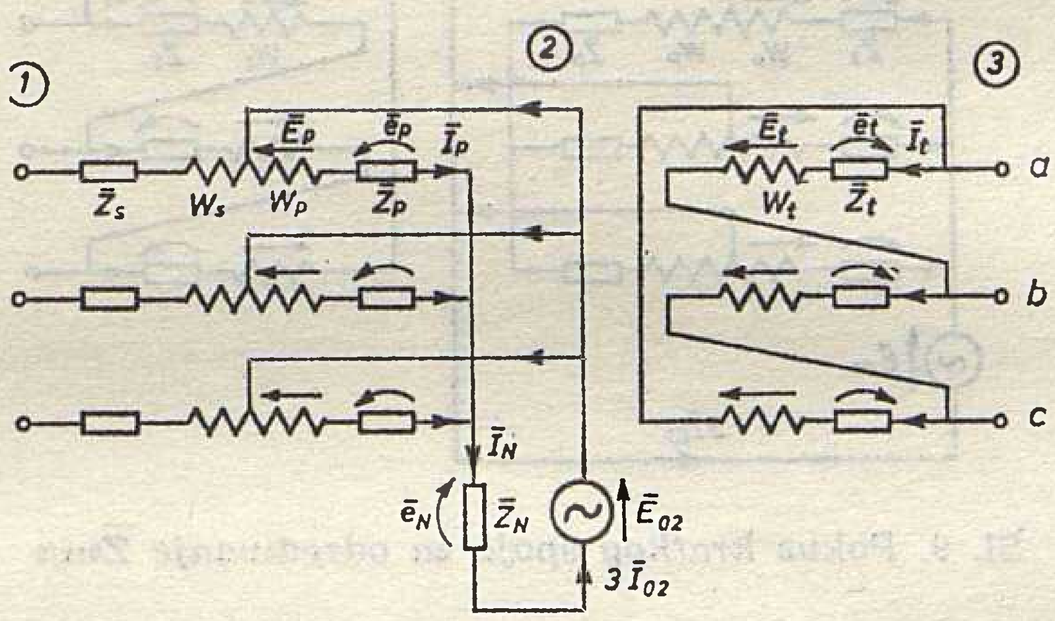
Sl. 5. *Pokus kratkog spoja za određivanje* $\bar{Z}_{013}$

$$\bar{Z}_{012} = \bar{Z}_s + N^2 \left(\frac{W_p}{W_t}\right)^2 \bar{Z}_t + \bar{Z}_p + 3\bar{Z}_N \quad (12a)$$

ili

$$\bar{Z}_{013} = \bar{Z}_{13} + 3\bar{Z}_N \quad (12b)$$

Određivanje $\bar{Z}_{023}$



Sl. 6. *Pokus kratkog spoja za određivanje* $\bar{Z}_{023}$

Na slici 6. pokazan je ovaj pokus. Za ovu impedanciju vrijedi

$$\bar{Z}_{023} = \frac{\bar{E}_{02}}{\bar{I}_{02}} \quad (13)$$

što daje

$$\bar{Z}_{023} = \bar{Z}_p + \bar{Z}_t \left(\frac{W_p}{W_t}\right)^2 + 3\bar{Z}_N \quad (14a)$$

ili

$$\bar{Z}_{023} = \bar{Z}_{13} + 3\bar{Z}_N \quad (14b)$$

$$\bar{Z}'_{023} = \bar{Z}'_{23} + N^2\, 3\bar{Z}_N \quad (14c)$$

Sada možemo računati impedancije zvijezde
Na primarnoj strani

$$\bar{Z}'_{01} = \bar{Z}'_1 - 3(N-1)\bar{Z}_N \quad (15a)$$

$$\bar{Z}'_{02} = \bar{Z}_2 + 3N(N-1)\bar{Z}_N \quad (15b)$$

$$\bar{Z}'_{03} = \bar{Z}'_3 + 3N\bar{Z}_N \quad (15c)$$

I analogno na sekundarnoj i tercijarnoj strani.

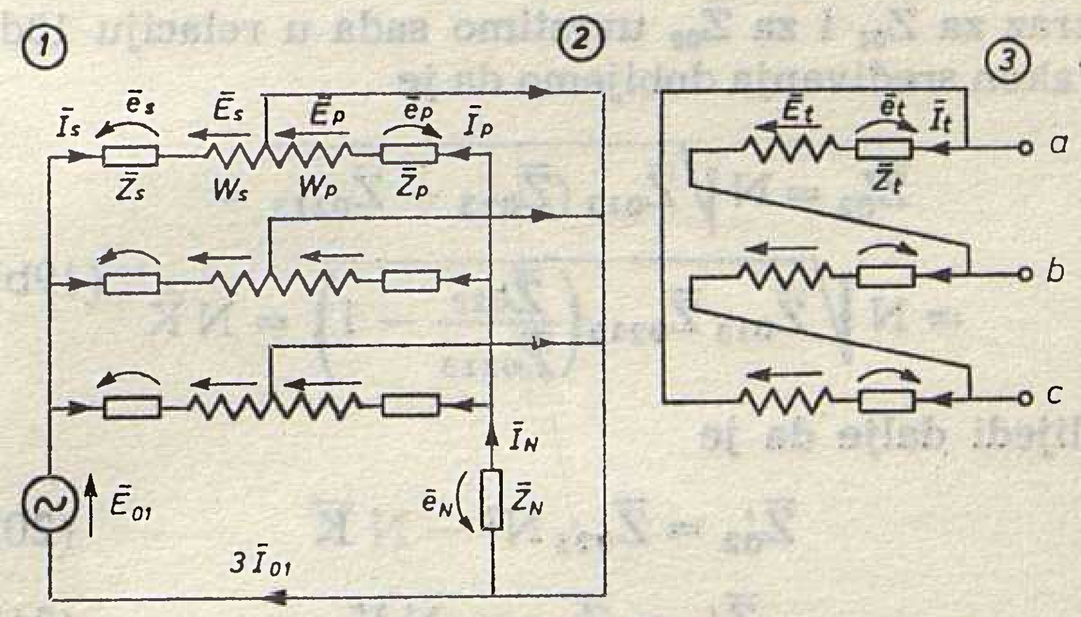
Za neposredno uzemljeno zvjezdište autotransformatora $\bar{Z}_N = 0$, pa su u ovom slučaju impedancije nultog sistema jednake impedancijama direktnog sistema. Ekvivalentne sheme razlikuju se u topologiji.

2.1.1. *Određivanje nultih impedancija kada je tercijar nepristupačan*

Izvodimo četiri pokusa kratkog spoja u kojima je tercijar zatvoren. To su pokusi za određivanje impedancija kratkog spoja Z_{013}, Z_{023}, Z_{0123}, i Z_{0213}. U prethodnom tekstu izvedeni su pokusi za određivanje $\bar{Z}_{013}$ i $\bar{Z}_{023}$. Izvodimo dalje pokuse za određivanje $\bar{Z}_{0123}$ i $\bar{Z}_{0213}$.

Poznavanje impedancija $\bar{Z}_{012}$, $\bar{Z}_{023}$, $\bar{Z}_{0123}$ i $\bar{Z}_{013}$ omogućuje nam izračunavanje impedancija trokrake zvijezde s kojom želimo nadomjestiti transformator. Za ovo su nam potrebne tri od navedene četiri impedancija. Međutim, korisno je poznavati odnose ovih impedancija, kako bi se proračun mogao izvesti s raspoloživim podacima.

Određivanje impedancije $\bar{Z}_{0123}$

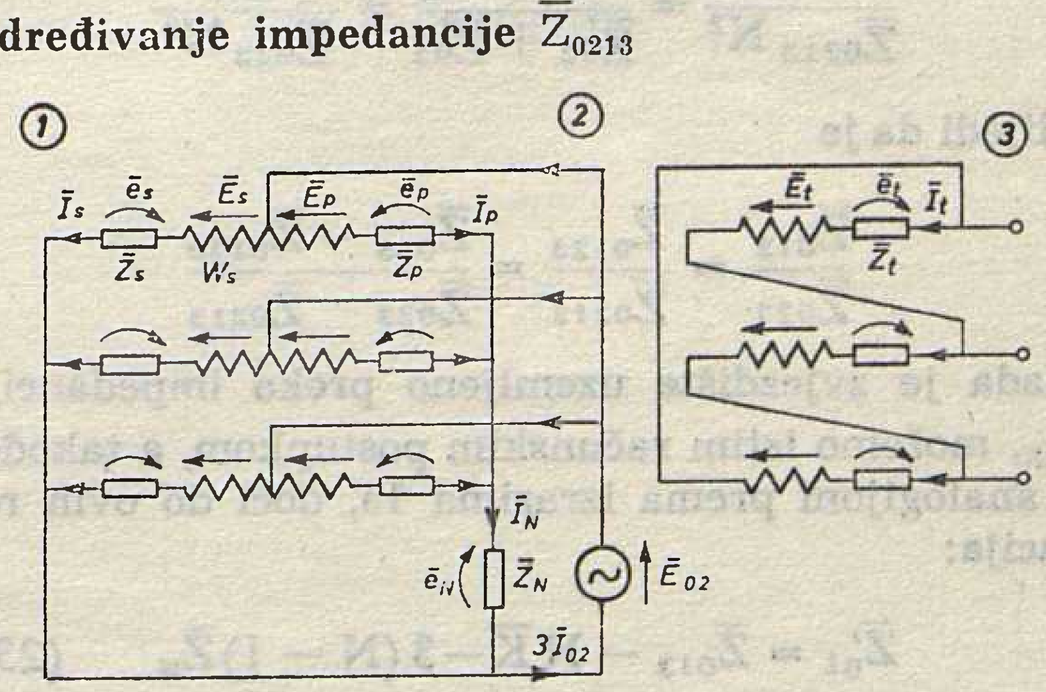


Sl. 7. *Pokus kratkog spoja za određivanje* $\bar{Z}_{0123}$

Na slici 7 pokazan je ovaj pokus. Za ovu impedanciju vrijedi

$$\bar{Z}_{0123} = \frac{\bar{E}_{01}}{\bar{I}_{01}} \quad (16)$$

Određivanje impedancije $\bar{Z}_{0213}$



Sl. 8. *Pokus kratkog spoja za odredivanje* $\bar{Z}_{0213}$

Na slici 8. pokazan je ovaj pokus. Za ovu impedanciju vrijedi

$$\overline{Z}_{0213} = \frac{\overline{E}_{02}}{\overline{I}_{02}} \tag{17}$$

Za neposredno uzemljeno zvjezdište možemo postaviti jednadžbe:

$$\overline{Z}'_{01} + \overline{Z}'_{03} = \overline{Z}_{023} \tag{18a}$$

$$\overline{Z}'_{02} + \overline{Z}'_{03} = \overline{Z}_{023} N^2 \tag{18b}$$

$$\overline{Z}'_{01} + \frac{\overline{Z}'_{02}\,\overline{Z}'_{03}}{\overline{Z}'_{01} + \overline{Z}'_{03}} = \overline{Z}_{0213} N^2 \tag{18c}$$

$$\overline{Z}'_{02} + \frac{\overline{Z}'_{01}\,\overline{Z}'_{03}}{\overline{Z}'_{01} + \overline{Z}'_{02}} = \overline{Z}_{0213} N^2 \tag{18d}$$

Izrazimo $\overline{Z}_{01}$ iz relacije 18a i $\overline{Z}_{02}$ iz relacije 18b i uvrstimo u relaciju 18c. Nakon sređivanja dobijemo da je

$$\overline{Z}'_{03} = N\sqrt{\overline{Z}_{023}(\overline{Z}_{013} - \overline{Z}_{0123}} =$$

$$= N\sqrt{\overline{Z}_{023}\,\overline{Z}_{0123}\left(\frac{\overline{Z}_{013}}{\overline{Z}_{0123}} - 1\right)} = N\overline{K} \tag{19a}$$

Izraz za $\overline{Z}_{01}$ i za $\overline{Z}_{02}$ uvrstimo sada u relaciju 18d. Nakon sređivanja dobijemo da je

$$\overline{Z}'_{03} = N\sqrt{\overline{Z}_{013}(\overline{Z}_{023} - \overline{Z}_{0213}} =$$

$$= N\sqrt{\overline{Z}_{013}\,\overline{Z}_{0213}\left(\frac{\overline{Z}_{023}}{\overline{Z}_{0213}} - 1\right)} = N\overline{K} \tag{19b}$$

Slijedi dalje da je

$$\overline{Z}'_{02} = \overline{Z}_{023} N^2 - N\overline{K} \tag{20}$$

$$\overline{Z}'_{01} = \overline{Z}_{013} - N\overline{K} \tag{21}$$

Izjednačimo izraze 19a i 19b za $\overline{Z}_{03}$.

$$\overline{Z}_{023}(\overline{Z}_{013} - \overline{Z}_{0123}) = \overline{Z}_{013}(\overline{Z}_{023} - \overline{Z}_{0213})$$

Što daje odgovarajuće omjere.

Podijelimo relaciju 18c sa relacijom 18d i sredimo

$$\frac{\overline{Z}_{0123}}{\overline{Z}_{0213} N^2} = \frac{\overline{Z}'_{01} + \overline{Z}'_{03}}{\overline{Z}'_{02} + \overline{Z}'_{03}} = \frac{\overline{Z}_{013}}{\overline{Z}_{023} N^2}$$

Slijedi da je

$$\frac{\overline{Z}_{013}}{\overline{Z}_{023}} = \frac{\overline{Z}_{0123}}{\overline{Z}_{0213}} = \frac{\overline{Z}_{013} - \overline{Z}_{0123}}{\overline{Z}_{023} - \overline{Z}_{0213}}$$

Kada je zvjezdište uzemljeno preko impedancije $\overline{Z}_N$, možemo istim računskim postupkom, a također i analogijom prema izrazima 15, doći do ovih relacija:

$$\overline{Z}'_{01} = \overline{Z}_{013} - N\overline{K} - 3(N-1)\overline{Z}_N \tag{23a}$$

$$\overline{Z}'_{02} = \overline{Z}_{023} N^2 - N\overline{K} + 3N(N-1)\overline{Z}_N \tag{23b}$$

$$\overline{Z}'_{03} = N\overline{K} + 3N\overline{Z}_N \tag{23c}$$

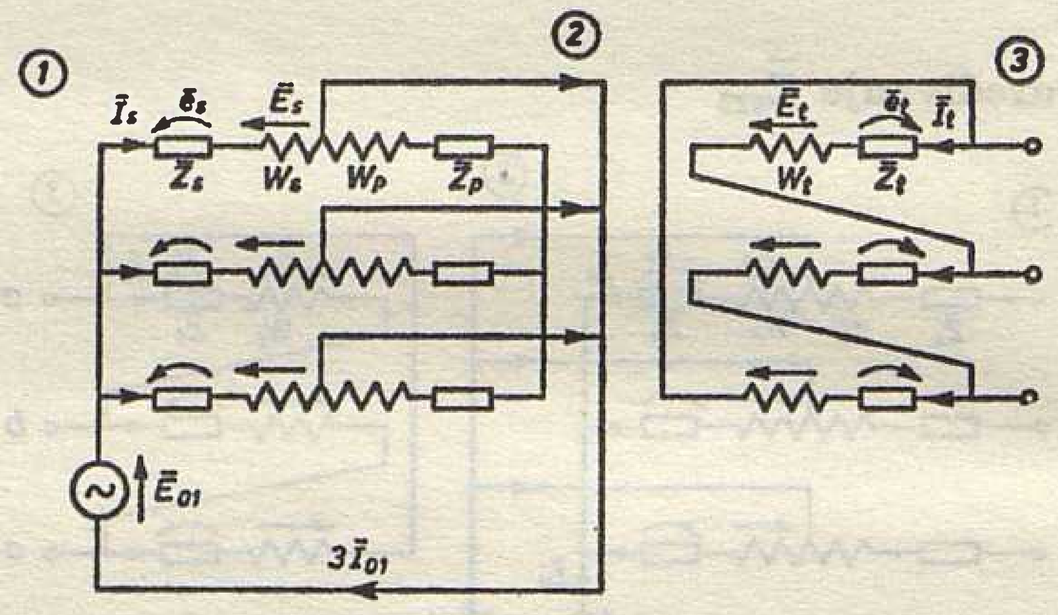
i analogno na sekundarnoj i tercijarnoj strani.

2.2. Zvjezdište izolirano

Tri pokusa kratkog spoja, sl. 4, 5. i 6, koja smo izveli radi određivanja ekvivalentne sheme nultog sistema kada je zvjezdište uzemljeno, neće nas u ovom slučaju dovesti do rješenja.

Određivanje impedancije $\overline{Z}_{012/3}$

Impedanciju $\overline{Z}_{012/3}$ dobijemo kada na primar narinemo jednofazni napon, sekundar kratko spojimo i uzemljimo, a tercijarni namotaj ne otvaramo. Ovaj pokus pokazan je na slici 9. Za ovu impedanciju vrijedi



Sl. 9. *Pokus kratkog spoja za određivanje* $\overline{Z}_{012/3}$

$$\overline{Z}_{012/3} = \frac{\overline{E}_{01}}{\overline{I}_{02}} \tag{24}$$

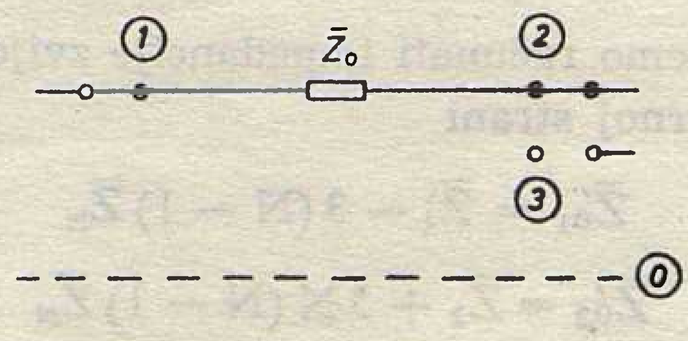
što daje

$$\overline{Z}_{012/3} = \overline{Z}_s + \overline{Z}_t\left(\frac{W_s}{W_t}\right)^2 \tag{25}$$

Impedancija $\overline{Z}_{102/3}$ upravo je tražena impedancija nultog sistema tronamotnog autotransformatora s izoliranim zvjezdištem, pa možemo pisati

$$\overline{Z}'_0 = \overline{Z}_{012/3} \tag{26}$$

Na slici 10 nacrtana je ekvivalentna shema nultog sistema tronamotnog autotransformatora s izo-



Sl. 10. *Ekvivalentna shema nultog sistema tronamotnog autotransformatora s izoliranim zvjezdištem*

liranim zvjezdištem. Lako je uočiti da ova shema zadovoljava uvjete tokova struja sa slike 9.

Slijedeći je naš zadatak da odredimo rasipne impedancije $\overline{Z}_s$ i $\overline{Z}_t$ u relaciji 25.

Pokusi kratkog spoja sa slika 1, 2, i 3, dali su nam impedancije direktnog sistema $\overline{Z}_{12}$, $\overline{Z}_{13}$ i $\overline{Z}_{23}$ odnosno $\overline{Z}_{23}$ u ovisnosti o rasipnim impedancijama $\overline{Z}_s$, $\overline{Z}_p$ i $\overline{Z}_t$, pa ćemo relacije 2, 4 i 6, odnosno 7, koristiti da izračunamo obrnuto, tj. rasipne impedancije $\overline{Z}_s$, $\overline{Z}_p$ i $\overline{Z}_t$ u ovisnosti od $\overline{Z}_{12}$, $\overline{Z}_{13}$ i $\overline{Z}_{23}$, odnosno $\overline{Z}_{23}$. Sada je jasno zašto nam je bilo važno da detaljno obradimo impedancije direktnog sistema komponenata tronamotnog autotransformatora. Relacije 2. 4 i 6, odnosno 7 predstavljaju sistem od 3 jednadžbe sa 3 nepoznanice. Rješenje ovih jednadžbi daje

$$\overline{Z}_t = \frac{\overline{Z}_{13} - \overline{Z}_{12} + N(N-2)\overline{Z}_{23}}{2N(N-1)} \left(\frac{w_t}{w_p}\right) \quad (27)$$

$$\overline{Z}_p = \frac{\overline{Z}_{12} - \overline{Z}_{13} + N^2\overline{Z}_{23}}{2N(N-1)} \quad (28)$$

$$\overline{Z}_s = \frac{\overline{Z}_{12}(N+1) + \overline{Z}_{13}(N-1) - N^2(N-1)\overline{Z}_{23}}{2N} \quad (29)$$

Sada možemo izračunati Z_0 prema relaciji 26. Nakon sređivanja dobijemo

$$\overline{Z}'_0 = \frac{\overline{Z}_{12}}{N} + \frac{N-1}{N}\overline{Z}_{13} - (N-1)\overline{Z}_{23} \quad (30a)$$

odnosno

$$\overline{Z}'_0 = \frac{\overline{Z}_{12}}{N} + \frac{N-1}{N}\overline{Z}_{13} - \frac{N-1}{N^2}\overline{Z}'_{23} \quad (30b)$$

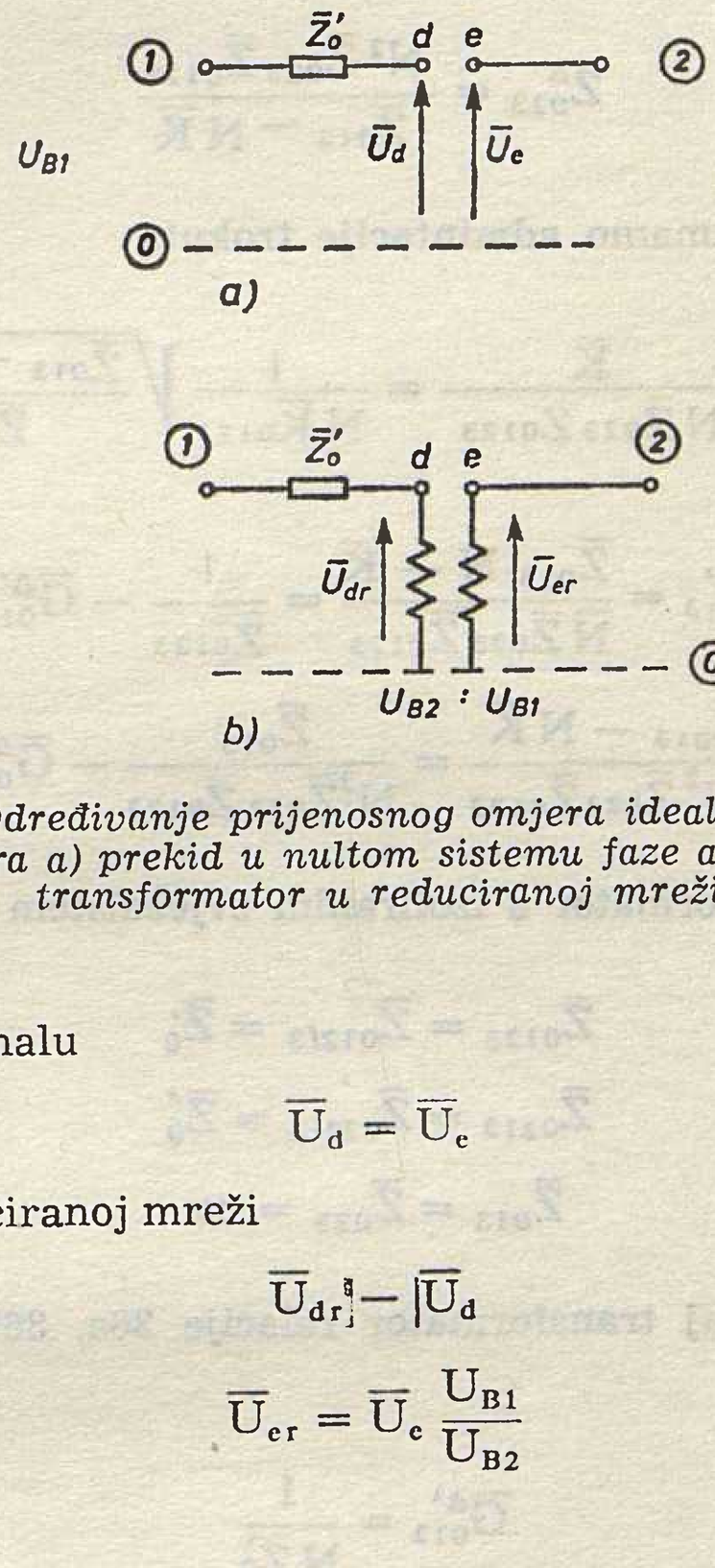
U jediničnim vrijednostima

$$\overline{Z}'_0 = \frac{1}{N}\frac{\overline{Z}_{12}}{Z_{1B}} + \frac{N-1}{N}\frac{\overline{Z}_{13}}{Z_{1B}} - \frac{N-1}{N^2}\frac{\overline{Z}_{23}}{Z_{2B}} \quad (31)$$

U relacijama za $\overline{Z}_0$ i $\overline{Z}_0$ naglašeno je da se radi o impedanciji koja je računata na primarnoj strani, jer je pokus kratkog spoja za proračun $\overline{Z}_{012/3}$ izveden tako da se računa omjer napona i struja na primarnoj strani.

Na slici 10. moramo uočiti jednakost struja u nultom sistemu primarne i sekundarne strane tronamotnog autotransformatora s izoliranim zvjezdištem. Ta jednakost struja odnosi se na original, jer smo na originalu izvodili pokus za proračun $\overline{Z}_{012/3}$. Zato se u reduciranoj mreži, tj. u metodi otpora i metodi jediničnih vrijednosti, i to samo nultog sistema, mora pojaviti idealni transformator. Tronamotni autotransformator s izoliranim zvjezdištem nije isti transformator za direktni (inverzni) sistem i za nulti sistem.

Transformator povezuje mreže raznih naponskih nivoa, odnosno mreže raznih baznih vrijednosti. Zato u originalu, ali samo za nulti sistem moramo napraviti rez i odvojiti razne naponske nivoe. Pri tome nije svejedno gdje ćemo načiniti rez, ako već imamo proračunatu nultu impedanciju. Ako je impedancija proračunata na primarnoj strani, ona mora ostati na primarnoj strani i analogno, ako je nulta impedancija izračunata na sekundarnoj strni, ona mora ostati na sekundarnoj strani. Na slici 11a pokazano je kako treba otvoriti mrežu nultog sistema za impedanciju izračunatu na primarnoj strani. Slijedi proračun prijenosnog odnosa idealnog transformatora sa slike 11b.



Sl. 11. *Određivanje prijenosnog omjera idealnog transformatora a) prekid u nultom sistemu faze a b) idealni transformator u reduciranoj mreži*

U originalu

$$\overline{U}_d = \overline{U}_e \quad (32)$$

U reduciranoj mreži

$$\overline{U}_{dr} = \overline{U}_d \quad (33a)$$

$$\overline{U}_{er} = \overline{U}_e \frac{U_{B1}}{U_{B2}} \quad (33b)$$

Slijedi

$$\frac{\overline{U}_{dr}}{\overline{U}_{er}} = \overline{U}_e \frac{U_{B2}}{U_{B1}} \quad (34)$$

Prijenosni omjer idealnog transformatora obrnuto je proporcionalan omjeru baznih napona mreža koje povezuje.

Po pretpostavci tronamotni autotransformator s tercijarom nalazi se u mreži koja se zaključuje. Stoga se u direktnom (inverznom) sistemu ne pojavljuje idealni transformator kada bazni naponi odgovaraju prijenosnom omjeru transformatora. Idealni transformator u nultom sistemu pojavljuje se zato što je nemoguće, kada je zvjezdište izolirano, da se u zajedničkom namotaju razviju amperzavoji nultog sistema. Zajednički namotaj transformatora je za nulti sistem mrtav, a zbog toga novi prijenosni omjer ne odgovara omjeru baznih napona.

Granične vrijednosti

Najbolje granične vrijednosti postižemo kada pođemo od relacija 19, 20 i 21 za transformator s neposredno uzemljenim zvjezdištem. Pretvorimo zvijezdu u trokut:

$$\bar{Z}^{\Delta'}_{013} = \frac{N\bar{Z}_{023}\bar{Z}_{0123}}{\bar{Z}_{023}N - \bar{K}} \tag{35a}$$

$$\bar{Z}^{\Delta'}_{012} = N\frac{\bar{Z}_{023}\bar{Z}_{0123}}{\bar{K}} \tag{35b}$$

$$\bar{Z}^{\Delta'}_{023} = \frac{N^2\bar{Z}_{023}\bar{Z}_{0123}}{\bar{Z}_{013} - N\bar{K}} \tag{35c}$$

Sada računamo admintacije trokuta

$$\bar{G}^{\Delta'}_{012} = \frac{\bar{K}}{N\bar{Z}_{023}Z_{0123}} = \frac{1}{N\bar{K}_{0123}}\sqrt{\frac{\bar{Z}_{013} - \bar{Z}_{0123}}{\bar{Z}_{023}}} \tag{36a}$$

$$\bar{G}^{\Delta'}_{013} = \frac{\bar{Z}_{023}N - \bar{K}}{\bar{N}\bar{Z}_{023}\bar{Z}_{0123}} = \frac{1}{\bar{Z}_{0123}} - \bar{G}^{\Delta'}_{012} \tag{36b}$$

$$\bar{G}^{\Delta'}_{023} = \frac{\bar{Z}_{013} - N\bar{K}}{N^2\bar{Z}_{023}\bar{Z}_{0123}} = \frac{\bar{Z}_{013}}{N^2\bar{Z}_{023}\bar{Z}_{0123}} - \bar{G}^{\Delta'}_{012} \tag{36c}$$

Za transformator s izoliranim zvjezdištem postaje

$$\bar{Z}_{0123} = \bar{Z}_{012/3} = \bar{Z}'_0 \tag{37}$$

$$\bar{Z}_{0213} = \bar{Z}_{021/3} = \bar{Z}''_0 \tag{38}$$

$$\bar{Z}_{013} = \bar{Z}_{023} = \infty \tag{39}$$

pa za ovaj transformator relacije 36a, 36b i 36c prelaze u

$$\bar{G}^{\Delta'}_{012} = \frac{1}{N\bar{Z}'_0} \tag{40a}$$

$$\bar{G}^{\Delta'}_{013} = \frac{1}{\bar{Z}'_0} - \frac{1}{N\bar{Z}'_0}\frac{N-1}{N}\frac{1}{\bar{Z}'_0} \tag{40b}$$

$$\bar{G}^{\Delta'}_{023} = \frac{1}{N^2\bar{Z}'_0} - \frac{1}{N\bar{Z}'_0} = -\frac{N-1}{N^2}\frac{1}{\bar{Z}'_0} \tag{40c}$$

Admintacije možemo preračunati u impedancije. Impedancije ekvavilentne sheme u trokutu nultog sistema tronamotnog autotransformatora kojemu je zvjezdište izolirano jesu:

$$\bar{Z}^{\Delta'}_{012} = N\bar{Z}'_0 \tag{41a}$$

$$\bar{Z}^{\Delta'}_{013} = -\frac{N}{N-1}\bar{Z}'_0 \tag{41b}$$

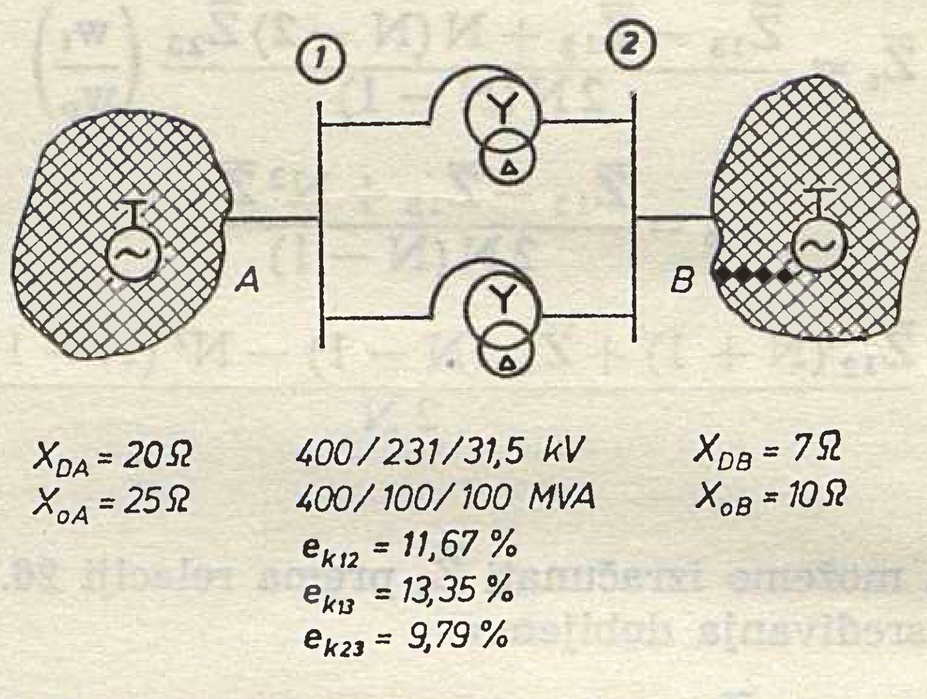
$$\bar{Z}^{\Delta'}_{023} = -\frac{N^2}{N-1}\bar{Z}'_0 \tag{41c}$$

i analogno preračunate na sekundarnu odnosno tercijarnu stranu.

Nije moguća daljnja pretvorba trokuta u zvijezdu jer je suma impedancija trokuta jednaka nuli.

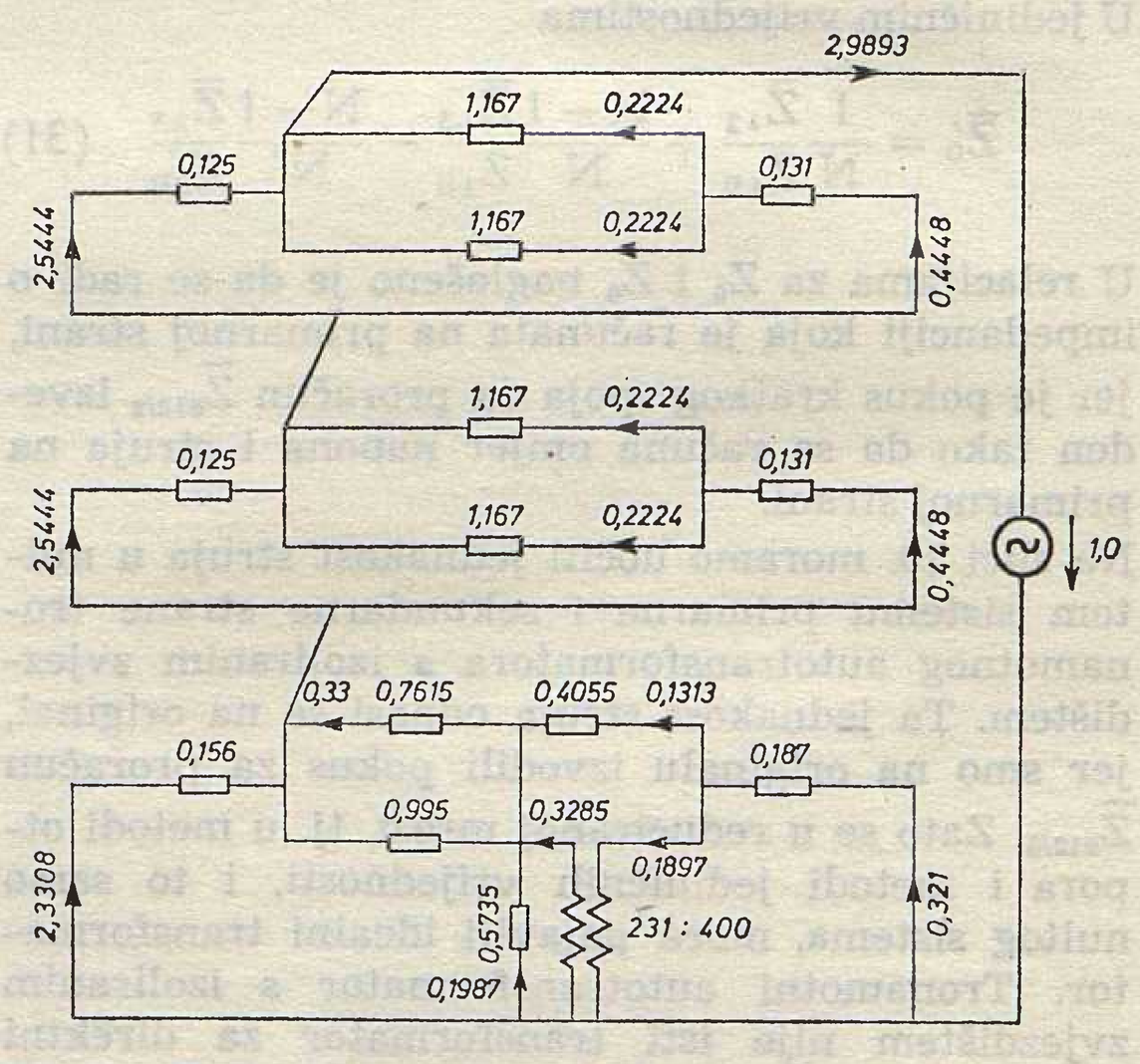
Primjer

Dvije mreže, jedna nazivnog napona 380 kV a druga nazivnog napona 220 kV, povezane su s dva jednaka autotransformatora s tercijarom. Mreže su podjednakih snaga, a predstavljene su parametrima ekvivalentnih generatora. Svi potrebni podaci mreža i transformatora nalaze se na slici 12.

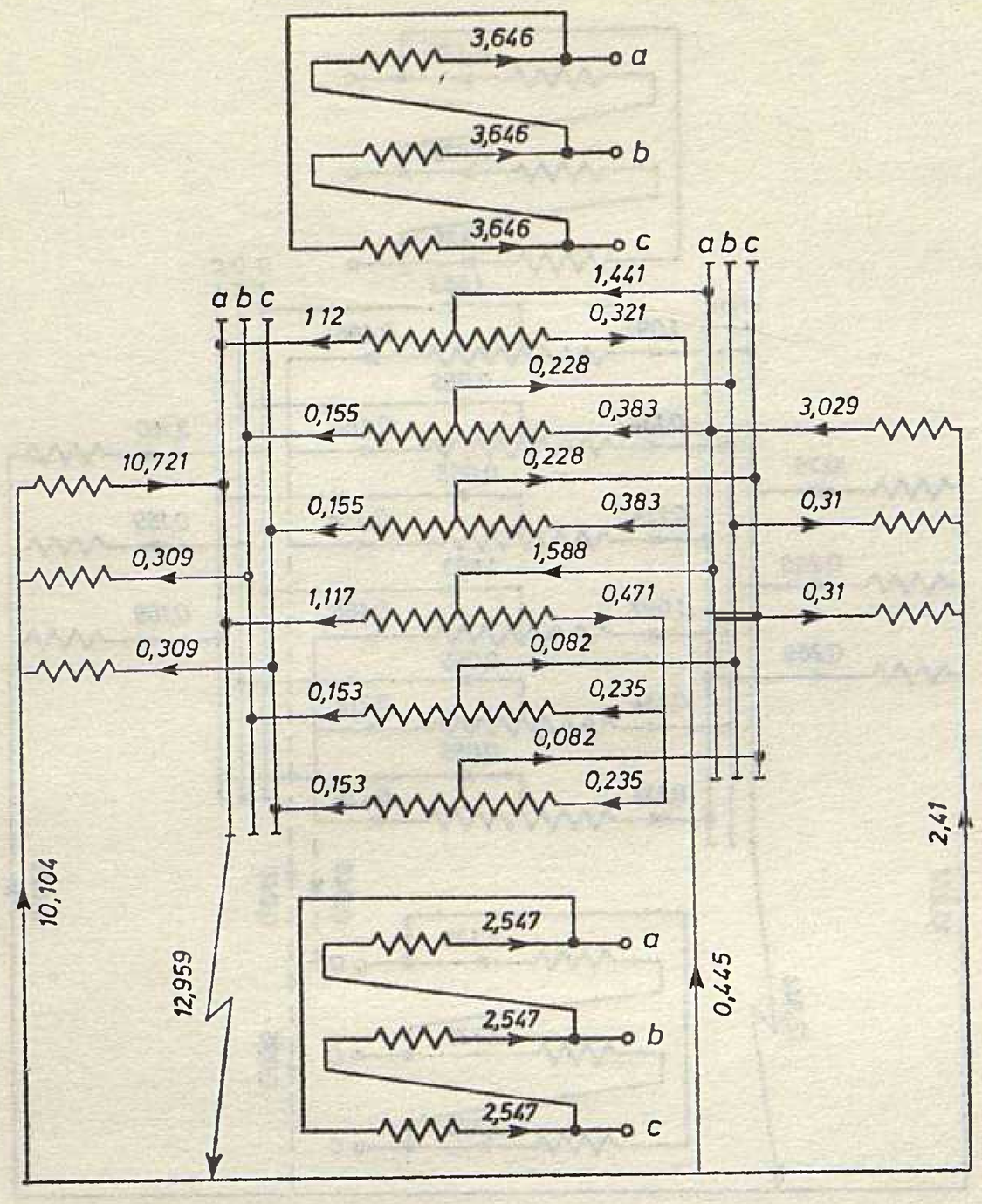


Sl. 12. *Dvije mreže povezane s dva tronamotna autotransformatora*

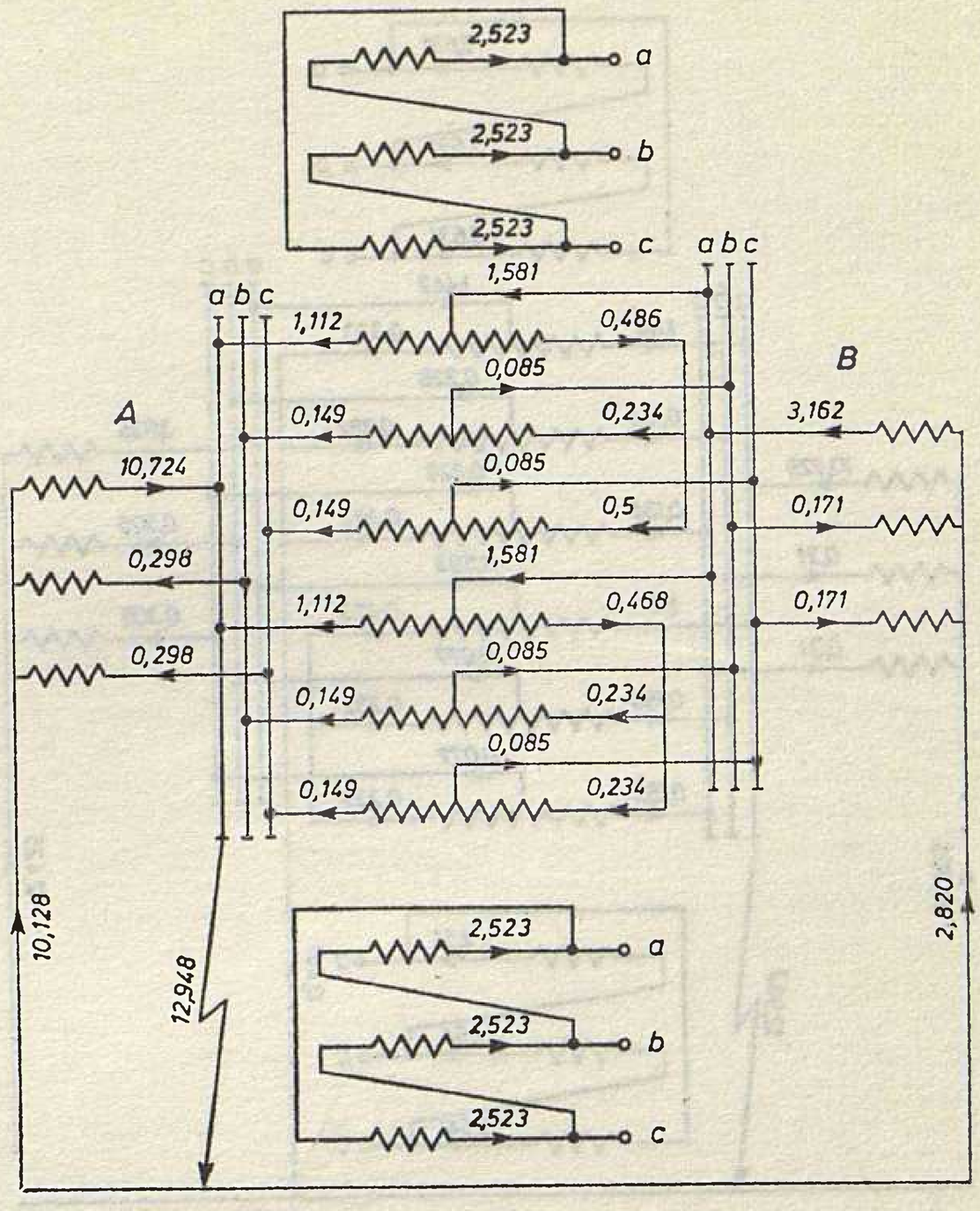
Primijenit ćemo obje metode na analizu jednopolnog kratkog spoja na sabirnicima A. Rezultati su uneseni na slikama.



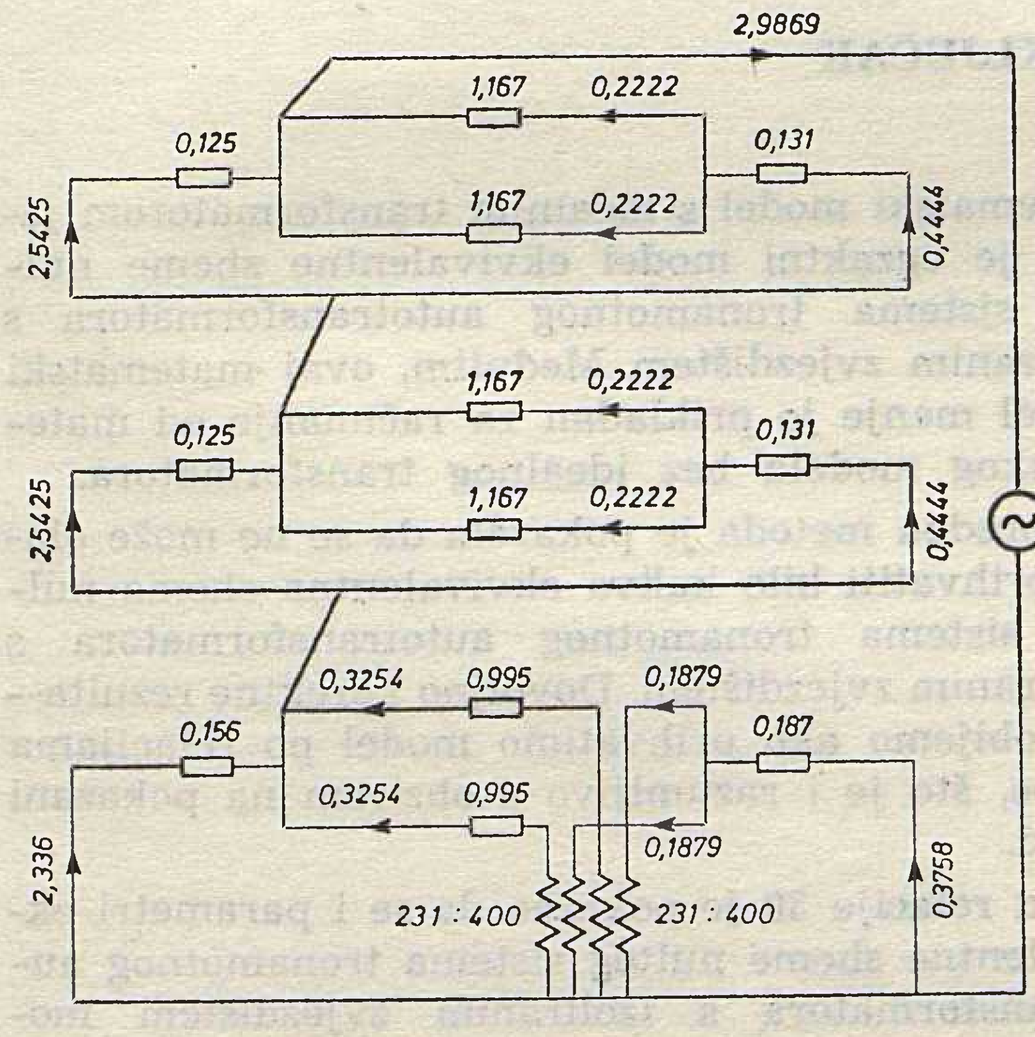
Sl. 13. *Ekvivalentna shema sistema komponenata za jednopolni kratki spoj u A. Zvjezdište jednog transformatora neposredno uzemljeno, a drugog izolirano. Reaktancije množiti s j, a struje sa (−j).*



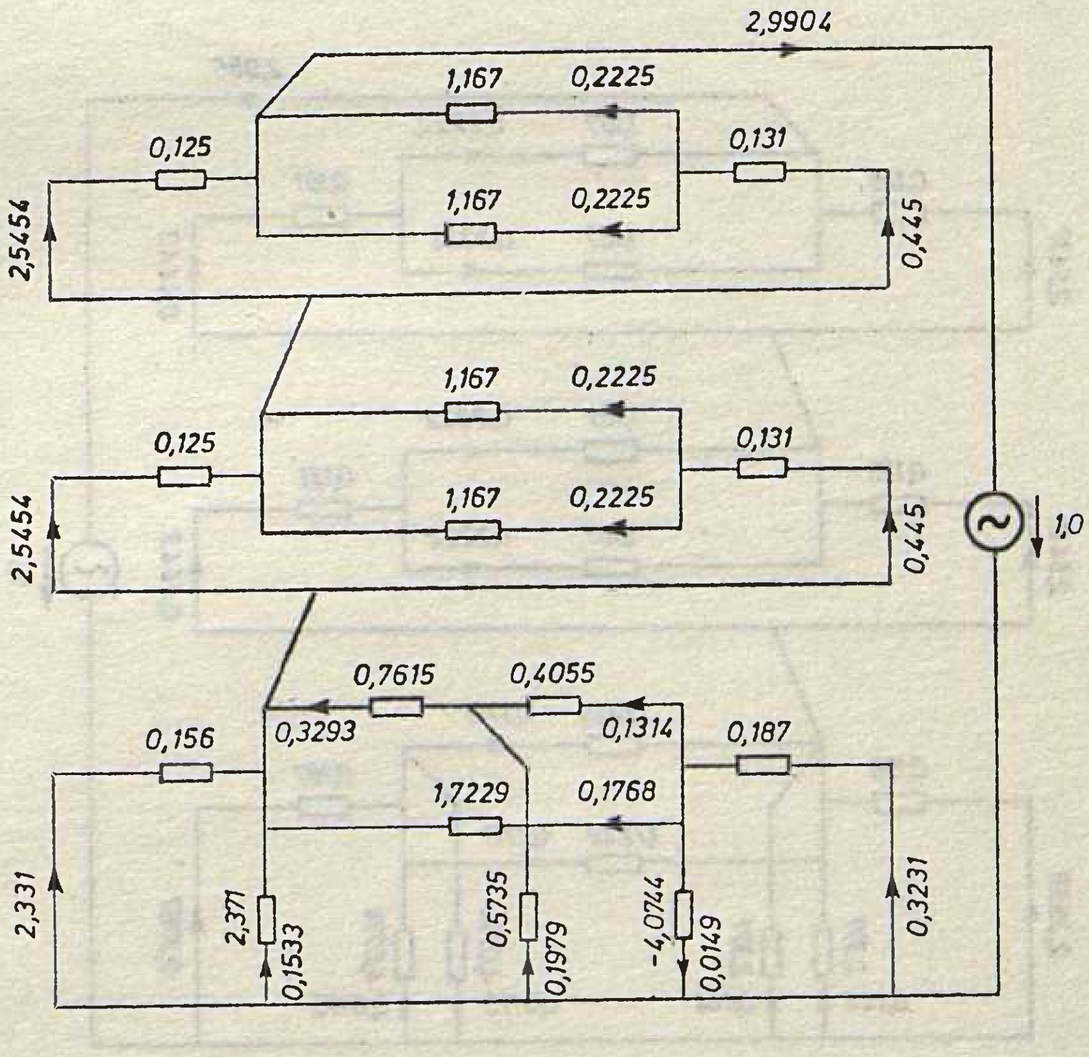
Sl. 14. *Trofazna shema pogonskog slučaja sa sl. 13. Struja u kA*



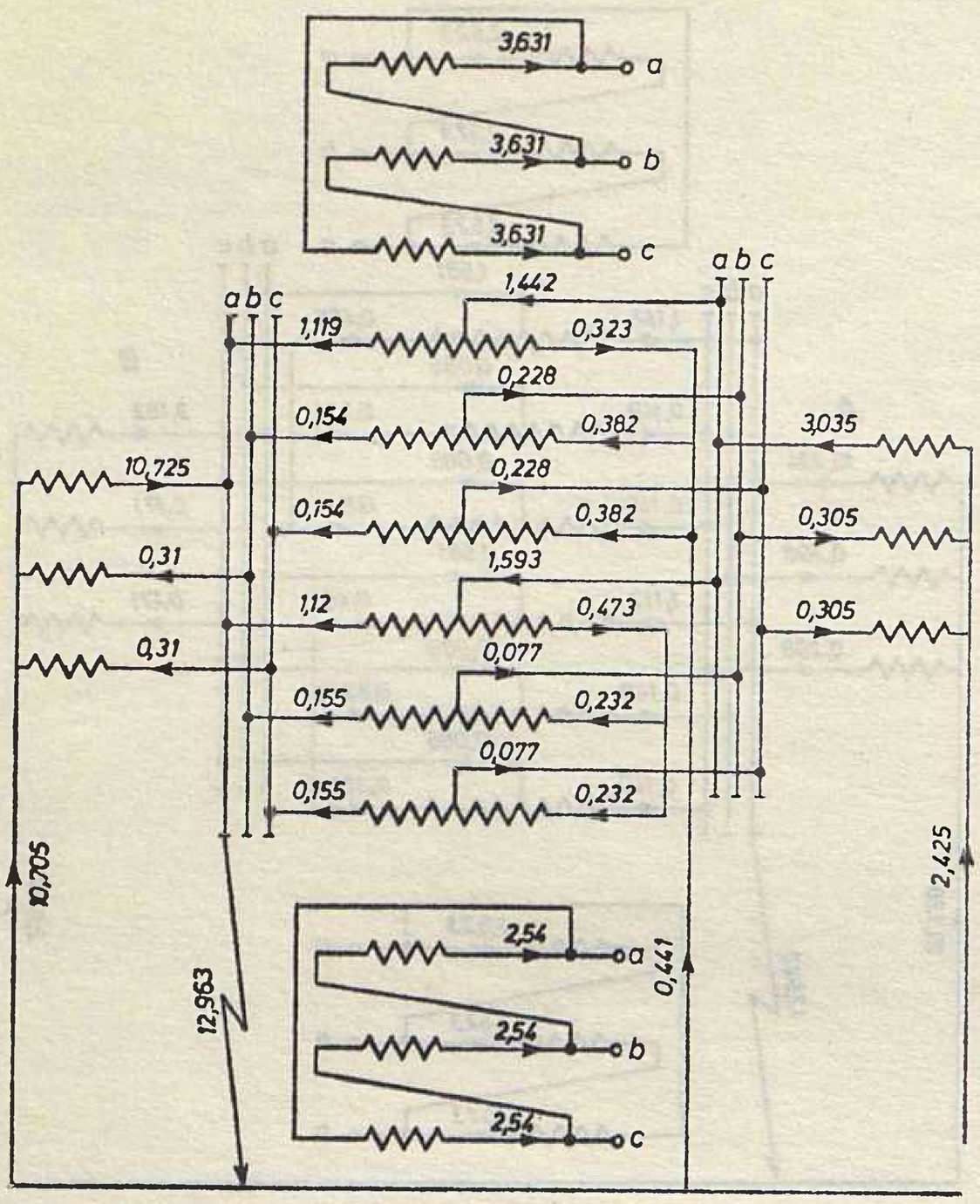
Sl. 16. *Trofazna shema pogonskog slučaja sa sl. 15. Struje u kA*



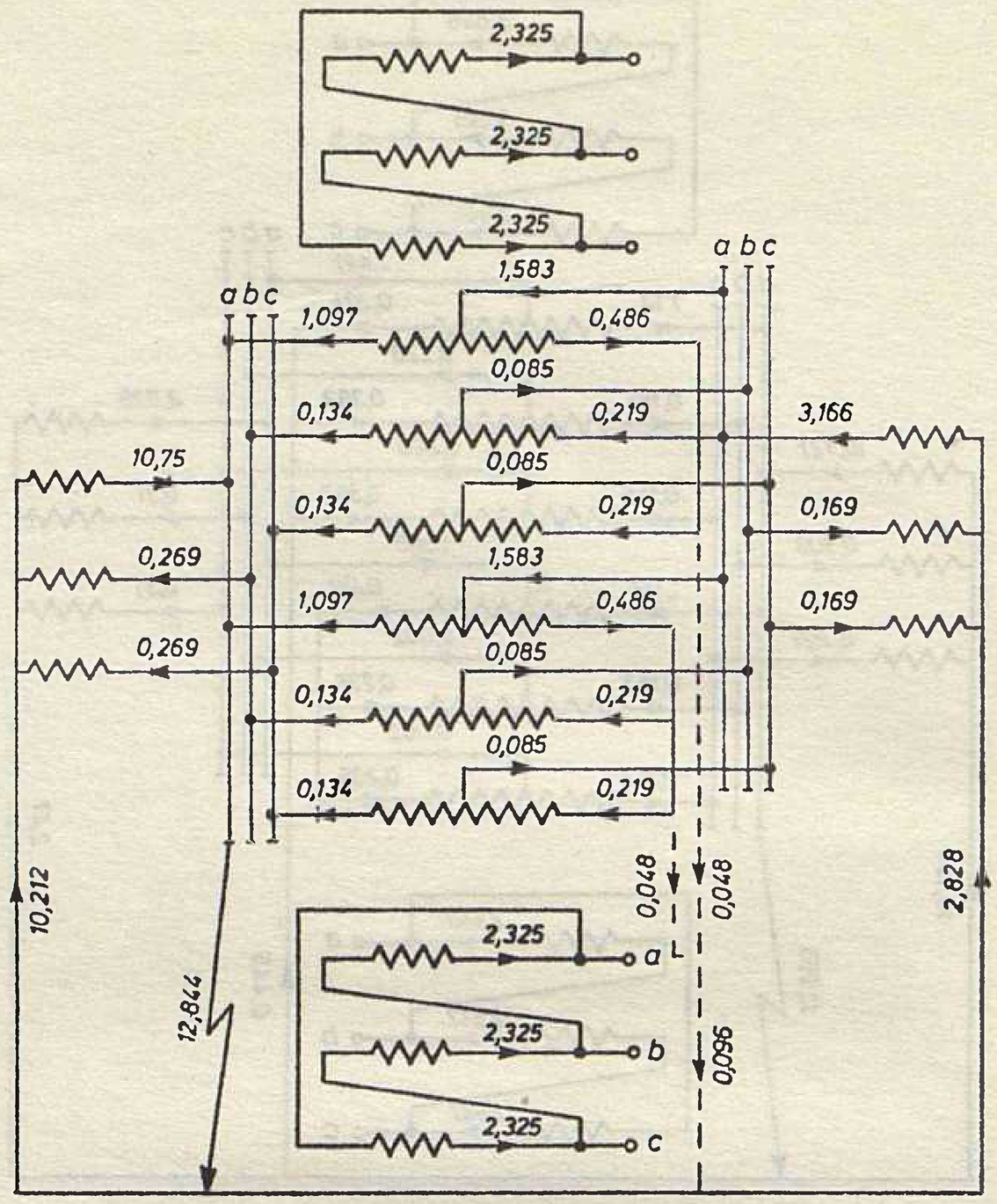
Sl. 15. *Ekvivalentna shema sistema komponenata za jednopolni kratki spoj u A. Zvjezdište oba transformatora izolirano. Reaktanciju množiti s j, a struje sa (−j).*



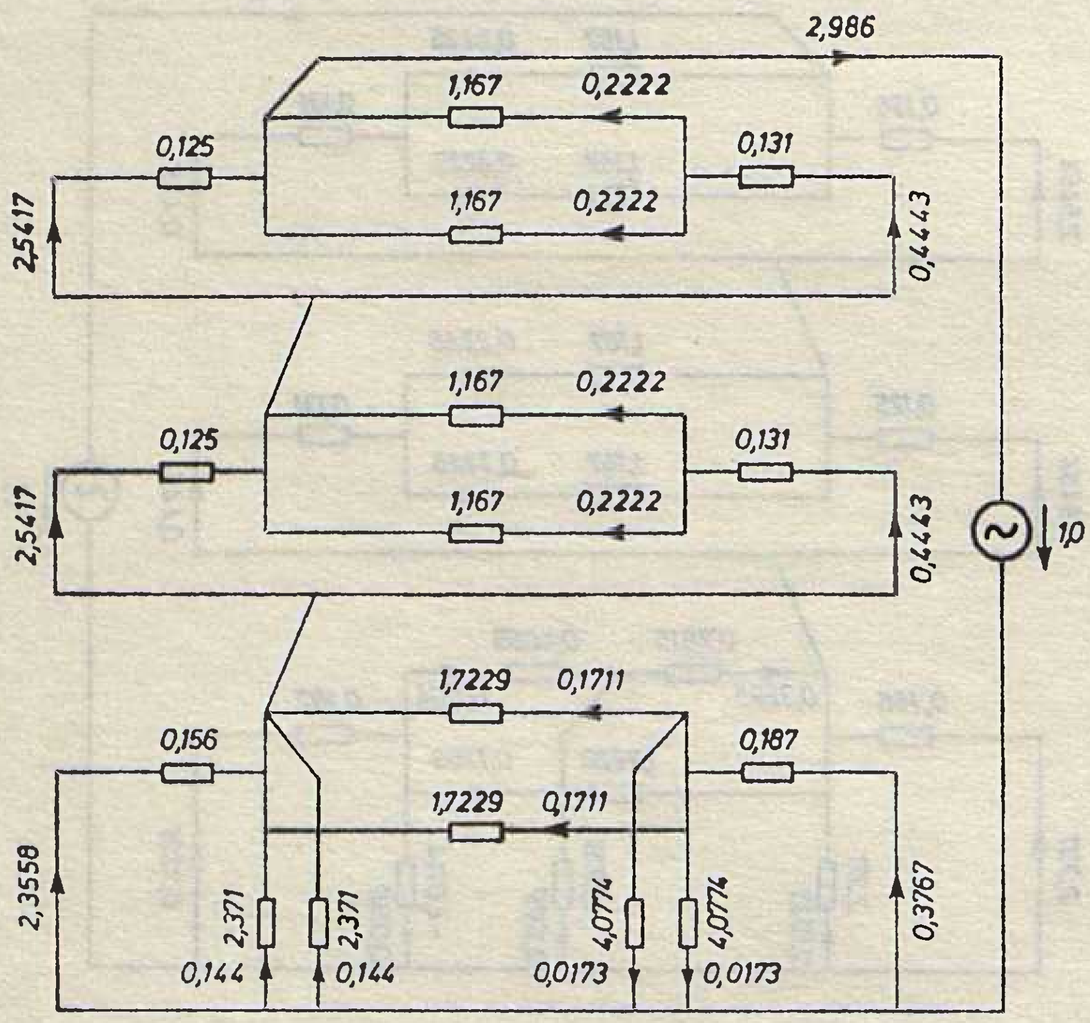
Sl. 17. *Jednopolni kratki spoj u A. Zvjezdište jednog transformatora uzemljeno, a drugog izolirano. Reaktancije množiti s j, a struje s (−j).*



Sl. 18. *Trofazna shema pogonskog slučaja sa sl. 17.*



Sl. 20. *Trofazna shema pogonskog slučaja sa sl. 19.*



Sl. 19. *Jednopolni kratki spoj u A. Zvjezdište oba transformatora izolirano. Reaktancije množiti s j, a struje s (—j).*

ZAKLJUČAK

Matematski model s idealnim transformatorom jedini je egzaktni model ekvivalentne sheme nultog sistema tronamotnog autotransformatora s izoliranim zvjezdištem Međutim, ovaj matematski model manje je prikladan za računanje od matematskog modela bez idealnog transformatora.

Usporedba metoda je pokazala da se ne može olako prihvatiti bilo kakva ekvivalentna shema nultog sistema tronamotnog autotransformatora s izoliranim zvjezdištem. Dovoljno korektne rezultate dobijemo ako prihvatimo model po relacijama 41abc, što je i razumljivo s obzirom na pokazani izvod.

Izvod relacije 30 je pokazao da se i parametri ekvivalentne sheme nultog sistema tronamotnog autotransformatora s izoliranim zvjezdištem mogu izračunati iz parametara ekvivalentne sheme direktnog odnosno inverznog sistema. Ovo je naročito pogodno kod izrade programa za analizu tretmana zvjezdišta u visokonaponskim mrežama.

Literatura:

[1] Hrvoje Požar: »Visokonaponska rasklopna postrojenja, Tehnička knjiga, Zagreb 1967.

[2] ... Prenos i distribucija električne energije, Građevinska knjiga, Beograd 1964. (tzv. »Priručnik Westinghouse«)

[3] Miroslav Jung: »Nulte nadomjesne konstante autotransformatora, Zagreb, Energija 1970. br. 5—6.

EQUIVALENT SCHEME OF THE ZERO SEQUENCE SYSTEM OF THREE WINDING AUTOTRANSFORMER

A three winding autotransformer is frequently used in high voltage nets, so in some net analyses problems with Y-connection have to be solved. The exact model of equivalent scheme for isolated Y-connection with applied ideal transformer ints the zero sequance system is given by author.

ERSATZSCHALTBILD EINES NULL-SYSTEMS FÜR EINEN DREIWICKLUNGS-AUTOTRANSFORMATOR

Dreiwicklungs-Autotransformatoren werden häufig in Höchstspannungsnetzen verwendet, wodurch bei manchen Netzuntersuchungen Berechnungsprobleme bei den Fragen der Sternpunktbehandlung auftreten. Die Verfasserin bringt ein genaues Modell eines Ersatzschemas für den Fall eines isolierten Sternpunktes und zwar durch die Begriffsanwendung eines idealen Transformators im System der Nullkomponenten.

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ СХЕМЫ НУЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ТРХОБМОТОЧНОГО АВТОТРАНСФОРМАТОРА

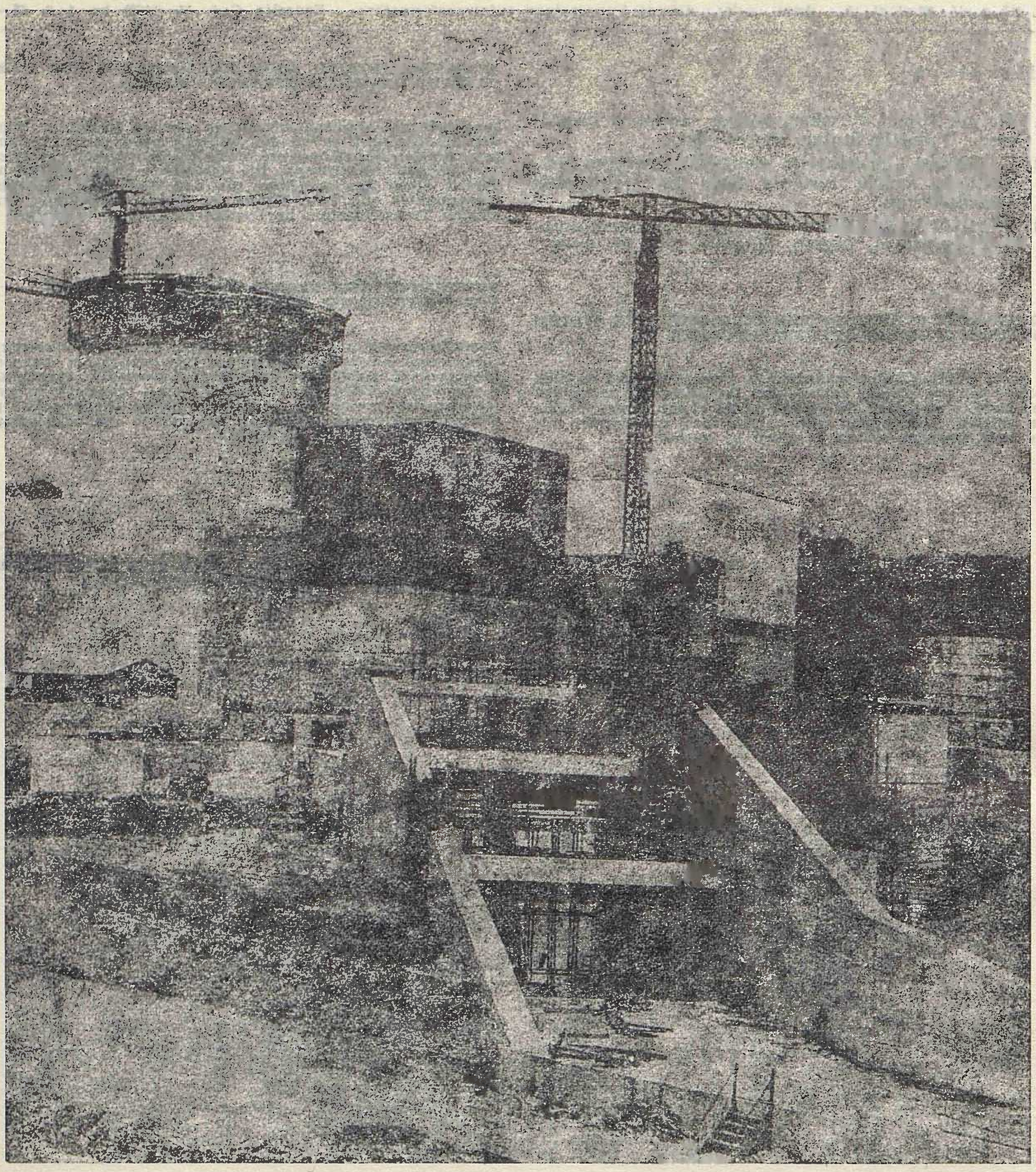
Трехобмоточные автотрансформаторы часто встречаются в сетях сверхвысокого напряжения. При некоторых анализах электросетей возникают проблемы в расчетах, связанные с трактовкой нейтральной точки. Автор приводит точную нейтральноӡ точки введением идеального трансформатора нейтральной точки введением идеального трансформатора в нолевой систем составляющих.

Naslov pisca:

Prof. dr Marija Ožegović,

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Split, 58000 Split, Ruđera Boškovića bb

hidroelektra
SLOŽENA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA
Zagreb, Daničev trg 10



hidroelektra

SLOŽENA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA

Zagreb, Dakićev trg 10

Energija God. 31 (1982) br. 1—2, 45—47

KINESKA VISOKONAPONSKA PRIJENOSNA MREŽA

Chen Defang, Beijing

UDK 621.316.1
Pregledni rad

U članku se prikazuje kineska visokonaponska mreža i daje njen kratki razvoj. Prikazana je i osnovna ugrađena elektrotehnička oprema.

Ključne riječi: primjena energije, visokonaponska mreža, Kina.

Kina ima danas 13 velikih visokonaponskih mreža s prijenosnom moći većom od 1 000 MW i velik broj manjih. Ukupna dužina visokonaponskih prijenosnih vodova prelazi 230 000 km.

Godišnje se putem te nacionalne mreže 110 kV, 220 kV i 330 kV prenosi gradovima i pokrajini preko 270 000 GWh.

Prije 1949. godine, kada je utemeljena Narodna Republika Kina, postojale su samo tri visokonaponske prijenosne mreže s ukupno 500 km dužine vodova, u području Xiaofen-gman - Anshan - Fushun na sjeveroistoku, Beijing - Tianjin - Tangshan na sjeveru i u dijelu obalnog područja istočne Kine. Gotovo se sva prijenosna i distributivna oprema uvozila. U to su vrijeme sve prijenosne mreže osim Xiaofengman — Anshan — Fushun 220 kV mreže, uključivši i male regionalne sisteme u Guangzhou (Kanton) i Kunmingu, bile u pogonu sa 35 kV.

Uz proširivanje te tri spomenute veće mreže, Kina je izgradila deset novih u područjima Shaanxi — Ganshu — Qinghai na sjeverozapadu, u provincijama Sichuan i Guizhou u jugozapadnoj Kini, provincijama središnje južne Kine, Hunan, Hubei i Henan, u provinciji Guangdong u južnoj Kini, Hubei i Shaanxi na sjeveru i provinciji Shandong u južnoj Kini. Neki se od tih sistema mogu po potrebi povezati.

Kineski proizvodni kapaciteti rasli su u 1978, i 1979. preko 4 000 MW godišnje. U međuvremenu je povećana visokonaponska prijenosna mreža. Samo u 1979, vršnoj godini poslije 1949, stavljeno je u pogon 6 350 km visokonaponskih prijenosnih vodova i 7 000 MVA instalirane snage transformatora.

Tri su 220 kV prijenosna voda stavljena u pogon 1979. god. u sjevernoj kineskoj provinciji Shanxi, uključujući 182 km dugačak vod koji povezuje Huoxijanske ugljenokope s gradom Yunchengom.

Druga dva 220 kV voda sagrađena su u provinciji Zhejiang u istočnoj Kini. Ostale su mreže puštene u pogon u provincijama Liaoning, Shaanxi, Anhui i Hubei, te autonomnoj pokrajini Xinjiang Uygur.

Početkom 1981. godine stavljen je u pogon drugi 330 kV prijenosni vod u provinciji Shaanxi, u sjeverozapadnoj Kini. Dugačak je 267 km i prenosi energiju iz termoelektrane Hancheng u sistem sjeverozapadne Kine. Njime je znatno poboljšana opskrba električnom energijom industrijske i poljoprivredne proizvodnje u provinciji.

Prvi kineski 330 kV vod, koji povezuje hidroelektranu Liujiaxia, oblast Tianshui provincije Gansu, i područje Guanzhong u susjednoj provinciji Shaanxi, stavljena je u pogon 1972. god. Taj vod koji se proteže 543 km drugom trasom visoravni Loess u sjeverozapadnoj Kini dosad je najduži kineski vod najvišeg napona i najveće prijenosne moći. S dvije priključene transformatorske stanice, njime se sa 400 — 500 MW opskrbljuje Tianshui, industrijski grad u razvoju u provinciji Shaanxi, i nizinski Qunchuan, njezino poljoprivredno područje.

Instalirana prijenosna i distributivna oprema, uključujući transformatore, sklopke, kabele, odvodnike prenapona i porculanske izolatore, izrađena je u zemlji. Godinama je zadovoljavajuće funkcionirala. Njene vrste, konstruktivne značajke i tehničke karakteristike dane su u priloženoj tablici.

Premda taj vod prolazi područjima na visini većoj od 2 000 m nadmorske visine, prelazi željezničke pruge, rijeke, energetske i telefonske vodove, on zadovoljavajuće funkcionira.

Zadovoljio je uvjete triju klimatskih zona: prve, ravničarske, s brzinom vjetra 25 m/s i 5 mm leda oko snopa vodiča; druge, planinske, s brzinom vjetra 30 m/s i 10 mm leda oko snopa; treće, vrlo hladnih područja, sa 25 mm leda oko snopa vodiča.

Prema planu Ministarstva industrije (energetike), Kina će u nekoliko idućih godina sagraditi četiri 500 kV voda, ukupne dužine 2 100 km, u okviru svog programa modernizacije.

Već su započeli radovi na dva takva voda. Prvi, dugačak 610 km, povezivat će ugljenokop Pingdingshan u provinciji Henan s lučkim gradom Wuhan na Jangtzeu, prenoseći energiju iz 1,2 GW elektra-

PREGLED KARAKTERISTIKA OSNOV NE OPREME KINESKE MREŽE 330 kV

Vrsta uređaja	Značajke izvedbe	Glavne tehničke karakteristike
autotransformator	trofazni/tronamotajni s prisilnim hlađenjem vodom: 360/360/72 MVA	nominalni omjer napona: 363/245 + 4,5% i − 5,5%/11 kV
pneumatski prekidač	pomični kontakti prekidača sastoje se od dva noža koji rade paralelno pri svakom prekidanju; tropolni/tri spremnika zraka	nazivni podaci: 330 kV, 1 500 A; prekidna snaga 15 000 MVA; prekidna struja 26,3 kA, pod naponskim uvjetima 1,06—1,15 U_{maks}; sklopne operacije neopterećenog dugog voda su bez povratnog paljenja
rastavljač	s glavnim rastavnim nožem	nazivni podaci: 330 kV, 1 500 A; najviši pogonski napon 363 kV
strujni transformator	malouljni	nazivni napon 380/√3 kV; najviši pogonski napon 420/√3 kV
kapacitivni naponski transformator	jedinstvena konstrukcija s dva djelitelja napona	nazivni napon primara 380/√3 kV; nazivni kapacitet 7 500 pf
izolacija aparata	izolacija treba zadovoljiti uvjete rasklopnih postrojenja na preko 1 700 m nadmorske visine	nazivni napon 330 kV; najviši pogonski napon 363 kV
prigušnica za visokofrekventnu telefoniju	jednofazna, zrakom hlađena	linijski napon 330 kV; nazivna struja 1 000 A
odvodnik prenapona s magnetskim ispuhivanjem luka	jednostupni, slobodno stojeće i samonosive konstrukcije	nazivni napon 330 kV; napon ispuhivanja luka 290 kV
paralelna prigušnica	trofazna s plinskim relejem, hlađena uljem	nazivna snaga 90 MVAr; najviši pogonski napon 363/√3 kV
serijski kondenzator	jednofazni, čvrsto hermetički zatvoren	nazivni napon 1 kV; nazivna napojna snaga 45 kV Ar; kapacitet 143 mf
ovjesni porculanski izolator	promjer 250 mm, ugradbena visina 155 mm; klizna staza 370 mm	kombinirana mehanička i električna čvrstoća 10 tona i 16 tona; ispitni napon 75 kV (suh) i 50 kV (vlažan)
ovjesni stakleni izolator	promjer 280 mm, ugradbena visina 170 i 150 mm; klizna staza 370 mm	ispitni napon pogonske frekvencije ne manje od 80 kV (suh) i 50 kV (vlažan)
vodiči »povećanog promjera«	promjer vodiča 50—60 mm; presjek 587 mm^2 aluminija i 49,5 mm^2 čelika	prekidna čvrstoća preko 10 tona; prijenosna moć 700—1 000 A
kabel	jednožilni olovni, papirom izoliran i ispunjen uljem	nazivni napon 330 kV
zaštitno uže	vanjski promjer 27,2—28 mm; presjek 300 mm^2	nazivni napon 330 kV, prekidna čvrstoća preko 11,5 tona

ne Yaomeng locirane uz rudnike. Ta će energija u Wuhanu biti upotrijebljena u valjaonicama čelika i drugim pogonima tog područja.

Jedna 300 MW jedinica već je u pogonu u elektrani Yaomeng, a druga iste snage treba ući u pogon krajem ove godine.

Na vodu koji prelazi najveću kinesku rijeku Yangtze i njen pritok Hanshui izgradit će se tri rasklopna postrojenja ukupno instalirane snage 3 000 MVA. Potrebni čelični stupovi, keramički izolatori, i kabeli izradit će se također, u zemlji. Ostala veća oprema kao transformatori, sklopke, odvodnici

prenapona, prigušnice, zaštitni uređaji i automatika uvest će se iz Francuske, Japana i Švedske.

Dosad je podignuta jedna desetina od 1 600 projektiranih stupova a 610 km voda trebalo je završiti do kraja 1981. godine.

Drugi 500 kV vod koji se podiže povezivat će termoelektranu Yanbaoshan u unutrašnjoj Mongoliji s industrijskim gradom Liaoyang nedaleko od središta čelične industrije Anshan.

Ostala dva 500 kV voda još su u fazi projektiranja. jedan će povezivati Datong u provinciji Shanxi, gdje se nalaze najveće naslage ugljena, s glavnim gradom Beijingom. Drugi će povezivati ugljenokope Husinana i Huaibeia u provinciji Anhui s najvećim kineskim industrijskim gradom Shanghaijem.

Kada 1985. budu završena četiri 500 kV prijenosna sistema, poboljšat će se opskrba Shanghaija i ugljenom siromašnih provincija Zhejiang i Hubei.

Kina danas proizvodi brojne vrste prijenosne i distributivne opreme za različite klimatske zone:

1) Za vlažna, topla područja jugoistočne Kine, gdje su naglašene korozivne posljedice klime, dodaje se sloj zaštite od korozije. Na najjužnijem otoku Hainanu, gdje jedna vrsta crnih insekata uništava izolacijski šelak na uređajima, koristi se za izolaciju epoksi-smola, uz druge mjere za sprečavanje šteta od te napasti.

2) Za upotrebu na visoravnima sjeverozapada, gdje brzina vjetra dostiže i do 40 m/s, a barometarski je tlak nizak, postrojenja se rade s pojačanom vanjskom izolacijom, pojačanom mehaničkom čvrstoćom i pojačanim brtvljenjem.

3) Za upotrebu u hladnim zonama sjeveroistočne Kine uređaji se rade za temperature do —40 °C.

4) Za upotrebu u seizmičkim zonama uređaji se rade s dobrim antiseizmičkim svojstvima s horizontalnim ubrzanjem 0,4—0,5 g i vertikalnim od 0,2 do 0,5 g. Oni mogu normalno raditi pri potresu od 8° Richterove skale.

Problem ranih 70-ih, kada je Kina počela graditi više termoelektrana bio je kako zaštititi električnu opremu protiv korozije i zagađenja. Danas je to riješeno korištenjem ojačanih porculanskih izolatora i poboljšanjem vanjske izolacije.

Danas Kina može masovno proizvoditi kompletnu opremu za 220 kV i 330 kV postrojenja. Učinjen je i prototip za 500 kV i uskoro će se ispitati na vodu Yuanbaoshan — Jinzhou — Liaoyang. Razmatraju se i planovi za opremu za još više napone, kao i za istosmjeran prijenos.

KEY WORDS: CHINA, TRANSMISION NETWORK, HIGH-VOLTAGE POWER TRANSMISSION

HIGH-VOLTAGE TRANSMISION NETWORKS IN CHINA

The article is dealing with Chinese high-voltage transmission network, its evolution and present status. It is also given the essential build-in electrical equipment.

DAS CHINESISCHE HOCHSPANNUNGSÜBERLANDNETZ

Beschreben wird das chinesische Hochspannungs-Überlandnetz mit einer kurze Darstellung seiner Entwicklung und Angaben der grundlegenden Anlagenteile.

МАГИСТРАЛЬНАЯ ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ СЕТЬ КИТАЯ

В статье описана китайская магистральная высоковольтная сеть и вкратце рассказывается о ее развитии. Приводятся сведения о применяемом главном электрооборудовании.

Naslov pisca:

mr Chen Defang, dipl. inž.
Beijing, China

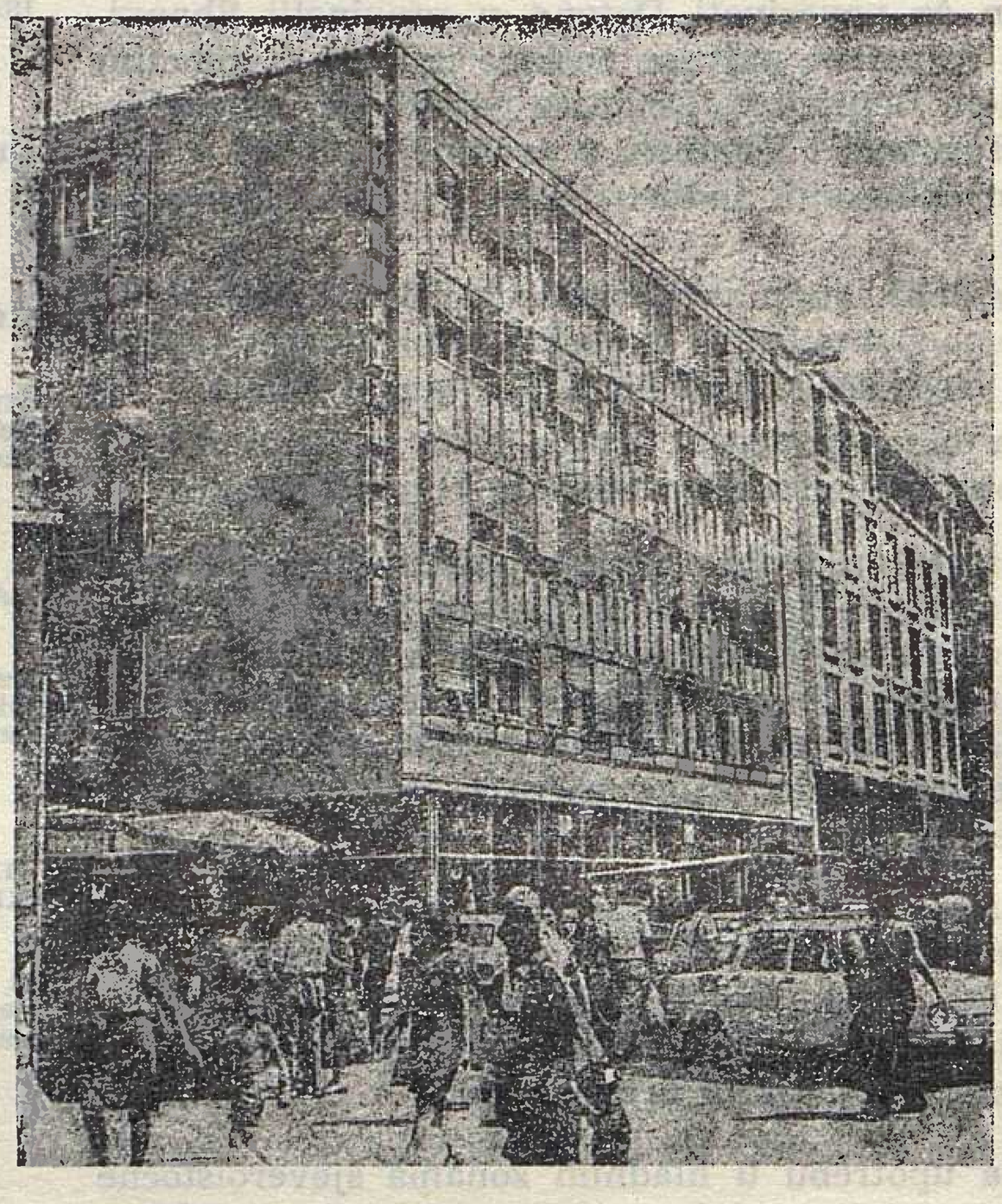
S engleskog preveo mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

BRODOMATERIJAL

RIJEKA

RO za promet metalnom, tehničkom, kemijskom, građevinskom i investicionom robom

EXPORT — IMPORT
RIJEKA, J. Kraša 12, p. p. 396



OOUR »VELETRGOVINA«

- crna metalurgija
- obojena metalurgija
- alati i alatni strojevi
- sanitarije i instalaciona roba
- armature svih vrsta
- kemikalije, boje i lakovi
- drogerijska i parfumerijska roba
- drvena građa
- građevinski materijal

OOUR MALOPRODAJA«

Posluje sa 27 prodavaonica na užem i širem području grada Rijeke. U svojim prodavaonicama nudi proizvode cjelokupnog programa RO »Brodomaterijal«, i grupe proizvoda sportske, elektrotehničke i druge namjene.

OOUR »VANJSKA TRGOVINA«

- uvoz
- izvoz
- zastupanje inozemnih firmi

Telefon: 32-288 — kućna centrala
Telegram: BRODMA — RIJEKA
Teleprintr: 24-205 i 24-125

Energija God. 31 (1982) br. 1—2, 49—53

PLANIRANJE MJERA ZAŠTITE NA RADU U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA (iskustva iz BiH)

Nedeljko Đ o r d a n, Mostar

UDK 621.31:614.89
Stručni rad

U članku je za prilike u BiH iznesena problematika zaštite na radu u elektroprivrednim poduzećima. Iznose se zakonske obveze, planiranje mjera sigurnosti pri izvođenju radova i iznose primjeri konkretnih mjera zaštite u elektroprivrednim postrojenjima.

Ključne riječi: zaštita na radu, planiranje zaštite, električna postrojenja, tehnički propisi.

1. Uvod

Polazeći od činjenice da rad predstavlja osnovni izvor svih vrijednosti i jedinstveno mjerilo materijalnog i društvenog položaja čovjeka, uloga zaštite na radu je upravo u tome da rad učini što bezbjednijim, odnosno da obezbijedi zaštitu čovjeka na radu, kako bi njegove stvaralačke sposobnosti mogle da dođu što više do izražaja. Zaštita od električne struje je sastavni dio zaštite na radu i kao takvu je moramo posmatrati u kompleksu ostalih opasnosti. Zato je i obaveza organizacija udruženog rada da se zaštiti od električne struje posveti veća pažnja i da se pristupi njenom planiranju i programiranju u funkciju zaštite na radu radi smanjenja broja nesreća.

Zaštita na radu kao kompleksna oblast upravo traži takav prilaz i samo se pravilnim planiranjem i programiranjem može realno očekivati brži i svestraniji razvoj zaštite na radu.

Cilj ovog napisa je da ukaže na poslove koje u vezi sa zaštitom na radu treba da obavljaju organizacije udruženog rada čije djelatnosti obuhvaćaju projektovanje i izvođenje elektromontažnih radova na elektroenergetskim postrojenjima.

2. Zakonske obaveze

U našem samoupravnom socijalističkom sistemu zaštita na radu dobija sve veće značenje i postaje stalni pratilac samoupravne prakse. Zakonom o udruženom radu razrađene su ustavne odredbe prema kojima radni čovjek ima pravo na uslove rada koji obezbjeđuju njegov fizički i moralni integritet i sigurnost na radu. Zbog toga zaštita na radu ima širi društveni interes, ali praksa pokazuje drugo.

Jedan od uzroka ovakve pojave svakako je i u kadrovima koji se profesionalno bave zaštitom na radu. Činjenica je da još uvijek u ovoj oblasti nemamo dovoljan broj visoko obrazovanih stručnih radnika.

Osnovni razlog za ovo jest i taj što se u praksi lica koja se profesionalno bave zaštitom na radu manje cijene i vrednuju od drugih profesija (u OOUR-u referent zaštite na radu manje je vrednovan od referenta druge profesije). Zbog toga je neophodno u planovima zaštite na radu predvidjeti način obezbjeđenja odgovarajućih kadrova za obavljanje ovih poslova, a osposobljavanju postojećih kadrova iz ove oblasti takođe treba posvetiti odgovarajuću pažnju.

Osnovnim Zakonom o zaštiti na radu koji je stupio na snagu 1965. godine prvi put je regulisana obaveza planiranja iz zaštite na radu. Ista obaveza proistekla je iz čisto »praktičnih« razloga. Opštinski organi koji provode nadzor nad provođenjem propisanih mjera iz oblasti zaštite na radu iz godine u godinu su konstatovali jedne te iste nedostatke, za čiju sanaciju su bila neophodna veća financijska sredstva. Istovremeno, organizacije udruženog rada nisu bile u mogućnosti da u kraćem vremenskom periodu izdvoje sredstva za uklanjanje tih nedostataka. Zbog toga je osnovnim Zakonom o zaštiti na radu utvrđena obaveza planiranja zaštite na radu.

Planiranje i programiranje iz oblasti zaštite na radu predstavlja osnov za potpunije ostvarivanje i unapređivanje mjera zaštite na radu u osnovnim i drugim oranizacijama udruženog rada.

Na osnovu podataka opštinskih organa inspekcije rada (za 1980. godinu) vidi se da je u SR BiH većina osnovnih i drugih organizacija donijela planove i programe mjera zaštite na radu u okviru planova rada ili kao posebne akte i izdvojila najneophodnija financijska sredstva, za njihovo ostvarivanje. Iako su osnovne i druge organizacije od donošenja Zakona o zaštiti na radu, pa do danas uložile velike napore na rješavanju organizacionih i kadrovskih pitanja radi efikasnijeg obavljanja tih poslova može se konstatovati da na tom planu još nisu postignuti odgovarajući rezultati.

Naime, posebne službe zaštite na radu imaju samo veće osnovne i druge organizacije, dok se u ma-

njim organizacija ovi poslovi povjeravaju pojedincima koji često i ne ispunjavaju uslove za obavljanje tih poslova. Poslovi zaštite na radu obavljaju se u većini slučajeva, u osnovnim organizacijama, a ima slučajeva da su ti poslovi organizovani i u radnim, odnosno složenim organizacijama. I u jednom i u drugom slučaju utvrđen je niz organizacionih i kadrovskih slabosti. To se naročito ogleda u tome što se te službe ili pojedinci koji obavljaju poslove zaštite na radu još uvijek nisu afirmisali kao nosioci najvažnijih poslova i zadataka iz oblasti zaštite na radu koji imaju za cilj sprečavanje povreda na radu, profesionalnih oboljenja i smrtnih slučajeva. Za to ima više razloga, a kao najvažniji navodi se nedostatak odgovarajućeg stručnog kadra, opreme i radnog iskustva u obavljanju tih poslova i radnih zadataka. Tome treba dodati i nedostatak potrebne saradnje sa odgovarajućim naučnim i stručnim organizacijama i drugim subjektima koji rade na sprovođenju i unapređivanju zaštite na radu.

Iz izvještaja opštinskih inspekcija rada može se zaključiti da je većina osnovnih i drugih organizacija udruženog rada obezbijedila odgovarajuća sredstva i opremu za ličnu zaštitu. Međutim, u jednom broju izvještaja opštinskih inspekcija rada navodi se da je jedan broj povreda na radu prouzrokovan nekorišćenjem sredstava i opreme za ličnu zaštitu od samih radnika. Naime, nije rijedak slučaj da sami radnici odbijaju da koriste sredstva i opremu za ličnu zaštitu (šljemove, čizme, naočale, zaštitnu užad i sl.) s obrazloženjem da ta sredstva i oprema ometaju normalan rad.

Analizirajući iskustva iz prakse, može se zaključiti da se stanje zaštite na radu u organizacijama udruženog rada koje su više pažnje posvetile planiranju vidno poboljšava, odnosno smanjuje se broj povreda na radu i profesionalnih bolesti.

Znači da je planiranje kao sistem u praksi već dalo vidne rezultate. Ovdje je važno napomenuti da postoji velik broj organizacija udruženog rada gdje su planovi i programi zaštite na radu dobro napravljeni i razrađeni, ali se njihovoj realizaciji ne poklanja dovoljno pažnje.

3. Planiranje mjera sigurnosti pri izvođenju radova na elektroenergetskim objektima

Objektivno planiranje zaštite od električne struje u kompleksu ostalih opasnosti nije moguće ostvariti bez temeljite analize postojećeg stanja zaštite, iz koje bi se vidjeli svi nedostaci i opasnosti prisutni u toj sredini. Ispitivanja stanja izvora električne energije, električnih potrošača itd. treba stručno izvesti u smislu važećih tehničkih propisa.

Intezivan razvoj nauke i tehnike određuje i uslove u pogledu savremenih vrsta zaštite od električne struje. Programom zaštite na radu u elektroenergetskim postrojenjima treba utvrditi obaveze koje treba izvršiti u periodu za koji se plan donosi, a zatim i rokove i nosioce izvršavanja zacrtanih zadataka.

Analiza jednog elektroenergetskog objekta trebala bi sadržavati sve elemente neophodne za ostvarivanje planiranja zaštite na radu. Osim toga, prilikom projektovanja određenog objekta potrebno je izraditi elaborate zaštite na radu koji su sastavni dijelovi tehničke dokumentacije.

Ovlaštena organizacija udruženog rada koja izrađuje tehničku dokumentaciju za objekte namijenjene za radne prostorije i osnovna organizacija koja vrši projektovanje tehnoloških procesa obavezne su pri projektovanju primijeniti propisane mjere zaštite na radu i izraditi poseban prilog sa naznakom svih opasnosti i predviđenim mjerama za njihovo otklanjajne. Organizacija iz prethodnog stava izdaje uz projekat ispravu kojom se dokazuje da je projektovanje objekta, odnosno tehnološkog procesa izvršeno u skladu sa zakonom o propisima donesenim na osnovu zakona (Zakon o zaštiti na radu čl. 23, Sl. list SR BiH 36/77).

U provođenju analize stanja jednog elektroenergetskog objekta (npr. trafostanica 10/0,4 kV) treba posmatrati:

— lokaciju objekta

— tehničku dokumentaciju.

Provjerom lokacije objekta utvrđuje da li je zadovoljena sigurnost od požara i da li je udovoljeno zahtjevima datim u tehničkim propisima za zaštitu od požara.

Sređena tehnička dokumentacija mora postojati radi veće pogonske sigurnosti, a i radi sigurnog i pravilnog korištenja elektroenergetskog objekta.

Postoji li opasnost od iznošenja opasnih potencijala van trafostanice, onda napon dodira mora biti što manji. Nadalje, u provođenju analize stanja provjerava se dimenzionisanje uzemljivača odnosno vrijednost otpora uzemljenja, način polaganja trake, galvanska veza spojeva i nastavaka, zaštita od korozije dijelova koji se nastavljaju itd.

Veoma je važno kako se trafostanica izvodi:

— kao poseban objekat

— u sklopu drugog objekta.

To je važno kod izvođenja uzemljenja za raspored uzemljivača.

U daljem provođenju analize stanja jednog elektroenergetskog objekta treba analizirati tehnička pravila i uputstva za pogon, održavanja, reviziju i remont elektroenergetskih postrojenja. Naime, na osnovu važećih zakona o zaštiti na radu, kao i na osnovu tehničkih propisa za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja, svaka radna organizacija dužna je donijeti za svoje objekte, odnosno postrojenja i dalekovode, detaljne interne propise o manipulaciji, o načinu rada i sigurnosti pri radu, o održavanju i kontroli postrojenja i vođenja pogonske evidencije. Ti se propisi donose u formi jednog pravilnika.

Svrha je ovakvog pravilnika da dopuni, precizira i konkretizira važeće tehničke i sigurnosne propise,

kako bi se postigla potpuna zaštita života i zdravlja radnika, osigurala maksimalna pogonska spremnost i sigurnost postrojenja.

Primjera radi navodimo dio obaveznih mjera sigurnosti pri radu na elektroenegetskim postrojenjima i dalekovodima. U pogonskim prostorijama na vidnom mjestu mora biti izvješeno:

— uputstvo za prvu pomoć od udara el. struje
— važniji telefonski brojevi (Hitna pomoć, SUP itd.)
— sigurnosna i druga uputstva za manipulacije
— uputstvo za gašenje požara
— ažurni nacrti i el. sheme postrojenja.

Plan zaštite od požara mora postojati za svako postrojenje i teritorijalna vatrogasna jedinica mora biti upoznata s tim planom.

Na opasnost približavanja elektroergetskim objektima ljudi moraju biti upozoreni postavljenim tablicama na vidnom mjestu.

Jedan od važnijih vidova planiranja zaštite na radu jest izrada posebnih elaborata zaštite koji su sastavni dio tehničke dokumentacije. Svrha je elaborata mjera zaštite na radu da ukaže na sve opasnosti koje se mogu pojaviti na nekom objektu, kao i predviđene mjere za njihovo otklanjanje.

Elaborat bi trebao da sadrži:

A) zakonske obveze,

B) lokaciju, namjenu objekta i namjenu okolnih objekata,

C) dispoziciju objekta,

D) moguće opasnosti koje se očekuju na dijelovima postrojenja i okolini,

E) primijenjene zaštitne mjere,

F) postupak kod pojava opasnosi,

G) obaveznu opremu,,

H) nacrte.

Elaborati zaštite kao poseban prilog tehničke dokumentacije trebali bi da sadržajno odrede sve preventivne mjere na projektovanom objektu kako bi se smanjio broj povreda. U daljem tekstu analizirat će se pojedini dijelovi elaborata zaštite na radu.

A) U dijelu koji predviđa da se naznače zakonske obaveze potrebno je navesti na osnovu kojih je važećih jugoslovenskih tehničkih propisa, tehničkih normativa, standarda i zakona vezanih za izgradnju objekata rađena tehnička dokumentacija.

Primjer:

Tehnička dokumentacija za TS 10/0,4 kV rađena je na osnovu sljedećih tehničkih propisa, tehničkih normativa itd.:

— Zakona o prostornom uređenju (Sl. list BiH 13/ /74)
— posebnih uzansi o građenju (Sl. list SFRJ 16/77)
— Tehničkih propisa za izvođenje elektroenergetskih postrojenja iznad 1 000 V (Sl. list SFRJ 13/67) . . . itd.

B) Provjerom lokacije objekta treba da se utvrdi:

— da li objekat prema svojoj lokaciji može da izazove požar većeg obima koji bi ugrozio susjedne objekte
— da li udovoljava zahtjevima datim u tehničkim propisima za zaštitu od požara.

Primjer:

Transformatorska stanica je predviđena u prizemlju stambenog objekta u nizu br. II. U jednom dijelu koji je arhitektonskim projektom predviđen kao poslovni prostor treba izvršiti građevinsku adaptaciju prema priloženim podlogama.

Do ulaznih vrata u trafostanicu obezbijeđen je prilaz za transportna vozila.

Transformatorska stanica će se koristiti kao distributivni izvor električne energije za pomenuto naselje.

C) Provjera dispozicije ima za cilj da se utvrdi:

— Veličina građevinskog prostora sa posebnom naznakom za veličine pojedinih dijelova objekta.

Primjer:

Prostor za transformator: 190 × 220 × 376 cm

Posebni uslovi za prostorije (posebna ulazna vrata, sva ulazna vrata se otvaraju u pravcu izlaza itd.)

D) U ovom dijelu se prikazuju moguće opasnosti koje se moraju spriječiti ili ograničiti na najmanju mjeru u smislu propisa o zaštiti na radu i u slučaju za trafostanicu su:

— opasnost od slučajnog dodira dijelova pod naponom
— opasnost od previsokog napona dodira i napona koraka
— opasnost od požara
— opasnost od kvarova i pogrešnih manipulacija
— opasnost od pretjerane buke i vibracija
— opasnost od aerozagađenja i zagađenja čovjekove okoline
— opasnost od fizičkih povreda u toku izgradnje objekta i montaže opreme.

E) U dijelu elaborata koji obrađuje primijenjene zaštitne mjere veoma važno je konkretno utvrditi koje zaštitne mjere treba primjeniti.

Primjer 1:

Zaštita od slučajnog dodira dijelova pod naponom izvodi se izolovanjem, ograđivanjem i blindiranjem. Svi dijelovi nadohvat ruke (a koji su pod naponom) zaštićeni su limenim, žičanim ili drvenim pregrada-

ma koje sprečavaju slučajan dodir dijelova pod naponom.

Širine poslužnih hodnika veće su od 1 200 m.

Unutrašnja instalacija izvodi se izolovanim provodnicima, priključnicama i priborom koji odgovaraju jugoslovenskim standardima i propisima i sprečavaju slučajan dodir dijelova pod naponom.

Zamjena sijalica u svijetlećim tijelima moguća je bez opasnosti od dodira i pada na dijelove postrojenja koji su pod naponom.

Primjer 2:

Radi zaštite od požara provedene su odgovarajuće građevinske mjere.

Aparati s uljem su u posebnim prostorima, odvojenim pregradnim zidovima, a ispod transformatora je još i propisna uljna jama sa sabirnim lijevkom i odvodom za ulje.

Sva ulazna vrata se otvaraju u pravcu izlaza, i to s unutrašnje strane samo kvakom.

Na taj način provedene mjere zaštite na radu omogućuju pogonskom osoblju koje izvodi radove najveću moguću sigurnost. Veoma je važno napomenuti da sve radove na elektroenergetskim postrojenjima i dalekovodima mogu izvoditi samo stručni i zdravi radnici.

F) U dijelu elaborata koji obrađuje postupak kod pojave opasnosti treba precizirati vanredne pogonske manipulacije koje se vrše na postrojenjima, a posljedica su reagovanja zaštitnih uređaja i naprava. Isto tako, prilikom pojave požara treba postupati prema uputstvu za postupak u slučaju požara. Kvalifikovano osoblje elektrostruke koje vrši sve radove vezane za manipulaciju u postrojenju za vrijeme požara (isključivanje, uzemljenje, kratko spajanje i sl.) treba biti upoznati s uputstvom za postupak u slučaju požara.

Primjer:

Poslije svakog konačnog automatskog isključenja prekidača dejstvom zaštitnih uređaja treba ispitati uzrok dejstva i po potrebi pregledati odnosni dio postrojenja, ako se radi o aparatu ili mašini u postrojenju. Ako nije zapažena nikakva nepravilnost ili kvar, može se prekidač ponovo uključiti.

Radnik koji vrši manipulaciju dužan je da obavijesti nadležno lice ili službu o nastalim pojavama u postrojenju. Isto tako, radnik koji vrši manipulacije u postrojenju dužan je unijeti sve podatke u za to određenu evidentnu knjigu.

G) U dijelu elaborata koji obrađuje obaveznu opremu za siguran rad radnih ekipa i pojedinaca na elektroenergetskim postrojenjima potrebno je naznačiti zaštitna sredstva i opremu, zavisno od vrste postrojenja i radova na postrojenjima.

Veoma važno je obezbijediti i održavati u ispravnom stanju odgovarajuća zaštitna sredstva i opremu za dotično postrojenje. Zaštitna sredstva i oprema moraju biti ispitana i atestirana po odredbama odgovarajućih standarda i kontrolisana u vremenskim razmacima.

Primjer:

Potrebna zaštitna sredstva i oprema za distributivnu transformatorsku stanicu 10/0,4 kV — unutarnja montaža jesu:

— izolaciona uklopna motka (osim za blindirana postr.)	1 kom. za viši naponski nivo postrojenja
— izolaciona staza — prostirač	Po cijeloj dužini radno--manipulativnog prostora
— izolaciona ručka za manipulaciju visokoučinskim osiguračima	1 kom. za svaki tip ugrađenih osigurača.

Količina i vrsta upotrijebljenih kolektivnih zaštitnih sredstava kojima treba snabdjeti radne ekipe ovisit će o prirodi radnog zadatka, brojnosti ekipe i organizacije izvršenja radova, a polazeći od propisanih pravila tehničkih i opštih mjera zaštite na radu na elektroenergetskim postrojenjima.

H) Elaborat zaštite mora se kompletirati nacrtima koji su u uskoj vezi sa provođenjem mjera zaštite na radu.

Primjer:

1. Jednopolna shema
2. Izvođenje uzemljenja
3. Unutrašnja elektroinstalacija ... itd.

Navedena forma elaborata zaštite na radu mnogo će doprinijeti planiranju i programiranju zaštite na radu u elektroenergetskim postrojenjima.

4. Zaključak

— Mora se obezbijediti da zaštita na radu postane sastavni dio proizvodnog procesa, odnosno da bude prisutna u svim fazama djelatnosti: od projektovanja do izgradnje objekata. Isto tako mora se obezbijediti stalno usavršavanje organizacije rada i svadnevno otklanjanje uzroka povređivanja i oboljavanja.

— Neophodno je da organizacije za zaštitu na radu pruže punu pomoć organizacijama udruženog rada drugih djelatnosti, kod planiranja i programiranja zaštite na radu.

Literatura:

[1] Zakon o zaštiti na radu (Sl. list SR BiH 36/77)
[2] Đumrukčić A.: Zaštita na radu
[3] Izvještaj o radu inspekcije rada i stanja zaštite na radu u 1980. godini
[4] Jahdadić J.: Referat u listu »Zaštita« br. 2

PLANING OF PROTECTION MEASURES FOR WORK IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS (experiances from SR BH)

In the article are presented problems for protection on work in electrical power systems in SR BH. Some coate requirements, planing of protection measuresfor works and some examples of protection in electrical assemblies are presented.

PLANUNG DES ARBEITSSCHUTZES IN ELEKTRISCHEN ENNRGIEERZEUGUNGSANLAGEN (Erfahrungen aus Bosnien--Herzegowina)

Behandelt werden für Bosnien und die Herzegowina auftretenden Bedingungen von Fragen des Arbeitsschutzes und gesetzlichen Unterlagen für Arbeiten an elektrischen Anlagen. Dabei untersucht der Verfasser die Planung der Schutzmassnahmen bei Durchführung solcher Arbeiten und zeigt anhand von tatsächlich aufgetretenen Fällen diese Massnahmen in elektrischen Anlagen.

ПЛАНИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ В ЭЛЕКТРОЗНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

(опит Босни и Герцеговины)

В статье излогается проблематика техники безопасности на электрохозяйственных предприятиях, свойственная условиям Босны и Герцеговины. Приподятся законные обязательства, планирование мероприятий по безопасности при выполнении работ и примеры конкретных мер по технике безопасности на электрохозяйственных предприятиях.

Naslov pisca:

Nedeljko Đordan, dipl. inž.
RO »Elektro-Hercegovina« Mostar

TRANSJUG

TRANSJUG RIJEKA

MEĐUNARODNA ŠPEDICIJA

51000 RIJEKA, Tršćanska obala 8, pp 290, tel. (051) 31-111, telegram: TRANSJUG RIJEKA, telex: 24115 — YU TNG RI, IATA — AGENTI; Prodajni zastupnik JAT-a.

DJELATNOST: organizacija redovnog uvozno-izvoznog i tranzitnog prometa; zbirni, kontenerski i reeksportni promet sa svim zemljama svijeta; međunarodni saobraćajno--agencijski poslovi; zaključivanje linijskog i tramperskog brodskog prostora; ugovorna kontrola kvalitete i kvalitete robe; zastupanje inozemnih firmi.

OOUR-i:

Beograd, Izvoz Rijeka, Koper, Ljubljana, Pula, Saobraćajna agencija Rijeka, Sarajevo, Servisne jedinice Rijeka, Skladište i ambalaža Rijeka, Šibenik, Tranzit Rijeka, Uvoz, Rijeka, Zagreb, Radna zajednica Zajedničko računovodstvo RO, Radna zajednica Zajedničke službe RO.

FILIJALE, POSLOVNICE, ISPOSTAVE, PREDSTAVNIŠTVA I RADNA MJESTA U SFR JUGOSLAVIJI:

Apatin, Bakar, Batina, Bar, Bor, Banja Luka, Beli Manastir, Bosanski Novi, Brnik, Celje, Dimitrovgrad, Dubrovnik, Jesenice, Karlovac, Koprivnica, Kotoriba, Kozina, Kragujevac, Kraljevo, Kranj, Maribor, Murska Sobota, Niš, Nova Gorica, Novi Sad, Osijek, Pleso, Kardeljevo, Dravograd, Priština, Sežana, Sisak, Slavonski Brod, Skopje, Split, Subotica, Titograd, Tuzla, Varaždin, Titovo Velenje, Veliko Gradište, Vršac, Vukovar, Zadar, Zenica.

PREDSTAVNIŠTVA U INOZEMSTVU:

Beč, München, New York, Prag, Torino.

KORESPONDENTI:

U svim većim lukama i važnim ekonomskim središtima svijeta.

U toku svog 35-godišnjeg djelovanja u jugoslavenskoj privredi »Transjug Rijeka« je, rješavajući poslove iz domene svoje osnovne djelatnosti međunarodne špedicije, organizirao i obavio i niz prijevoza opreme za elektrane i rafinerije u zemlji i inozemstvu.

S područja IZVOZA spomenut ćemo kompletnu opremu za hidroelektrane i termoelektrane u Indiji, kompletnu opremu za hidroelektranu u Gvineji, kompletnu opremu za hidroelektranu u Togou, u sklopu TRANZITA transformatore iz Austrije za Indiju, i električne uređaje iz Mađarske za razne zemlje, a u domeni UVOZA od postrojenja za dubinsko bušenje za Naftaplin, kompletnu opremu za sistem HE Trebišnjica, kompletnu opremu za tvornicu transformatora »Rade Končar« u Zagrebu, kompletnu opremu za HE Senj, kompletnu opremu za Rafineriju nafte Rijeka, dopremu i organizaciju uvoza opreme za Termoelektranu Rijeka, TE Jertovac, RN Rijeka, HE Rječina, TE Plomin, HE Skopje, Jugoslavenski naftovod, TE Urinj, HE Čapljina i druge.

Radna organizacija »Transjug Rijeka« afirmirala se kao uspješan i pouzdan međunarodni špediter specifične djelatnosti kakva je elektroprivreda.

INA RAFINERIJA NAFTE RIJEKA N. SOL. O.

RIJEKA, INDUSTRIJSKA ULICA br. 26

POŠTANSKI PRETINAC 385
TELEFON: RIJEKA 33-911
TELEKS: 24283
TELEGRAMI: INA RAFINERIJA RIJEKA
ŽIRO RAČUN: 33800-607-1375



Kako stupnjevi prijenosa brzine utječu na potrošnju?

Svaki stupanj prijenosa brzine ima svoj maksimalni okretni moment i brzinu. Preporuča se, kod svakog stupnja koristiti 2/3 dopuštenog broja okretaja, odnosno brzine, radi postizanja povoljne potrošnje goriva.

Izbjegavati vožnju s preniskim brojem okretaja kao i nagla ubrzavanja pri višim stupnjevima, jer to šteti motoru i povećava potrošnju goriva do 50 posto.

Primjeri:

a) vožnja u I stupnju sa brzinom od 30 km/h »proguta« dvostruko više goriva nego vožnja istom brzinom u II stupnju prijenosa,

b) u II stupnju prijenosa kod određenog broja okretaja dostignut je maksimalni okretni moment pri brzini od 40 km/h, a prelaskom u III stupanj pri istom broju okretaja, postiže se 60 km/h uz istu potrošnju goriva.



S motornim uljem INA DELTA TLX vaš motor brže starta, lakše radi, snažniji je i troši manje goriva.

KROMATOGRAFSKO ISPITIVANJE PLINA U IZOLACIJSKOM ULJU

Unatrag desetak godina plinu izlučenom iz izolacijskog ulja nije se pridavalo mnogo pozornosti. Redovitim uzimanjem uzoraka izlučenog plina i detaljnim kromatografskim analizama sadržaja tog plina dobivaju se podaci pogodni za utvrđivanje početnih kvarova u električnim aparatima punjenim izolacijskim uljem.

Ta metoda se danas još uvijek najčešće primjenjuje za kontrolu energetskih transformatora. Pomoću nje moguće je otkriti početne kvarove, kojom prilikom se stvaraju male količine plinova, nepovoljne za poticaj plinskog (Bucholzovog) releja.

Ovom metodom može se u probnom uzorku ulja dokazati i postojanje nekog plina ako ga ima samo u tragovima od jednog milijuntog dijela.

Osim dušika i kisika, svi ostali plinovi koji se otapaju u izolacijskom ulju nastaju zbog razgradnje ulja i molekula celuloze izolacije, a kao posljedica termičkih i električnih naprezanja materijala u transformatoru. Ovisno o vrsti tih naprezanja, kao što su pogonska temperatura ulja, mjestimična pregrijavanja, parcijalna izbijanja i drugo, stvaraju se u ulju plinovi različitog kemijskog sastava.

Danas je uobičajena kromatografska analiza ovih plinova: C_2, N_2, CO, CO_2, COS, H_2, CH_4, C_2H_2, C_2H_4, C_2H_6, C_3H_8, n-C_4H_{10}. U tu svrhu se često analiziraju uzorci na različitim kromatografima, od kojih je svaki podešen za detaljne analize samo određenih sastojaka plina.

Svaka normalna, odnosno nenormalna pojava transformatora uzrokuje stvaranje plinova različitog sastava.

Statističkom usporedbom oko deset tisuća rezultata utvrđeni su međusobni odnosi pojedinih plinova koji upućuju na specifične vrste kvarova. Međutim, interpretacija dobivenih rezultata još i danas zahtijeva određeno iskustvo, jer se događa da su u transformatoru prisutna dva kvara ili više kvarova. Tako, na primjer, tamo gdje tri ili više omjera premašuju normirane vrijednosti, može se sa sigurnošću pretpostaviti da u transformatoru postoji više vrsta kvarova.

Na osnovi promatografske analize plinova otopljenih u ulju mogu se ustanoviti činioci koji upućuju na stanje transformatora. Osim unutrašnjih grešaka u transformatoru, brzina stvaranja plinova i njihov sastav mogu ovisiti još i o sljedećim faktorima: sadržaju kisika u ulju, temperaturi ulja i okoline, regulacijskoj preklopki i učestalosti njena rada, opterećenju, konstrukciji i materijalu na mjestu kvara. Pojedini navedeni faktori mogu bitno izmijeniti sadržaj plinova, a tada je ponekad teško doći do ispravnih analiza.

Pošto je provedena kromatografska analiza plina otopljenog u ulju, sastavljaju se ovi omjeri plinova: metan/vodik; etan/metan; etilen/etan i acetilen/etilen. Tako dobiveni omjeri uspoređuju se s normiranim omjerima tih plinova za novo ulje.

Usporedbom spomenutih omjera plinova danas se već vrlo točno mogu odrediti vrste kvarova:

— niskoenergetska i visokoenergetska parcijalna izbijanja koja nastaju zbog nedovoljne impregnacije i šupljina u izolaciji, a daljnjim razvojem kvara i stvaranjem probojnih staza
— niskoenergetska izbijanja koja nastaju zbog prekida uljne izolacije između čvrstih materijala ili iskrenja u ulju s metalnog dijela niskog kapaciteta ili između spojeva raznog potencijala
— visokoenergetska izbijanja koja nastaju zbog pojave luka između dvaju vodiča ili vodiča i zemlje
— razne tvorničke greške koje nastaju zbog povećanja temperature na određenim mjestima, vrtložnih struja, slabo izvedenih spojeva i sl.

Danas već postoje detaljno razrađeni međusobni odnosi pojedinih omjera plinova — dijagnostički planovi — na osnovi kojih se pojedine spomenute vrste kvarova mogu odrediti. Navest ćemo samo jedan primjer. Ugljični monoksid i dioksid su tipični proizvodi razgradnje celuloznih izolacijskih materijala. Srednji odnos tih plinova za energetske transformatore iznosi 6—7 uz standardnu devijaciju do +4. Iz toga slijedi da omjeri tih plinova veći od 11 ukazuju na povišene temperature u blizini krute izolacije. Takvu pojavu treba vrlo pažljivo pratiti provođenjem daljnjih analiza. Iznenadno povećanje tog omjera može biti uzrok većeg kvara. U takvom će se slučaju ujedno povećati i omjer kisik/dušik. Međutim, prisutnost kisika u toku starenja ulja opada i njegov odnos prema dušiku iznosit će od 10 do 30%. Ako iznos kisika prema dušiku spadne ispod 10%, to je znak povećane potrošnje kisika u okolini vrućeg mjesta.

Neke tvrtke razvile su posebne sisteme za analizu plinova, koji se ugrađuju na posebno važne transformatorske jedinice. Tako je, na primjer, ASEA razvila sistem DEOX. Pomoću tog uređaja ulje se trajno obnavlja, čisti i otplinjava. Na taj način postiže se stalnost probojne čvrstoće, mala vlažnost, a sadržaj kisika zadržava se u određenim granicama. Uz to se stalno mjeri ukupna brzina stvaranja plinova. Ako brzina stvaranja plinova prekoraći određenu granicu, uređaj automatski daje signal upozorenja.

Ova metoda ispitivanja izolacijskog ulja pripada među tzv. nedestruktivne metode, zajedno s ispitivanjem probojne dielektrične čvrstoće i tg δ, te bi je u tom smislu trebalo mnogo češće primjenjivati u preventivnom održavanju transformatora u pogonu.

Iako je ova metoda složena, jer traži vrlo pažljivo uzimanje uzoraka, složenu analizu u laboratoriju i detaljno razrađene dijagnostičke planove, te veliko iskustvo kod interpretacije podataka, pokazalo je da je ona neobično korisna, jer su na osnovi nje spašeni mnogi transformatori koji bi inače sigurno bili probojem potpuno uništeni.

IEC ima razrađen pregledan dijagnostički plan na osnovi kojeg se iz rezultata analize predlažu različite praktične protumjere.

Prema:

ASEA-Zeitschrift 1979—
Gasanalyze zur Betriebsüberwachung von Oltransformatoren W. Lampe, E. Spicer und K. Carrander, Ludvika
UK experiance in the interpretation of incipient faults in power transformers by dissolved gas-in-oil chromatographic analysis 42-nd Annual Intern. Conf. of Doble Clients (1975), Section 10—301, Rogers R. R.

Albert Praznik, dipl. inž.

»NEMA STRAHA ZA CRNO ZLATO«

Pod naslovom najavljena je knjiga prof. P. R. Odella **»The future of oil«**, što treba biti izdana ove godine u Londonu. Prof. Odell vodi na sveučilištu »Erasmus« katedru za privrednu geografiju i Centar za međunarodne energetske studije u Rotterdamu. On tvrdi na temelju detaljnih znanstvenih ispitivanja da je međunarodna opskrba naftom osigurana za više desetljeća a najmanje do 2030. godine. Ako se govori o nestašici nafte, to je onda samo na temelju političkih akcija koje nas žele uvjeriti da se rezerve nafte primiču kraju. Danas poznate rezerve nafte u svijetu dovoljne su za sljedećih 25 godina i ako bi se potrošnja povećala 4 puta. U svijetu ima i drugih rezervi nafte. Oko 75% naftonosnih područja nije još temeljito istraženo. Nafta postoji i u asfaltnom pijesku u Athabasci (Kanada), u području teške nafte u Venezueli (Orinoco područje), u uljnim škriljcima u SAD, Brazilu, Indiji, na Madagaskaru. Radi se o količinama koje iznose trostruku količinu od danas lako dostupnih rezervi; ove se količine mogu izvaditi poznatim metodama koje treba razraditi. — Istraživaju se i drugi izvori energije koji bi nadomjestili naftu i plin. No tu se pojavljuju problemi zaštite okoline i sigurnosti i velikih direktnih investicija (većih od onih za otkrivanje i eksploataciju novih naftnih i plinskih polja). Prema prof. Odellu, politička krilatica »prednost ugljenu« opterećena je u rješavanju energetskih problema mnogim upitnicima. Usprkos svim subvencijama opada proizvodnja i njezine mogućnosti.
(»Keine Angst um das schwarze Gold«. E. A. Granzow. »Die Presse«, eco-journal, 28. 9. 1981., Wien)

Dr Z. K.

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

OPREMA ZA MALE HIDROELEKTRANE

Srednjoročnim planom razvoja Hrvatske predviđeno je da se do 1985. godine izgradi 40 manjih hidroelektrana koje će biti locirane na području Dalmacije, Like, Gorskog kotara i u drugim krajevima. Nedavno je u Rijeci održan sastanak predstavnika elektroprivrednih organizacija Zagreba, Rijeke, Splita i Osijeka s radnom organizacijom »Rade Končar« i »Litostrojem«. Na sastanku je utvrđeno da za ove elektrane još ne postoje hidrološki podaci potrebni za projektnu dokumentaciju. Zaključeno je da stručne službe elektroprivrede ubrzaju taj rad.

Predstavnici kolektiva »Rade Končara« upoznali su sudionike sastanka s novom vrstom suvremeno projektiranih kontaktnih i bezkontaktnih generatora snage 40 do 1 860 kVA, i opremom regulacije i automatizacije, kao i rješenjem transformatorskih stanica koje su pogodne za elektrane manjih snaga.

Stručnjaci »Litostroja« iznijeli su karakteristike različitih turbina i ostale hidroopreme s naglaskom da serijska proizvodnja omogućuje ekonomičnost opreme malih hidroelektrana.

I. R.

ZAJEDNIČKI POSLOVI ELEKTROPRIVREDE I JUGOTURBINE

Elektroprivreda Hrvatske odlučila je udružiti rad i sredstva s »Jugoturbinom« za izgradnju tvornice turbina velikih jediničnih snaga (200, 300 i više megavata) U Karlovcu. Potkraj 1981. godine počela je gradnja tvornice koja je značajna ne samo za elektroprivredu Hrvatske, nego i drugih republičkih i pokrajinskih elektroprivreda. Skupština SIZ-a potrošača električne energije SRH i Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske odlučile su da se sastavi Samoupravni sporazum u kojem se osim visine udjela financijskih sredstava treba utvrditi i kupnja prvih turbina, mogćunosti nabave rezervnih dijelova za elektroprivredne organizacije te sudjelovanje u održavanju i remontu. Ukupna vrijednost ove investicije iznosi 2,8 milijardi dinara. Razgovarat će se i s elektroprivrednim organizacijama iz drugih republika o sličnom sporazumu kao što ga je učinila elektroprivreda Hrvatske.

Prve turbine prema planu proizvest će se 1984. godine. Oko 30 posto proizvodnje predviđa se za izvoz, čija bi vrijednost iznosila oko 200 milijuna dolara.

I. R.

DV 110 kV GRAČAC — DONJI LAPAC

U plan izgradnje prijenosnih objekata u Hrvatskoj 1981—1982. godina uvrštena je i gradnja dalekovoda 110 kV Gračac — Donji Lapac, dužine 33 km. Građevni radovi su već započeli i predviđeno je da budu završeni sredinom 1982. godine.

Za izgradnju dalekovoda utrošit će se oko 90 milijuna dinara. Najveći dio investicija osigurava investitor

OOUR »Elektrolika« Gospić iz vlastitih fondova, te elektroprivreda Hrvatske a dio je osiguran iz kredita banaka.

Izgradnja DV 110 kV Gračac — Donji Lapac znači veliku dobit za konzum ličke regije, a osobito za privredno nerazvijene općine Donji Lapac i neka druga mjesta, koja će ubuduće raspolagati dovoljnim količinama kvalitetne električne energije.

I. R.

PROIZVODNJA I PRERADA UGLJENA

Prijedlogom Društvenog plana SR Hrvatske za razdoblje od 1981. do 1985. godine obuhvaćen je i razvoj proizvodnje i prerade ugljena. Osnovni zadaci i ciljevi toga razvoja jesu istraživanje, otvaranje rudnika, intenziviranje proizvodnje u Istarskim ugljenokopima »Raša«, te nabava ugljena iz drugih republika i pokrajina.

Potrošnja ugljena u republici trebala bi rasti prosječnom godišnjom stopom od 12 posto što će prvenstveno ovisiti o opskrbi s područja drugih republika i pokrajina. Da bi se osigurala dugoročna povećana opskrba, osnovat će se poslovna zajednica za ugljen koja će sklopiti odgovarajuće ugovore s ugljenokopima. U tu svrhu formiraju se početna sredstva od 1 milijarde dinara koja se osigurava iz razlike u cijeni goriva, dok bi 3 milijarde dinara trebalo dobiti bankovnim kreditima.

Proizvodnja ugljena ostvarit će se jedino u Istarskim ugljenokopima »Raša«, a učinci s istraživanja u sjevernohrvatskom bazenu očekuju se nakon 1985. godine.

Planira se povećanje proizvodnje sa 242 tisuće tona u 1980. godini na 550 tisuća tona u 1985. godini. Najveći dio proizvodnje kamenog ugljena koristit će TE Plomin i buduća TE Plomin II.

Poslovna zajednica za ugljen procjenjuje da će potrošači u našoj republici moći raspolagati s oko 1,3 do 1,5 milijuna tona ugljena godišnje iz bosansko-hercegovačkih rudokopa. Ta količina namijenjena je širokoj potrošnji, industrijskim pogonima, željezničkih transportnih poduzeća i dr.

Koksara u Bakru povećat će proizvodnju koksa 7 posto u 1985. godini u odnosu na 1980. godinu i ostvariti potpuno iskorištenje kapaciteta (850 000 tona koksa). Planira se da će potrošnja koksa u SR Hrvatskoj iznositi oko 290 000 tona. Prerada ugljena za koksiranje za potrebe drugih republika odredit će se samoupravnim sporazumom, a uvoz ugljena za koksiranje osigurat će se u platnobilančnim pozicijama republika i pokrajina. Društvenim planom razvoja Hrvatske za razdoblje 1981—1985. godini također je predviđen uvoz kvalitetnog ugljena kao supstitucija za mazut kod velikih potrošača u industriji (cementare i dr.).

I. R.

ISTRAŽIVANJE JADRANA

Radna organizacija »Naftaplin« izradila je program istraživanja nafte i plina u Jadranu koji je predložen zainteresiranim organizacijama u zemlji za poslovnu suradnju. Predložena suradnja bila bi u obostranom interesu. Zajedničkim ulaganjima financijskih sredstava ubrzali bi se radovi na istraživanju nafte i plina u Jadranskom moru. Uz dosadašnja nalazišta treba otvarati i nova, jer po procjeni stručnjaka postoji mogućnost uspješne eksploatacije nafte i plina na tom području.

Program »Naftaplina« o poslovnoj suradnji zainteresirane privrede u istraživačkim zahvatima na Jadranu podržalo je i Opće udruženje energetike Hrvatske.

I. R.

ELEKTRANE NA MAZUT — I DALJE ZABRANA

Savezno izvršno vijeće ponovno predlaže zakon kojim se privremeno zabranjuje raspolaganje dijelom društvenih sredstava za financiranje gradnje novih termoelektrana, toplana i energana na loživo ulje — mazut. Prijedlog za donošenje ovog propisa gotovo ništa se ne razlikuje od onog koji je vrijedio 1981. godine.

Istodobno s prijedlogom zakona, Savezno izvršno vijeće ocjenjuje da bi bilo dobro da je ovaj dosta restriktivan propis na snazi za vrijeme čitavog tekućeg petogodišnjeg plana. Pri usvajanju predloženog zakona Skupština Jugoslavije treba da uzme u obzir i ovaj moment. Osnovni je cilj tog zakona da se zaustavi rast potrošnje mazuta koja je osobito uzela maha u tri posljednje godine. Opravdanost donošenja zakona potkrepljuje se i činjenicom da se iz uvozne i domaće proizvodnje ne mogu dobiti dovoljne količine kojim bi se podmirile procijenjene potrebe potrošnje.

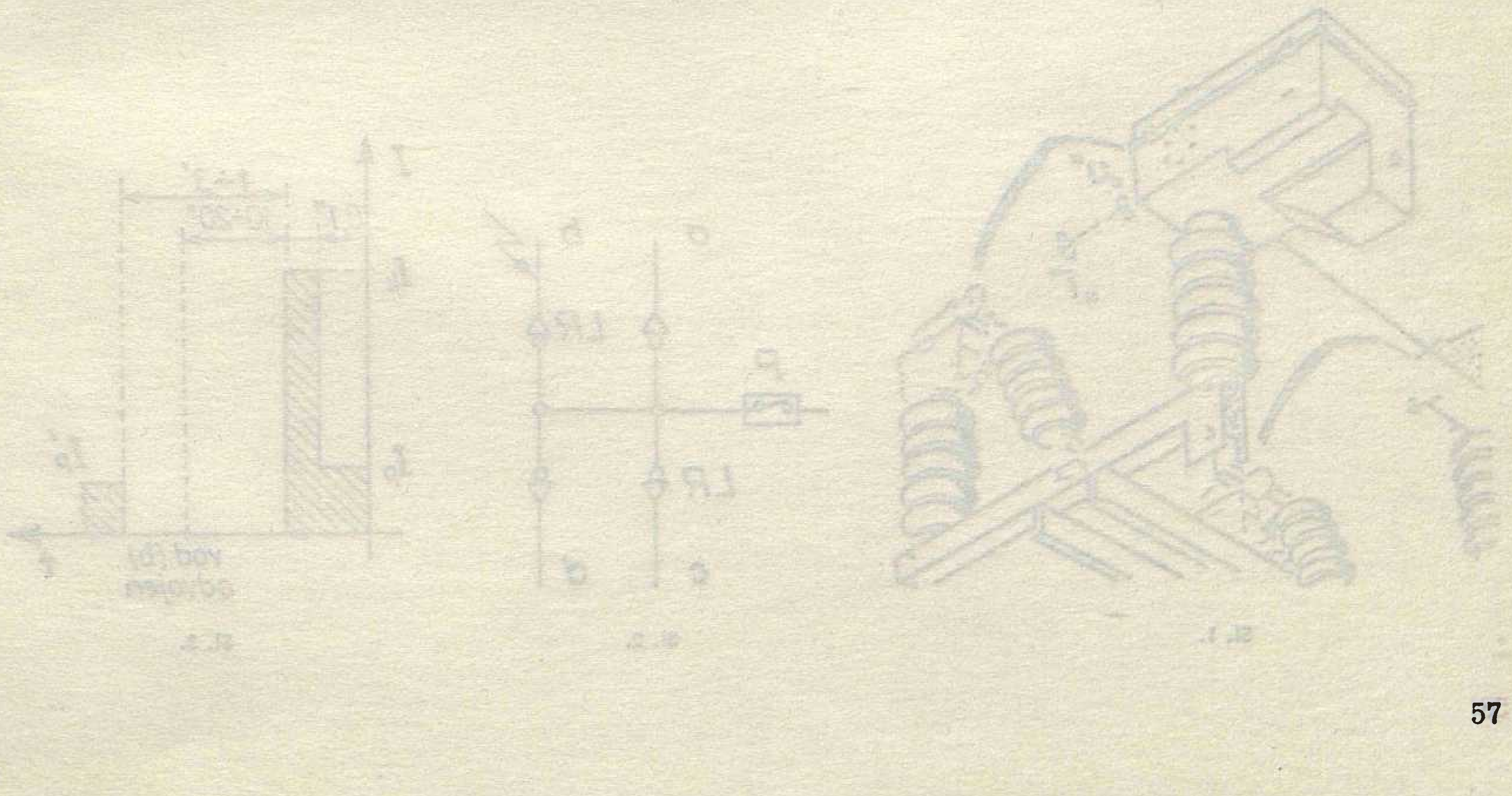
I. R.

DALEKOVOD — USPJEŠAN IZVOZ

Zagrebačko poduzeće »Dalekovod« je i u 1981. godini ostvarilo dobre rezultate plasmana ovjesne i spojne opreme na inozemna tržišta. Do kraja rujna 1981. godine vrijednost ugovorenog izvoza iznosi oko 440 milijuna dinara. Od ugovorenih količina već je stranim kupcima isporučeno više od 50 posto. Treba istaknuti da je cjelokupni izvoz ostvaren na konvertibilnom tržištu.

Istovremeno, u eri naše stabilizacije, RO »Dalekovod« smanjuje uvoz repromaterijala. U usporedbi sa 1980. godinom vrijednost uvoza je smanjena za oko 10 posto.

I. R.



RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

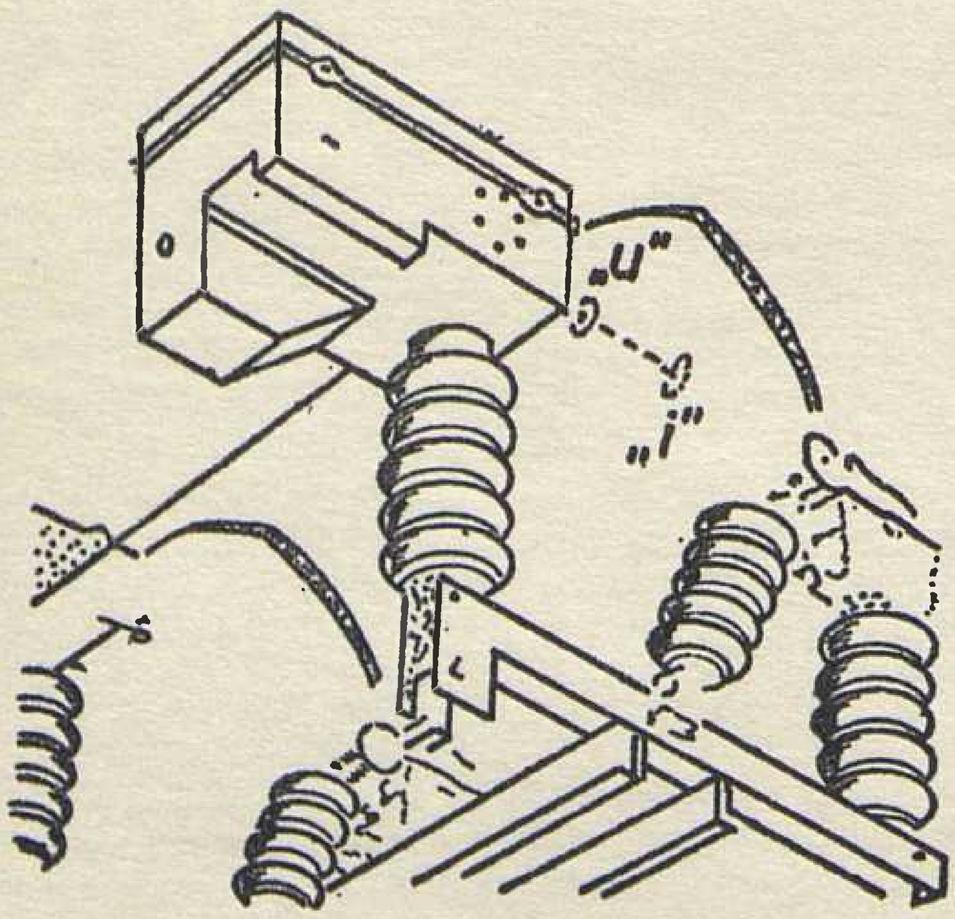
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

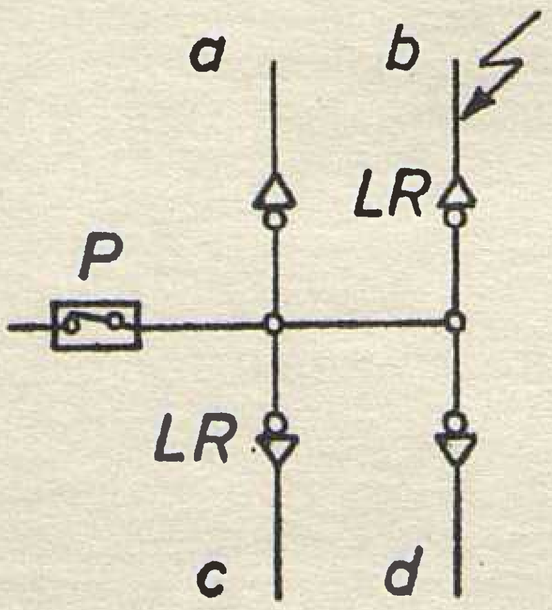
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

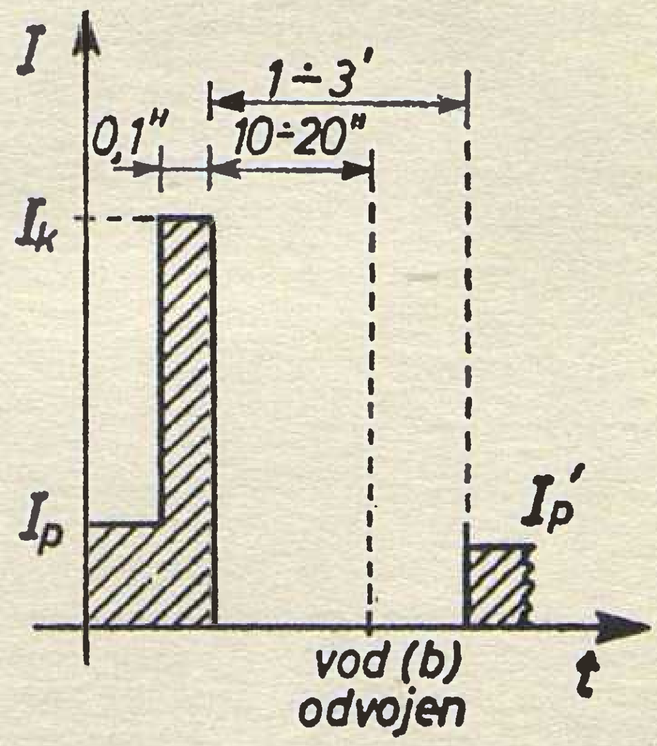
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

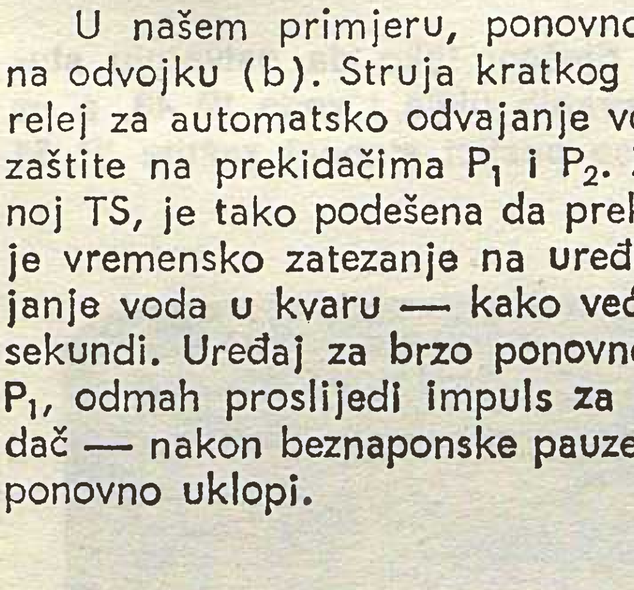
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

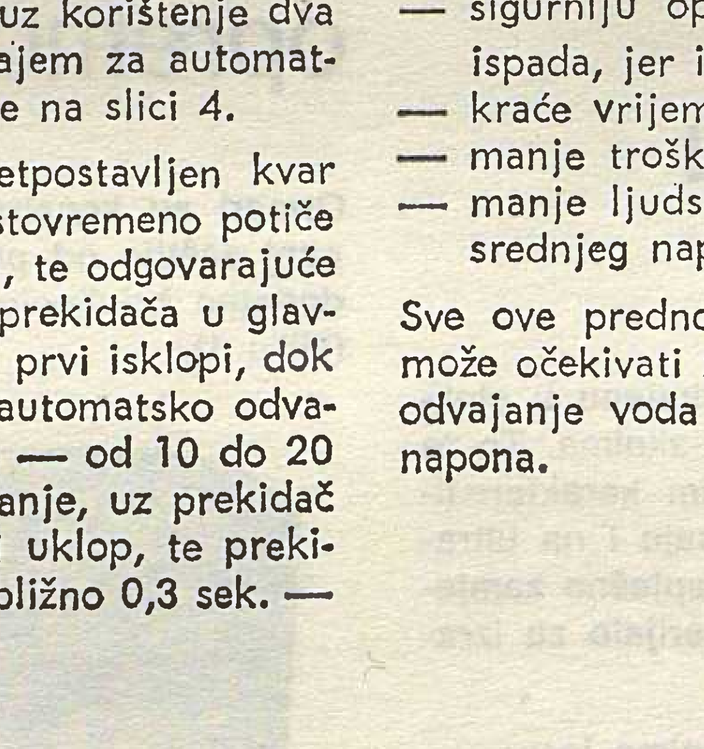
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

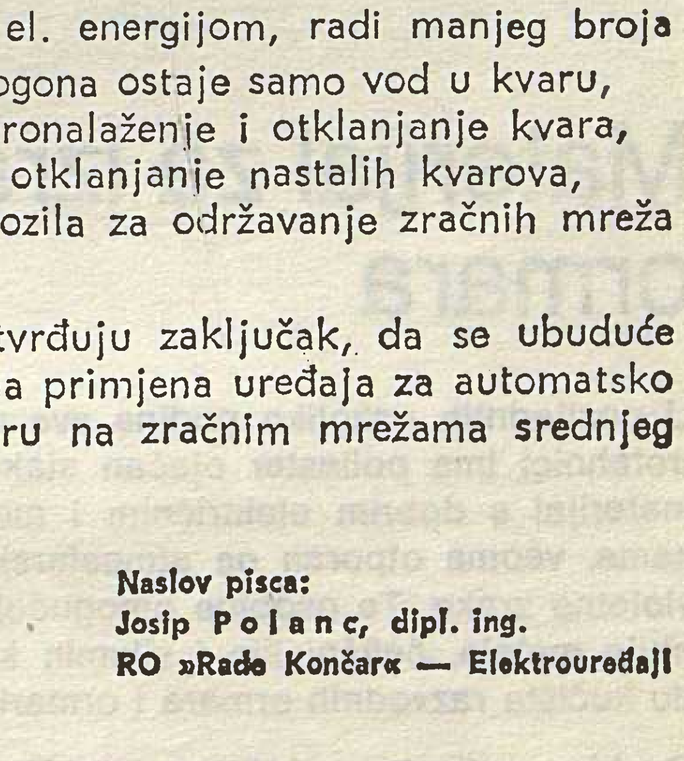
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

Razvodni ormari od izolacijskog materijala

TEP

Nagli razvoj gradskih naselja uvjetovao je sve veću primjenu kabela u distributivnim elektroenergetskim mrežama. Pri izgradnji tih mreža nužan je određen broj tipova ormara za rješavanje:

— čvornih točaka u kabelskoj mreži

— kabelskog razvoda i upravljanja javnom rasvjetom.

U praksi se to rješava ormarima, različitih tipova i izvedaba. Svaka distributivna organizacija ima svoje rješenje a posljedica je ta da proizvođači opreme izrađuju male serije i nemaju mogućnost da postignu kvalitetnija tehnička rješenja. Sagledavajući sve to, TEP je izradio tri osnovna tipa slobodnostojećih ormara od poliestera ojačanog staklenim vlaknima koji mogu zadovoljiti sve uvjete da se ugradi oprema koja se koristi u elektrodistribuciji.

Materijal za izradu ormara

U posljednjih nekoliko godina sve veću primjenu u elektrotehnici ima poliester ojačan staklenim vlaknima. To je materijal s dobrim električnim i mehaničkim karakteristikama, veoma otporan na atmosferske utjecaje i na ultravioletne zrake. Te osobine omogućuju da uspješno zamjenjuje metale, čelični lim i silumin kao materijale za izradu kućišta razvodnih ormara i ormarića.

Osobine poliestera ojačanog staklenim vlaknima jesu:

mala gustoća, postojanost na koroziju, veoma dobre mehaničke osobine te kao najvažnije dobre izolacione osobine čime se postiže dobra zaštita od previsokog napona dodira. Toplinska vodljivost poliestera je niska pa je on toplinski izolator, što može utjecati na smanjenje kondenzacije u ormarua a time i na manju koroziju ugrađene opreme.

Nedostatke ormara izrađenih od čeličnog lima u usporedbi s onima koji su izrađeni od poliestera ojačanog staklenim vlaknima možemo svesti na sljedeće:

— u određenim uvjetima može se na njima pojaviti opasan napon dodira

— potrebno je izraditi kvalitetno zaštitno uzemljenje

— potrebno je pravovremeno održavanje bojenjem.

Iz svega što je navedeno proizlazi da je primjena poliesterskog ormara tehnički opravdana.

Ako gledamo s ekonomskog stajališta, onda se cijena jednog uređaja u zaštiti »zaštitno izoliranje« može prikazati na ovaj način:

C_k zaš. izol. = $C_{kl} + C_{kzuz}$

C_k zaš. izol. = cijena uređaja u izvedbi zaštitno izoliranje

C_{kl} = cijena uređaja u izvedbi od lima ili silumina

C_{kzuz} = cijena izvedbe zaštitnog uzemljenja.

Moramo biti svjesni da svaka zaštita od previsokog napona dodira ima svoju cijenu.

Izvedba ormara s opremom

Ormari su konstrukcijski riješeni tako da ostvaruju stupanj zaštite od prodora stranih tijela i vode IP 43, a uz dodatno brtvljenje može se postići stupanj zaštite IP 54 (slika 1).

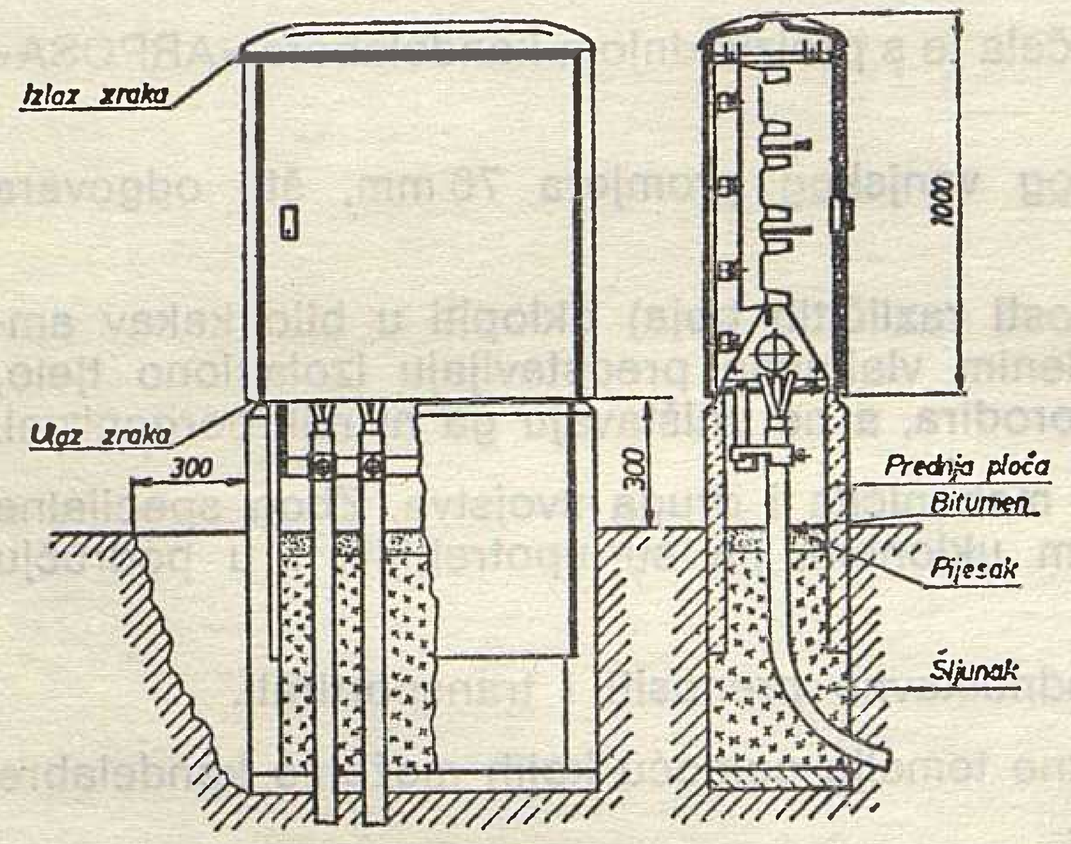


Sl. 1.

Ormar se montira na tvornički izrađen temelj koji se isporučuje u dijelovima, a izrađen je od armiranog betona. Kod spajanja kabela na opremu ormara prednja ploča te-

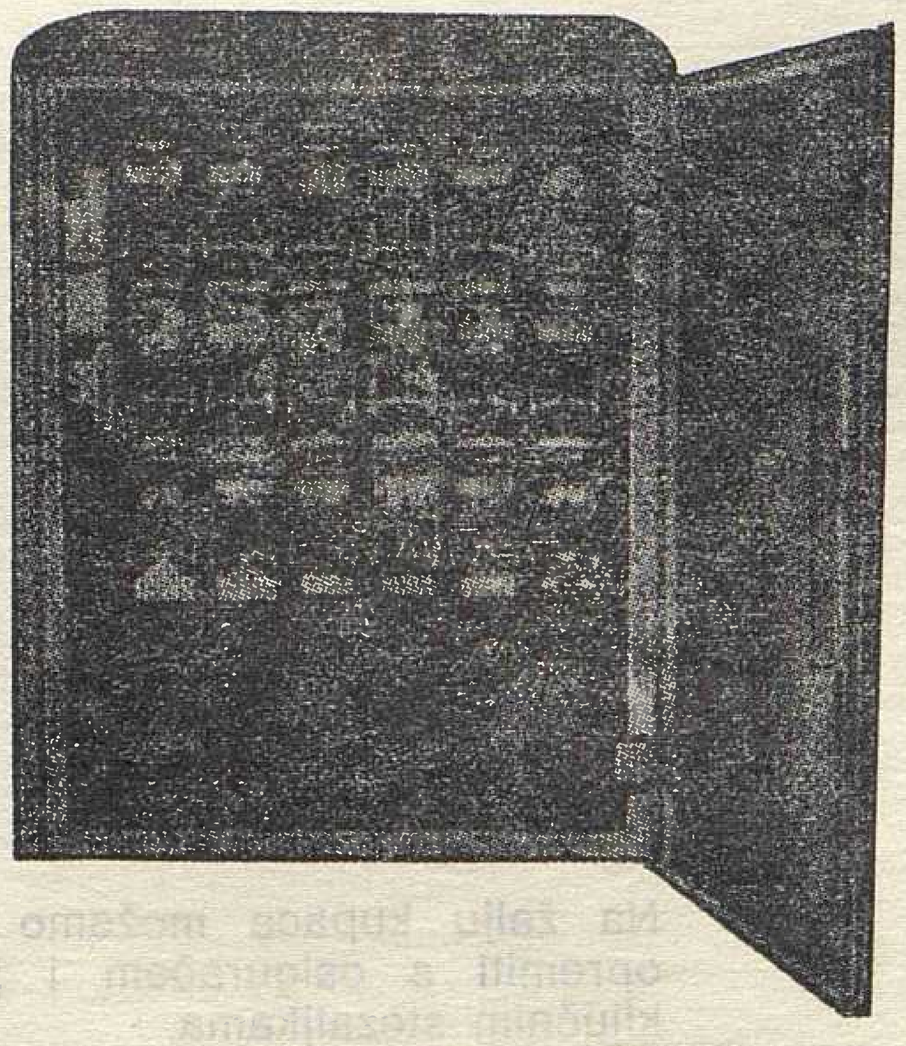
melja i prag ormara skidaju se, čime je olakšana montaža, te kabele nije potrebno uvlačiti u ormar.

Na dnu ormara je nosač za učvršćenje kabela. Prostor gdje ulaze kabeli u ormar potrebno je ispuniti zemljom ili pijeskom, a u nivou zemlje unutrašnjost temelja zabrtviti bitumenom ili tankim slojem betona da se spriječi isparavanje vlage iz zemlje i kondenziranje u unutrašnjosti ormara (slika 2).
Ormari su čvorne točke u kabelskoj mreži tipa KRO-01, KRO-02 i KRO-03, napona do 1 kV. Mogu biti opremljeni sa 4, 6 ili 8 (9) slogova osigurača nazivne struje 400 A (slika 3). Slog osigurača može biti izveden kao neoklop-



Sl. 2.

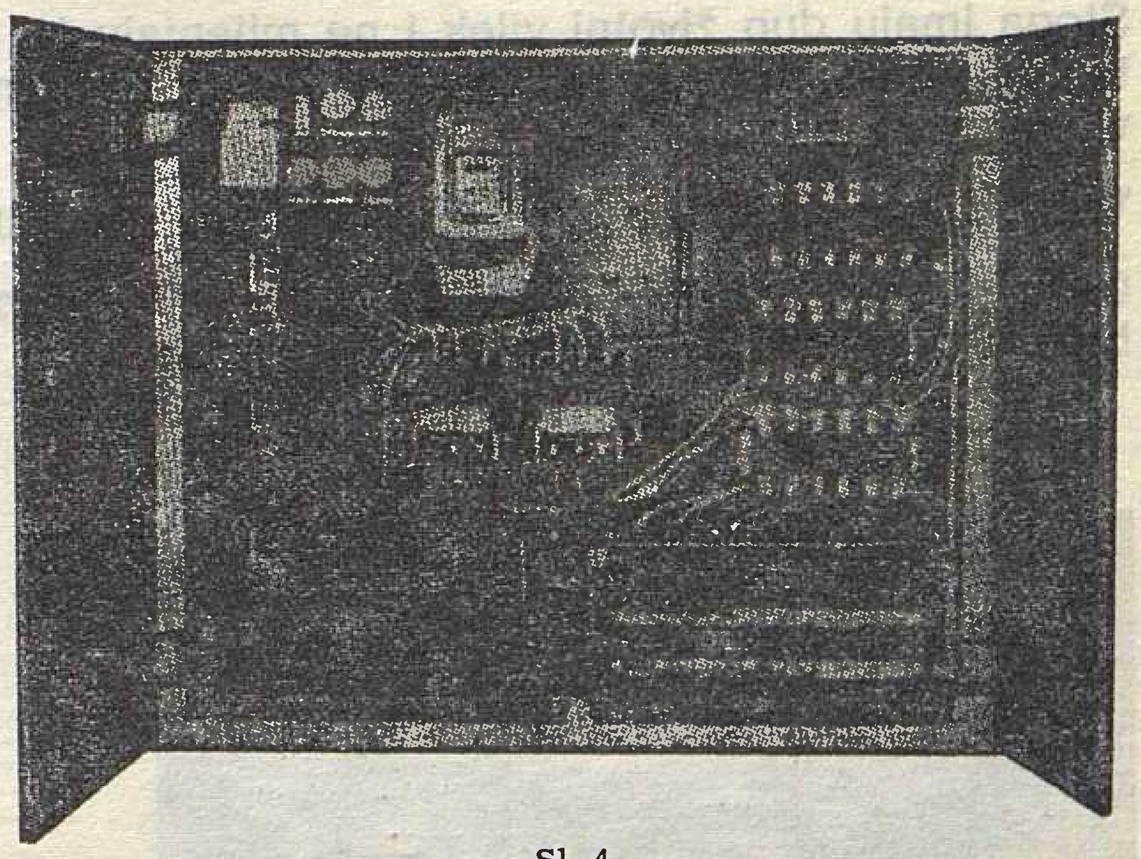
ljen, pa se za umetanje i izvlačenje patrona treba koristiti nasadnom ručicom, ili kao izoliran, u kojem su slučaju osnove osigurača oklopljene a ručica je sastavni dio osnove osigurača.



Sl. 3.

Rastavljajući slog osigurača ima ugrađenu lučnu komoru, pa je moguće vršiti prekopčanja i isklapanja pod opterećenjem, ali jednopolno. U ormar je ugrađena žarulja, koja se pali otvaranjem vrata ormara. Vrata se zatvaraju policilindarskom brtvom.
Na osnove osigurača moguće je priključiti kabel presjeka do 300 mm².

Ormari tipa KRO-JR namijenjeni su za uklapanje i isklapanje javne rasvjete (slika 4). Kod razrade električne sheme djelovanja obuhvaćene su sve mogućnosti koje se pojavljuju kod upravljanja javnom rasvjetom. Ormar se priključuje na pojni kabel koji može biti maksimalnog presjeka do 185 mm² sistema ulaz — izlaz. Kabeli koji vode do priključnice rasvjetnog stupa mogu imati maksimalni presjek 35 mm². Moguće je izvesti najviše 12 trofaznih izvoda kabela, a svaki je izvod osiguran visokoučinskim rastalnim osiguračem. Uklapanje i isklapanje rasvjete vrši se preko 2 sklopnika od 125 A. Kod uključenja obaju sklopnika svijetle sve svjetiljke, a kada je uključen jedan sklopnik, svijetli pola rasvjete, dakle obuhvaćen je sistem cjelonoćne i polunoćne rasvjete.



Sl. 4.

Upravljanje se vrši jednom od mogućnosti:

— tonfrekventno
— uklopnim satom
— luksomatom
— komandnim vodom
— ručno u ormaru.

Za biranje sistema služi grebenasta sklopka ugrađena u ormar. Za mjerenje potrošnje u ormar je ugrađeno kWh brojilo.

Ove kombinacije zadovoljavaju sve uvjete koji se postavljaju na moderno koncipiranu javnu rasvjetu i u pogledu štednje električne energije u periodu smanjenog prometa.

Marijan Jakovac dipl. inž.

KANDELABRI „ARPOSA"

proizvodnje IGM „Sava'' – Krško

Industrija građevnog materijala »SAVA« Krško počela je s proizvodnjom kandelabera »ARPOSA« od armiranog poliestera, tipske dužine 4,7 i 4,0 m.

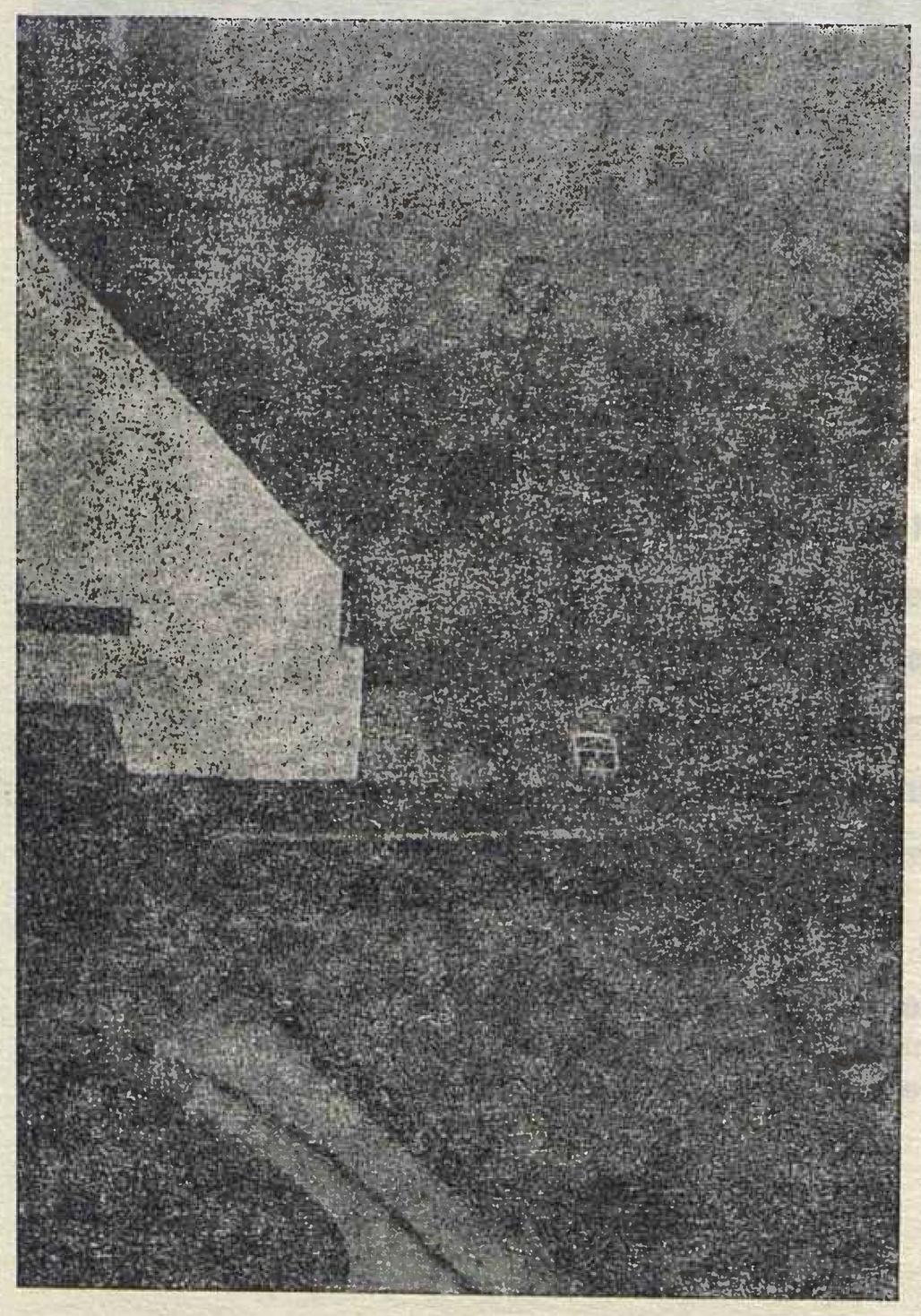
Kandelabri su oblikom šuplji s konicitetom, konačnog vanjskog promjera 76 mm, što odgovara svjetiljkama koje se upotrebljavaju u te svrhe.

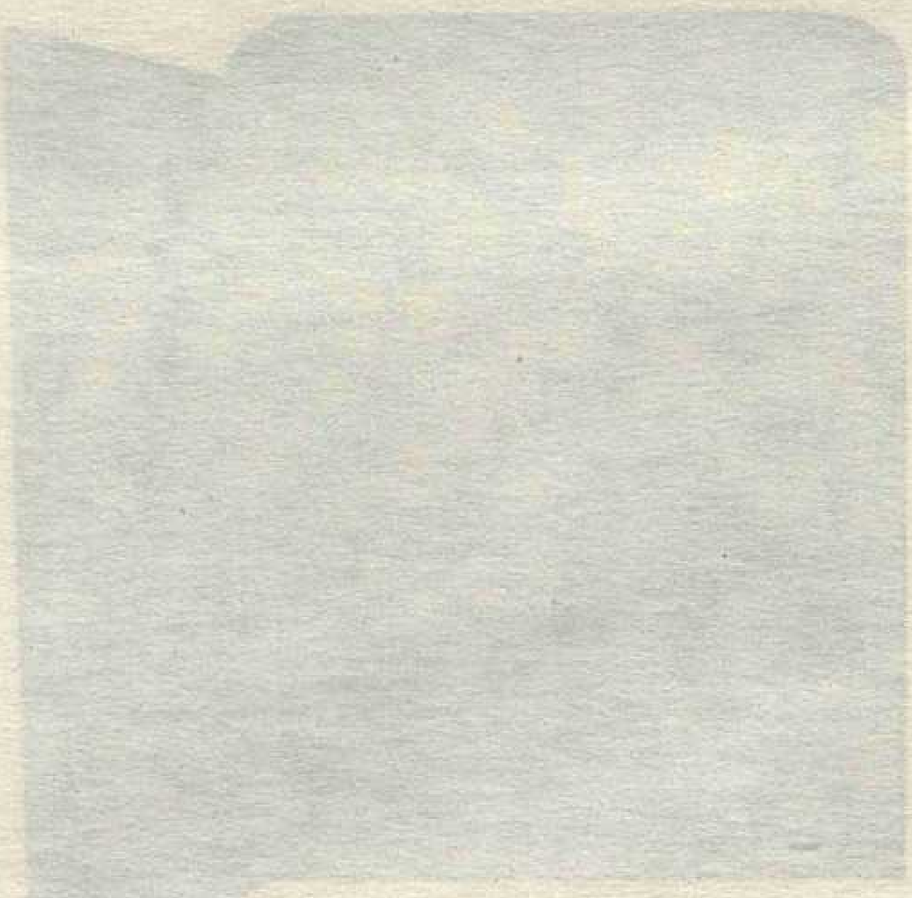
Estetskog su oblika, pa ih možemo (zbog mogućnosti različitih boja) uklopiti u bilo kakav ambijent. Zbog upotrebe armiranog poliestera sa staklenim vlaknima predstavljaju izolaciono tjelo, pa ih nije potrebno uzemljivati. Sam materijal ne korodira, a ne uništavaju ga ni mikroorganizmi.

Stoga imaju dug životni vijek i ne mijenjaju im se mehanička i druga svojstva. Zbog specijalne tehnologije predstavljaju kompaktan element s malim uklonom, pa su upotrebljivi i u području vjetra treće zone.

Vrlo su lagani (težina oko 14 kg) i zato se mogu jednostavno prenositi i transportirati.

Osim kandelabra IGM, »SAVA« proizvodi i montažne temelje pomoću kojih možemo kandelabre brzo i jednostavno podizati i na manje nosivom tlu.





Na želju kupaca možemo ga opremiti s osiguračem i priključnim stezaljkama.

Detaljne informacije i prospektni materijal možete dobiti kod komercijalne službe proizvođača.

UDK 621.81 ENJAAC YU ISSN 0013-7448

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

energija

Izdavači:

Združeno poduzeće »Elektroprivreda«, Rijeka
Združeno poduzeće »Elektroprivreda Dalmacije«, Split
SIZ za znanstveni rad SR Hrvatske
Elektra, Karlovac
Elektroslavonija, Osijek
Elektroistra, Pula
Elektroprimorje, Rijeka
Elektra, Sisak
Elektrodalmacija, Split
Elektra, Zagreb
Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
Institut za elektroprivredu, Zagreb

IZDAVAČKI SAVJET

Dragutin *Stanić*, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Združeno poduzeće, Split — Enco *Tirelli* i Boris *Simončić*, dipl. ing. »Elektroprivreda« Rijeka — Josip *Brkljačić*, dipl. ing., HE Senj — Petar *Kuzele*, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb — Ivan *Cvitan*, dipl. ing., »Elektra«, Sisak — Ivo *Božin*, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Zorko *Cvetković*, Elektroprenos, Zagreb — Šimun *Šimundža*, dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split — Anđelko *Dujmović*, dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek — »Elektroistra«, Pula — Branko *Mrakovčić*, dipl. ing., »Elektroprimorje«, Rijeka — Marko *Šimunović*, dipl. ing., »Elektra«, Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris *Markovčić*, dipl. ing. — Urednik: Zdenka *Jelić*, dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola *Bilčar*, dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Đuro *Hatić*, dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen *Nadinić*, dipl. ing. — Prijenos električne energije, Zorko *Cvetković*, dipl. ing., Zagreb — Josip *Nevešćanin*, dipl. ing., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav *Balen*, dipl. ec., Jure *Šimović*, dipl. ec., Petar *Kuzele*, dipl. ing. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomsko-financijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik: Zlatko *Orban*.

Redakcija završena 15. veljače 1982.

Godište 31 (1982) Zagreb 1982 Br. 3—4

SADRŽAJ

Lončar I. — Ružinski N.: Uzroci onečišćenja i tehnološka obrada turbinskog kondenzata (PREGLEDNI RAD) 75

Bilčar N.: Uloga NE Krško u elektroenergetskom sistemu zapadnog dijela Jugoslavije (PREGLEDNI RAD) 87

Schenner mr R.: Rješenje 110 kV i 30 kV mreže grada Zagreba za razdoblje 1980—2000. godine, II dio (PRETHODNO SAOPĆENJE) 91

Ožegović M.: Uzemljenje zvjezdišta paralelno spojenih transformatora preko zajedničkog otpora (ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD) 107

Nikolić B.: Proračun preseka kabla niskog napona za napajanje stambenog objekta električnom energijom na osnovu srednje snage stana na nivou TS-SN/NN (STRUČNI RAD) 113

Šimović J.: Temeljna obilježja sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u planskom razdoblju 1976—1980. godine, I dio (PRETHODNO SAOPĆENJE) 117

Seminar o srednjoročnom i dugoročnom razvoju elektroprivrede 133

Širom svijeta 137

Vijesti iz elektroprivrede 138

Prikazi knjiga 141

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 12 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300 novih dinara, a za poduzeća i ustanove 1200 novih dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 150 novih dinara.

Za inozemstvo $ 70 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-505

Tisak i klišeji: Grafički zavod Hrvatske, Zagreb Frankopanska 26.

ELEKTROPRIVREDA ZAGREB

OOUR Elektroprenos

ZAGREB

Obavlja u okviru svoje osnovne djelatnosti:

prijenos električne energije, izrađuje studije,

razvoj i projektiranje, izgradnju i nadzor izgradnje

elektropriienosnih postrojenja i telekomunikacio-

nih uređaja.

OOUR ELEKTROPRENOS - ZAGREB

Proleterskih brigada 37 - Tel.: 513-822 i 511-455

Teleks: 21 681 YU — ELPREZ

Energija God 31 (1982) br. 3—4, 75—86

UZROCI ONEČIŠĆENJA I TEHNOLOŠKA OBRADA TURBINSKOG KONDENZATA

Ivan L o n č a r, Nikola R u ž i n s k i, Zagreb

UDK 621.165.003
PREGLEDNI RAD

Kondenzat, koji predstavlja više od 98% napojne vode generatora pare, podložan je različitim onečišćenjima. Sastav kondenzata bitno utječe na sigurnost i trajnost rada termoenergetskog bloka. Do onečišćenja kondenzata dolazi vanjskim utjecajem, prodorom rashladne vode, te unutrašnjim, korozivnim procesima. Sastav rashladne i cirkulacione pogonske vode utječe na oštećenja cijevi kondenzatora. Pravilnim izborom uređaja i sistema obrade kondenzata osigurava se kvaliteta napojne vode.

Ključne riječi: turbina, kondenzat, onečišćenje.

UVOD

U visokotlačnim termoenergetskim blokovima, zahvaljujući odličnoj kvaliteti napojne vode — električne vodljivosti oko 0,1 μS/cm i sadržaja SiO_2 manje od 0,02 mg/1 — gubici u cirkulacionom sistemu iznose tek oko 1,5%. Taj se gubitak nadoknađuje dodatnom napojnom vodom dobivenom procesom potpune demineralizacije sirove vode. Uz izrađenu paru turbine u kondenzator se obično dovode i kondenzati ogrjevne pare od regenerativnog predgrijanja napojne vode, a vrlo često se u kondenzatoru i otplinjuje demineralizirana dodatna napojna voda, tj. dodatna napojna voda uvodi se direktno u kondenzator.

Napojna voda generatora pare sastoji se, dakle, od 98,5% kondenzata i tek oko 1,5% dodatne napojne vode, tako da je u visokotlačnim kondenzacionim blokovima kondenzator glavni proizvođač napojne vode za generator pare. To je i razlog da se velika pažnja mora posvetiti ispravnoj konstrukciji i izradi kondenzatora, izboru odgovarajućeg materijala kondenzatorskih cijevi i načinu njihove ugradnje (1, 2, 3).

I u normalnim uvjetima pogona bloka, uz odgovarajući sastav izrađene pare i rashladne vode, te ispravni kondenzat, ipak dolazi do proboja rashladne vode u kondenzat odnosno u cirkulacioni sistem. Za praktički potpuno tijesan i ispravan kondenzator može se računati s probojem do 0,5 l/h rashladne vode (4). Razlog stalnog proboja rashladne vode jest postojanje finih kapilara na mjestima uvaljanja cijevi u dno kandenzatora. Na tim mjestima dolazi do difuzionih procesa, što je posljedica velikih razlika u koncentraciji soli u izrađenoj pari i rashladnoj vodi, naročito kod protočnog hlađenja morskom vodom, te recirkulacionog načina hlađenja primjenom rashladnih tornjeva. Tom procesu difuzije pogoduje visoki vakuum sa strane pare i povišeni tlak rashladne vode.

ONEČIŠĆENJA TURBINSKOG KONDENZATA

Uz navedeno »normalno« onečišćenje kondenzatora rashladnom vodom često dolazi i do naglih proboja većih količina rashladne vode u kondenzat. To je posljedica jakih oštećenja cijevi kondenzatora procesima korozije zbog nepovoljnih uvjeta pogona, neispravnog sastava i povećane kemijske agresivnosti rashladne vode, a naročito u slučaju primjene bočate ili morske vode (5, 6). Ovakav proboj i onečišćenje kondenzatora reshladnom vodom nazivamo vanjskim onečišćenjem kondenzata.

I u sistemu predgrijanja, isparavanja i pregrijanja u generatoru pare, uz normalne uvjete pogona, stalno se onečišćuje napojna voda i kondenjat produktima »usmjerene« korozije: stvaranjem zaštitnog sloja magnetita Fe_3O_4 na površini cijevi. Kod promjenljivih uvjeta pogona generatora pare, naročito u dvofaznom području voda — para, mogući su i jaki procesi erozivne, elektrokemijske korozije i termičkog razaranja zaštitnog sloja. Posljedica navedenih procesa jest »unutarnje« onečišćenje kondenzatora pretežno produktima korozije.

Obje vrste onečišćenja kondenzata, u ovisnosti o stupnju i sastavu onečišćenja, imaju kao posljedice havarije u sistemu generatora pare i sniženja učinka turbine zbog:

— stvaranja nakupina mulja na mjestima slabije cirkulacije vode i taloga na termički eksponiranim površinama isparnih cijevi u generatoru pare, naročito u području prijelaza s mjehurastog isparavanja na filmsko (7)

— jake pojave elektrokemijske korozije i razaranja zaštitnog sloja magnetita, naročito u slučа-

ju prodora morske rashladne vode u kondenzat (8)

— onečišćenja pregrijane pare i selektivnog taloženja nečistoća na lopaticama turbine u određenim područjima temperature (9).

Zbog navedenih normalnih unutarnjih i vanjskih onečišćenja kondenzata počela se prije 30 godina primjenjivati tehnološka obrada kondenzata, kojom se konstantno osigurava određena kvaliteta napojne vode za generator pare i u slučaju jačih prodora rashladne vode (10, 11, 12, 13). Uređaj za obradu nečistog kondenzata mora garantirati u svim uvjetima pogona bloka potrebnu kvalitetu napojne vode (na primjer prema preporukama VGB od listopada 1980. godine (14), jer se jedino na taj način može osigurati čistoća i korozivna zaštita cirkulacionog sistema generatora pare, a time i garancija ekonomičnog, sigurnog i pogonski spremnog termoenergetskog bloka.

ONEČIŠĆENJA POGONSKE VODE GENERATORA PARE

Korozivna stabilnost površina čeličnih cijevi u kompletnom sistemu generatora pare s vodene strane ovisi o kvaliteti nastalog zaštitnog sloja magnetita Fe_3O_4 (15, 16, 17). Zaštitni sloj mora imati ova svojstva:

a) da je čvrsto vezan na metalnu površinu cijevi, tj. da su sile kohezije približno jednake silama adhezije sloja,

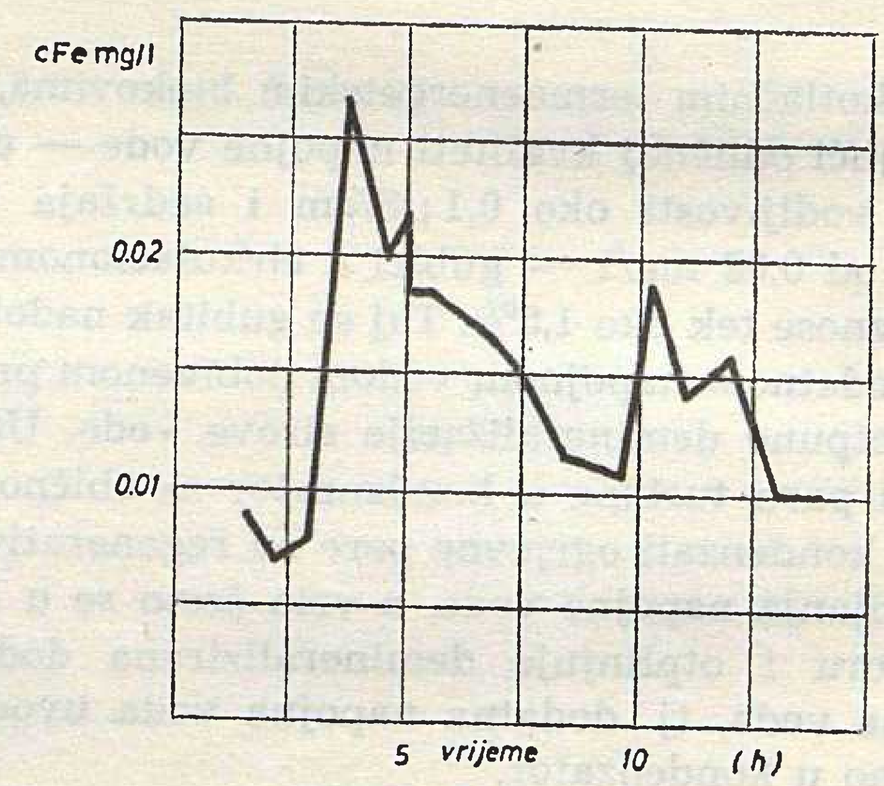
b) da je sloj homogen, gust (neporozan) i glatke površine,

c) da je kemijski otporan u području praktične pH vrijednosti kotlovne vode.

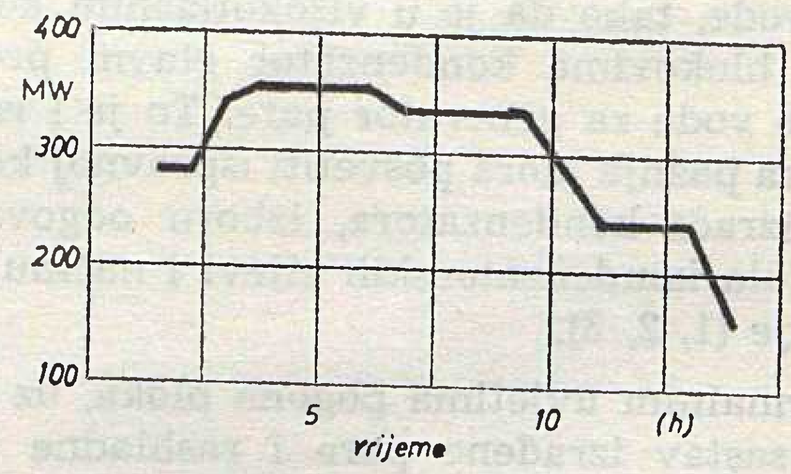
Navedena svojstva zaštitnog sloja, nastalog u vodenoj fazi ovise o fizikalnoj čistoći, sastavu soli, pH vrijednosti i temperaturi vode u području nastajanja sloja. Brzina rasta i debljina nastalog sloja funkcija je visine specifičnog toplinskog opterećenja stijenke cijevi. U području temperature pogonske vode do maksimuma 250°C nastaju elektrokemijskom reakcijom dva različita sloja magnetita. Donji, »topotaktički« sloj magnetita homogen je i gust, tanak i čvrsto povezan (urastao) s metalnom površinom cijevi. Taj donji dio magnetita p r a v i je zaštitni sloj, a nastaje samo na metalno čistim površinama cijevi. Na tom osnovnom sloju nastaje u alkaličnoj kotlovnoj vodi sekundarnom Schikorrovom reakcijom porozan »epitaktički« sloj magnetita koji je slabo i labavo povezan s osnovnim i homogenim donjim slojem. Ovaj sloj nastaje obično na mjestima lokalno oštećenog zaštitnog sloja.

Moguće lokalno pojačano turbulentno strujanje kotlovne vode odnosi djelomično fine čestice labavo vezanog epitaktičnog sloja u sistem generatora pare i za vrijeme normalnih pogonskih uvjeta. Gust i homogen donji zaštitni sloj ima manji toplins koeficijent rastezanja od osnovnog čelika jer je nastao pod povišenim pritiskom. Zbog toga česte obustave i puštanja u pogon generatora pare, kao i naglo povišenje opterećenja generatora pare imaju kao posljedicu pucanje i donjeg topotaktičkog sloja magnetita zbog povišenja specifičnog toplinskog opterećenja stijenke, promjene zone dvofaznog područja isparavanja i profila strujanja vode, kao i promjene sastava vode u graničnom sloju. Strujanje vode raznosi čestice magnetita u sistem. Istovremeno na oštećenim mjestima zaštitnog sloja, a u ovisnosti sastava vode u graničnom sloju, ponovno naglo nastaje labavi epitaktički sloj magnetita djelomično odnošen strujanjem vode u sistem generatora pare.

Posljedica toga je naglo povišenje sadržaja željeza u kotlovnoj vodi pri svakoj promjeni normalnog pogona generatora pare (Hide-out efekt) (17).



SADRŽAJ ŽELJEZA U NAPOJNOJ VODI

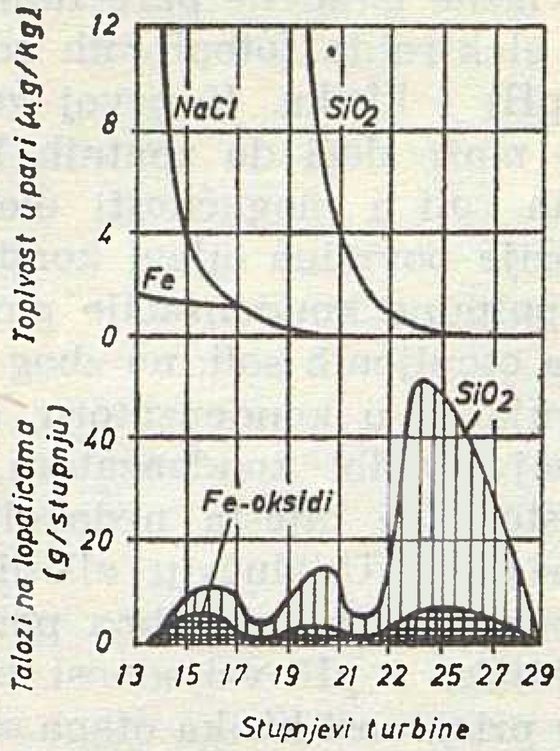


PROMJENA OPTEREĆENJA BLOKA

Sl. 1. *Promjena sadržaja željeza napojne vode ovisno o opterećenju bloka*

Pri temperaturi vode višoj od 250°C, kao i u parnoj fazi, na stijenkama cijevi u generatoru pare nastaje difuzionim procesom samo jedan sloj magnetita. Nastali sloj tanak je i homogen, no visokog unutarnjeg neprezanja. Zbog toga i u uvjetima normalnog pogona generatora pare može doći do ošte-

ćenja sloja zbog malih lokalnih mehaničkih, termičkih ili kemijskih promjena u graničnom sloju i odnošenja čestica strujom pare u turbinu (9).



Sl. 2. *Topljivost i zone taloženja soli željeznih oksida na lopaticama turbine*

Proces stvaranja magnetita prati nastajanje ekvivalentne količine vodika. Njegovim određivanjem u pari može se zaključiti o intenzivnosti procesa (18, 19, 20).

Osim produktima procesa usmjerene korozije stvaranja magnetita, kotlovna voda i para može biti onečišćena i rđom $Fe_2O_3 \times H_2O$, koja je smeđe boje i nije magnetična. Onečišćenja rđom uvijek su posljedica neispravnog konzerviranja generatora pare za vrijeme stajanja pogona (21, 22).

Odgovarajući karakteristikama parnog stanja para mehanički odnosi i otapa veće ili manje količine soli koje sadrži kotlovna voda (23, 24). U normalnim uvjetima količina soli u pari i kondenzatu približno je konstantna i ovisna o:

a) količini i vrsti pojedinih soli kotlovne vode, tj. o načinu pogona generatora pare alkaličnim, neutralnim ili kombinaranim postupkom kondicioniranja (25, 26),

b) konstruktivnim karakteristikama generatora pare

c) karakteristikama pogona generatora pare.

U praksi su moguće povišene količine soli napojne i potlovne vode izbog:

— kvarova na postrojenjima demineralizacije dodatne napojne vode i obrade kondenzata, naročito na automatici, armaturi te mjernim i kontrolnim instrumentima (27, 28, 29)

— neispravno provedene regeneracije miješanih filtara postrojenja obrade kondenzata, načina regeneracije i ispiranja ostatka kemikalija za regeneraciju

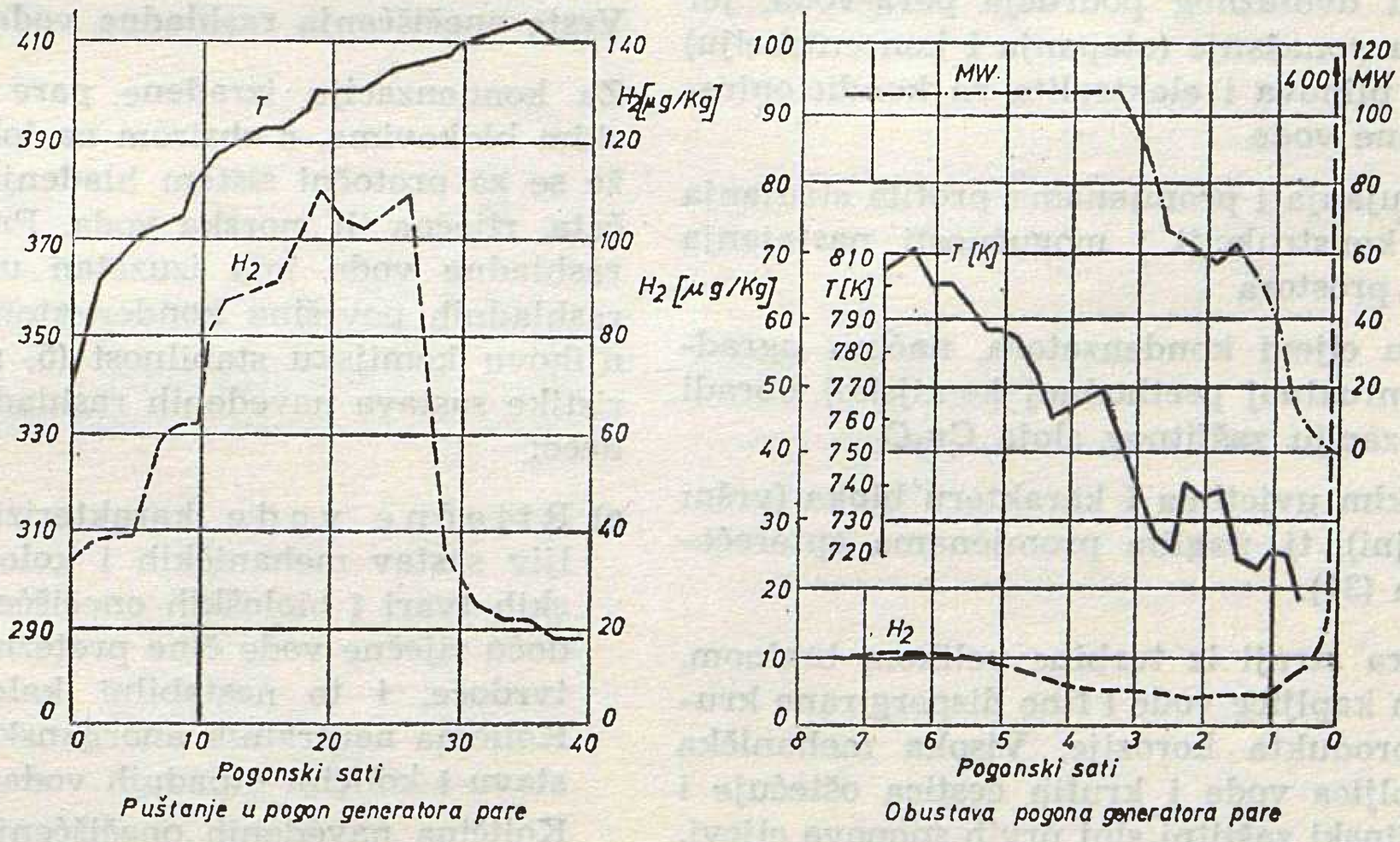
— preopterećenja postrojenja obrade kondenzata u slučaju naglog proboja većih količina rashladne vode

— vrsti kemikalija za kondicioniranje napojne vode onečišćene solima rashladne vode poradi preopterećenja postrojenja obrade kondenzata (3)

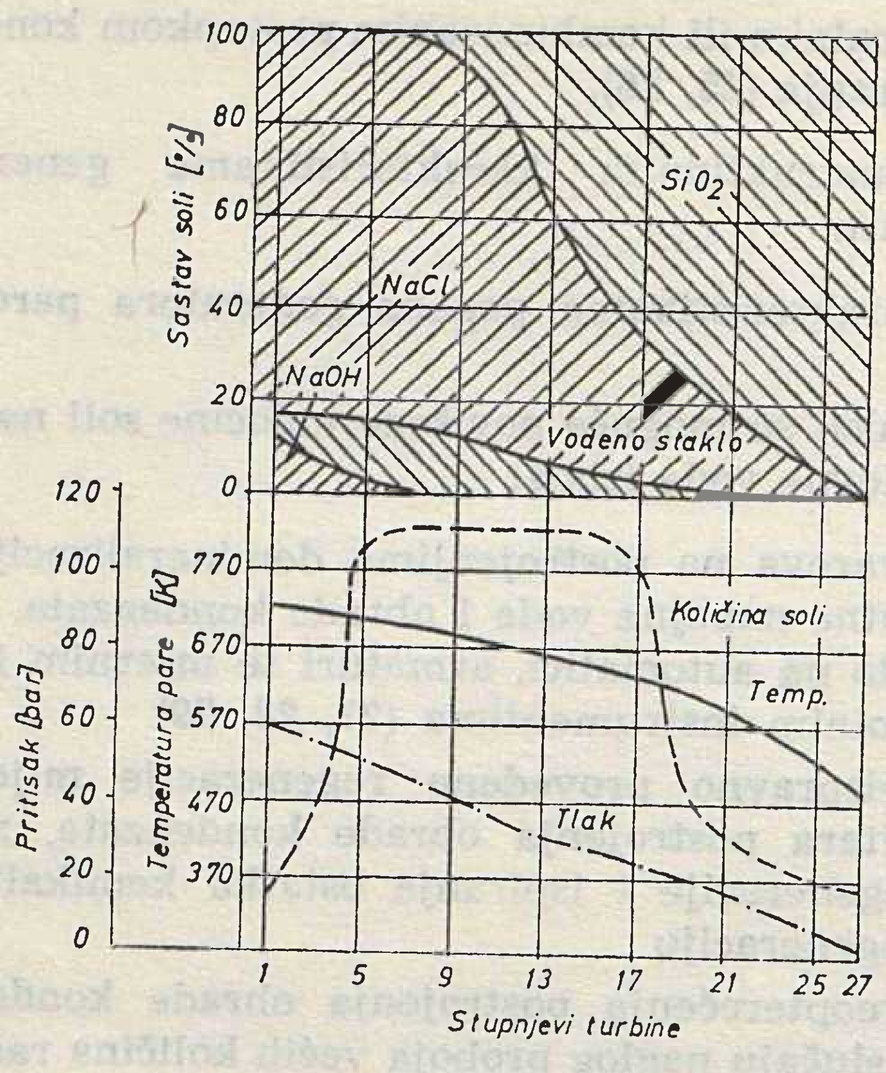
— lošeg sastava vode za regulaciju temperature pregrijane pare.

U takvim slučajevima dolazi i do selektivnog taloženja soli na lopaticama turbine prema uvjetima strujanja i stanju pare. Talozi na lopaticama obično sadrže topljive soli NaCl, NaOH, Na_2SiO_3 (vodeno staklo), te netopljivi SiO_2.

Pogonska kontrola vrste i približne količine onečišćenja turbinskih lopatica provodi se analizom kondenzata kod obustave rada turbine. U tom slučaju zasićena para otapa talog mineralnih soli, a strujanje pare odnosi s lopatica veći dio mehaničkih netopljivih nečistoća koje čine produkti korozije vodenih i parnih površina generatora pare.



Sl. 3. *Sadržaj vodika u svježoj pari pri obustavi i puštanju u pogon generatora pare*



Sl. 4. *Zasoljenje parne turbine*

Prema tome, pri svakoj obustavi rada turbine dolazi do pojave »samoispiranja« turbinskih lopatica, a određivanjem količine i vrste mehaničkih nečistoća membranskim filterom, te kemijskom analizom vrste i količine topljivih mineralnih soli može se zaključiti da li je ispravan sastav napojne vode i način kondicioniranja, kao i kakva je efikasnost zaštitnog djelovanja sloja magnetita.

Uzroci oštećenja cijevi kondenzatora od pare

Mehanička i kemijska agresivnost izrađene pare i moguća oštećenja cijevi kondenzatora izrađene od legura bakra, uzevši u obzir i kemijsku stabilnost zaštitnog sloja Cu_2O, ovisi o ovim faktorima:

— fizikalnoj čistoći i stupnju vlažnosti pare, načinu kondicioniranja napojne vode i sadržaju elektrolita

— postojanju dvofaznog područja para-voda, jer djeluje na ponašanje (otapanja i koncentraciju) prisutnih plinova i elektrolita za kondicioniranje napojne vode

— brzini strujanja i promjenama profila strujanja pare, te konstrukciji i mogućnosti nastajanja »mrtvih« prostora

— materijalu cijevi kondenzatora, načinu ugradnje i eventualnoj prethodnoj kemijskoj obradi za stabilizaciju zaštitnog sloja Cu_2O

— o pogonskim uvjetima i karakteru bloka (vršni ili temeljni), tj. naglim promjenama opterećenja bloka (31).

Izrađena para struji iz turbine velikom brzinom, noseći sobom kapljice vode i fino dispergirane krute čestice produkta korozije. Visoka mehanička energija kapljica vode i krutih čestica oštećuje i odnosi površinski zaštitni sloj prvih snopova cijevi. Nastaje erozija površina cijevi, koja uz određene uvjete odnosa brzine erozije i procesa nastajanja zaštitnog sloja može prijeći u vrlo intenzivan proces erozivne korozije i potpunog razaranja stijenke i prodora rashladne vode u kondenzat. Kemijska agresivnost vlažne izrađene pare funkcija je sadržaja i vrste elektrolita (otopljenih soli) i plinova amonijaka (pH) i kisika. U prvoj zoni dvofazne kondenzacije može doći do znatnih koncentracija lako topljivih soli i mogućnosti elektrokemijske lokalne korozije površina cijevi kondenzatora (32, 33). U zoni potpune kondenzacije pare snizuje se koncentracija otopljenih soli, no zbog mogućih poremećaja strujanja u kondenzatoru, u ovisnosti o konstruktivnoj izvedbi kondenzatora, stvaraju se »mrtvi« prostori, te mjesta nedovoljnog »ispiranja« kondenzatom. U slučaju alkaličnog pogona generatora pare na tim mjestima poraste koncentracija amonijaka i pH vrijednost kondenzata, a uz istodobnu prisutnost kisika otapa se zaštitni sloj bakrenog oksida i stvara kompleksna, u kondenzatu topljiva sol bakra i amonijaka $Cu(NH_3)_4(OH)_2$ (24, 51).

Korozijom ugrožena mjesta u kondenzatoru pretežno su:

— ulazni snopovi cijevi

— cijevi u području priključaka vakuumskih ejektora

— na mjestima loše izvedbe podupore cijevi (pregradne stijene)

— neposredno na mjestima uvaljanja cijevi u dno kondenzatora.

Navedenim procesima, uz istodobno moguća lokalna mehanička naprezanja cijevi, dolazi na određenim mjestima do potpunog razaranja stijenke cijevi i naglog proboja većih količina rashladne vode u kondenzat. U takvom slučaju, nagli proboj rashladne bočate ili morske vode uzrokuje često i obustavu pogona bloka i kod primjene postrojenja za obradu kondenzata.

Vrste onečišćenja rashladne vode

Za kondenzaciju izrađene pare u termoenergetskim blokovima, s obzirom na lokaciju bloka, može se za protočni sistem hlađenja upotrijebiti bočata, riječna ili morska voda. Prema tome, sastav rashladne vode ima izuzetan utjecaj na čistoću rashladnih površina kondenzatorskih cijevi, kao i njihovu kemijsku stabilnost (5, str. 25). Karakteristike sastava navedenih rashladnih voda su slijedeće:

a) R i j e č n e v o d e karakterizira vrlo promjenljiv sastav mehaničkih i koloidalnih te organskih tvari i bioloških onečišćenja. Ukupnu tvrdoću riječne vode čine pretežno soli karbonatne tvrdoće, i to nestabilni kalcijski bikarbonat. Količina neutralnih anorganskih soli ovisi o sastavu i količini otpadnih voda.

Količina navedenih onečišćenja ovisi o intenzitetu oborina, te o karakteru obalnog područja,

koje može biti pretežno poljoprivredno, industrijsko ili naseljeno. U slučaju industrijskih i naseljenih područja sastav onečišćenja umnogome ovisi o industrijskoj proizvodnji i tehnološkoj ispravnosti postrojenja za obradu otpadnih voda.

Posljedica direktne primjene riječne vode u rashladne svrhe jest zamuljenje cjevovoda i stvaranje bioloških taloga uz moguće sekundarne procese korozije (5, str. 48).

b) Bočata voda čini prijelaz od »slatke«, riječne do morske vode, dakle na ušću riječnog toka u more. Zbog toga se sastav bočate vode mijenja u velikom rasponu, a naročito u pogledu sadržaja mineralnih soli. Bočata se vode dijeli prema salinitetu, tj. u gramima suhe soli na 1 000 g bočate vode, a kreće se od 3 do 16,5‰, u ovisnosti o plimi i oseki, godišnjoj dobi i vjetrovima.

   Za bočate vode karakteristično je povremeno potpuno pomanjkanje kisika, što ima za posljedicu nastajanje sumporvodika djelovanjem sulfatno reducirajućih bakterija.

   Uz navedena onečišćenja bočate vode sadrže mehaničke nečistoće (pijesak), koloidni mutež, te promjenljiv sadržaj organskih tvari. Posljedica navedenih onečišćenja je visoka kemijska agresivnost bočate vode i vrlo različiti korozivni procesi i erozija kondenzatorskih cijevi, tako da je potrebna naročita pažnja pri izboru materijala za cijevi kondenzatora (6, str. 136).

c) Morska voda praktički je fizikalno čista, s tragovima koloidnih nečistoća, no visokog sadržaja anorganskih soli (elektrolita), naročito klorida, te velikog broja razlčitih nižih organizama (spužve, školjkaši, sluzave bakterije, itd.).

   Direktnim protočnim sistemom kondenzacije morskom vodom mogući su vrlo intenzivni procesi erozivne i elektrokemijske korozije kondenzatorskih cijevi. Kako uz to postoje i idealni uvjeti za razmnažanje nižih organizama, dolazi i do lokalnog djelomičnog začepljenja cijevi i turbulentnog strujanja, te mehaničkog oštećenja cijevi.

   Budući da hlađenje morskom vodom ima prednost u neograničenoj količini i niskom toplinskom opterećenju mora toplom izlaznom rashladnom vodom, danas se za kondenzator primjenjuju cijevi od kemijski i mehanički otporne legure Cu, Ni, Fe ili čisti titan (6, str. 153).

Direktni sistem hlađenja ima prednosti u manjim investicijama, a kod primjene bočate ili morske vode i u nižem toplinskom opterećenju toplom izlaznom rashladnom vodom (ekološki problem). Međutim, kod protočnog sistema hlađenja može se primjenom odgovarajućih uređaja filtracije donekle sniziti sadržaj grubih fizikalnih nečistoća, a istaloženi mulj iz cijevi odstraniti primjenom čišćenja metodom Taprogge (6, str. 275). Kemijska stabilizacija zaštitnog sloja površina cijevi postiže se dodatkom otopine željeznog sulfata $FeSO_4$ u rashladnu vodu (35). Uobičajene metode kompletnog kemijskog sistema hlađenja nije moguće primijeniti iz ekonomskih razloga.

d) Dekarbonizirana odnosno tehnološki obrađena sirova voda dodatkom vapnenog mlijeka i flokulanta primjenjuje se u sistemu povratnog cirkulacionog hlađenja s rashladnim tornjevima. Navedenim kemijskim procesom snizuju se sirovoj vodi organske tvari, odstranjuju mehaničke i koloidalne nečistoće, taloži eventualno prisutno željezo i pretežni dio karbonatne tvrdoće (kalcijski bikarbonat). Fizikalno čista dekarbonizirana dodatna rashladna voda treba omogućiti sastav rashladne vode prema važećim propisima (36).

   Ekonomičnost potroška rashladne vode u sistemu hlađenja, tj. količine dodatne dekarbonizirane vode postiže se sniženjem gubitka odsoljavanja rashladnog sistema, odnosno povišenjem brojke uparenja cirkulacione rashladne vode dodacima kemikalija za stabilizaciju karbonatne tvrdoće (sprečavanje taloženja $CaCO_3$), inhibitora korozije, sredstva za disperziju mulja, mikrocida itd. (37). Unatoč kondicioniranju cirkulacione rashladne vode odgovarajućim kemikalijama, vrlo je teško stalno održavati optimalan sastav koji bi garantirao potpunu čistoću površina cijevi i spriječio procese korozije. Uzrok tome je stupanj i vrsta onečišćenja rashladnog zraka u ovisnosti lokacija rashladnog tornja unutar pojedinih industrijskih područja: željezara, koksara, rafinerija, tvornica umjetnih gnojiva itd.

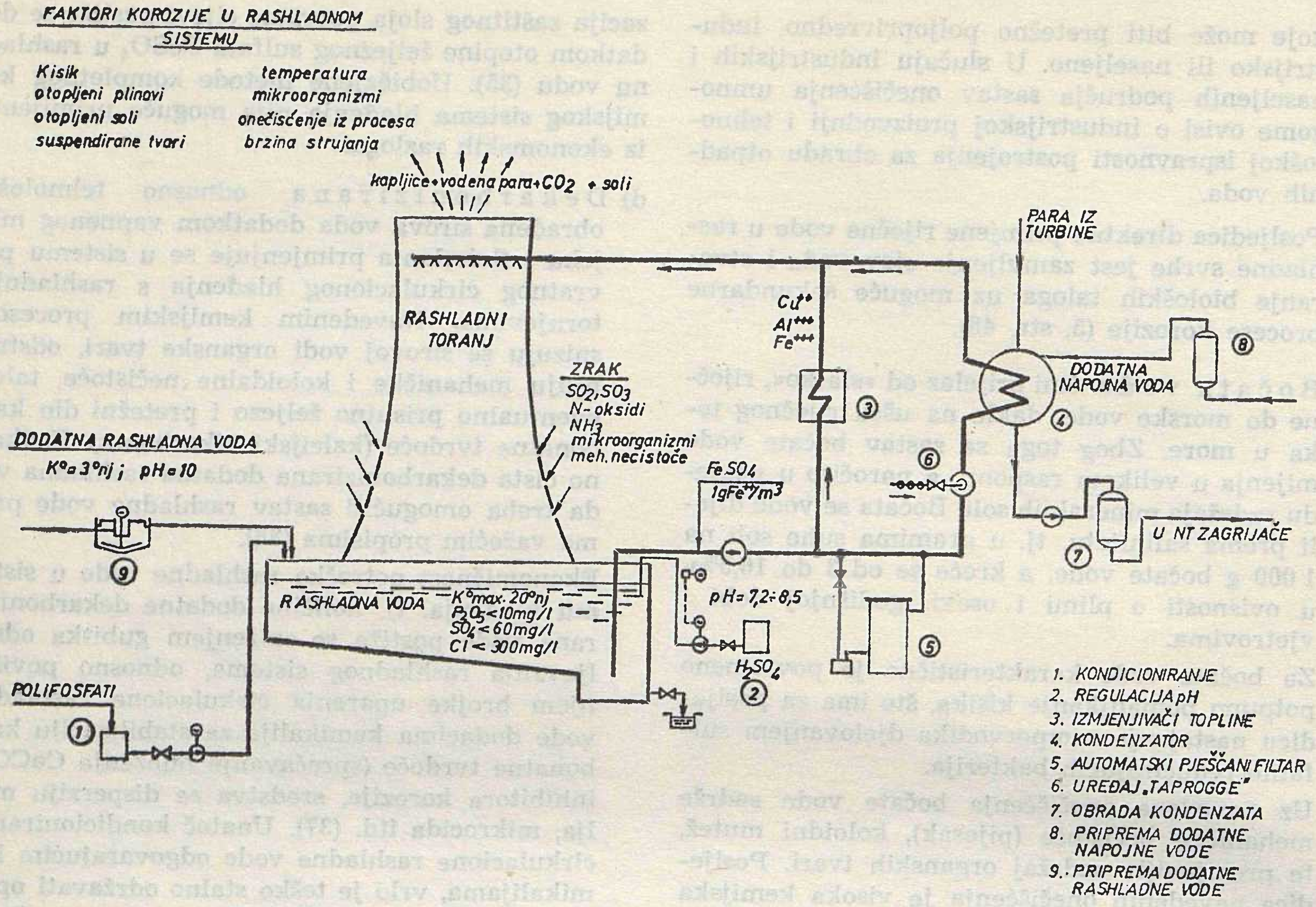
Dokaz tome je i podatak da je oko 90% oštećenja kondenzatorskih cijevi posljedica neispravnog sastava cirkulacione rashladne vode. Na slici 5. prikazan je shematski tok povratnog cirkulacionog sistema hlađenja s mogućim onečišćejima i metodama kondicioniranja, cirkulacione rashladne vode i faktorima korozije rashladnog sistema.

Oštećenja cijevi kondenzatora od rashladne vode

Osnovni faktori kemijske agresivnosti i ubrzanih procesa korozije cijevi kondenzatora u rashladnoj vodi jesu:

— pH-vrijednost rashladne vode
— sadržaj mehaničkih, suspendiranih, koloidalnih i organskih nečistoća
— količina i sastav elektrolita, a naročito klorida i sulfata kao katalizatora lokalne elektrokemijske korozije
— mikrobiološka onečišćenja
— sadržaj kisika i plinova iz okolišnje atmosfere.

Mogući oblici oštećenja i korozije su erozija, erozivna korozija, ozračeni elementi, elektrokemijska



Sl. 5. *Shema onečišćenja i kondicioniranja cirkulacione rashladne vode*

lokalna korozija, selektivna i interkristalinična korozija, itd. Povišenim uparenjem cirkulacione rashladne vode ekvivalentno se povisuje i sadržaj mehaničkih, organskih i bioloških nečistoća kao i elektrolita, a time i mogućnost zamuljenja, taloženja i razaranja cijevi erozionom i elektrokemijskom korozijom, uz lokalno pojačano i mehaničko opterećenje cijevi (vibracije) (38).

U praktičnim uvjetima pogona, uz navedena vanjska onečišćenja i odgovarajuće kondicioniranje, prisutan je još i stalan utjecaj pogonskih faktora, i to:

— za procese korozije kondenzatorskih cijevi vrlo neugodni lokalno različiti profili strujanja rashladne vode (turbulentnost), nastali kao posljedica mjestimično slabijeg ili jačeg zamuljenja, mineralnih taloga, a i gotovo potpunog začepljenja cijevi određenom vrstom školjaka kod protočnog hlađenja morskom vodom (6, str. 150). Uzrok naglih promjena strujanja rashladne vode može biti i konstruktivno loše izveden kondenzator.

— mehanička opterećenja cijevi i jake vibracije kao posljedica naglih promjena opterećenja generatora pare.

Posljedica navedenih vanjskih faktora vrlo su različiti oblici oštećenja, a čak i potpunog razaranja materijala kondenzatorskih cijevi. Naročito kod naglih promjena opterećenja bloka može nastupiti istovremeno djelovanje više navedenih faktora i potpuno razaranje cijevi na pojedinim mjestima. U tom slučaju jaki i nagli prodor cirkulacione rashladne vode u sistem može — i uz primjenu postrojenja obrade kondenzata — uzrokovati potpunu obustavu pogona.

Zaključak

Za konstantno održavanje potrebne kvalitete kondenzata odnosno napojne vode, uz ispravno konstruiran i praktički tijesan kondenzator, potrebno je i sljedeće:

— tehnološki i konstruktivno odgovarajuće postrojenje za obradu turbinskog kondenzata i savjesno vođenje pogona

— ispravan sistem za uzimanje reprezentativnih uzoraka pare i rashladne vode (39)

— stalna automatska i laboratorijska kontrola mehaničkih, organskih nečistoća i kemijskog sastava pare i kondenzata prije i iza postrojenja za obradu kondenzata

— održavanje praktički konstantnog sastava cirkulacione rashladne vode uz odgovarajuću kontrolu količine mehaničkih, organskih nečistoća, kemijskog sastava i suviška potrebnih kemikalija za kondicioniranje (14)

— kontrola ispravnosti sastava i agresivnosti rashladne vode ugrađenim »kuponima« na odgovarajućim mjestima cirkulacije

— primjena uređaja za stalno čišćenje cijevi kondenzatora od mulja i taloga (sistem Taprogge), uz eventualnu konstantnu filtraciju jednog dijela cirkulacione rashladne vode

— stavljanje kondenzatora u pogon s rashladnom vodom ispravnog sastava, odnosno uz odgovarajući dodatak otopine željeznog sulfata $FeSO_4$ radi zaštite i stvaranja stabilnijeg zaštitnog sloja (35) pri korištenju rashladne morske vode

— kod obustave rada bloka po mogućnosti ostaviti kondenzator pun vode, jer osušeni zaštitni sloj željeznog hidroksida ($Fe(OH)_3$) i bakrenog oksida (Cu_2O) lako puca i ljušti se.

Budući da je praktički nemoguće u svim uvjetima pogona generatora pare stalno održavati odgovarajuću optimalnost sastava napojne i rashladne vode, postoji uvijek mogućnost onečišćenja turbinskog i ogrevnog kondenzata, odnosno napojne vode. To je i razlog što se danas u kondenzacionim visokotlačnim blokovima uvijek primjenjuju odgovarajući uređaji za mehaničku i kemijsku obradu turbinskog kondenzata.

OBRADA KONDENZATA

Pri izboru tehnološkog procesa za obradu turbinskog kondenzata treba poći od ovih podataka:

a) vrste, koncentracije i disperziteta unutarnjih onečišćenja pare i kondenzata koju čine produkti korozije površina kompletnog sistema generatora pare sa vodene strane, male količine soli od kondicioniranja napojne vode, te tragovi soli (naročito NaCl) od procesa regeneracije uređaja za obradu kondenzata.

   Ta su onečišćenja u normalnim uvjetima pogona gotovo konstantna i karakteristična su za kondenzate temeljnih termoenergetskih blokova. Kod vršnih termoenergetskih blokova njihova je vrsta i koncentracija ovisna o učestalosti obustave i stavljanja bloka u pogon, vremenu stajanja bloka izvan pogona i načinu konzerviranja generatora pare;

b) vrste i koncentracije vanjskih onečišćenja kondenzata zbog prodora rashladne vode, koja ovise o količini proboja i sastava rashladne vode. Bez obzira na porijeklo onečišćenja kondenzata, kemijskom analizom treba odrediti vrstu onečišćenja, i to:

   — katione: Ca, Mg (soli tvrdoće), Na, NH_3

   — anione: SiO_2, SO_4, Cl

   — suspendirane i otopljene produkte korozije (Fe, Cu)

   — organske nečistoće, te

   — agresivne plinove O_2 i CO_2;

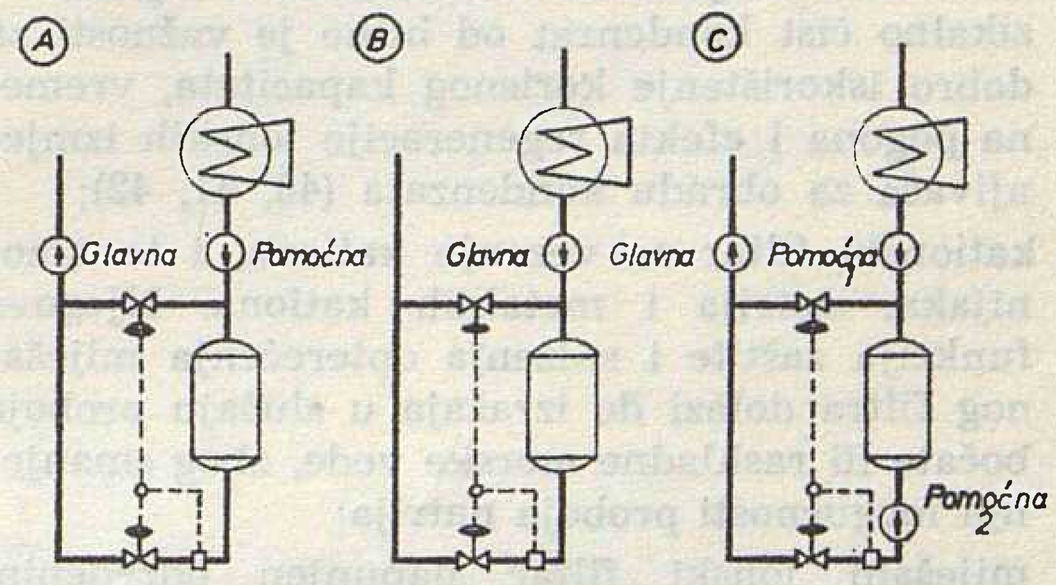
c) normalne i maksimalne količine kondenzata, njegove temperature i pogonskog pritiska;

d) traženje kvalitete obrađenog kondenzata;

e) karakteristika opterećenja bloka: temeljno ili vršno opterećenje;

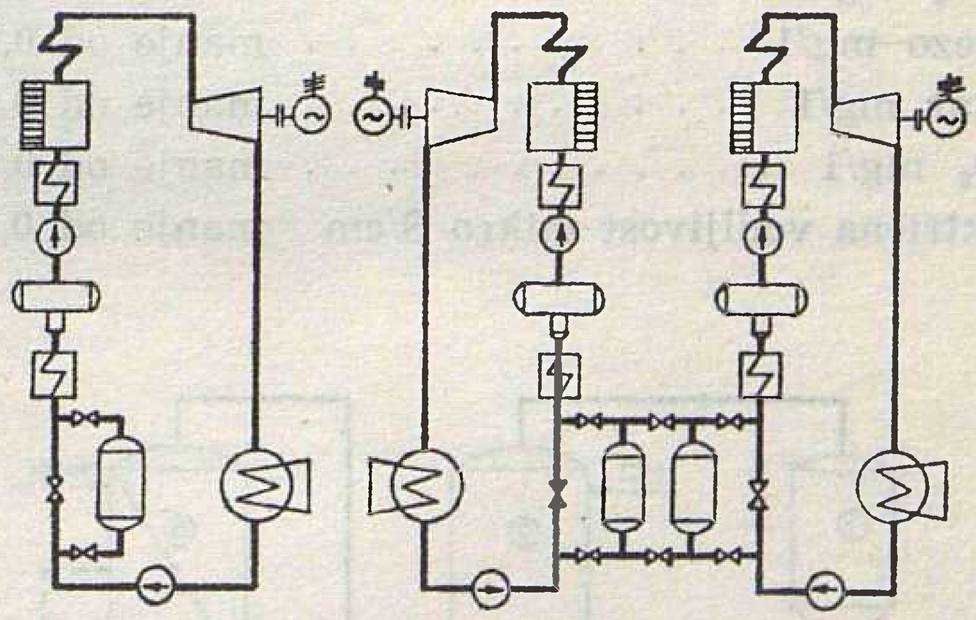
f) način izgradnje uređaja za obradu kondenzata (jedna ili dvije pruge) i njihova kapaciteta, ovisno o pogonskim karakteristikama bloka i kvaliteti rashladne vode,

g) smještaja i načina povezivanja u postojeći tok kondenzata, kako je prikazano na slici 6.



Sl. 6. *Shema povezivanja uređaja obrade kondenzata*

U slučaju postojanja dvaju blokova sličnih pogonskih karakteristika uređaj obrade kondenzata može se riješiti dvjema prugama kapaciteta 50% od količine kondenzata jednog bloka, kao što je prikazano na slici 7.



Sl. 7. *Shema povezivanja uređaja obrade kondenzata sa dva bloka*

Kod kondenzatora podijeljenog u dvije komore ugrađuje se za svaku komoru kondenzatora jedna »pruga« uređaja obrade kondenzata. Obje pruge povezane su odgovarajućim cjevovodom, tako da je u slučaju prodora rashladne vode u bilo koju polovinu kondenzatora osigurana dovoljna količina ispravnog kondenzata za puno opterećenje bloka.

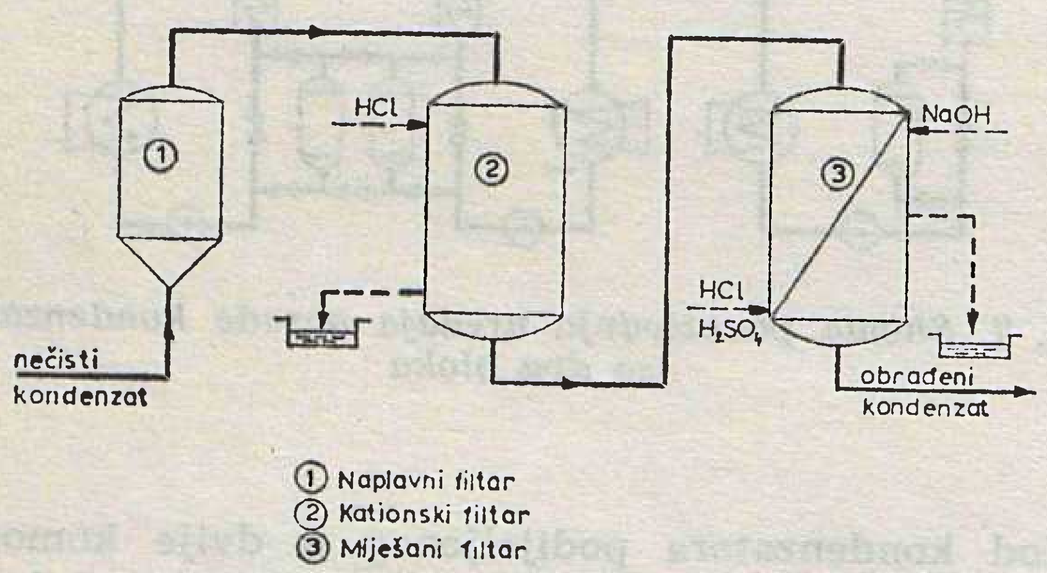
Osnovni tehnološki procesi obrade turbinskog kondenzata

Kako je već rečeno, moguća onečišćenja turbinskog kondenzata obuhvaćaju mehanička i koloidalna onečišćenja (uglavnom SiO_2), otopljene soli (elektrolite) i organske nečistoće. S obzirom na karakteristike navedenih nečistoća uređajima za obradu kondenzata treba obuhvatiti ove osnovne tehnološke procese (11, 12, 13), (24 str. 330):

a) naplavni filtar za odstranjivanje mehaničkih, koloidnih i organskih nečistoća primjenom različitih konstrukcija filtracionih elemenata, te s odgovarajućim filtracionim materijalom prema sastavu i temperaturi kondenzata. Potpuno fizikalno čist kondenzat od bitne je važnosti za dobro iskorištenje korisnog kapaciteta, vremena pogona i efekta regeneracije ionskih izmjenjivača za obradu kondenzata (40, 41, 42);
b) kationski filtar za vezanje kationa, i to amonijaka, natrija i metalnih kationa. Njegova funkcija zaštite i sniženja opterećenja miješanog filtra dolazi do izražaja u slučaju proboja bočate ili rashladne morske vode, zbog smanjenja mogućnosti proboja natrija:
c) miješani ionski filtar napunjen određenim omjerom jako kisele kationske i jako bazične porozne anionske mase, koji odstranjuje tragove zaostalih kationa i sve anione (43).

Kvaliteta obrađenog kondenzata, kod ispravno proračunatog i konstruiranog uređaja, te odgovarajućeg postupka regeneracije, a naročito ispiranja ostatka kemikalija za regeneraciju, te primjene osnovne sheme prikazane na slici 8. treba biti sljedeća:

natrij mg/1	manje od 0,005
željezo mg/1	manje od 0,005
bakar mg/1	manje od 0,001
SiO_2 mg/1	manje od 0,01
električna vodljivost mikro S/cm	manje od 0,1.



Sl. 8. *Osnovna shema uređaja za obradu kondenzata*

Osnovna tehnološka shema obrade kondenzata prikazana na slici 8. primjenjuje se u slučajevima protočnog hlađenja bočatom ili morskom vodom, kao i povratnog cirkulacionog hlađenja pri povišenom stupnju uparenja cirkulacione vode. U slučaju prodora i većih količina spomenutih rashladnih voda visokih koncentracija elektrolita u kondenzat, navedena osnovna tehnološka shema omogućuje najefikasnije odstranjivanje unutarnjih i vanjskih nečistoća.

Međutim, kod malih količina kondenzata (protutlačni pogon sa kondenzacijom), primjene kondenzatorskih cijevi najviše kvalitete, protočnog hlađenja bistrom riječnom vodom niskog sadržaja elektrolita i tvrdoće može se primijeniti:

— direktno miješani filtar, ili serijski spoj jako kiselog i jako bazičnog anionskog izmjenjivača, te
— naplavni filtar s mijevenom, praškastom smjesom jako kiselog kationskog i jako bazičnog anionskog izmjenjivača uz pomoćni sloj inertne mase radi stabilizacije i homogenosti naplavljenog sloja izmjenjivača.

Kod naplavnog je filtra zbog male veličine zrna od oko 0,05 mm i velike aktivne površine izmjena iona brza i efikasna, tako da se iskoristi i više od 80% korisnog kapaciteta izmjenjivača, debljine naplavnog sloja od oko 6 mm.

Loša strana direktne primjene ionskog naplavnog filtra jest nagli proboj iona zbog male debljine sloja. Međutim, ionski naplavni filtri imaju i vrlo dobar efekt filtracije, tako da odstranjuju potpuno i koloidne nečistoće. Zasićeni se izmjenjivači ne regeneriraju, već se naplavljeni sloj izmjenjivača izbaci protustrujnim tlakom čistog kondenzata.

Kod velikih količina turbinskog kondenzata za punjenje ionskih filtara upotrebljavaju se ionski izmjenjivači određene frakcije veličine kuglica, koje dopuštaju brzine protoka od 60 do 100 m/h uz razmjerno mali otpor strujanju kroz filtar.

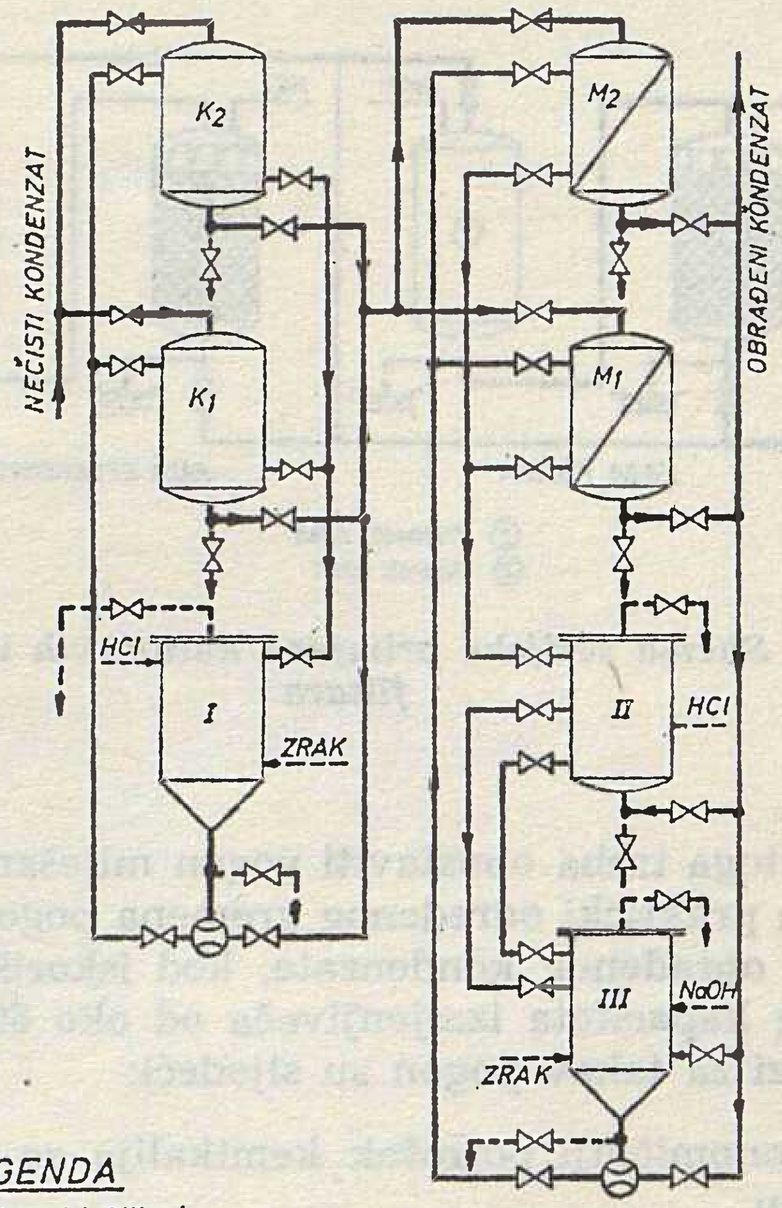
Osim toga, potrebno je upotrijebiti makroporozne izmjenjivače jer su mehanički, osmotski i termički stabilniji od mikroporoznih (gelnih) izmjenjivača. anionski porozni izmjenjivači reverzibilno vežu i organske tvari (45,47).

Za vrlo velike količine kondenzata primjenjuju se dvostrujni miješani filtri (48). Ovdje kvaliteta obrađenog kondenzata bitno ovisi o odnosu ugrađenog volumena kationskog prema volumenu anionskog izmjenjivača, te načinu njihove regeneracije i stupnju zasićenosti. Kod prethodne primjene kationskog filtra odnos kationskog prema anionskom izmjenjivaču miješanog filtra iznosi 1:2 do 1:3. Bez primjene kationskog stupnja odnos masa u miješanom filtru može biti i obrnut i iznosi 2:1. O ispravnoj ugradnji razdjelnog cjevovoda i visini sloja kationskog i anionskog izmjenjivača ovisi dobar efekt regeneracije uz ekonomičan potrošak kemikalija, te dobra kvaliteta kondenzata (50). Regeneracija djelomično zasićenih izmjenjivača u miješanom filtru može biti internim i eksternim

postupkom. Interna regeneracija obuhvaća fazu odjeljivanja izmjenjivača strujom vode, a zatim istovremeno provođenje razrađene otopine solne kiseline — protustrujno — i natrijeve lužine — istosmjerno — te pojedinačno ispiranje ostataka kemikalija, miješanje regeneriranih izmjenjivača tlakom zraka (čist od ulja), zajedničko ispiranje miješanih izmjenjivača, te eventualna recirkulacija do dobivanja kondenzata odgovarajuće kvalitete. Kod loše provedene interne regeneracije može doći do povišenja sadržaja natrija u kondenzatu zbog mogućeg miješanja otopine natrijeve lužine s gornjim slojem kationskog izmjenjivača u visini razdjelnog cjevovoda (51).

Vrlo dobri rezultati kvalitete obrađenog kondenzata dobivaju se primjenom eksterne regeneracije zasićenih izmjenjivača miješanog filtra. Pri tome postupku zasićena smjesa izmjenjivača prebaci se u posudu za odjeljivanje u kojoj se strujom vode odijele izmjenjivači; specifično lakši anionski izmjenjivač prebaci se u posudu za regeneraciju i regenerira otopinom natrijeve lužine i ispere. Specifično teži zasićeni kationski izmjenjivač regenerira se i ispere u posudi za razdjeljivanje. Isprani i regenerirani izmjenjivači prebacuju se strujom vode u rezervoar u kojem se potpuno isperu, izmješaju strujom zraka i pomoću ejektora prebace u prazan miješani filtar jedne pruge.

Eksterni način zahtijeva više posuda i zato se primjenjuje kod uređaja velikih kapaciteta s više pruga i kod kontinuiranog pogona.



LEGENDA

$K_1 K_2$ Kationski filteri

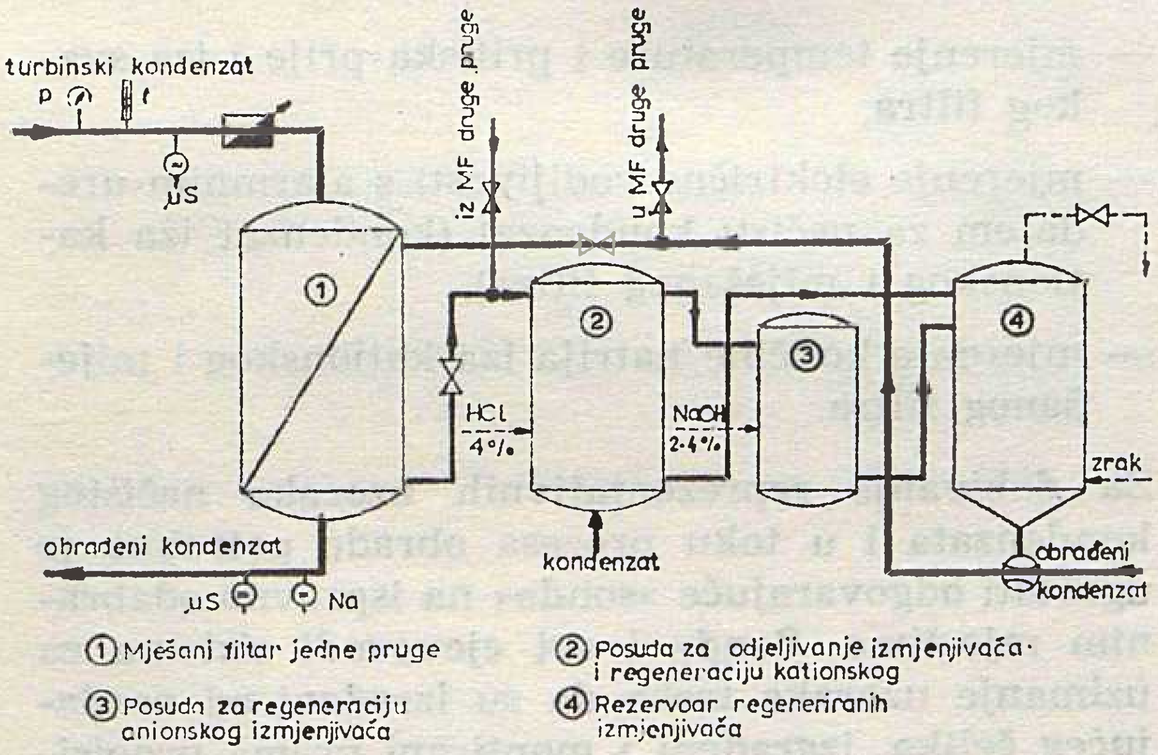
I Posuda regeneracije kat. izmjenjivača

$M_1 M_2$ Miješani filteri

II Posuda za regeneraciju i odjeljivanje kat. izmjenjivača iz M-filtera

III Posuda za regeneraciju anionskog izmjenjivača iz M-filtera, te za miješanje ispiranje i prebacivanje miješanih regeneriranih izmjenjivaca u M_1 ili M_2.

Sl. 10. *Eksterna regeneracija kationskih i miješanih filtara*



Sl. 9. *Eksterna regeneracija miješanog filtra*

Kod uređaja obrade velikih količina kondenzata u više pruga, a naročito s obzirom na vrlo niske tražene vrijednosti natrija u čistom kondenzatu, primjenjuje se eksterna regeneracija ne samo za miješane, već i za kationske izmjenjivače, kao što je shematski prikazano na slici 10.

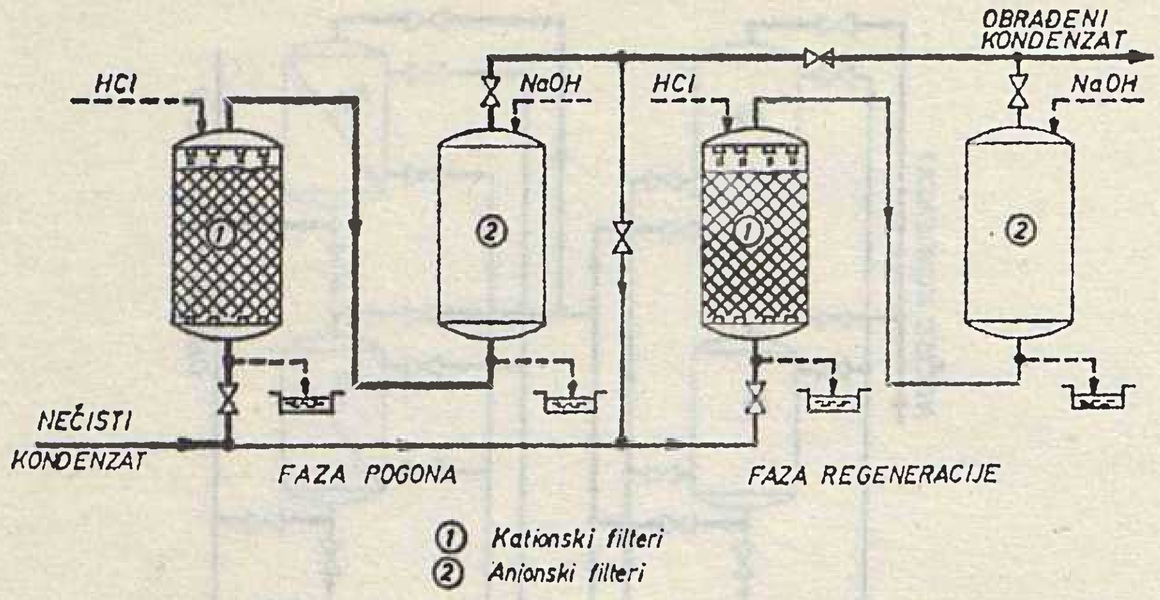
Na taj se način uz vrlo dobru kvalitetu obrađenog kondenzata i ekonomičnu regeneraciju postiže praktički kontinuirani pogon uređaja koji se sastoji od dvije ili više pruga.

Vrlo dobra kvaliteta kondenzata iza miješanih filtara posljedica je nebrojeno mnogo kratko spojenih kuglica kationskih i anionskih izmjenjivača u visokom izmiješanom sloju izmjenjivača. Međutim, ta kvaliteta ovisi u slučaju interne regeneracije od ispravne i vrlo skupe konstrukcije miješanog filtra (razdjelni cjevovod) i kompliciranog postupka regeneracije, a u slučaju eksterne regeneracije potreban je veći broj posuda i više građevnog prostora.

Međutim, vrlo dobra kvaliteta kondenzata može se postići i serijskom primjenom jako kiselih i jako bazičnih izmjenjivača, uz jednostavnu konstrukciju filtra s lebdećim slojem izmjenjivača i protustrujnom regeneracijom.

Kvaliteta kondenzata je izvanredna. Električna vodljivost iznosi oko 0,08 mikroS/cm, a sadržaj SiO_2 0,001 do 0,005 mg/l uz tragove natrija. Shema uređaja prikazana je na slici 11.

Točno vrijeme pogona miješanog filtra u uređaju obrade turbinskog kondenzata, i uz poznate korisne kapacitete izmjenjivača, ne može se odrediti zbog mogućih vrlo promjenljivih količina prisutnih mehaničkih suspendiranih nečistoća i otopljenih soli, a naročito u slučaju vršnih blokova pri nagloj promjeni opterećenja te loše ispravnosti kondenzatora (nepropusnost).



Sl. 11. *Shema serijske primjene kationskih i anionskih filtara*

Zbog toga treba obustaviti pogon miješanih filtara nakon praktički određenog vremena pogona ili količine obrađenog kondenzata, kod iskorištenja korisnog kapaciteta izmjenjivača od oko 60%.
Razlozi za takav pogon su sljedeći:

— ekonomičniji potrošak kemikalija za regeneraciju

— bolji efekt regeneracije kod oko 60—70% zasićenja izmjenjivača, uz izrazito bolju kvalitetu obrađenog kondenzata naročito s obzirom na sadržaj natrija

— brže ispiranje kemikalija, manji potrošak vode i kraće vrijeme eventualne recirkulacije obrađene vode nakon regeneracije, potrebne za dobivanje dobre kvalitete obrađenog kondenzata

— osiguranje određene kvalitete obrađenog kondenzata u slučaju jačeg prodora rashladne vode u turbinski kondenzat u momentu gotovo potpunog zasićenja izmjenjivača.

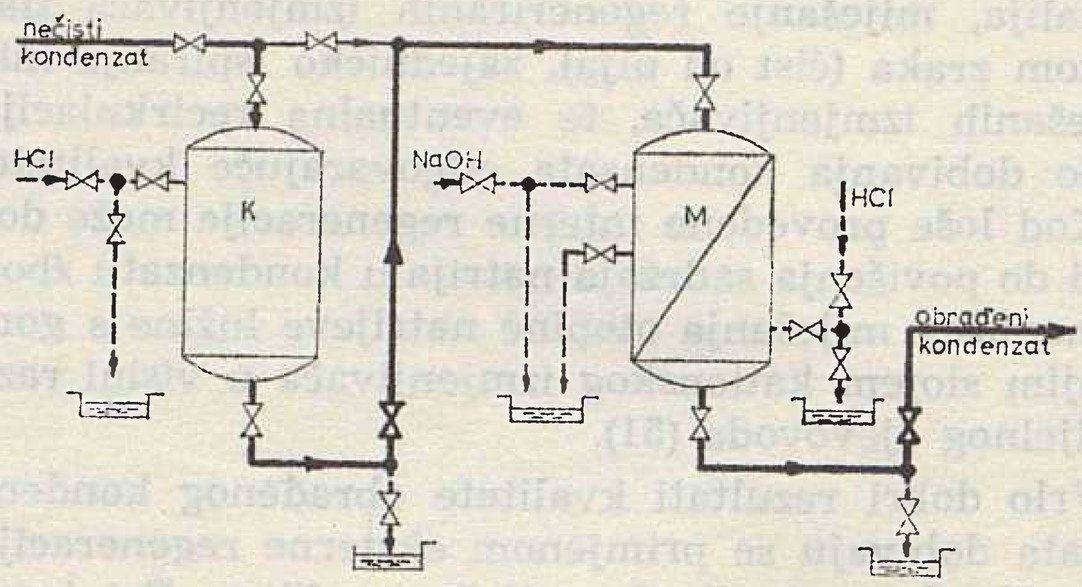
Mjere za osiguranje pogona uređaja obrade kondenzata

U toku procesa regeneracije zasićenih ionskih izmjenjivača često dolazi do onečišćenja kondenzata kemikalijama za regeneraciju (solne kiseline, sumporne kiseline i natrijeve lužine). Posljedice takvog prodora su teška korozivna oštećenja u sistemu generatora pare (29, 30, 52).

Uzroci havarija vrlo su različiti: od zakazivanja i neispravnosti automatike, armature, kontrolnih instrumenata, dozirnih uređaja za kemikalije do neispravnosti rada pogonskog osoblja i manjkave kemijske pogonske kontrole. Tako, na primjer, u slučaju oštećenja sapnica u filtrima dolazi do prodora ionskih izmjenjivača u kondenzat, a posljedica je termički raspad izmjenjivača pri visokim temperaturama vode u generatoru pare. Produkti termičkog raspada kationskog izmjenjivača kemijski su agresivni anorganski spojevi, a anionski izmjenjivači daju kemijski neaktivne organske spojeve (amine, alkohole).

Za sprečavanje navedenih onečišćenja kondenzata u fazi procesa regeneracije nužno je (28):

— u odgovarajuće cjevovode regeneracije ugraditi dvostruku armaturu i mogućnost za pražnjenje cjevovoda, kao što je prikazano na slici 12.



Sl. 12. *Dvostruko osiguranje kationskog i miješanog filtra*

— iza svakog filtra na odgovarajućem cjevovodu ugraditi ispravan hvatač izmjenjivača

— ugraditi potrebne pipce za uzimanje kontrolnih uzoraka.

Uređaj obrade kondenzata mora osim toga biti opremljen potrebnim mjernim i kontrolnim aparatima za:

— mjerenje količine kondenzata s ograničenjem minimalnih i maksimalnih količina, naročito zbog ispravnog rada primijenjenih naplavnih filtara,

— mjerenje temperature i pritiska prije i iza svakog filtra,

— mjerenje električne vodljivosti s alarmnim uređajem za nečisti kondenzat (kondenzat iza kationskog i miješanog filtra),

— mjerenje količine natrija iza kationskog i miješanog filtra.

Za dobivanje reprezentativnih uzoraka nečistog kondenzata i u toku procesa obrade potrebno je ugraditi odgovarajuće »sonde« na ispravno odabranim mjestima. Sonde i svi cjevovodi sistema za uzimanje uzoraka treba da su izrađeni od nerđajućeg čelika, izgrađeni i montirani prema propisima za uzimanje uzorka pogonske vode (39, 40, 53).

Zaključak

Postrojenje za tehnološku obradu turbinskog kondenzata ima zadaću da osigura potrebnu kvalitetu napojne vode prema karakteristikama generatora pare u slučajevima:

a) normalnih pogonskih uvjeta generatora pare,

b) prvog puštanja u pogon generatora pare nakon provedenog kemijskog čišćenja (bajcanja),

c) kod obustave i stavljanja u pogon generatora pare, naročitó nakon duljeg stajanja i kod neispravnog konzerviranja,

d) manjih prodora rashladne vode u kondenzat zbog nepotpune tijesnosti kondenzatora. Kod jačih oštećenja kondenzatorskih cijevi i naglih prodora većih količina rashladne vode visoke koncentracije elektrolita (morska voda) postrojenje mora biti u mogućnosti osigurati kvalitetu napojne vode za vrijeme potrebno za eventualnu obustavu pogona generatora pare.

Dobar efekt obrade nečistog kondenzata u gore navedenim pogonskim slučajevima ovisan je, međutim, o ovim faktorima:

a) ispravno odabranoj tehnologiji i konstruktivnoj izvedbi svih dijelova postrojenja,

b) kvaliteti i ispravnosti automatskih mjernih i kontrolnih instrumenata, ugrađenih, u prema propisima izveden sistem za uzimanje »reprezentativnih« uzoraka,

c) ispravno provedenim postupkom regeneracije zasićenih izmjenjivača, naročito miješanih filtara,

d) odgovarajućom i savjesnom laboratorijskom kontrolom tehnološkog procesa i rezultata dobivenih automatskim kontrolnim instrumentima.

LITERATURA

[1] Eichhorn: Kondensatorrohren aus Kupferwerkstoffen Werkstoffe und Korrosion (1970), br. 7

[2] Schleithoff: Rohre für Dampfturbinenkondensatoren VGB Kraftwerkstechnik (1979), br. 5

[3] Resch: Zusammenhang zwischen Wasserqualität, Konstruktion und Korrosion in Wasserberührten Anlagen VGB Kraftwerkstechnik (1977), br. 6

[4] Effertz: Erfassung von Minileckagen an Turbinen-Kondensatoren VGB Kraftwerkstechnik (1979), br. 1

[5] Effertz: Kühlwasserseitige Korrosion an Kondensatoren Der Maschinenschaden (1973), br. 6

[6] Held: Kühlwasser Vulkan-Verlag, Essen 1970

[7] Heitman: Der Einfluss der Eisenoxyden im Speisewasser von Durchlaufkesseln VGB Speisewassertagung 1966

[8] Huijbrigts: Der Einfluss von Chlorid auf die Korrosion von Eisen und niedriglegierten Stählen VGB Speisewassertagung 1970

[9] Martynova: Das Verhalten von Korrosionsprodukten in Wasser-Dampfkreislaufen bei hohen Temperaturen VGB Speisewassertagung 1972

[10] Bohnsack: Die Bedeutung der Kondensataufbereitung für den Betrieb moderner Blockkraftwerke Mitt. der VGB (1964), br. 92

[11] VGB-Merkblatt: Aufgaben und Methoden der Kondensataufbereitung (1971), br. 18

[12] Heitman: Methoden und Entwicklung der Kondensat und Speisewasseraufbereitung VGB Speisewassertagung 1968

[13] Bayer Leverkusen: Kondensataufbereitung unter Verwendung von Lewatit-Ionenaustaschern Merkblatt Nr. I 1406 (1970)

[14] Preporuke za sastav pogonske vode u termoenergetskim blokovima VGB Kraftwerkstechnik (1980), br. 10

[15] Lončar: Korozija i nastajanje zaštitnog sloja u generatorima pare. Voda i sanitarna tehnika, Beograd (1981)

[16] Hömig: Metall und Wasser Vulkan Verlag, Essen 1971

[17] Hömig: Physikochemische Grundlagen der Speisewasser Chemie Vulkan Verlag, Essen 1963

[18] Ulrich: Wasserstoffkonzentration, Wasserstoffzahl und spezifische Wasserstoffzahl von Dampferzeugern Mitt. der VGB (1956), br. 45

[19] Köhle: Verfahren zur Messung von Wasserstoff in kondensierten Dampf VGB Kraftwerkstechnik (1972), br. 3

[20] Kittel: Die Wasserstoffmesung als Hilfsmittel zur Deutung von Vorgängen im Wasser-Dampfkreislauf VGB Kraftwerkstechnik (1976), br. 1

[21] Bursik: Hinweise für die Praxis der Stillstandkonservierung von Dampferzeuger VGB Kraftwerkstechnik (1980), br. 9

[22] VGB-Merkblatt: Die Verhütung Wasserseitigen Stillstandkorrosion (1964), Nr. 14

[23] Class: Zur Berechnung des Wassermittreisens im Trommelnkesseln Mitt. der VGB (1966), br. 102

[24] Salinger: Kraftwerkschemie (str. 386) VEB Deutscher Verlag, Leipzig 1971

[25] Effertz: Kombinierte Konditionierung von Wasser-Dampfkreisläufen in Blockanlagen mit Durchlaufkasseln durch Sauerstoff und Ammoniak VGB Kraftwerkstechnik (1978), br. 8

[26] Martynova: Chemische Fahrweise von Überkritischen Kraftwerken in der USSR unter besonderer Berücksichtigung der Konditionierung mit Oxydationsmitteln VGB Kraftwerkstechnik (1981), br. 1

[27] Burgmann: Vermeidung schwerwiegender Fremdstoffeinbrüche in Wasser-Dampfkreisläufe VGB Kraftwerkstechnik (1978), br. 3

[28] Glahe: Eindringen von Natronlauge in eine Wasser-Dampfkreislauf VGB Kraftwerkstechnik (1978), br. 2

[29] Löffel: Schwere Betriebsstörungen durch Säuereeinbruch in die Kraftwerkskesselanlage der Duisburger Kupferhütte VGB speisewassertagung 1969

[30] Parry: Die Anwendung von Dihydrogenphosphat im Durchlaufdampferzeuger eines englischen Kernkraftwerks VGB Kraftwerkstechnik (1975), br. 2

[31] Bursik: Chemische Gesichtspunkte beim intermittierenden Kraftwerksbetrieb VGB Kraftwerkstechnik (1980), br. 6

[32] Bohnsack: Spezielle Korrosivität aufgrund der Verteilungsverhältnisse im Zweiphasengebiet bei der Kondensation VGB Kraftwerkstechnik (1978), br. 5

[33] Hesselbroch: Dampfseitige Korrosionsschäden an Kondensatorrohren Mitt. der VGB (1962), br. 79

[34] Basby: Pflege und Sauberhaltung meerwassergekühlter messingberohrte Kondensatoren VGB Speisewassertagung 1979

[35] Effertz: Die Eisensulfat — Dosierung in Kühlsystem VGB Kraftwerkstechnik (1977), br. 2

[36] Preporuke za sastav rashladne vode VGB Kraftwerkstechnik (1975), br. 4, (1976) br. 8, (1978), br. 12

[37] Horn: Neue Aspekte der Kühlwasser-pflege VGB Speisewassertagung 1979

[38] Effertz: Kühlwasserseitige Korrosion an Kondensatoren VGB Speisewassertagung 1973

[39] Svoboda: Probenahmesystem für Dampfkraftwerke BWK (1978), br. 12

[40] Blöchl: Kondensatfiltration bei hoher Temperatur über Metallfaservlies — Filterkerzen VGB Kraftwerkstechnik (1981), br. 2

[41] Hesse: Betriebserfahrungenmit Anschwemfiltern zur Kondensatenteisenung und entölung VGB Speisewassertagung 1966

[42] VKW Handbuch »Wasser« (str. 66), Vulkan Verlag, Essen 1974

[43] Sadler: Anwendung einer »Triobett« — Kondensatreinigungsanlage im Kraftwerk Fawley, einschliesslich des Betriebes in der Ammonium — Form VGB kraftwerkstechnik (1981), br. 3

[44] Vincent: Erfahrungen bei der Anwendung von Pulverförmigen Ionenaustauschern VGB Speisewassertagung 1971

[45] Balthazar: Metodische Untersuchungen über die kontinuirliche Kondensatreinigung mit Pulverharz — Anschwemfiltern VGB Speisewassertagung 1971

[46] Lončar: Ionski izmjenjivači Udruženje za tehnologiju vode, Beograd 1980

[47] Bayer Merkblatt: Kondensataufbereitung unter Verwendung von Lewatit — Ionenaustauschern Nr. i 1406 (1970)

[48] Grünschläger: Betriebserfahrungen mit Doppelstorm-Mischbettfiltern VGB Kraftwerkstechnik (1978), br. 3

[49] Brost-Martinola: Austauschvorgänge in Mischbettfiltern VGB Kraftwerkstechnik (1980), br. 1

[50] Venderbosch: Ionenschlupf von Mischbettfiltern in Kondensataufbereitungsanlagen VGB Kraftwerkstechnik (1978), br. 3

[51] Ružinski-Mustapić: Failures of the turbines condenser tubes with the direct inflow of make-up water into condenser Hemisphere Publishing Co (1981)

KEY WORDS:
TURBINE,
CONDENSATE
UNCLEAN

CONTAMINATION CAUSES AND TECHNOLOGICAL PROCESSING OF TURBINE CONDENSATE

The condensate, which represents over 98% of the feed water of the steam generator, can become unclean by meny ways. The composition of condensate has a great influence to the safety of power station. The desturbance of condensate composition can be influenced from inside — corrosion processes — as well as from the outside — cooling water. The composition of cooling and recirkulating water has a great influence to the tube domages. The correct choice of the condensate treating system can assure the good quality of feed water.

URSACHEN DER VERSCHMUTZUNG UND VERFAHRENSTECHNISCHE BEHANDLUNG VON TURBINENKONDENSATEN

Das Kondensat, das über 98% des Speisewassers eines Dampferzeugers darstellt, ist verschiedenen Verunreinigungen ausgesetzt. Die Zusammensetzung des Kondensates beeinflusst wesentlich die Betriebssicherheit und Einsatzdauer eines Dampferzeuger-Blocks. Das Kondensat wird durch äussere Einflüsse verunreinigt, wie auch durch Einbruch von Kühlwasser und innere Korrosionsprozesse; die Zusammensetzung des Kühlwassers und das im Kreislauf arbeitende Betriebswasser beeinflusst Beschädigungen der Kondensatorrohre. Durch eine richtige Wahl der Anlagen und des Systems der Kondensatbehandlung kann die Qualität des Speisewassers sichergestellt werden.

ПРИЧИНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТУРБОКОНДЕНСАТА

Конденсат, составляющий свыше 98% питательной воды парогенераторов, подвержен разного рода загрязнениям. Состав конденсата существенно влияет на надежность и продолжительность работы термоэнергоблока. Загрязнение конденсата вызывают как внешние воздействия — проникновение охлаждающей воды, так и внутренние — коррозионные процессы. Состав охлаждающей и циркуляционной рабочей воды оказывает влияние на загрязнение трубок конденсатора. Правильным подбором устройств и систем обработки воды обеспечивается качество питательной воды.

Naslov pisaca:

Nikola Ružinski, dipl. ing.
Prof. Ivan Lončar, dipl. ing.

Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
27. siječnja 1982.

Energija God 31 (1982) br. 3—4, 87—90

ULOGA NE KRŠKO U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU ZAPADNOG DIJELA JUGOSLAVIJE

Nikola Bilčar, Zagreb

UDK 621.039:621.31
PREGLEDNI RAD

Prikazana je uloga NE Krško u sjeverozapadnom sistemu Jugoslavije i njezin utjecaj na smanjenje troškova proizvodnje. Iznesen je izbor veličine agregata, njegova fleksibilnost u pogonskim uvjetima, kao i posljedice u slučaju njegova ispada.

Ključne riječi: elektroenergetski sistem, nuklearna elektrana, troškovi u sistemu, elektroenergetska bilanca Hrvatske.

Stalan porast potrošnje električne energije u elektroenergetskom sistemu zahtijeva odgovarajuću izgradnju elemenata elektroenergetskog sistema — proizvodnje, prijenosa i razvoda — kako bi se osigurao stabilan rad sistema uz osiguranje električne energije koju traže potrošači. Izgradnja elektroenergetskog sistema predstavlja najintenzivnijeg potrošača investicijskih sredstava, pa otuda i poseban interes da se s investicijskom potrošnjom teži k minimumu, što najčešće daje i minimalne troškove u sistemu odnosno najnižu cijenu električne energije potrošačima. Naravno uz uvijek istu zadanu sigurnost opskrbe potrošača.

Međutim, minimalne investicije ne daju uvijek i minimalne troškove u sistemu. Naime, hidroelektrane i nuklearne elektrane investicijski su skuplja rješenja od klasičnih termoelektrana, dok klasične termoelektrane imaju znatno višu cijenu goriva od nuklearnih elektrana. Dakako, sve to vrijedi ako su mogućnosti izgradnje pojedinih tipova elektrana neograničene. Često, kao što je i u nas slučaj, to nije tako, jer je izgradnja preostalih hidroelektrana ograničena i skupa, a ugljen je lociran uglavnom u istočnom dijelu zemlje, niske je kalorične vrijednosti i ograničenih rezervi. Upravo zato sve elektroenergetske analize o dugoročnoj projekciji razvoja elektroprivrede jugoslavije pokazuje neminovnost uključivanja nuklearnih elektrana za zadovoljenje rastućih potreba za električnom energijom.

Slijedom ove činjenice i činjenice da je većina postojećih hidroelektrana u Hrvatskoj vršnog karaktera, da u zapadnom dijelu zemlje nema ugljena, sasvim je logično (rezultat metode o energetsko-ekonomskoj vrijednosti elektrana) da se u optimalnoj strukturi proizvodnje električne energije nađe, uz određenu snagu termoelektrana na ugljen u drugim republikama, i NE Krško kao elektrane za proizvodnju temeljne energije. Ova kombinacija s nekim hidroelektranama — protočnim i akumulacijskim — rezultirala je minimalnim troškovima u sistemu, odnosno minimalnom cijenom električne energije iako nisu postignute i minimalne investicije.

S obzirom na rezerve ugljena, složenost nuklearne tehnologije i s tim u vezi mogućeg tempa izgradnje nuklearnih elektrana u našoj zemlji (uz uvjet uključivanja domaće strojogradnje u osvajanje te nove i složene tehnologije), smatra se da je pojava NE Krško pravovremena.

Izbor jedinične snage NE Krško

Poznato je da s porastom jediničnih snaga blokova termoelektrana opadaju specifične investicije. S druge strane, veličina elektroenergetskog sistema ograničava veličinu jediničnih snaga agregata zbog potrebne rezerve, vremena potrebnog za remont agregata, raspoloživosti jedinice, promjenljivih troškova u sistemu, utjecaja na konfiguraciju mreže i stabilnosti rada sistema ili ukratko zbog problema tehničke i ekonomske prirode.

Naravno, trebalo je izvršiti određena istraživanja, ispitivanja i energetsko-ekonomske analize kako bi se utvrdila granična jedinična snaga agregata u NE Krško. S tim u vezi izrađena je studija (lit. 1) koja je za *predviđenu* izgradnju elektroenergetskog sistema Jugoslavije u 1977, 1981. i 1985. godini (čemu odgovara također predviđena potrošnja električne energije) odredila optimalne jedinične snage agregata koje se mogu ugrađivati u sistem. U zaključku studije među ostalim stoji: »Uvažavajući rezultate moguće je zaključiti da je uvođenje jedinica reda 500 MW za prilike u Jugoslaviji, uz pretpostavljene uvjete razvoja, opravdano krajem sedamdesetih godina, da su iza 1980. godine prihvatljive jedinice reda 800 MW, a oko 1985. godine je dinice reda 1000 MW.«

S obzirom na to da pretpostavljeni razvoj potrošnje električne energije, a time i izgrađenost sistema, nisu ostvareni, kao što nije ostvaren ni predvi-

đeni rok ulaska u pogon NE Krško, očito je da su nastupile nove elektroenergetske prilike i naravno potreba da se neka od ispitivanja uloge NE Krško u elektroenergetskom sistemu ponove.

Budući da se NE Krško nalazi pred ulaskom u redovan pogon sa snagom na pragu od 632 MW, nisu ponovljena razmatranja u vezi s veličinom jedinične snage, jer je potrošnja s kojom je računato za ovu svrhu u 1977. godini postignuta u 1979. godini, a potrošnja od 1981. godine vjerojatno će biti postignuta 1983. godine. Neovisno o tome što je pojava potrošnje i ulazak u pogon NE Krško pomaknuta za dvije godine, pa zaključak studije jednako vrijedi za dvije godine kasnije, provjerit će se približnim računom, prema obrascu iz iste studije, granična snaza za elemente iz operativne elektroenergetske bilance Jugoslavije u 1981. godini.

Za potrošnju u 1981. godini od 60 690 GWh i 10 165 MW, a prema obrascu:

$$\Delta P_{max} = 0{,}05 . P_0 + \frac{1}{2} \sqrt{P_0},$$

gdje je Po maksimalna snaga u elektroenergetskom sistemu u 1981. godini, dobije se granična snaga:

$$\Delta P_{max} = 0{,}05 . 10165 + \frac{1}{2} 3 \sqrt{10165} = 659{,}48 \text{ MW},$$

što je veće od snage na pragu NE Krško od 632 MW.

Međutim, ispitivanje dinamičke stabilnosti s obzirom na stvarnu izgrađenost elektroenergetskog sistema, posebno mreže, u vrijeme ulaska u pogon NE Krško trebalo je ponoviti. Studijom (lit. 2) provedeno je 100 ispitivanja prilika za vrijeme maksimalnog opterećenja u XII mjesecu, minimalnog opterećenja u VII mjesecu, te dinamička stabilnost, naravno za razne slučajeve, vrlo oštre ispade pojedinih vodova, kratkih spojeva na vodovima i ispade NE Krško i još nekih elektrana u zapadnom dijelu zemlje.

Ova ispitivanja pokazala su da u vrijeme većine pretpostavljenih pogonskih stanja kod maksimalnog optrećenja nema problema. U slučaju ekstremno pretpostavljenih pogonskih stanja (npr. NE Krško, TE Šoštanj, dio TE-TO Zagreb i TE Sisak II izvan pogona), kada se na zapad prenosi 1150 MW, javlja se problem manjka jalove snage na zapadu.

Ispitivanja za vrijeme minimalnih opterećenja pokazala su da se ponekad, kod nekih pretpostavljenih pogonskih stanja, javlja problem previsokih napona, ali je ukazano i na mogućnosti, iskapčanjem nekih vodova na primjer, snižavanja napona. Osnovni zaključak koji iz studije proizlazi jest onaj o dinamičkom ispitivanju, koji pokazuje da ispad NE Krško ne izaziva nestabilnost sietema, naravno uz pretpostavku da se iz rotirajuće rezerve može nadoknaditi ispala snaga. Takve mogućnosti, uzimajući u obzir samo regulaciju i regulacijske elektrane u sistemu, postaje, pa ostaje da se to pogonskom praksom i osigurava, to više što postoji mogućnost havarijske ispomoći iz UCPTE (s kojom u ispitivanjima nije računato).

Položaj NE Krško u sistemu i utjecaj na smanjenje troškova

Konkurentnost nuklearnih elektrana, odnosno njihovo uključivanje u elektroenergetske sisteme, bazirano je na vrlo visokom vremenu iskorištenja ili radu u temeljnom dijelu dijagrama opterećenja. Jedino na takav način, zbog vrlo visokih troškova izgradnje i niskih troškova goriva, neklearnih elektrana bilo je moguće osigurati konkurentnost nuklearnih elektrana u odnosu na klasične termoelektrane, naravno na visokokaloričnom ugljenu.

Kao druga prednost nuklearnih elektrana isticana je mogućnost lociranja, odnosno izgradnje nuklearnih elektrana u neposrednoj blizini potrošačkog područja, čime se smanjuju troškovi prijenosa i gubici prijenosa električne energije.

U slučaju izbora NE Krško, a s obzirom na nisku kaloričnu moć ugljena u Jugoslaviji i njegovu dislociranost u odnosu na potrošnju, energetsko ekonomske analize koje su u tu svrhu tada rađene, a i kasnije, pokazale su opravdanost izgradnje NE Krško i daljnih nuklearnih elektrana. Imajući na umu ograničenost rezervi ugljena u Jugoslaviji, pokazalo se u tim analizama da je nužno uključivanje nuklearnog programa za zadovoljenje rastuće potrošnje električne energije, pa je ostalo jedino pitanje vremena i tempa izgradnje. S NE Krško riješeno je pitanje vremena, odnosno početka nuklearnog programa, dok je u pogledu tempa možda odgovor u onim energetsko-ekonomskim analizama koje polaze od ograničenih investicija i koje daju kao optimalnu strukturu — veći dio klasičnih termoelektrana na ugljen, odnosno manji dio nuklearnih elektrana, ali koje osiguravaju kontinuitet nuklearnog programa, što je vrlo značajno sa stajališta uključivanja domaće strojogradnje u tu zaista složenu tehnologiju.

Vrijeme korištenja NE Krško u spomenutim je analizama vrlo visoko, što je rezultat karakteristika, odnosno strukture proizvodnje postojećih i elektrana u izgradnji. Višestruko povećanje cijena tekućeg goriva i 1 100 MW instaliranih u termoelektranama na tekuće gorivo još jače učvršćuje položaj NE Krško u temeljnom dijelu dijagrama opterećenja, neovisno o tome što su karakteristike NE Krško takve da može slijediti neke promjene opterećenja izvjesnom brzinom promjene.

Istodobnost zaostajanja predviđenog rasta potrošnje i zakašnjenja ulaska u pogon NE Krško čini ulazak u pogon NE Krško krajem drugog kvartala ove godine, dakle u momentu intenzivnog porasta poprošnje, nužnom, jer bi u protivnom nastupile izuzetne teškoće u opskrbi potrošača električnom energijom zapadnog dijela zemlje i nakon dodatnog uvoza tekućeg goriva.

Stoga ulazak NE Krško u pogon potkraj 1981. godine ima dvojako značenje:

— energetsko, jer pokriva dio potrošnje koji nije pokriven i onaj dio za koji bi trebalo ostvariti dodatni uvoz tekućeg goriva (što je praćeno vrlo velikim teškoćama) i

— ekonomski, jer osim eliminiranja dodatnog uvoza tekućeg goriva ostvaruje vrlo velike uštede potiskivanjem proizvodnje termoelektrana na tekuće gorivo.

Elektroenergetske bilance 1981—1985. godine, koje su za ovu svrhu izrađene, pokazuju manjak energije i snage krajem 1981. godine u SR Hrvatskoj i Sloveniji, kako slijedi:

	Manjak energije i snage	
	W GWh	P MW
SR Hrvatska	588	316
SR Slovenija	588	316
UKUPNO	1176	632

Manjak snage i energije u idućoj i daljnjim godinama nema simsla pokazivati, jer je ona u idućoj godini identična mogućnostima NE Krško, a u daljnjim godinama iznad njezinih mogućnosti.

Ovome treba dodati i onu drugu prednost nuklearnih elektrana, tj. da je NE Krško locirana u težištu triju centara, vrlo intenzivnih protrošača električne energije: Zagreb, Ljubljana i Maribor, čime se smanjuju putovi prijenosa električne energije, a time i gubici.

Ekonomski efekti koje će ostvariti NE Krško u elektroenergetskim sistemima potječu iz činjenice da u elektroenergetskom sistemu ima instaliranih oko 1 100 MW na tekuće gorivo i da NE Krško može u idućih nekoliko godina (zbog toga što je potrebno i vrijeme i sredstva za supstituciju tekućeg goriva) odigrati značajnu ulogu, iako djelomično i privremeno, u supstituciji tekućeg goriva potiskivanjem proizvodnje klasičnih termoelektrana. Dakako da to zahtijeva visok stupanj raspoloživosti NE Krško.

Uz ovu pretpostavku mogućnosti supstitucije prema elektroenergetskim bilancama 1981—1985. godine pokazuje ova tablica:

Godina	Proizvodnja termoelektrana na tekuće gorivo		
	Bez NE KRŠKO (GWh)	S NE KRŠKO (GWh)	RAZLIKA (GWh)
1981.	3 644,8	3 457,5	187,3
1982.	3 797,8	2 202,6	1 595,2
1983.	3 902,3	2 255,5	1 646,8
1984.	4 600,6	3 184,0	1 416,6
1985.	4 495,9	3 055,1	1 440,8

Uštede koje proizlaze iz takvog rada u elektroenergetskom sistemu za isto razdoblje (jer će iza 1985. godine to ovisiti o brzini supstitucije i strukturi ostalih elektrana koje će bti izgrađene) zbog razlike u cijenama nuklearnog i tekućeg goriva i uz pretpostavku da se do 1985. ne provede supstitucija u nekoj od termoelektrana (npr. TE Rijeka), iznose:

Godina	Troškovi goriva u sistemu		
	Bez NE KRŠKO (106 DIN)	S NE KRŠKO (106 DIN)	Uštede (106 DIN)
1981.	8 263,6	7 726,7	536,9
1982.	8 566,5	6 233,9	2 332,6
1983.	8 845,2	6 489,2	2 356,9
1984.	10 330,4	7 855,1	2 475,3
1985.	11 091,3	8 618,1	2 473,2

Osim toga, te uštede imaju posebno značenje zbog toga što one istodobno pridonose smanjenju uvoza loživog ulja.

Fleksibilnost NE Krško

Osim već spomenute činjenice da razlika u cijeni goriva između nuklearnih elektrana i klasičnih termoelektrana predodređuje položaj nuklearnih elektrana za temeljni dio dijagrama opterećenja, valja spomenuti i činjenicu da je većina, naročito po snazi, postojećih hidroelektrana u Hrvatskoj karakteristika vršnih postrojenja, pa je takav položaj Ne Krško u elektroenergetskom sistemu izvjestan. Doda li se k tome da postoje daljnje mogućnosti izgradnje vršnih hidroelektrana i crpno-akumulacijskih postrojenja u zapadnom dijelu zemlje, te neminovnost smanjivanja (rekonstrukcijom) tehničkog minimuma postojećih termoelektrana na tekuće gorivo u Hrvatskoj, očito je da u takvim elektroenergetskim prilikama ne dolazi u obzir da u dogledno vrijeme NE Krško, a i još neke od slijedećih nuklearnih elektrana, rade u vršnom dijelu dijagrama opterećenja.

Neovisno o tome, međutim, karakteristike nuklearne elektrane Krško su takve da u slučaju potrebe, odnosno izuzetnih prilika u elektroenergetskom sistemu, ona može, u skladu s projektiranim ciklusom dnevne promjene terena 100—50—100% MW s vremenom 12—3—6—3 sati i uz brzinu promjene opterećenja od ± 5%/min., sudjelovati u pokrivanju varijabilnog dijela dijagrama optrećenja. Pri tome treba imati na umu da brza i česta smanjenja opterećenja nisu dopuštena zbog mogućnosti zatrovavanja ksenonom, što negativno utječe na reaktivnost reaktora.

ZAKLJUČAK

NE Krško sa 632 MW na kragu je elektrana, za sada, s najvećom jediničnom snagom agregata u elektroenergetskom sistemu. Locirana u težištu tri-

ju po potrošnji elektrike velikih intenzivnih područja, NE Krško ima značajnu ulogu u opskrbi električnom energijom zapadnog dijela elektroenergetskog sistema Jugoslavije uz neznatne gubitke prijenosa, te je snažna potporna točka u tome dijelu.

Osim toga, NE Krško može ostvariti znatne uštede u elektroenergetskom sistemu potiskivanjem proizvodnje klasičnih termoelektrana na tekuće gorivo, a time pridonijeti smanjivanju uvoza loživog ulja, naravno, s velikom pogonskom spremnošću. To je ujedno i poseban izazov pogonskom osoblju u prvoj našoj nuklearnoj elektrani.

S druge strane, ispitivanja su pokazala da ispod NE Krško iz pogona ostavlja elektroenergetski sistema stabilnim uz uvjet da rotirajuća rezerva nadoknadi ispalu snagu. Sigurno je da ovome problemu treba posvetiti osobitu pažnju u pogonskoj praksi vođenja elektroenergetskog sistema. Isto tako, potrebno je odgovarajućim mjerama i akcijama rješavati problem manjka jalove snage u zapadnom dijelu zemlje.

LITERATURA

1. D. Mandić i dr., *Izbor optimalnih snaga i optimalnih tehničkih i pogonskih karakteristika termoenergetskih blokova u Jugoslaviji do 1985. godine* Energoprojekt — Beograd, februar 1974.
2. Boris Markovčić i Zdenko Tonković, *Prilike u prijenosnoj mreži 1982. s obzirom na ulazak u pogon NE Krško, Institut za elektroprivredu Zagreb, kolovoz 1980.*
3. *Elektroenergetske bilance 1981—1985. godine,* Institut za elektroprivredu Zagreb, 1981.

KEY WORDS:

ELECTRICAL SYSTEM
NUCLEAR POWER PLANT
COSTS IN SYSTEM
ELECTRICAL ENERGY SUMMARY FOR CROATIA

SIGNIFICANCE OF NPP KRŠKO IN THE ELECTRICAL SYSTEM OFWEST PART OF YUGOSLAVIA

In the article is presented significance of NPP Krško in north-west part of Yugoslavia as well as its influence on the decrease of production costs. Presented is choice of unite capacity, performance characteristics and consequences in the case of trip.

DIE ROLLE DES KERNKRAFTWERK KRŠKO IM WESTLICHEN VERBUNDSYSTEM JUGOSLAWIENS

Erläutert wird die Rolle des Kernkraftwerkes Krško im nordwestlichen Teil des jugoslawischen Verbundsystems und dessen Einfluss auf die Kostensenkung der Stromerzeugung. Behandelt wird die Auswahl der Grösse des Maschinensatzes und dessen Anpassungsfähigkeit an die Betriebsbedingungen und die Folgen etwaiger Betriebsausfälle.

РОЛЬ АЭС »КРШКО« В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЮГОСЛАВИИ

Показана роль АЭС »Кршко« в северозападной энергосистеме Югославии и ее влияние на снижение стоимости выработки электроэнергии. Объясняется выбор мощности агрегата, его маневренность в эксплуатации и последствия в случае его выпада.

Naslov pisca: Nikola Bilčar, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
20. 11. 1981.

Energija God 31 (1982) br. 3—4, 91—105

RJEŠENJE 110 kV I 30 kV MREŽE GRADA ZAGREBA ZA RAZDOBLJE 1980—2000. GODINE

(II. DIO)

mr Rihard S c h e n n e r, Zagreb

UDK 621.316.1
PRETHODNO SAOPĆENJE

U članku se daje prikaz rezultata studije s istom temom. Obrađena su ova područja: — Postojeće stanje konzuma i mreže — Normativi opterećenja i potrošnje električne energije — Prognoza budućeg konzuma — Izbor elemenata električne mreže analizom na modelu — Razrada 110 kV i 30 kV mreže grada Zagreba za razdoblje 1980—2000. god.

Ključne riječi: električna mreža, potrošnja električne energije, prognoza konzuma, planiranje mreže.

4. IZBOR ELEMENATA ELEKTRIČNE MREŽE ANALIZOM NA MODELU

U ovom materijalu izvršio se izbor nazivne snage transformatorske stanice 110/20 kV i presjeka materijala vodiča 110 kV kabela. S obzirom na pristup modelu, dat će se i prijedlog za 20 kV kabelski vod. Problematika izbora nazivne snage transformatorske stanice 110/20 kV postoji zbog toga što se u praksi javljaju vrlo različita rješenja i dosta je teško na bazi tuđih skustava obaviti izbor.

Radi što realnijeg izbora napravio se dinamički model prema varijantnoj metodi. Modelom će se obuhvatiti onaj dio električne mreže, koji najviše utječe na izbor. Modelom je predviđena dinamika porasta električne mreže s porastom opterećenja, koja će se moći varirati kao i svi ulazni podaci. Ta variranja će biti u granicama koja se očekuju za područje grada Zagreba. Na taj način se dobije prilačno velik broj rezultata, pomoću kojih se zatim obavlja izbor. Optimalna nazivna snaga jest ona koja se potvrdi u većem broju ispitivanja. Pri tome je potrebno uzeti u obzir i one elemente računa koji se nisu mogli obuhvatiti modelom.

4.1. Opis modela

Model se bazira na određivanju troškova i prihoda analiziranog sistema električne mreže za svaku godinu u razdoblju analize. U tu svrhu uglavnom se primjenjuju metode aktualizacije troškova. Ako se prihodi u n-toj godini analize označe sa P_n a troškovi sa T_n, dobije se ukupna aktualizirana dobit u razdoblju od N godina pomoću izraza:

$$D_u = \sum_{n=1}^{N} (P_n - T_n) \cdot a^{-n} \qquad (12)$$

Faktor a naziva se faktorom aktualizacije. Budući da je on uvijek veći od 1, vidi se da najveći utjecaj na odluku imaju troškovi i prihodi iz prvih godina analize. Koliko je taj utjecaj, ovisi o njegovoj veličini. Na ovom modelu iznosio je faktor aktualizacije 1,08, a razdoblje analize 30 godina.

Prema izrazu (12) dobije se apsolutna vrijednost dobiti tako da pomoću nje nije moguće uspoređivati različite nazivne snage transformatorskih stanica 110/20 kV. U takvim slučajevima služi za izbor optimalnog rješenja faktor rentabiliteta:

$$r = \frac{\sum_{n=1}^{N} P_n \cdot a^{-n}}{\sum_{n=1}^{N} T_n \cdot a^{-n}} \qquad (13)$$

Optimalna je ona varijanta kod koje je faktor rentabiliteta veći. Zbog praktičnih razloga na modelu se određivala recipročna vrijednost, što znači da je optimalna varijanta s najmanjim troškovima po prihodu.

Prihod u godini dana određen je razlikom kupljene i prodane električne energije i snage. Sve potrebne veličine za račun prihoda određene su pomoću vršnog opterećenja trunsformatorske stanice 110/20 kV.

Jedan drugi način prihoda jest povrat investicija. Tipičan primjer povrata investicija je zamjena transformatora 110/20 kV, kada zamijenjen transformator predstavlja dobit, jer se više ne koristi u analiziranom modelu. Vrijednost povrata investicija pada na modelu linearno sa vremenom korištenja.

Troškovi u određenoj godini analize podijeljeni su u ovoj studiji na:

— troškove nove opreme
— godišnje troškove opreme (odnosno investicija)
— godišnje troškove gubitaka.

Troškovi nove opreme u nekoj godini jesu nabavne vrijednosti opreme. Ti troškovi usko su vezani za porast opterećenja tranfsormatorske stanice 110/20 kV. To su npr. troškovi novih transformatora, 20 kV polja, 20 kV kabelskih vodova i sl.

Godišnji troškovi opreme jesu troškovi održavanja opreme, troškovi osiguranja i sl. Oni su paktično linearno vezani uz vrijednost investicije. Računalo se da znose 12% od vrijednosti investicije.

Godišnji troškovi gubitaka nastaju u transformatorima i kabelima. Jedan dio gubitka vezan je za veličinu opterećenja (gubici u vodovima i namotima) a drugi uz veličinu napona (gubici u željezu transformatora). Jedinične cijene troškova gubitaka određene su prema tarifnim stavovima.

Prve analize radi izbora elemenata električne mreže obrađivale su troškove samo tog elementa mreže. Međutim, postoji određena međusobna veza između pojedinih elemenata mreže pa tako i njihovih troškova.

Naravno da troškovi same tranfsormatorske stanice 110/20 kV imaju dominantan utjecaj. S obzirom na mogućnosti izgradnje pojavljuju se kod transformatorskih stanica 110/20 kV dvije oprečne stvari:

— kod punog opterećenja znatno su jeftinije transformatorske stanice 110/20 kV većih nazivnih snaga
— mogućnost etapne izgradnje transformatorske stanice 110/20 kV vrlo je mala. Jedino se transformatori i jedan dio opreme 20 kV postrojenja i prateće opreme mogu u određenoj mjeri prilagođavati porastu opterećenja, tako da su transformatorske stanice 110/20 kV velikih nazivnih snaga vrlo skupe u razdoblju malih opterećenja.

U momentu puštanja tranfsormatorske stanice 110/20 kV u pogon njezino vršno opterećenje je u prosjeku prilično manje od maksimalno predviđenog. To znači da su i njezini troškovi u tom razdoblju prilično veliki. Oni će početi opadati tek kad poraste opterećenje. Upravo je porast opterećenja jedan od dosta važnih faktora izbora nazivne snage, pri čemu se mora imati na umu djelovanje aktualizacije na troškove.

Zbog što realnijeg obuhvaćanja ovih utjecaja računalo se s velikim rasponom konačnih nazivnih snaga od 2 x 20 MVA do 3 x 63 MVA. Daljnje povećanje nazivne snage transformatora vezano je uz dosta velike probleme kratkog spoja, ali je i nazivna snaga transformatorske stanice 110/20 kV od 3 x 63 MVA već gotovo ekstremna.

S obzirom na vrstu izgradnje, na području grada Zagreba se mogu očekivati tzv. klasične i SF6 izvedbe. Izvedba u SF6 tehnici znatno je skuplja, ali ona jedina omogućava primjenu manjih terena i smještaj 110 kV postrojenja u zgradi. Pri tome treba imati na umu i urbanističke zahtjeve na izgled transformatorske stanice 110/20 kV.

Na izbor nazivne snage transformatorske stanice 110/20 kV imaju vrlo jak utjecaj troškovi 20 kV mreže, i to troškovi 20 kV kabelskih vodova. Pogrešnim izborom nazivne snage mogu biti ti troškovi znatni. S obzirom na porast vršnog opterećenja, odnosno nazivne snage tuansformatorske stanice 110/20 kV karakteristično je sljedeće:

— 20 kV kabelska mreža vrlo se dobro prilagođava porastu vršnog opterećenja u odnosu na transformatorsku stanicu 110/20 kV
— dužina 20 kV kabelske mreže, a to znači i njezini troškovi, rastu brže od porasta vršnog opterećenja, odnosno nazivne snage transformatorske stanice 110/20 kV.

Razlog bržeg rasta dužine 20 kV kabelske mreže od porasta nazivne snage jest u sljedećem:

20 kV kbelska mreža pokriva jednu prilično veliku površinu pa lokacija transformatorske stanice 110/20 kV predstavlja jednu točku te površine. Budući da jedan 20 kV izvod ima ograničeno dozvoljeno opterećenje, to za napajanje udaljenijih dijelova te površine trebe znatno veća dužina kabelskog voda nego za površine bliže lokaciji. Sto je veća nazivna snaga transformatorske stanice 110/20 kV, to jače dolazi taj efekt do izražaja. To se može izraziti na ovaj način:

$$L_{20} = \frac{k \cdot P_{ts110}}{f_i \cdot (P_{ts20} \cdot G_{20})^{0,5}} + 0,5 \cdot k \cdot \left(\frac{P_{ts110}}{f_i}\right)^{1,5} \cdot \frac{1}{P_{k20}} \cdot \frac{1}{(P_{k20} \cdot G_{20})^{0,5}} \quad (14)$$

(L_{20} — dužina 20 kV mreže, P_{tsllo} — vršno opterećenje TS 110/20 kV, P_{ts20} — vršno opterećenje TS 20/0,4 kV, P_{k20} — dozvoljeno opterećenje 20 kV kabelskog voda, G_{20} — gustoća opterećenja na 20 kV nivou, f_i — f aktor istodobnosti, k — korekcijski faktor).

Da se odredi utjcaj jedne veličine, potrebno je nju varirati a druge držati konstantnom. Ako se varira vršno opterećenje transformatorske stanice 110/20 kV, dobije se

$$L_{20} = K_1 \cdot P_{ts110} + K_2 \cdot P_{ts110}^{1,5} \quad (15$$

Prema izrazu (15) vidi se da jedan dio 20 kV mreže raste linearno s porastom vršnog opterećenja transformatorske stanice 110/20 kV a drugi sa 1,5 potencije porasta opterećenja.

Izraz (14), odnosno (15) vrijedi za lokacije tuansformatorske stanice 110/20 kV u centru područja napajanja. Ako je ona na rubu područja napajanja, onda je konstanta K_2 iz izraza (15) za 50% veća.

Pomoću izraza (14) može se analizirati i utjecaj prijenosne moći 20 kV kabelskog voda. U tom slučaju se dobije:

$$L_{20} = K_3 + \frac{K_4}{P_{k20}^{1,5}} \quad (16)$$

Jedan dio dužine 20 kV mreže ne ovisi o prijenosnoj moći 20 kV kabelskog voda, a drugi opada sa 1,5 potencije njezina porasta.

Kod izbora presjeka vodiča 20 kV kabela postoje ograničenja na kratki spoj. Na modelu se računalo s presjecima vodiča od 150, 185 i 240 mm² Al.

Nazivna snaga transformatorske stanice 20/0,4 kV ima utjecaja na dužinu 20 kV mreže, pa na taj način i na izbor nazivne snage transformatorske stanice 110/20 kV. Prema izrazu (14) dobije se:

$$L_{20} = \frac{K_5}{(P_{ts20})^{0.5}} + K_6 \qquad (17)$$

Očito da je za smanjenje dužine 20 kV mreže povoljnije imati što veće nazivne snage transformatorskih stanica 20/0,4 kV. Međutim, u tom slučaju rastu troškovi 0,4 kV mreže, koji imaju dominantan utjecaj na izbor nazivne snage transformatorske stanice 20/0,4 kV. Danas su se u Zagrebu a i u stranim državama veličine nazivnih snaga tuansformatorskih stanica 20/0,4 kV dosta stabilizirale na vrijednosti između 400 i 630 kVA. Na modelu se računalo s nazivnom snagom od 630 kVA.

Troškovi 110 kV mreže na izbor nazivne snage transformatorske stanice 110/20 kV. Zbog pojednostavljenja modela najprije se računalo bez utjecaja tih troškova, a zatim su odabrane nazivne snage transformatorskih stanica 110/20 kV provjerene s obzirom na te troškove.

4.3. Analiza i rezultati analize

Model baziran na varijantnoj metodi zahtijeva prilično velik broj ulaznih podataka. To su prije svega cijene elemenata mreža, ekonomski faktori u računu, nazivne veličine elemenata mreže i sl. Ovdje će se navesti neke osnovne veličine:

faktor aktualizacije	1,08
faktor godišnjih troškova	0,12
period analize	30 godina
gustoća opterećenja	5—75 MW/km²
nazivne snage TS 110/20 kV	od 2 x 20 MV do 3 x 63 MVA
cijene transformatora 110/20 kV	5 200—8 200 x 10³ d
cijena 110 kV polja — klasično	2 000 000 d
cijena 110 kV polja SF6	4 000 000 d
cijena 20 kV polja	300 000 d
presjeci vodiča 20 kV kabelskog voda	150, 185, 240 mm² Al
cijene 20 kV kabelskog voda	945—1050 x 10³ d/km

Prva ispitivanja vršena su sa ulaznim podacima koji se smatraju najrealnijima. Nakon toga su izdvojene četiri najoptimalnije snage i obavljena su detaljna ispitivanja samo sa njima u svrhu izbora jedne od njih.

Najoptimalnije su sljedeče četiri nazivne snage: 2 x 40, 2 x 63, 3 x 40 i 3 x 63 MVA. Potrebno je napomenuti da se uz transformaciju 110/20 kV ispitivala i transformacija 110/10 kV zbog toga što će se 10 kV napon još dosta dugo koristiti u Zagrebu. Prva ispitivanja dala su određenu prednost nazivnoj snazi od 2 x 63 MVA kod transformacije 110/10 kV, a 3 x 63 MVA kod transformacije 110/20 kV, uz napomenu da su u tom slučaju troškovi sa nazivnom snagom 2 x 63 MVA odstupali za maksimalno 4,4%, i to kod gustoće opterećenja 75 MW/km² koju je u Zagrebu teško očekivati.

Daljnja ispitivanja vršena su s promjenom trenda porasta vršnog opterećenja transformatorske stanice 110/20 kV, razvoja 20 kV mreže, izvedbe tranformatorske stanice 110/20 kV i lokacije transformatorske stanice 110/20 kV. Kod svakog ispitivanja analizirane su sve gustoće opterećenja i svi presjeci vodiča 20 kV kabela.

Utjecaji promjena pojedinih veličina u sljedeći:

— uz veće gustoće opterećenja povoljnije su veće nazivne snage zbog manje dužine 20 kV mreže

— veći presjeci vodiča 20 kV kabelskih vodova optimalniji su uz veče nazivne snage, što naročito dolazi do izražaja kod transformacije 110/10 kV zbog manje prijenosne moći 10 kV napona

— uz veći porast opterećenja povoljnije su veće nazivne snage

— ako se 20 kV mreža razvija u prvim etapama oko lokacije transformatorske stanice 110/20 kV, tada su povoljnije manje nazivne snage.

Naravno, vrijedi i obratno:

— uz klasičnu tj. jeftiniju izvedbu transformatorske stanice 110/20 kV, povoljnije su manje nazivne snage i obratno

— kod lokacije transformatorske stanice 110/20 kV na rubu područja povoljnije su i manje nazivne snage.

Sva ta ispitivanja dala su kao optimalnu nazivnu snagu jednu od četiri navedene.

Na modelu se željelo obuhvatiti što više utjecajnih elemenata, ali nije bilo moguće obuhvatiti sve. Najutjecajniji elementi koji se nisu mogli obuhvatiti jesu:

— troškovi raspleta 20 kV izvoda iz transformatorske stanice 110/20 kV

— problemi s dobivanjem lokacije

— veličina konzuma grada.

Problemi raspleta 20 kV izvoda javljaju se na određenim lokacijama, i to uglavnom u strijim predjelima grada. Na takvim lokacijama su pločnici, gdje se polažu 20 kV kabelski vodovi, već opterećeniostalim instalacijama (PTT, plin, vodovod i sl.), pa je u nekim slučajevima i to ograničenje izbor nazivne snage transformatorske stanice 110/20 kV.

Na području starih centara vrlo je teško dobiti bilo kakvu lokaciju, a naročito ako je potreban veći teren, pa je u tom slučaju vrlo teško govoriti o cijeni terena. Taj moment može također djelovati ograničavajuće.

Veličina konzuma grada ima utjecaj u tom smislu što pri izboru prevelikih nazivnih snaga u odnosu na konzum uvijek postoji određeni rizik da se transformatorska stanica 110/20 kV ne iskoristi do njenih nominalnih mogućnosti.

U vezi s izborom nazivne snage transformatorske stanice 110/20 kV vrijedi za zagrebačke uvjete sljedeće:

- prema analizi konzuma očekuju se maksimalne gustoće opterećenja od 50 MW/km²
- trendovi porasta vršnog opterećenja pojedinih dijelova grada su različiti. Najveći se mogu očekivati u zonama intenzivne stambene izgradnje, a najmanji na području centra i oko njega, gdje se predviđa jačanje konzuma infrastrukture i stambene interpolacija
- Zagreb karakteriziraju razmjerno uske ulice, i to naročito u današnjem centru grada. Zbog toga treba očekivati određene probleme s raspletom 20 kV vodova. Potrebno je napomenuti da je u tom pogledu daleko povoljniji 20 kV napon u odnosu na 10 kV.

Kada se sve spomenuto uzelo u obzir, odabrala se kao optimalna nazivna snaga 2 x 63 MVA.

Samo b nekim posebnim slučajevima koristit će se nazivna snaga 3 x 40 MVA.

Za presjek i material vodiča 20 kV kabelskog voda predlaže se 185 mm² Al.

Poslije ovih analiza provjerene su nazivne snage 2 x 63 MVA i 3 x 63 MVA s troškovima 110 kV kabelskih vodova. Nakon tih analiza prijedlog se nije primijenio. Za 110 kV kabelski vod predlaže se presjek i materijal 110 kV kabelskog voda od 500 mm² Cu.

Izolacija 110 kV kabelskog voda predviđena je od umreženog polietilena.

Prema podacima iz literature može se ovakav izbor prihvatiti. U literaturi se statističkim praćenjem utvrdila ovisnost veličine konzuma grada i nazivne snage transformatorske stanice 110/20 kV.

Karakterističan je primjer u slučaju njemačkog grada Hamburga. Nazivne snage su kronološki iznosile 3 x 20 MVA, 3 x 31,5 MVA i sada 4 x 63 MVA. Vršno opterećenje Hamburga iznosilo je 1967. god. oko 1 000 MVA a oko 2000. god. se predviđa 10 000 MVA.

5. RAZRADA 110 kV I 30 kV MREŽE GRADA ZAGREBA ZA RAZDOBLJE 1980—2000. GODINE

Zbog preglednosti podijelio se ovaj materijal na dva dijela. U prvom dijelu objasnit će se koncepcija rješenja 110 kV mreže odnosno napajanje grada Zagreba električnom energijom i predloženo rješenje. Također će se ukratko objasniti odstupanja rješenja i **koncepcije.**

Drugi dio sadrži kronološki razvoj rada, i to uzimajući u obzir ulogu postojećih objekata, specifičnost područja, moguće lokacije, odumiranje 30 kV mreže i slično.

5.1. Koncepcija napajanja većih gradova električnom enedgijom te koncepcija i rješene za grad Zagreb

Pregledom literature došlo se do zaključka da se razmjerno velik broj analiziranih varijanti 110 kV mreže može svesti na tri *osnovne:*

- poprečnu 110 kV mrežu
- otočnu 110 kV mrežu
- 110 kV mrežu s primjenom blok spoja.

Kod poprečne 110 kV mreže spajaju se krajevi 110 kV vodova između dvije pojne točke za 110 kV mrežu. Na jedan takav 110 kV vod spaja se, ovisno o elementima mreže, jedna do četiri transformatorske stanice 110/20 kV. Zbog smanjenja snage kratkog spoja u pravilu je takav vod isključen između dvije središnje transformatorske stanice 110/20 kV. Priključak transformatorskih stanica 110/20 kV na takvu 110 kV mrežu izvodi se po sistemu ulaz-izlaz. To znači da se napajanje osigurava samo u slučaju ispada jednog elementa iz pogona, tj. prema principu n-1.

Kod otočne 110 kV mreže spajaju se krajevi jednog 110 kV voda na jednu pojnu točku za 110 kV mrežu. Ostalo je uglavnom jednako kao i kod poprečne 110 kV mreže.

Mreža 110 kV s primjenom blok-spoja sasvim je oblikovan prema zahtjevima blok spoja 110 kV kabelski vod — transformator 110/20 kV. U praksi se uglavnom koriste dva transformatora u jednoj takvoj transformatorskoj stanici 110/20 kV.

Prednosti i mane pojedinih 110 kV mreža su sljedeće:

- kod poprečne 110 kV mreže može se očekivati duža, odnosno skuplja 110 kV mreža u odnosu na otočnu, ali je povoljnija etapnost izgradnje pojnih točaka za 110 kV mrežu
- otočna 110 kV mreža je prosječno kraća od poprečne, ali treba znatno prije graditi pojne točke za 110 kV mrežu
- mana 110 kVmreže za blok-spoj jest velika dužina te mreže, a prednost su vrlo jeftina 110 kV postrojenja i razmjerno mali presjeci vodiča 110 kV vodova.

Problematika kratkog spoja u gradskim 110 kV mrežama rješava se u pravilu radijalnim pogonom. Pouzdanost napajanja definirana je u većini slučajeva prema pravilu n-1.

Za definiranje koncepcije 110 kV mreže za napajanje grada Zagreba analizirane su sve tri 110 kV mreže i odabrana je

110 kV mreža s poprečnim vezama

Nakon definiranja kancepcije 110 kV mreže potrebno ju je primijeniti uzimajući u obzir realne prilike područja. Na sl. 6. vidi se prijelaz od koncepcije do realnog prijedloga 110 kV mreže.

Već na sl. 5 određena je promjena u odnosu na modelna ispitivanja zbog primjene teških 110 kV dalekovoda. Teški 110 kV dalekovodi imaju veću prijenosnu moć od uobičajenih, a primjenjuju se zbog lakšeg prodora do centra konzuma, odnosno do 110 kV rasklopišta jer zahtjevaju manje koridore od 380 kV dalekovoda, a također su i tereni za 110 kV rasklopišta manji od onih za transformatorske stanice 380/110 kV.

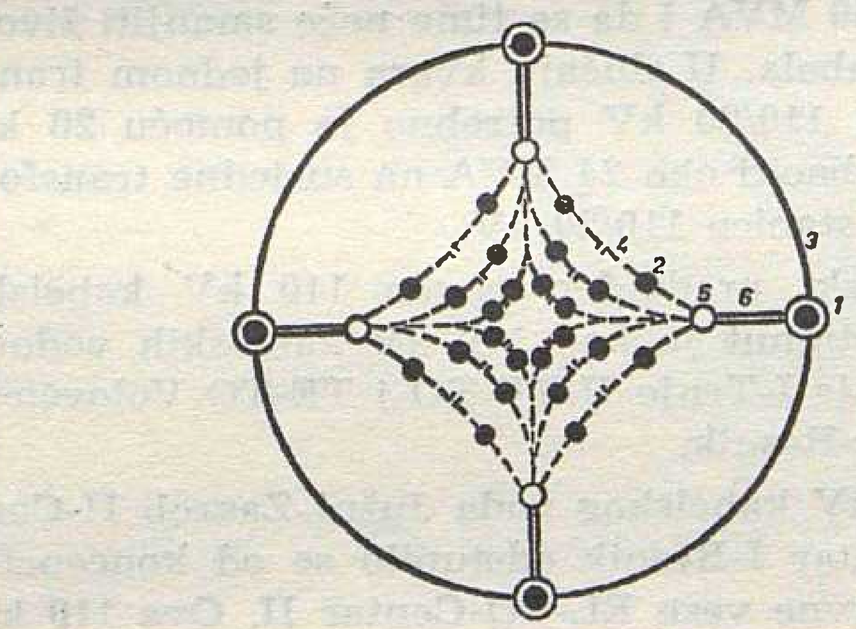
Na sl. 5. su daljnje korekcije koje se odnose na raspored konzuma i lokacije 110 kV rasklopišta. Područje konzuma grada Zagreba može se grubo prikazati elipsom s dužom osi od 25 km a kraćom od 10 km. Međutim, oko tog područja nije bilo moguće planirati 380 kV prsten dalekovoda zbog Medvednice, a kabelska izvedba je sigurno sa sada preskupa. Također su određenu ulogu kod korekcije imale i lokacije postojećih transformatorskih stanica 380/110 kV, 220/110 kV i 110/30 kV koje se nalaze na južnom poluprstenu oko grada. Zbog svih ovih razloga predvidjelo se napajanje području grada Zagreba iz 110 kV rasklopišta smještenih duž osi istok-zapad, s time da transformatorske stanice 380/110 kV budu locirane na jugu, istoku i zapadu područja.

Na sl. 5c ucrtane su realne transformatorske stanice 380/110 kV, 220/110 kV i 110 kV rasklopišta. Transformatorske stanice 380/110 kV su sljedeće: Zagreb I (južna lokacija), Zagreb II (istočna lokacija) i Zagreb III (zapadna lokacija). Na južnom dijelu grada, i to istočno od transformatorske stanice 380/110 kV Zagreb I, nalazi se postojeća transformatorska stanica 220/110 kV Mraclin. Kao 110 kV rasklopište korištena su postojeća i to Rakitje, Jarun, TE-TO i Resnik. Pri tome se još nije uzela u obzir realna mogućnost priključaka teških 110 kV dalekovoda i eventualno potrebna proširenja 110 kV rasklopišta.

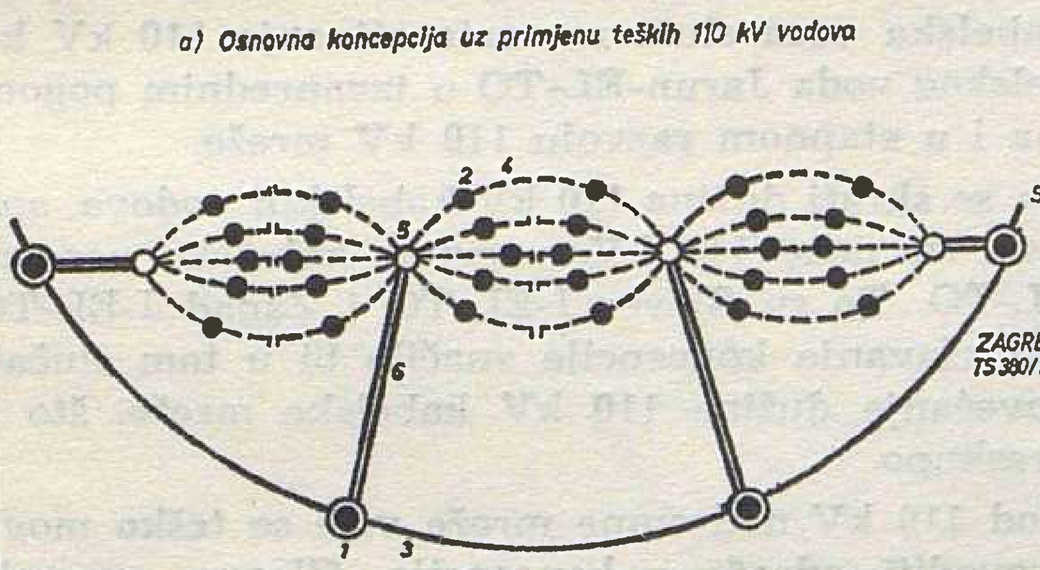
Na sl. 5d nacrtana je predložena 110 kV električna mreža za napajanje grada Zagreba oko 2000. god. Osnovne razlike prema prethodnoj slici su sljedeće:

— 110 kV kabelska mreža orijentirana prije samo na 110 kV rasklopište Jarun, priključena je sada jednim dijelom i na 110 kV rasklopište Južni Zagreb II

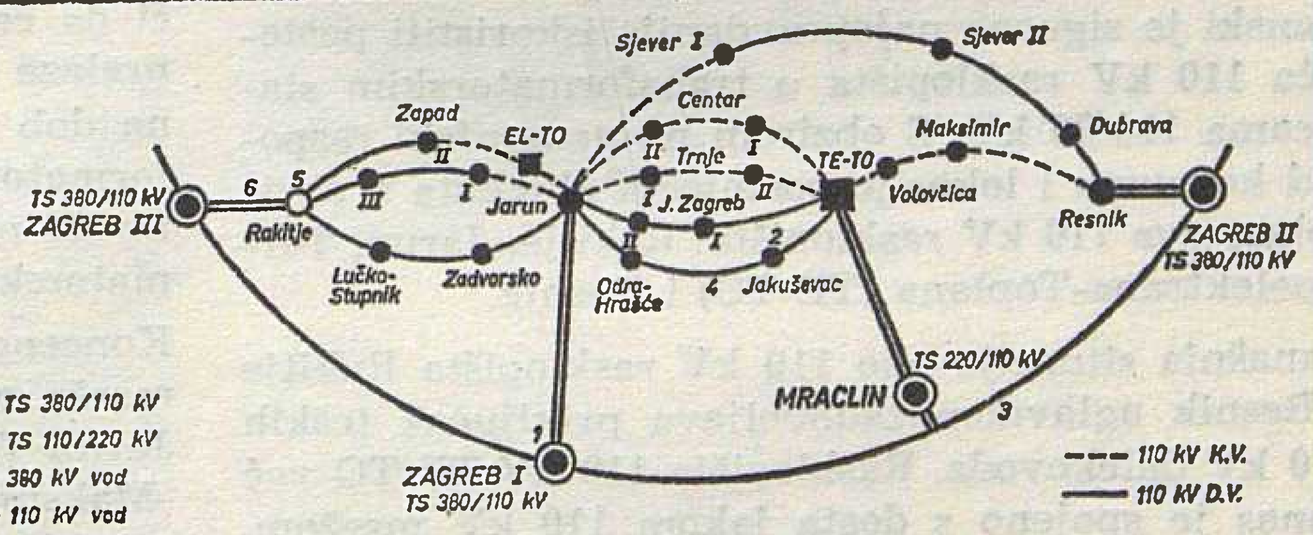
— također su promijenjeni priključci nekih transformatorskih stanica 110/20 kV. Tako se transformatorska stanica 110/20 kV Centar I pri-



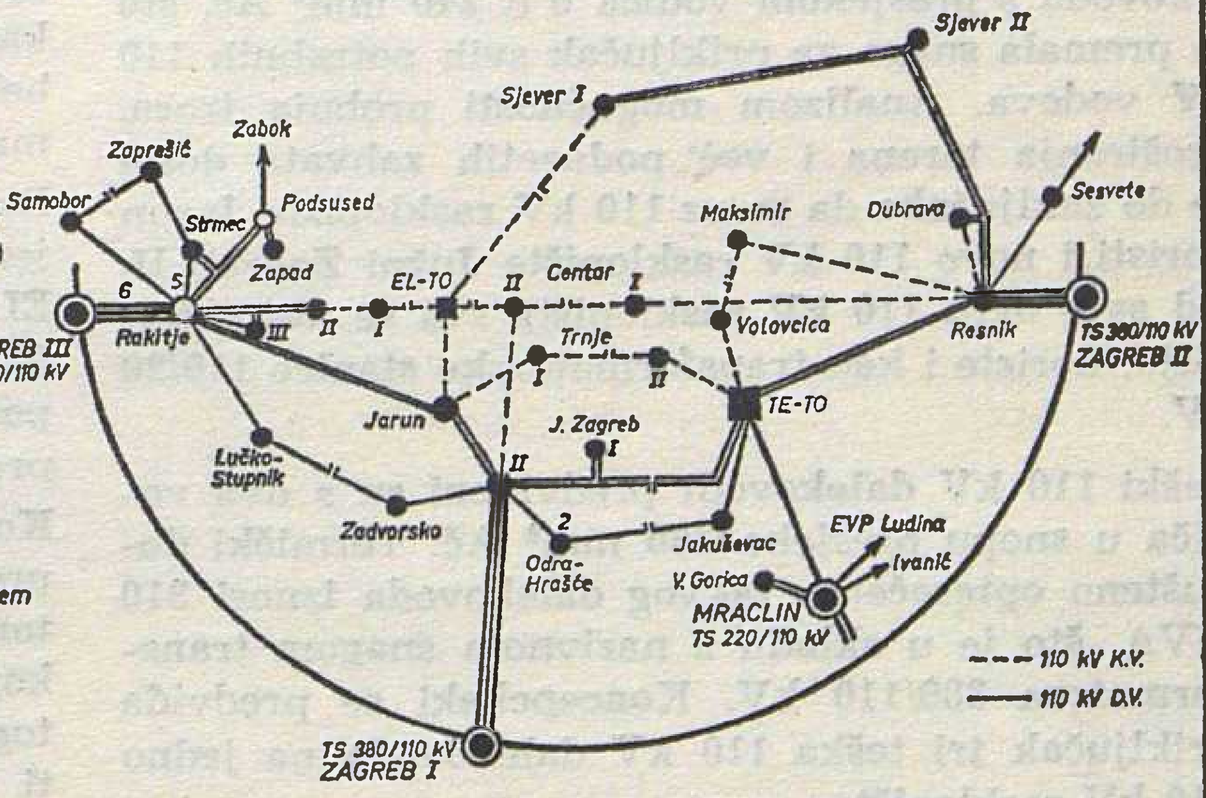
a) Osnovna koncepcija uz primjenu teških 110 kV vodova



b) Osnovna koncepcija korigirana primjenom teških 110 kV vodova, utjecajem oblika konzuma i lokacijama pojnih točaka za 110 kV mrežu



c) Korekcije koncepcije iz sl. b) sa realnim lokacijama 110 kV stanica i transformatorskih stanica 380/110 kV i 220/110 kV



d) Predložena električna mreža za napajanje grada ZAGREBA

Sl. 5. *Koncepcija napajanja grada Zagreba električnom energijom*

uključuje na 110 kV rasklopište Resnik, a transformatorska stanica 110/20 kV Sjever I na transformatorsku stanicu 110/20 kV EL-TO.

Ove i ostale izmjene objasnit će se detaljnije.

5.1.1. *380 kV i 220 kV mreža*

U razdoblju 1980— 2000. god. napaja 380 kV i 220 kV mreža oko grada Zagreba područje cijele sjeverozapadne Hrvatske i tek oko 2000. god. ona će vjerojatno služiti za isključivo napajanje grada Zagreba. Sada se jedino može postaviti zahtjev da 380 kV mreža mora dovoljno pouzdano napajati tri transformatorske stanice 380/110 kV čija opterećenja oko 2000. god. iznose 450 do 550 MW. Na području grada već postoji 220 kV mreža koja se neće mijenjati.

Svaka transformatorska stanica 380/110 kV opremljena je u konačnoj izgradnji s tri transformatora nazivne snage 300 MVA, od kojih je jedan hladna rezerva.

5.1.2 *110 kV mreža*

Prije razrade same 110 kV mreže bilo je potrebno odrediti 110 kV rasklopišta na koja će se spojiti teški 110 kV dalekovodi, i to uzimajući, koliko je moguće, u obzir problematiku trasa i terena. Ekonomski je sigurno najopravdanije iskoristiti postojeća 110 kV rasklopišta u transformatorskim stanicama 110/30 kV. S obzirom na geografski raspored konzuma i lokacije postojećih objekata u obzir dolaze ova 110 kV rasklopišta: Rakitje, Jarun, Termoelektrana-Toplana (TE-TO) i Resnik.

Današnja situacija oko 110 kV rasklopišta Rakitje i Resnik uglavnom zadovoljava priključak teških 110 kV dalekovoda. Rasklopište 110 kV TE-TO već danas je spojeno s dosta jakom 110 kV mrežom, koja bi se mogla vrlo teško proširiti. Rasklopište 110 kV Jarun spojeno s dva dvostruka 110 kV dalekovoda s presjekom vodiča o d 240 mm² Ač, što je premala snaga za priključak svih potrebnih 110 kV vodova. Analizom mogućnosti proboja trasa, proširenja terena i već poduzetih zahvata došlo se do zaključaka da se uz 110 kV rasklopište Jarun koristi i novo 110 kV rasklopište Južni Zagreb II. Od svih ovih 110 kV rasklopišta sva se, osim Rakitja, koriste i kao transformatorske stanice 110/20 kV.

Teški 110 kV dalekovodi predviđeni su s dva vodiča u snopu presjeka 360 mm² Ač. Termički dopušteno opterećenje takvog dalekovoda iznosi 310 MVA, što je u skladu s nazivnom snagom transformatora 380/110 kV. Koncepcijski se predviđa priključak tri teška 110 kV dalekovoda na jedno 110 kV rasklopište.

Pouzdanost napajanja 110 kV rasklopišta predviđena je prema principu n-1.

Granične snage tropolnog kratkog spoja u 110 kV rasklopištima iznose 7 500 MVA.

Ostala 110 kV mreža razvijala se od spomenutih 110 kV rasklopišta prema konzumu.

Za 110 kV kabelsku mrežu definirana je već prije nazivna transformatorska stanica 110/20 kV od 2 × 63 MVA i presjek vodiča 110 kV kabela od 500 mm² Cu s izolacijom od umreženog polietilena. Transformatorske stanice 110/20 s dva transformatora mogu se opterećivati do 80% nazivne snage uz razne zahtjeve na ostale elemente mreže. Navedeni 110 kV kabelski vod ima prenosnu moć kod trajnog opterećenja od 141 MVA. Međutim, zbog promjene opterećenja u toku dana a i godine dana u praksi se vrlo rijetko susreće konstantno opterećenje. Zbog toga se u određenim izvanrednim slučajevima dozvoljavaju i veća opterećenja. Za navedeni kabelski vod takvo opterećenje iznosi 175 MVA. Na bazi toga odlučilo se da na jedan 110 kV kabelski vod spojen između dvije pojne točke za 110 kV mrežu budu spojene po dvije transformatorske stanice 110/20 kV nazivne snage 2 × 63 MVA. Maksimalno predviđeno opterećenje jedne transformatorske stanice 110/20 kV iznosi 87 MVA, tj. polovinu od dozvoljenog opterećenja 110 kV kabela u izvanrednom pogonu. Pri tome se ima na umu postepeni rast opterećenja transformatorske stanice 110/20 kV i razmjerno mala vjerojatnost kvara 110 kV kabelskih vodova, pri čemu i dolazi do izvanrednih pogona. To sve znači da će se malokad pojavljivati opterećenja koja prelaze 140 MVA i da se time neće smanjiti životna dob kabela. U slučaju kvara na jednom transformatoru 110/20 kV potrebno je pomoću 20 kV mreže prebaciti oko 24 MVA na susjedne transformatorske stanice 110/20 kV.

Koncepcijski predviđen pogon 110 kV kabelske mreže postignut je kod 110 kV kabelskih vodova Jarun-Trnje I-Trnje II-TE-TO i TE-TO-Volovčica-Maksimir-Resnik.

Kod 110 kV kabelskog voda Južni Zagreb II-Centar II-Centar I-Resnik odstupilo se od koncepcije zbog rezervne veze EL-TO-Centar II. Ova 110 kV kabelska veza služi za rasterećivanje 110 kV kabelskog voda Jarun-EL-TO u izvanrednim pogonima i u etapnom razvoju 110 kV mreže.

Da se skrati dužina 110 kV kabelskih vodova, spojene su neke 110 kV rezervne kabelske veze na EL-TO. To su Sjever I-EL-TO i Zapad I-EL-TO. Pridržavanje koncepcije značilo bi u tom slučaju povećanje dužine 110 kV kabelske mreže, što je preskupo.

Kod 110 kV nadzemne mreže vrlo se teško mogla provoditi određena koncepcija. Glavna prepreka tomu je odnos cijene 110 kV dalekovoda i kabela, koji je u znatnoj mjeri u korist dalekovoda. Zbog toga se nastojalo s dalekovodima što više prodrijeti prema centru konzuma, a to je imalo za posljedicu miješanje nadzemne i kabelske 110 kV mreže. Usprkos tim problemima pojavila su se dva tipska rješenja, i to:

— prodor s dvostrukim 110 kV dalekovodom prema centru konzuma, koji se zatim priključuje na 110 kV kabelsku mrežu
— korištenje 110 kV dalekovoda za priključak jedne ili dvije transformatorske stanice 110/20 kV praktično jednako kao i kod 110 kV kabelske mreže.

Prodor s dvostrukim 110 kV dalekovodom koristio se u dva slučaja, i to:

— Resnik-Dubrava-Sjever II-Sjever I s priključkom na 110 kV kabelsku mrežu pomoću voda Sjever I-EL-TO
— Rakitje-Zapad III-Zapad II s priključkom na 110 kV kabelsku mrežu pomoću voda Zapad II-Zapad I-EL-TO.

Zbog premalih kapaciteta veza bila su u oba slučaja potrebna pojačanja s vodovima Resnik-Dubrava i Rakitje-Zapad III.

Korištenje 110 kV dalekovoda prema koncepciji 110 kV kabelske mreže bilo je moguće kod ovih dalekovoda:

— Rakitje-Lučko-Stupnik-Zadvorsko-Južni Zagreb II
— Južni Zagreb II-Odra-Hrašće-Jakuševac-TE-TO
— Južni Zagreb II-Južni Zagreb I-TE-TO.

Kod transformatorskih stanica 110/20 kV spojenih na 110 kV dalekovode odnosno kod njihove klasične izvedbe koristile su se razne nazivne snage i pogoni. U slučaju da 20 kV mreža transformatorske stanice 110/20 kV nema veza sa susjednom, potrebno je da bude jedan transformator rezerva u snazi. Ako su 20 kV mreže povezane, tada se nastojalo da je pomoću 20 kV mreže potrebno prebaciti maksimalno pola nazivne snage jednog transformatora u slučaju kvara na transformatoru 110/20 kV. Naponi kratkih spojeva transformatora od 63 MVA iznose 15% a ostali imaju prirodni, tj. 12%. Granične snage kratkih spojeva su 5 000 MVA na 110 kV nivou i 500 MVA na 20 kV nivou.

5.1.3 *Primjeri rješenja napajanja nekih gradova električnom energijom*

Zbog usporedbe navest će se ukratko primjeri razrada električnih mreža u Parizu, Hamburgu, Münchenu i Wuppertalu.

Vršno opterećenje Pariza iznosilo je 1975. god. oko 5 500 MW, a oko 2000. god. predviđa se da će iznositi 25 000 MW. Napajanje grada riješit će se u budućnosti pomoću 730 kV prstena oko grada na koji će se priključiti pet transformatorskih stanica 730/225 kV. Iz njih vode 225 kV dalekovodi do 225 kV rasklopišta s predviđenim opterećenjem od 1 000 MVA. Lokacije tih rasklopišta su što bliže centru grada. Centar grada napaja se pomoću 225 kV kabelskih vodova. Na svaki takav 225 kV kabelski vod priključene su po tri transformatorske stanice 225/20 kV s instaliranom snagom od 100 MVA.

Vršno opterećenje Hamburga iznosilo je 1975. god. oko 1 550 MW, a oko 2000. god predviđa se da će iznositi između 8 000 i 10 000 MW. Napajanje grada riješit će se u budućnosti iz 380 kV poluprstena na koji će se priključiti tri transformatorske stanice 380/110 kV. Iz njih vode dva do tri teška 110 kV dalekovoda do 110 kV rasklopišta. Iz tih 110 kV rasklopišta vode 110 kV kabelski vodovi do transformatorskih stanica 110/10 kV nazivne snage 4×63 MVA. Predviđen je blok-spoj.

Vršno opterećenje Münchena iznosilo je 1975. god. oko 725 MW, a predviđa se da će oko 2000. god. iznositi 4 000 MW. Predviđa se napajanje grada iz četiri transformatorske stanice 380/110 kV, koje su locirane razmjerno blizu konzuma, pa se ne koriste teški 110 kV dalekovodi. Primijenila se poprečna 110 kV kabelska mreža. Instalirane snage transformatorskih stanica 110/10 kV su $3 \times 31{,}5$ MVA, a prijenosna moć 110 kV kabela iznosi 100 MVA, pa su u samom gradu predviđena određena 110 kV čvorišta.

Vršno opterećenje Wuppertala iznosilo je 1970. god. oko 270 MW, a predviđa se da će oko 2000. god. iznositi blizu 2 000 MW. Prva koncepcija napajanja bila je pomoću 110 kV prstena, od kojega se polovica realizirala i zatim se od toga odustalo zbog premalih kapaciteta. Prema novom planu predviđene su tri transformatorske stanice 380/110 kV (etapno 220/110 kV) iz kojih će se razvijati poprečna 110 kV mreža bez primjene teških 110 kV dalekovoda i 110 kV rasklopišta. U konačnici su predviđene nazivne snage transformatorskih stanica 110/10 kV od 2×63 MVA, nazivne snage transformatora 380/110 kV od 320 MVA i 110 kV kabelski vodovi prijenosne moći od 220 MVA.

Prema tim primjerima iz literature vidi se da je kod gradova s nešto manjim konzumom vrlo teško provesti određenu koncepciju bez korekcija, koje uglavnom uvjetuje postojeća električna mreža, što je bilo prisutno i kod razrade električne mreže za grad Zagreb.

5.2 Detalji razrade 110 kV i 30 kV mreže grada Zagreba

Prilikom ovakvih razrada uobičajeno je prvo riješiti napajanje oko 2000. god. a zatim etapnu izgradnju. Pri tome se provodi usklađivanje na najoptimalniji mogući način. Ovdje će se navesti problematika onim redom kako se obrađivala, makar je i pri tome dolazilo do međusobnih utjecaja određenih rješenja.

5.2.1 *Broj i instalirane snage transformatorskih stanica 110/20 kV*

Najprije je bilo potrebno riješiti ulogu postojećih transformatorskih stanica 110/30 kV u budućoj 110 kV, mreži. Jedno je rješenje njihova rekonstrukcija na transformaciju 110/20 kV, a drugo je napuštanje bilo kakve transformacije u njima. Prvo

stanica 110/20 kV. Međutim, tada je otežan etapni napon 30 kV mreže odnosno njezino napuštanje. Kod drugog rješenja može 30 kV mreža raditi paralelno i neovisno s novom 110 kV mrežom, a napustiti se može kad sasvim dotraje. Nakon svih analiza predviđena je rekonstrukcija novijih transformatoskih stanica 110/30 kV na transformaciju 110/20 kV, neke će se sasvim ukinuti a neke koristiti kao 110 kV rasklopišta. Navedimo to i primerično:

— transformatorska stanica 110/30 kV Klara građena je kao provizorij pa je dotrajala i ona se u budućnosti napušta
— transformatorska stanica 110/30 kV Rakitje služit će u daljnjoj budućnosti kao 110 kV rasklopište
— transformatorska stanica 110/30 kV Jarun rekonstruirat će se na transformaciju 110/20 kV i služit će kao 110 kV rasklopište
— transformatorske stanice 110/30 kV Resnik i TE-TO služit će kao 110 kV rasklopišta i imati će sigurno transformaciju. Međutim, ne može se sa dovoljnom sigurnošću tvrditi koja će to biti, što uglavnom ovisi o razvoju industrije na području Žitnjaka, gdje su one i locirane. Na ovaj problem doći će se opet kod obrade 30 kV mreže. Međutim, kao realnije rješenje smatra

VRŠNA OPTEREĆENJA I NAZIVNE SNAGE TRANSFORMATORSKIH STANICA 110/20 kV SA ZONAMA NAPAJANJA ZA 2000. GOD.

Tablica 18/1.

Naziv 110 kV stanice	Opterećenja zona po vrstama konzuma na 110 kV nivou (kW)			Algebarska suma na 110 kV nivou MW	Vršno opterećenje stanice MW	Konačna instalirana snaga MVA
	Kućanstva	Infrastruktura	Veći potrošači			
Sesvete	8 837	5 540	13 554	26	25 + 10	2 × 40
Dubrava	53 066	28 741	28 534	110	85	3 × 40
Sjever II	48 074	14 354	5 112	67	55	2 × 63
Resnik	660	3 269	48 105	52	50	2 × 63
TE-TO	660	3 269	48 105	52	50	2 × 63
Maksimir	31 103	18 253	31 367	81	60	2 × 63
Volovčica	19 245	12 460	50 739	82	65	2 × 63
Sjever I	44 743	18 175	22 270	85	65	2 × 63
Centar I Centar II	56 916	96 215	32 359	185	70 70	2 × 63 2 × 63
Trnje I Trnje II	41 990	97 095	41 855	181	70 70	2 × 63 2 × 63
EL — TO	33 227	18 595	34 793	87	70	2 × 63
Jarun	49 679	30 071	10 899	91	70	2 × 63
Zapad I	58 957	26 053	19 286	104	80	3 × 40
Zapad II	54 095	24 249	21 872	100	80	3 × 40
Zapad III	11 775	16 150	19 085	47	40	2 × 40
Strmec	30 752	13 407	16 101	60	45	2 × 40
Lučko-Stupnik	41 396	24 406	12 708	79	60	2 × 63
Juž. Zagreb II	54 655	33 923	20 141	109	85	3 × 40
Južni Zagreb I	64 027	42 287	19 603	126	100	3 × 40
Zadvorsko	21 289	5 772	1 296	28	25	2 × 20
Odra — Hrašće	26 494	14 029	5 634	46	40	2 × 40
Jakuševac	11 591	17 965	18 792	48	40	2 × 40
Tvornica cementa	—	—	22 000	22	22	industrijska
EVP Resnik	—	—	7 000	7	7	EVP
Ukupno					1 499 + 10	

se da će to biti rekonstrukcija na transformaciju 110/20 kV, po ćemu će se i vršiti daljnja analiza.

Drugi utjecajni faktor za izbor lokacija i područja napajanja pojedinih transformatorskih stanica 110/20 kV jesu specifičnosti područja napajanja i lokacije postojećih 110 kV objekata i elektrana.

Prvo takvo područje je područje tzv. potcentara u koje spadaju: Jakuševec, Odra-Hrašće, Zadvorsko. Lučko-Stupnik i Strmec (kod Samobora). Karakteristično je za ta područja da su odvojena jedno od drugog, pa je za svaki potcentar potrebna po jedna transformatorska stanica 110/20 kV, čija nazivna snaga ovisi o njegovu konzumu (tabl. 18.).

Drugo područje je južni Zagreb, koje na jednoj strani graniči sa zelenim pojasevima potcentra, a na drugoj strani je rijeka Sava. S obzirom na veličinu konzuma i da je već napravljena transformatorska stanica 110/10 kV Južni Zagreb I trebat će izgraditi još jednu (Južni Zagreb II).

Praktično zasebnu cjelinu čine područja Sesveta, Dubrave i predjela sjeverno od Dubrave (Markuševac). Za napajanje su predviđene tri transformatorske stanice 110/20 kV, i to Dubrava, Sesvete i Sjever II.

Ostali dio područja grada Zagreba čini jednu konzumnu cjelinu, pa je bilo najmanje ograničenja u rješavanju.

Međutim, i unutar tog područja ima određenih specifičnosti. U prvom redu to je industrijska zona Žitnjak, gdje je i lokacija transformatorske stanice 110/30 kV TE-TO, a u neposrednoj blizini je i transformatorska stanica 110/30 kV Resnik. Budući da se radi o industrijskoj zoni sa specifičnim porastom konzuma, a i zahtjevima na električnu mrežu, potrebno ju je analizirati posebno. Druga stvar je lokacija Elektrane-Toplane (EL-TO) koja je razmjerno blizu centra grada (zapadno od starog centra). Na toj lokaciji je u svakom slučaju potrebno formirati novu transformatorsku stanicu 110/20 kV, već zbog same lokacije slobodnog terena i priključaka generatora. Južno od lokacije EL-TO nalazi se transformatorska stanica 110/30 kV Jarun, koja će se rekonstruirati na transformaciju 110/20 kV. Na taj način se može govoriti o lokacijama novih transformatorskih stanica 110/20 kV zapadno odnosno istočno od linije EL-TO-Jarun.

Transformatorske stanice 110/20 kV zapadno od linije EL-TO-Jarun su Zapad I, II i III. Istočno od te linije predviđene su transformatorske stanice Centar I i II, Trnje I i II, Sjever I, Maksimir i Volovčica. Zone napajanja i lokacije tih transformatorskih stanica nalaze se u tabl. 21. i na sl. 7. Pri određivanju lokacija i zona napajanja imao se na umu utjecaj etapnog razvoja konzuma, jednaka raspoređenost opterećenja, postojeće lokacije transformatorskih stanica 30/10 kV, određene specifičnosti i slično.

Područje Žitnjaka napajat će se iz transformatorskih stanica 110/20 kV Resnik i TE-TO.

5.2.2 *110 kV mreža oko 2000. god.*

Nakon određivanja lokacija transformatorskih stanica 110/20 kV bilo ih je potrebno priključiti na 110 kV mrežu (sl. 10).

Osnovna problematika kod razrade 110 kV mreže već je navedena, a ovdje će se navesti neka detaljnija objašnjenja za odstupanje od koncepcije. Prvenstveno treba objasniti ulogu Elektrane-Toplane (EL-TO) u 110 kV mreži. U EL-TO predviđa se izgradnja određenog broja generatora koji će biti priključeni na 110 kV mrežu, pa će to zahtijevati i jače 110 kV rasklopište. Osim toga, lokacija je vrlo povoljna za izgradnju transformatorske stanice 110/20 kV. Zbog toga se to 110 kV rasklopište iskoristilo za priključak nekoliko rezervnih 110 kV vodova. Te rezerve jesu: EL-TO-Sjever I i EL-TO-Zapad I, dok 110 kV veza EL-TO-Centar II služi oko 2000. god. za rasterećenje 110 kV kabelskog voda EL-TO-Jarun. U momentu kada je potrebno koristiti bilo koju od navedenih rezervnih 110 kV veza, prebaci se opterećenje transformatorske stanice 110/20 kV EL-TO na napajanje iz transformatorske stanice 110/20 kV Centar II tako da se pomoću 110 kV kabelskih vodova Jarun-EL-TO-Zapad I, odnosno Jarun-EL-TO-Sjever I mogu napajati transformatorske stanice 110/20 kV Zapad I i II, odnosno Sjever I i II. To se predviđa u slučaju zastoja na obje trojke dvostrukog 110 kV dalekovoda Zapad II-Zapad III odnosno Dubrava-Sjever II.

Ti rezervni 110 kV kabelski vodovi mogli su se priključiti i na transformatorsku stanicu 110/20 kV Jarun, ali to znači veću dužinu vodova i probleme s proširenjem 110 kV rasklopišta Jarun.

Za priključak transformatorskih stanica 110/20 kV u potcentrima predviđa se korištenje postojeće trase 110 kV dalekovoda TE-TO-Klara-Rakitje.

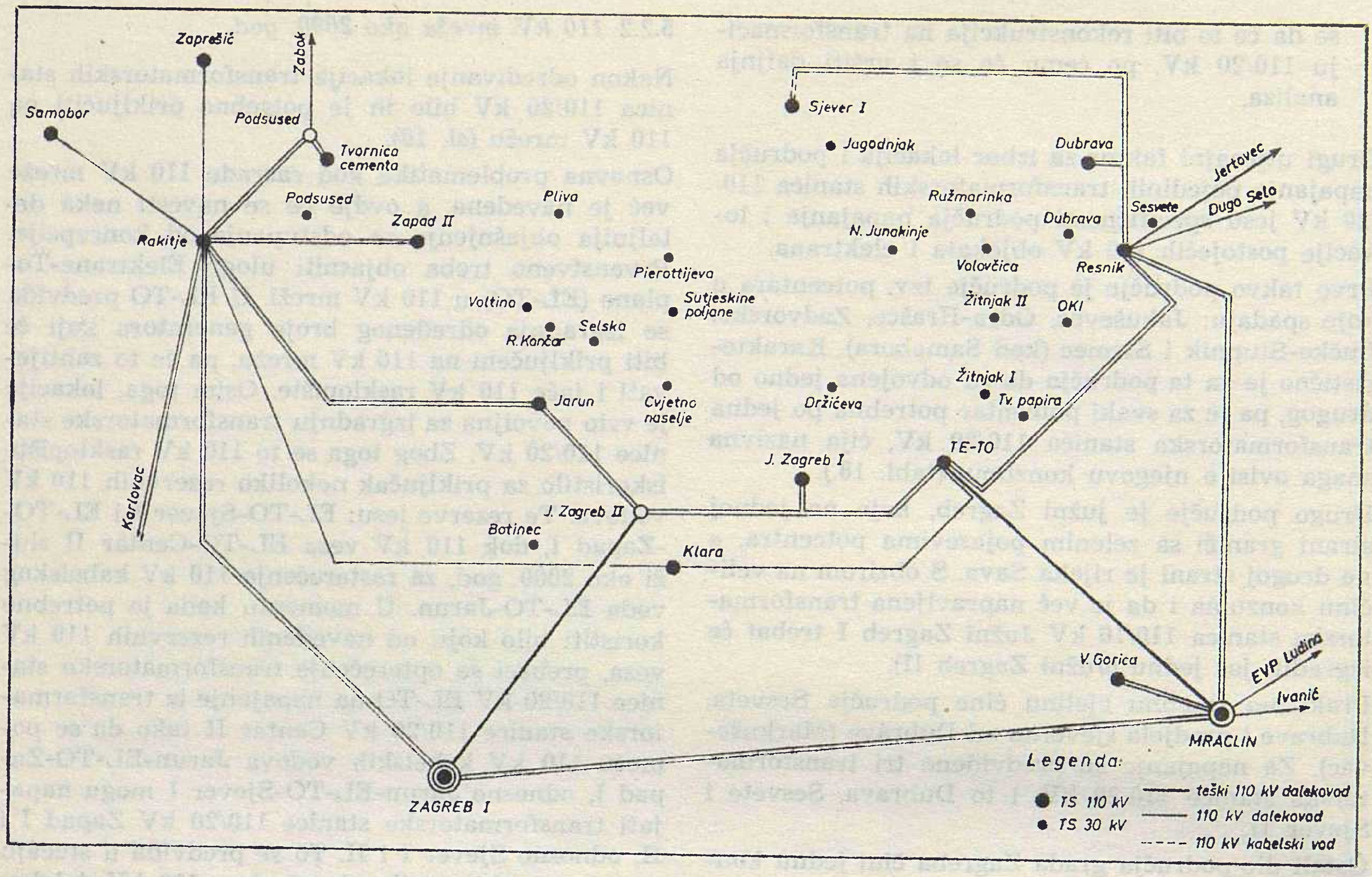
5.2.3 *Etapni razvoj 110 kV mreže i odumiranje 30 kV mreže*

Etapni razvoj 110 kV mreže i odumiranje 30 kV mreže međusobno su povezani i potrebno ih je analizirati zajedno.

Već je prije spomenuto da je osnovna karakteristika današnjih transformatorskih stanica 110/30 i 30/10 kV na području grada Zagreba, njihova vrlo visoka opterećenost. Za smanjenje opterećenja i jednih i drugih transformatorskih stanica potrebno je graditi direktni sistem, tj. transformaciju 110/20 kV etapno 110/10 kV.

Mreža 30 kV nastojala se, tamo gdje je to bilo opravdano, održati u pogonu što dulje vrijeme, na što će se osvrnuti u tekstu za svaku etapu. U 30 kV mreži ne predviđaju se nikakva veća proširenja, tako da za nju vrijedi sl. 3. i za budućnost. U shemama za 110 kV mrežu u etapama ucrtane su približne lokacije transformatorskih stanica 30/10 kV koje su u pogonu.

Za 1980. god. predvidjela se izgradnja ovih transformatorskih stanica 110/20 kV:



Sl. 6. *Shema 110 kV mreže grada Zagreba oko 1980. god.*

— Sjever I
— Zapad II
— Dubrava.

Glavni razlog izgradnje ovih transformatorskih stanica 110/20 kV jesu premali kapaciteti u transformaciji 30/10 kV na tim područjima, na kojima je prilično jaka stambena izgradnja. S njihovom izgradnjom u određenoj se mjeri utječe i na opterećenje transformatorske stanice 110/30 kV Resnik. Za priključak tih transformatorskih stanica 110/20 kV na 110 kV mrežu potrebno je izgraditi ove 110 kV vodove:

— Rakitje-Zapad II, dvostruki 110 kV dalekovod
— Resnik-Dubrava-Sjever I, dvostruki 110 kV dalekovod i dvije trojke 110 kV kabelskog voda.

Mreža 30 kV je sva u pogonu kao i transformatorske stanice 110/30 kV.

Na sl. 6 nalazi se shema 110 kV mreže oko 1980. god.

U etapi 1980—1985. god. predviđa se izgradnja ovih transformatorskih stanica 110/20 kV:

— EL-TO
— Centar I
— Južni Zagreb II.

Izgradnjom transformatorskih stanica 110/20 kV EL-TO i Centar I rasterećuje se i transformacija 30/10 kV na području centra grada, ali i opterećenja transformatorskih stanica 110/30 kV Jarun i TE-TO. To je naročito prisutno kod transformatorske stanice 110/30 kV Jarun, jer se izgradnjom trasformatorske stanice 110/20 kV TE-TO ukida pogon istoimene transformatorske stanice 30/10 kV. Transformatorska stanica Južni Zagreb II gradi se zajedno sa 110 kV rasklopištem koje je potrebno za priključak prvog teškog 110 kV dalekovoda iz transformatorske stanice 380/110 kV Zagreb I.

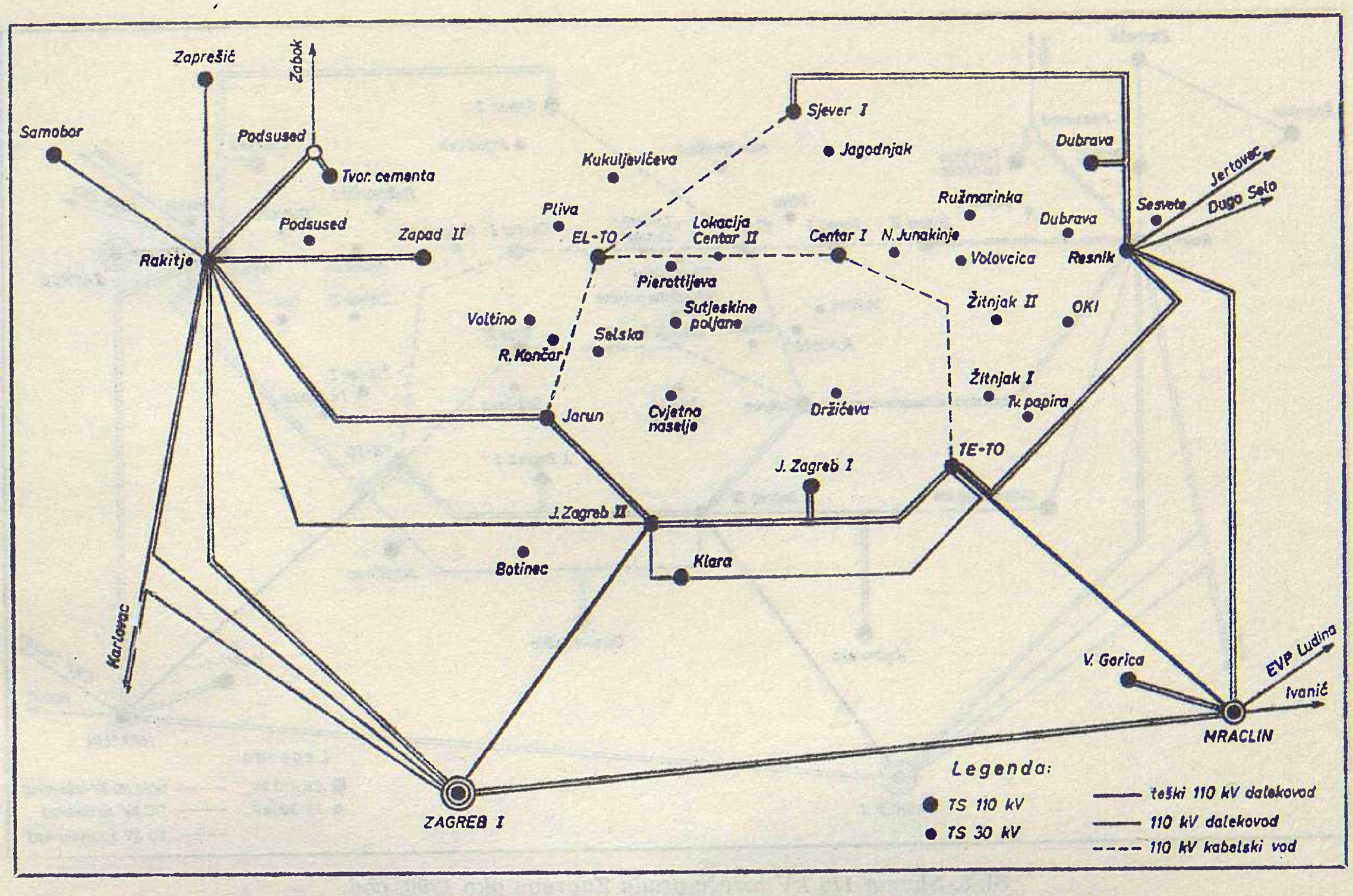
Za priključak tih transformatorskih stanica 110/20 kV na 110 kV mrežu i za njezin normalan pogon potrebno je izgraditi ove 110 kV vodove:

— Jarun-EL-TO-Centar I-TE-TO, 110 kV kabelski vod

— Sjever I-EL-TO, 110 kV kabelski vod.

Priključak transformatorske stanice 110/20 kV Centar I predviđen je u konačnom rješenju na 110 kV rasklopište Resnik. Ovakva etapna izgradnja je ekonomski povoljnija. U konačnom rješenju se takav spoj nije mogao prihvatiti zbog premalog kapaciteta u napajanju 110 kV rasklopišta TE-TO. Kabelski vod 110 kV Sjever I-EL-TO potreban je zbog zastoja na obje trojke dvostrukog 110 kV dalekovoda Resnik-Dubrava.

U prijenosnoj 110 kV mreži predviđa se uvađanje 110 kV dalekovoda Rakitje-Karlovac u transformatorsku stanicu 380/110 kV Zagreb I.



Sl. 7. *Shema 110 kV mreže grada Zagreba oko 1985. god.*

Na sl. 7. nalazi se shema 110 kV mreže oko 1985. god.

U etapi 1985—1990. god. predviđa se izgradnja ovih transformatorskih stanica 110/20 kV:

— Trnje II
— Zapad I
— transformatorskih stanica 110/20 kV u potcentrima.

Transformatorska stanica 110/20 kV Trnje II gradi se zbog rasterećenja transformacije 30/10 kV i rasterećenja transformatorske stanice 110/20 kV Centar I.

Transformatorska stanica 110/20 kV Zapad I potrebna je za napajanje pojačane stambene izgradnje na području oko Jaruna i za rasterećenje transformacije 30/10 kV na području Trešnjevke. U ovoj etapi predviđa se izgradnja i transformatorskih stanica 110/20 kV u potcentrima, ali s razmjerno malim opterećenjima, jer je dosta neizvjesna stambena izgradnja u njima.

Za priključak ovih transformatorskih stanica 110/20 kV potrebni su sljedeći 110 kV vodovi:

— Jarun-Trnje II-TE-TO, 110 kV kabelski vod
— Zapad II-Zapad I-EL-TO, 110 kV kabelski vod.

U prijenosnoj mreži predviđa se izgradnja transformatorske stanice 380/110 kV Zagreb II i dva teška 110 kV dalekovoda za priključak na 110 kV rasklopište Resnik.

U 30 kV mreži ne predviđaju se nikakve promjene. Međutim, trebat će obaviti pripremu za napuštanje tog naponskog nivoa.

Na sl. 8. nalazi se shema 110 kV mreže oko 1990. god.

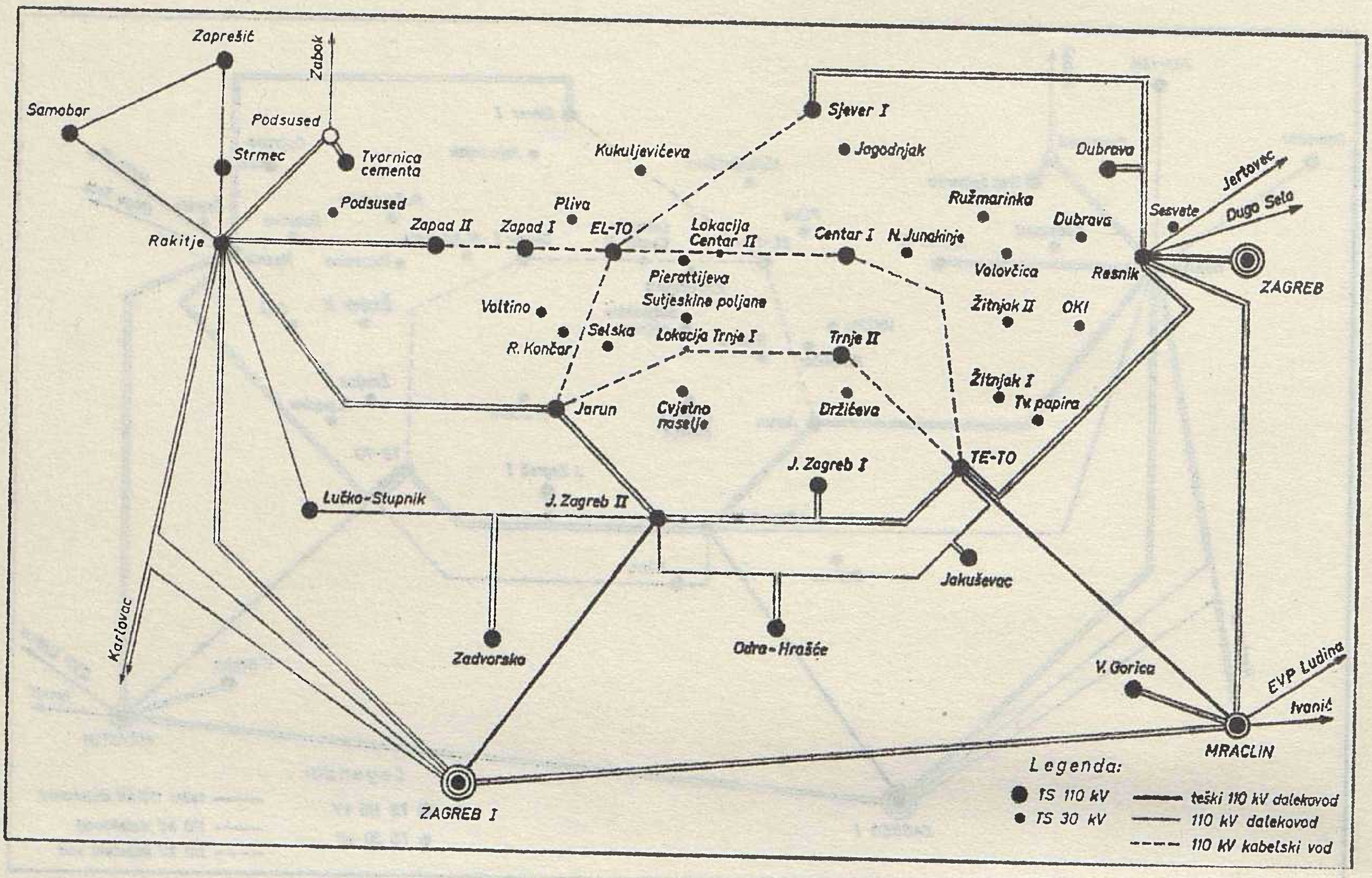
U etapi 1990—1995. god. predviđa se izgradnja ovih transformatorskih stanica 110/20 kV:

— Volovčica
— Maksimir
— Centar II
— Trnje I.

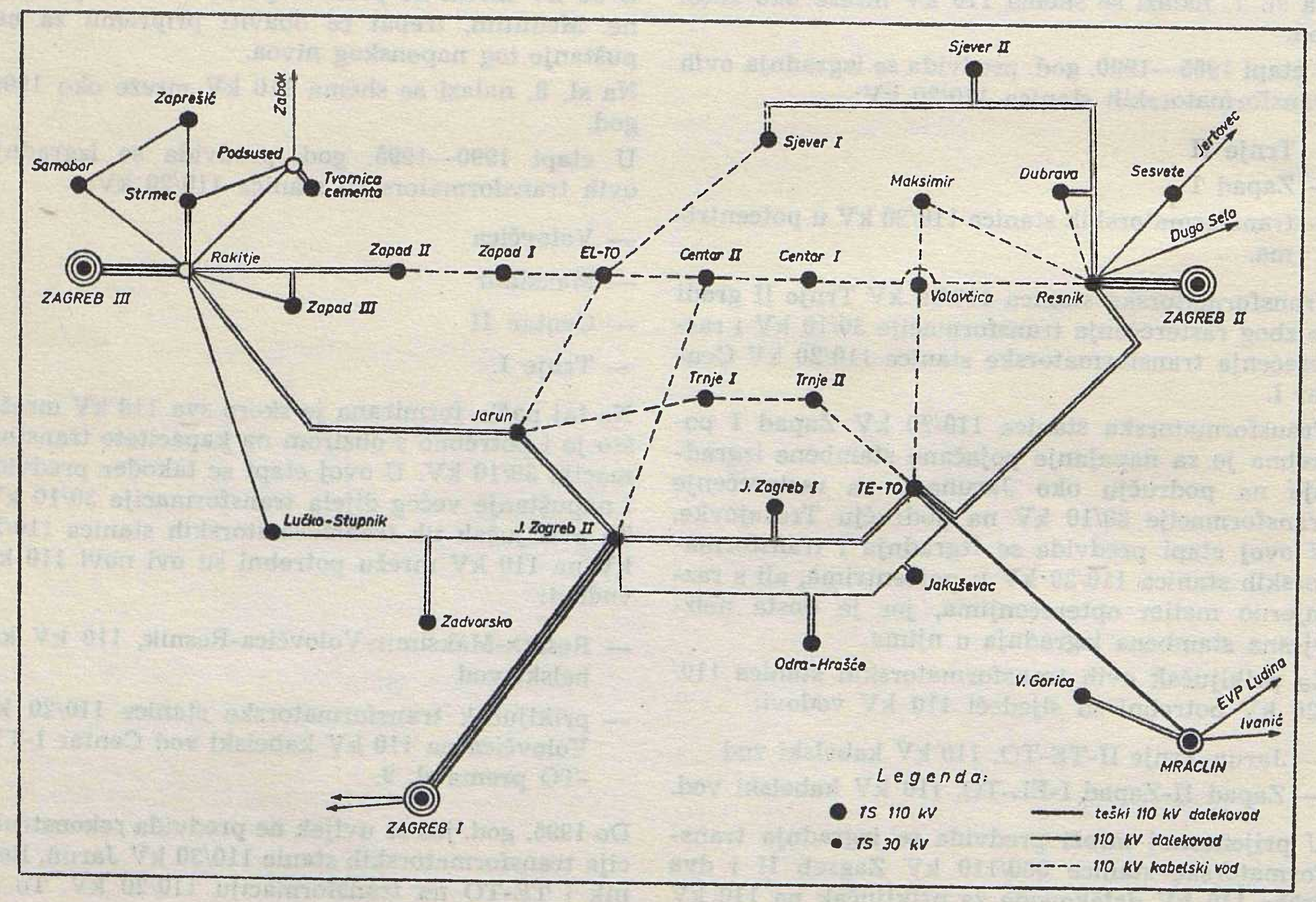
Na taj način formirana je skoro sva 110 kV mreža, što je i potrebno s obzirom na kapacitete transformacije 30/10 kV. U ovoj etapi se također predviđa i napuštanje većeg dijela transformacije 30/10 kV. Za priključak tih transformatorskih stanica 110/20 kV na 110 kV mrežu potrebni su ovi novi 110 kV vodovi:

— Resnik-Maksimir-Volovčica-Resnik, 110 kV kabelski vod
— priključak transformatorske stanice 110/20 kV Volovčica na 110 kV kabelski vod Centar I-TE-TO prema sl. 9.

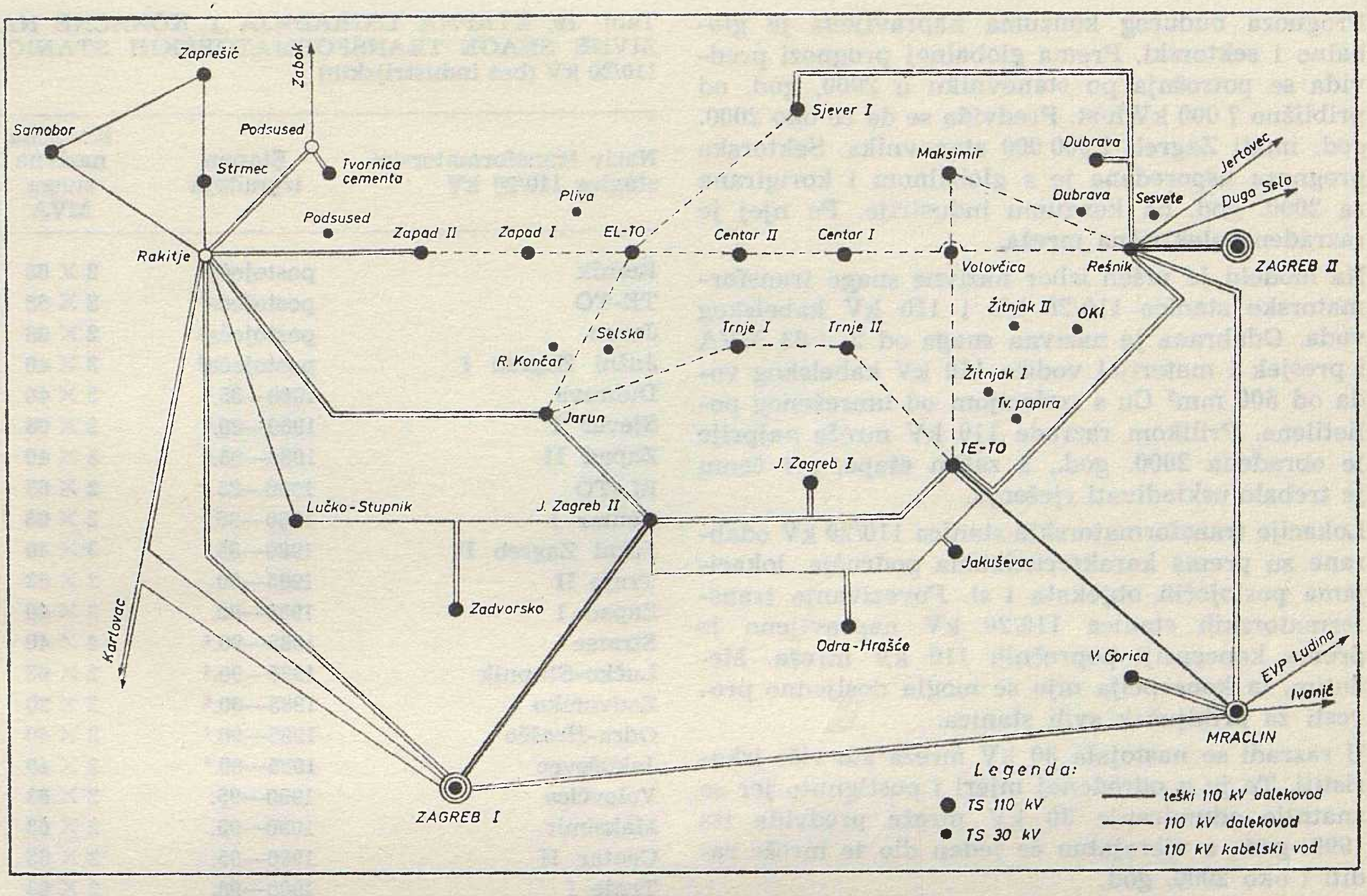
Do 1995. god. još se uvijek ne predviđa rekonstrukcija transformatorskih stanic 110/30 kV Jarun, Resnik i TE-TO na transformaciju 110/20 kV. To se planira u razdoblju do 2000. god. kada će posto-



Sl. 8. *Shema 110 kV mreže grada Zagreba oko 1990. god.*



Sl. 9. *Shema 110 kV mreže grada Zagreba oko 1995. god.*



Sl. 10. *Shema 110 kV mreže grada Zagreba oko 2000. god.*

jeće transformatorske stanice 110/20 kV moći preuzeti opterećenje preostale transformacije 30/10 kV i time gotovo potpuno rasteretiti transformatorske stanice 110/30 kV.

Još je potrebno posebno se osvrnuti na problem rješenja područja Žitnjaka, jer se on pojavio kao nešto sasvim specifično.

U studiji se kao najrealnije predvidjelo konačno rješenje napajanja tog područja iz današnjih transformatorskih stanica 110/30 kV Resnik i TE-TO. Ovo se bazira na prognozi konzuma iz studije. Međutim da se to ostvari ne smije se dogoditi ni etapna niti prostorna promjena konzuma na Žitnjaku i u ostalom dijelu grada. Razlog je u tome što se, prema analizi konzuma industrijske zone Žitnjak, predviđa napajanje tog područja iz postojećih distributivnih transformatorskih stanica 30/10 kV i industrijskih 30 kV stanica OKI i Tvornica papira sve do 1995. god. s time da su njihova opterećenja prilično velika. Do tog razdoblja predviđa se izgradnja gotovo svih transformatorskih stanica 110/20 kV, što znači da će se u znatnoj mjeri rasteretiti transformacija 110/30 kV i time omogućiti rekonstrukcija na transformaciju 110/20 kV u Resniku i TE-TO.

Ako dođe do bilo kakvih promjena konzuma industrijske zone Žitnjak, i to naviše, ili ako će se kasniti s izgradnjom 110 kV mreže u gradu, morat će se izgraditi nova transformatorska stanica 110/20 kV Žitnjak. To znači da će se u tom slučaju Tvornicapapira i OKI napajati pomoću 30 kV napona iz transformatorskih stanica 110/30 kV Resnik i TE-TO a sav ostali konzum iz transformatorske stanice 110/20 kV Žitnjak s instaliranom snagom od 3 × 40 MVA.

Obje varijante su gotovo jednako realne, pa se zbog toga ovdje i navode.

6. ZAKLJUČAK

U zaključku će se ponoviti karakteristični podaci iz svakog poglavlja.

Grad Zagreb karakterizira stalan trend porasta stanovništva od približno 2,5%, što danas ima za posljedicu znatan pritisak na cijelu infrastrukturu grada.

Potrošnja po stanovniku grada iznosila je 1975. god. oko 1 970 kWh/st. U odnosu na razvijene zemlje Evrope to je prilično mala potrošnja i vrlo je teško pretpostaviti znatna smanjenja trendova porasta. Ukupna potrošnja iznosila je 1975. god. 1 186 244 MWh.

Karakteristika električne mreže u gradu je vrlo visoka opterećenost, što zahtijeva i bržu izgradnju. Današnja 110 kV mreža oko grada locirana je na južnom poluprstenu i sva je nadzemna. U budućnosti se očekuje prodor 110 kV mreže u grad pomoću 110 kV kabelskih vodova.

Prognoza budućeg konzuma napravljena je globalno i sektorski. Prema globalnoj prognozi predviđa se potrošnja po stanovniku u 2000. god. od približno 7 000 kWh/st. Predviđa se da će oko 2000. god. imati Zagreb 1 000 000 stanovnika. Sektorska prognoza uspoređena je s globalnom i korigirana za 2000. god. na konzumu industrije. Po njoj je razrađena električna mreža.

Na modelu je vršen izbor nazivne snage transformatorske stanice 110/20 kV i 110 kV kabelskog voda. Odabrana je nazivna snaga od 2 × 63 MVA i presjek i materijal vodiča 110 kV kabelskog voda od 500 mm² Cu s izolacijom od umreženog polietilena. Prilikom razrade 110 kV mreže najprije je obrađena 2000. god., a zatim etape, pri čemu je trebalo usklađivati rješenja.

Lokacije transformatorskih stanica 110/20 kV odabrane su prema karakteristikama područja, lokacijama postojećih objekata i sl. Povezivanje transformatorskih stanica 110/20 kV napravljeno je prema koncepciji poprečnih 110 kV mreža. Međutim, ta koncepcija nije se mogla dosljedno provesti za priključak svih stanica.

U razradi se nastojala 30 kV mreža što više iskoristiti. To je u određenoj mjeri i postignuto jer se znatnije odumiranje 30 kV mreže predviđa iza 1990. god., a vjerojatno će jedan dio te mreže raditi i oko 2000. god.

Etapna pojava i konačan broj transformatorskih stanica 110/20 kV nalazi se u tabl. 9. Za napajanje Zagreba oko 2000. god. trebat će 24 transformatorske stanice 110/20 kV plus dvije postojeće industrijske 110 kV stanice. Novih će trebati 20 jer 4 već postoje i danas imaju transformaciju 110/30 kV, odnosno 110/10 kV.

Da se te transformatorske stanice 110/20 kV povežu na 110 kV mrežu, trebat će ukupno 26 km dalekovoda i 65 km kabelskih vodova. Etapna izgradnja te mreže nalazi se u tabl. 20.

Može se reći da je osnovna karakteristika nove 110 kV mreže znatna primjena 110 kV kabelskih vodova i SF6 tehnike kod izgradnje transformatorskih stanica 110/20 kV, jer se jedino na taj način mogu zadovoljiti urbanistički uvjeti izgradnje.

Tabl. 19. ETAPNA IZGRADNJA I KONAČNE NAZIVNE SNAGE TRANSFORMATORSKIH STANICA 110/20 kV (bez industrijskih)

Naziv transformatorske stanice 110/20 kV	Etapna izgradnja	Konačna nazivna snaga MVA
Resnik	postojeća[1]	2 × 63
TE-TO	postojeća[1]	2 × 63
Jarun	postojeća[1]	2 × 63
Južni Zagreb I	postojeća[2]	3 × 40
Dubrava	1980—85.[3]	3 × 40
Sjever I	1980—85.[3]	2 × 63
Zapad II	1980—85.[3]	3 × 40
EL-TO	1980—85.	2 × 63
Centar I	1980—85.	2 × 63
Južni Zagreb II	1980—85.	3 × 40
Trnje II	1985—90.	2 × 63
Zapad I	1985—90.	3 × 40
Strmec	1985—90.[4]	2 × 40
Lučko-Stupnik	1985—90.[4]	2 × 63
Zadvorsko	1985—90.[4]	2 × 20
Odra-Hrašće	1985—90.[4]	2 × 40
Jakuševec	1985—90.[4]	2 × 40
Volovčica	1990—95.	2 × 63
Maksimir	1990—95.	2 × 63
Centar II	1990—95.	2 × 63
Trnje I	1990—95.	2 × 63
Sesvete	1995—2000.	2 × 40
Sjever II	1995—2000.	2 × 63
Zapad III	1995—2000.	2 × 40

1 — Rekonstrukcija s transformacije 110/30 kV na transformaciju 110/20 kV predviđa se u etapi 1995—2000. god.

2 — Rekonstrukcija sa transformacije 110/10 kV na transformaciju 110/20 kV predviđa se u etapi 1995—2000. god.

3 — Prema studiji su ove transformatorske stanice trebale biti u pogonu oko 1980. god., ali se kasni sa izgradnjom

4 — Točan period puštanja u pogon transformatorskih stanica 110/20 kV u podcentrima teško je predvidjeti zbog pomanjkanja planova. U studiji se predvidjelo da je to u etapi 1985—1990. god, što nije utjecalo na ostalu mrežu

Tabl. 20. ETAPNA IZGRADNJA I PRIBLIŽNE* DUŽINE 110 kV VODOVA (bez prijenosnih 110 kV vodova)

Naziv 110 kV voda	Etapna izgradnja	Dužina km	Vrst 110 kV voda
Rakitje — Zapad II	1975—80.	6,0	dvostruki dalekovod
Resnik — Dubrava	1980—85.[1]	3,0	dvostruki dalekovod
Dubrava — Sjever I	1980—85.[1]	12,0	dvostruki dalekovod
Dubrava — Sjever I	1980—85.[1]	2 × 2,7	110 kV kabelski vod
Jarun — EL-TO	1980—85.	3,5	110 kV kabelski vod
EL-TO — Centar I	1980—85.	3,4	110 kV kabelski vod
Centar I — TE-TO	1980—85.	4,2	110 kV kabelski vod
EL-TO — Sjever I	1980—85.	5,3	110 kV kabelski vod
Jarun — Trnje II	1985—90.	5,5	110 kV kabelski vod
Trnje II — TE-TO	1985—90.	3,2	110 kV kabelski vod
Zapad II — Zapad I	1985—90.	2,2	110 kV kabelski vod
Zapad I — EL-TO	1985—90.	2,5	110 kV kabelski vod
Resnik — Maksimir	1990—95.	8,6	110 kV kabelski vod
Maksimir — Volovčica	1990—95.	2,6	110 kV kabelski vod
Volovčica — Resnik	1990—95.	6,2	110 kV kabelski vod
Uvađanje 110 kV kabelskog voda Centar I — TE-TO do lokacije Volovčica	1990—95.	3,0	110 kV kabelski vod
Južni Zagreb II — Centar II	1995—2000.	6,0	110 kV kabelski vod
Resnik — Dubrava	1995—2000.	3,2	110 kV kabelski vod
Rakitje — Zapad III	1995—2000.	4,5	110 kV dalekovod

1 — U studiji je predviđena izgradnja ovih objekata do 1980. god.
Ukupna dužina novih 110 kV dalekovoda: 25,5 km.
Ukupna dužina novih 110 kV kabelskih vodova: 64,8 km.

KEY WORDS:
ELECTRICAL NETWORK
ELECTRICAL POWER LOAD
FORECAST OF LOAD
NETWORK PLANNING

A SOLUTION FOR 110 kV AND 30 kV NETWORK OF CITY ZAGREB FOR PERIOD 1980—2000 YEAR
(II part)

In the article are presented results of the study with the same object. Following parts are analysed:
existent condition of net and load
normatives for load and electrical power production
forecaste of future load
choice of network elements by model analyses
elaboration of 110 kV and 30 kV network of city Zagreb for period 1980—2000 year.

DER AUSBAU DER 110 kV UND 30 kV STROMVERSORGUNGSNETZES DER STADT ZAGREB FÜR DEN ZEITABSCHNITT 1980—2000 (2 Teil)

Die Arbeit zeigt die Ergebnisse von Untersuchungen über das oben genannte Thema, in dem folgende Probleme behandelt wurden:
— derzeitiger Verbrauch und Zustand des Versorgungsnetzes
— Belastungs-und Verbrauchskennwerte der elektr. Energie
— voraussichtlicher Verbrauchsanstieg
— Auswahl der einzelnen Netzelemente durch Modelluntersuchungen
— Ausbau des 110 kV und 30 kV Netzes der Stadt Zagreb für den Zeitabschnitt 1980—1200.

РЕШЕНИЕ СЕТЕЙ 110 и 30 кВ ГОРОДА ЗАГРЕБ НА ПЕРИОД 1980—2000 гг.
(1-ая часть)
(1-ая часть)

В статье приводятся результаты исследований по указанной теме. Обработки охватывают следующие области:
Настоящее состояние потребления электроэнергии и сети;
Нормативы нагрузок и потребления электроэнергии;
Прогноз потребления в будущем;
Выбор элементов электросети путем анализа на модели;
Разработки сетей 110 и 30 кВ города Загреб на период 1980—2000 гг.

* Dužine novih 110 kV vodova određene su prema predviđenim koridorima sa sl. 7. Točne dužine odredit će se naknadno kada se zajedno s urbanistima odrede lokacije TS 110/20 kV i trase 110 kV vodova. Zbog toga one mogu kod određenih vodova i znatnije odstupati od vrijednosti iz tablice.

Naslov pisca:

mr Rihard Schenner, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu Zagreb

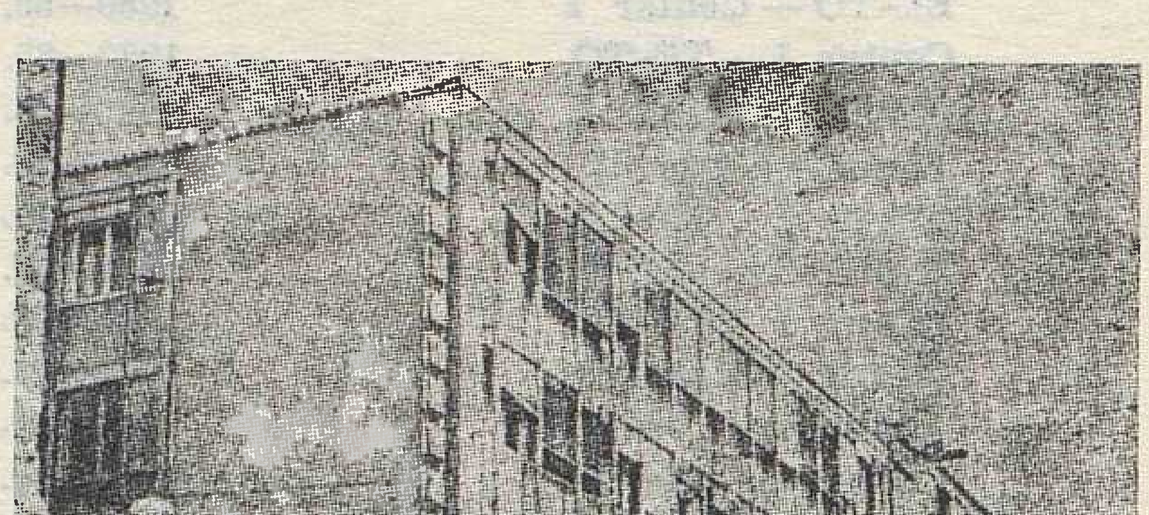
Uredništvo primilo rukopis
22. IX 1981.

BRODOMATERIJAL

RIJEKA

RO za promet metalnom, tehničkom, kemijskom, građevinskom i investicionom robom

EXPORT — IMPORT
RIJEKA, J. Kraša 12, p. p. 396



OOUR »VELETRGOVINA«

- crna metalurgija
- obojena metalurgija
- alati i alatni strojevi
- sanitarije i instalaciona roba
- armature svih vrsta
- kemikalije, boje i lakovi
- drogerijska i parfumerijska roba
- drvena građa
- građevinski materijal

OOUR MALOPRODAJA«

Posluje sa 27 prodavaonica na užem i širem području grada Rijeke. U svojim prodavaonicama nudi proizvode cjelokupnog programa RO »Brodomaterijal«, i grupe proizvoda sportske, elektrotehničke i druge namjene.

OOUR »VANJSKA TRGOVINA«

- uvoz
- izvoz
- zastupanje inozemnih firmi

Telefon: 32-288 — kućna centrala
Telegram: BRODMA — RIJEKA
Teleprintr: 24-205 i 24-125

Energija God 31 (1982) br. 3—4, 107—112

UZEMLJENJE ZVJEZDIŠTA PARALELNO SPOJENIH TRANSFORMATORA PREKO ZAJEDNIČKOG OTPORA

Marija Ožegović, Split

UDK 621.316.9
ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Članak tretira problem postavljanja ekvivalentne sheme nultog sistema komponenata kod paralelnog spoja transformatora. Pretpostavlja se da je na strani neposredno uzemljenje mreže uzemljeno samo jedno zvjezdište, a na drugoj strani uzemljena su sva zvjezdišta preko zajedničkog otpora. Kroz tri razna pogonska slučaja, među kojima je i opće rješenje, pokazano je u čemu je ključ problema.

Ključne riječi: Ekvivalentna shema, transformator, nulti sistem

1. PRETVORBA SERIJSKO-PARALELNOG SKLOPA U PARALELNI SKLOP

Zadan je sklop prema slici 1.a, a treba ga transformirati u sklop prema slici 1.c. U općem slučaju između B i C imamo L grana spojenih paralelno. Paralelne veze u C možemo se riješiti uz uvjet jednakosti struja:

$$\bar{I}_{x1} = \bar{I}_1 \qquad (1a)$$

$$\bar{I}_{x2} = \bar{I}_2 \qquad b$$

$$\cdots$$

$$\bar{I}_{xL} = \bar{I}_L \qquad L$$

Nakon pretvorbe impedancija u admitancije slijedi:

$$\frac{1}{\bar{Z}_x} = \frac{1}{\bar{Z}_{x2}} + \frac{1}{\bar{Z}_{x2}} + \cdots + \frac{1}{\bar{Z}_{xl}} + \cdots + \frac{1}{\bar{Z}_{xL}} = \sum_{l=1}^{L} \frac{1}{\bar{Z}_{xl}} \qquad (2)$$

Uvjeti pada napona daju:

$$\bar{I}_1 \bar{Z}_{x1} = \bar{I}_2 \bar{Z}_{x2} = \ldots = \bar{I}_L \bar{Z}_{xL} \qquad (3a)$$

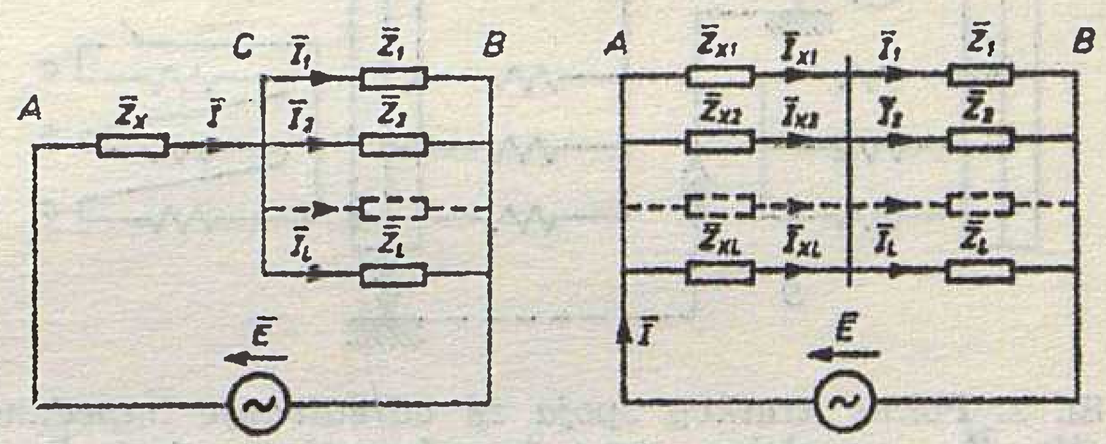
$$\bar{I}_1 \bar{Z}_1 = \bar{I}_2 \bar{Z}_2 = \ldots = \bar{I}_L \bar{Z}_L \qquad b$$

pa je iz gornjih relacija:

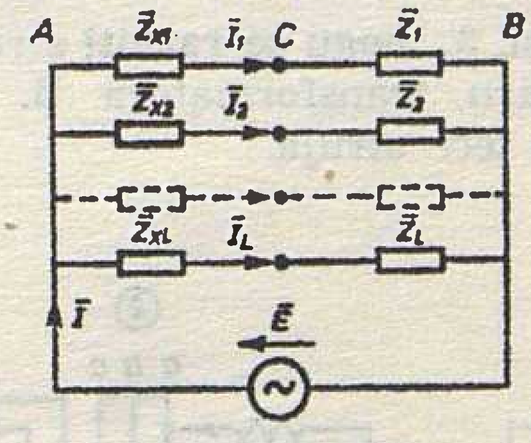
$$\frac{1}{\sum_{l=1}^{L} \frac{1}{\bar{Z}_{xl}}} = \bar{Z}_x \qquad (4)$$

$$\frac{\bar{Z}_{x1}}{\bar{Z}_1} = \frac{\bar{Z}_{x2}}{\bar{Z}_2} = \ldots = \frac{\bar{Z}_{xL}}{\bar{Z}_L} \qquad (5)$$

Relacije 4 i 5 predstavljaju sistem od L linearnih jednadžbi sa L nepoznanica koje treba riješiti posebno u svakom slučaju.



a) Serijsko-paralelni sklop b) $\bar{I}_{x1} = \bar{I}_1$



c) Paralelni sklop

Sl. 1. *Transformacija serijsko-paralelnog sklopa u paralelni sklop*

Opće rješenje glasi:

$$\bar{Z}_{xl} = \bar{Z}_l \bar{Z}_x \sum_{l=1}^{L} \frac{1}{\bar{Z}_l} \qquad (6)$$

$$l = 1, 2, \ldots L$$

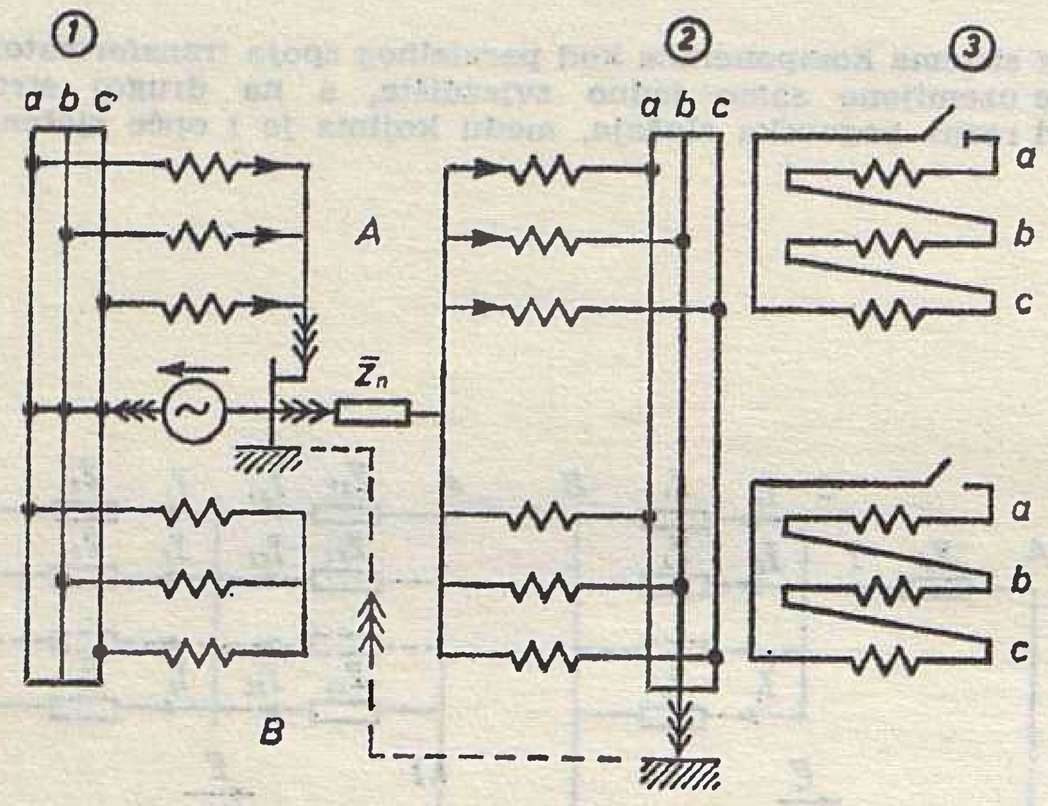
Pomoću relacije 6 dolazimo do ekvivalentne sheme nultog sistema paralelno spojenih transformatora, koji su uzemljeni preko zajedničkog otpora. Ovo je pokazano kroz tri pogonska slučaja.

2. POGONSKI SLUČAJ I

Dva jednaka tronamotajna transformatora A i B rade paralelno. Zvjezdište primara transformatora A uzemljeno je neposredno, a zvjezdište primara transformatora B je izolirano. Zvjezdište sekundara transformatora A i B uzemljeno je preko zajedničkog otpora $\bar{Z}_n$.

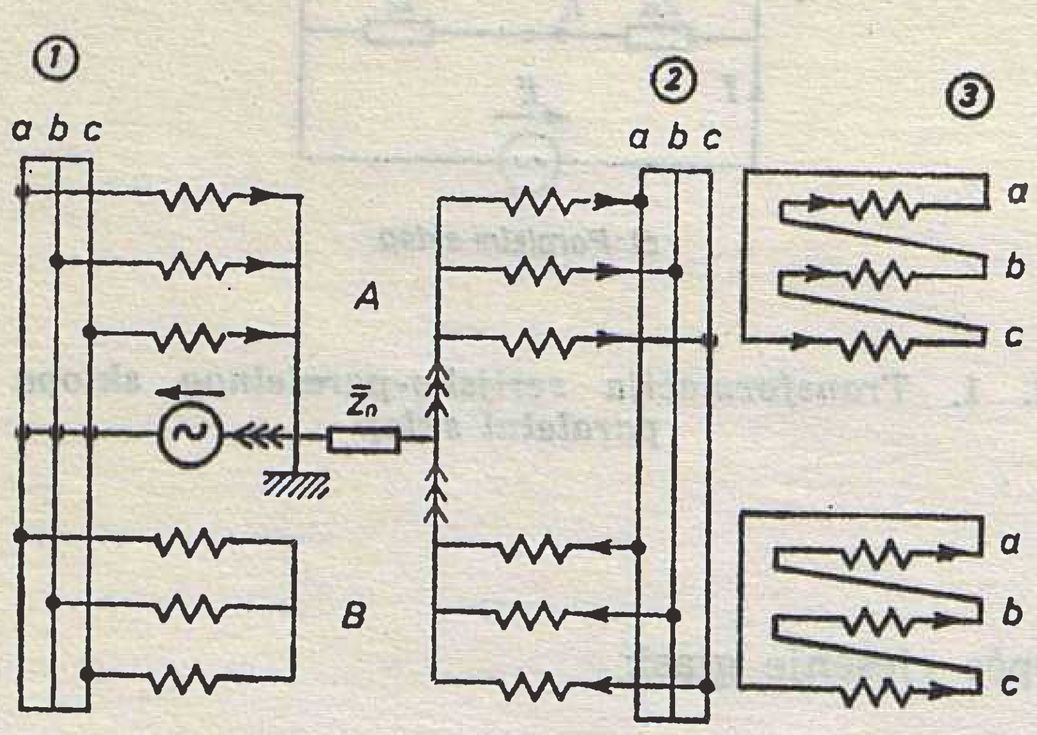
Izvodimo tri pokusa kratkog spoja kako je to pokazano na slikama 2, 3. i 4.

U pokusu na sl. 2. ne mogu se razviti struje vrijedne pažnje u transformatoru B.



Sl. 2. *Pokus kratkog spoja za određivanje impedancija $\bar{Z}_{012}$ paralelne veze transformatora A i B u pogonskom slučaju I*

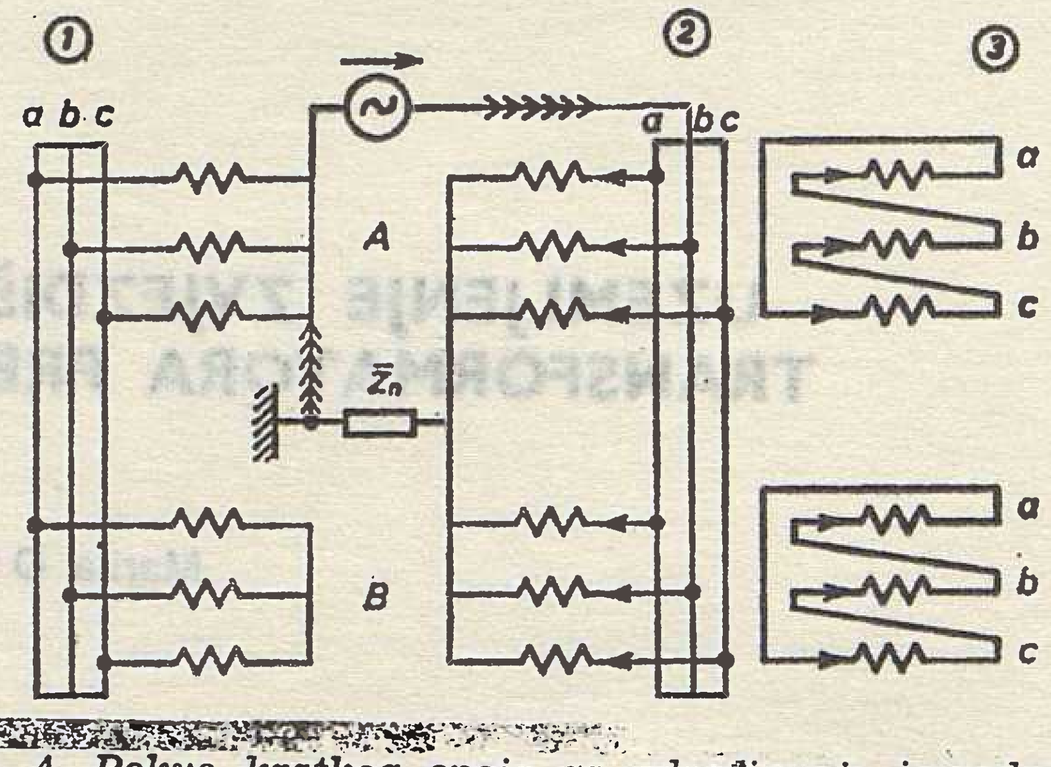
U pokusu na sl. 3. mogu se razviti struje u sekundaru i tercijaru transformatora B. Kroz otpor uzemljenja ne teče struja.



Sl. 3. *Pokus kratkog spoja za određivanje impendancija $\bar{Z}_{013}$ paralelne veze transformatora A i B u pogonskom slučaju I*

U pokusu na sl. 4. ne mogu se razviti struje u primarnim namotajima transformatora A i B.

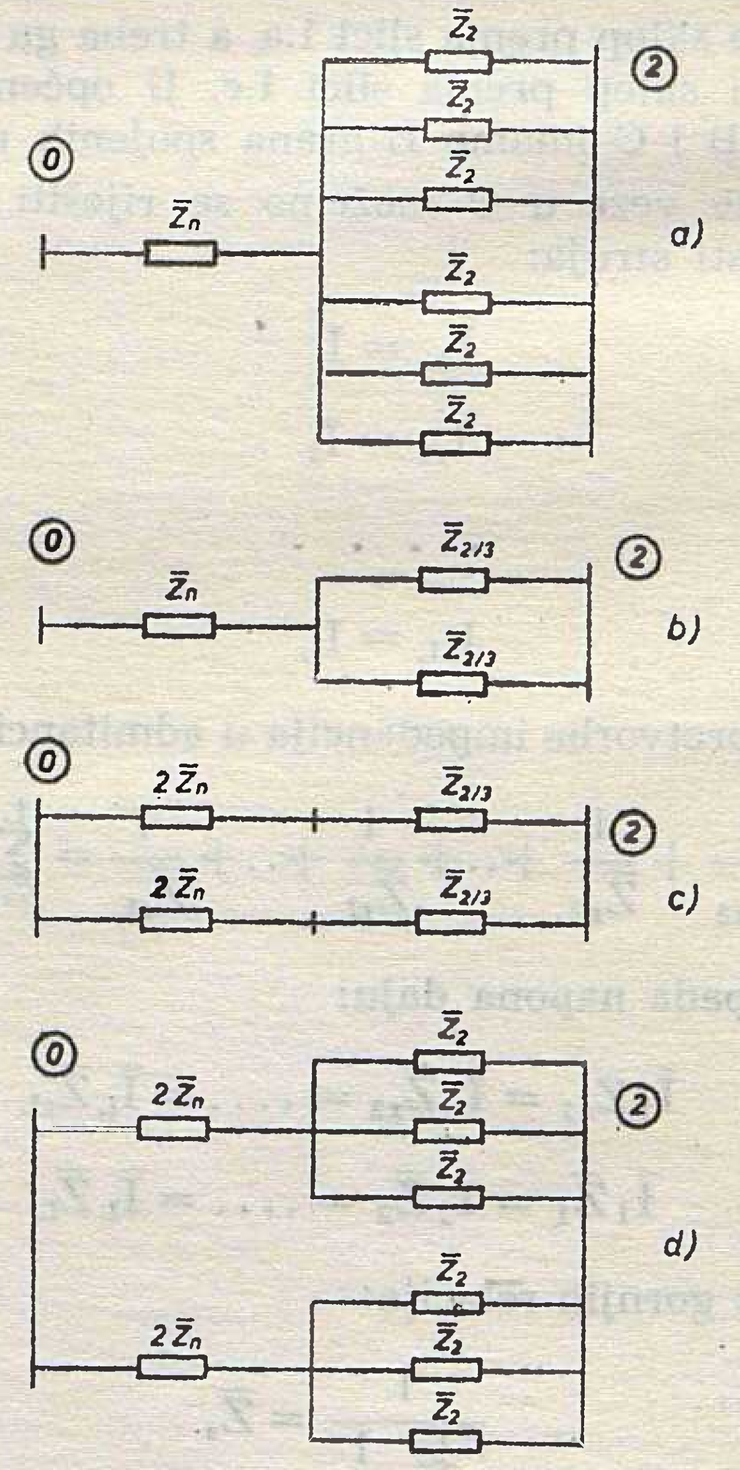
Iz pokusa utvrđujemo da se zahvaljujući tercijaru mogu uz dodatne uvjete razviti struje kratkog spoja u sekundarnim namotajima transformatora



Sl. 4. *Pokus kratkog spoja za određivanje impedancije $\bar{Z}_{023}$ paralelne veze transformatora A i B u pogonskom slučaju I*

A i B i da su u tim slučajevima ovi namotaji ravnopravni. Zato će impedancija ovih namotaja biti jednaka i jednaka impedanciji direktnog sistema.

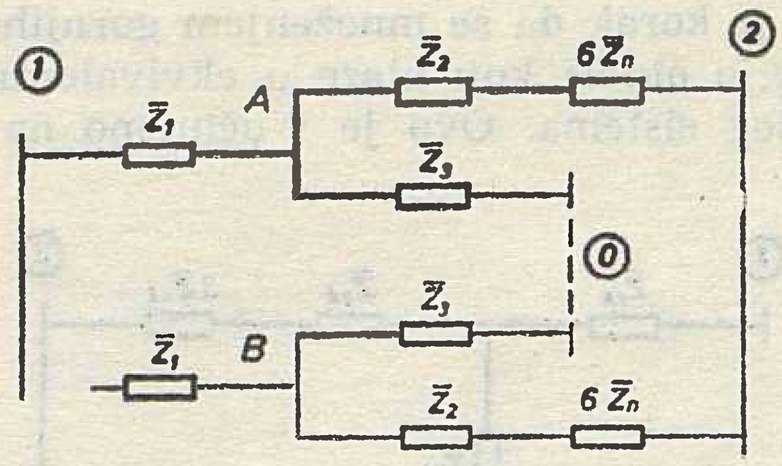
Na sl. 5.a nacrtan je sklop impedancija sekundara koje moramo transformirati. Transformaciju pratimo preko slika 5.b, c, d.



Sl. 5. *Transformacija sklopa impedancija sekundara transformatora A i B u pogonskom slučaju I*

Na sl. 6. nalazi se kompletna ekvivalentna shema nultog sistema paralelne veze transformatora A i B.

Transformacijom sklopa impedancija sekundara nadomjestili smo dva transformatora uzemljena



Sl. 6. *Ekvivalentna shema nultog sistema paralelne veze transformatora A i B za pogonski slučaj I*

preko zajedničkog otpora $\bar{Z}_n$ sa dva transformatora koji su uzemljeni svaki posebno preko svog otpora uzemljenja $2\bar{Z}_n$.(sl. 5.d).

Daljnji postupak sada je jednostavan i poznat. Otpor uzemljenja $2\bar{Z}_n$ množimo sa 3 kako bismo ga uključili u strujni krug nulte komponente struje u jednofaznoj ekvivalentnoj shemi nultog sistema na sl. 6.

Ekvivalentna shema sa sl. 6 uključuje se u nulti sistem mreže. Proračun će dati, među ostalim, smjer i iznos struje u fiktivnim otporima uzemljenja svakog transformatora.

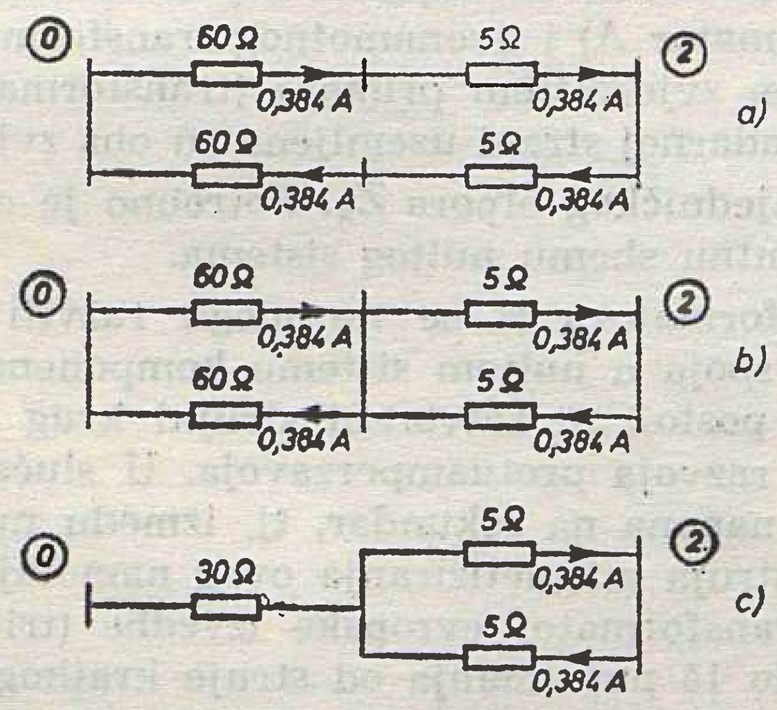
Primjer

Zadan je pogonski slučaj I. Impedancije i napon generatora jesu:

$$\bar{Z}_1 = j\ 6\ \Omega$$
$$\bar{Z}_2 = j\ 5\ \Omega$$
$$\bar{Z}_3 = j\ 7\ \Omega$$
$$\bar{Z}_n = j\ 10\ \Omega$$
$$\bar{E}_g = 100\ V$$

Izračunaj raspodjelu struje kada su kratko spojene faze sabirnica u 1, kratko spojene faze sabirnica u 2, oba tercijara zatvorena, a napon $\bar{E}_g$ narinut:

a) između 0 i 1
b) između 0 i 2
c) između 1 i 2

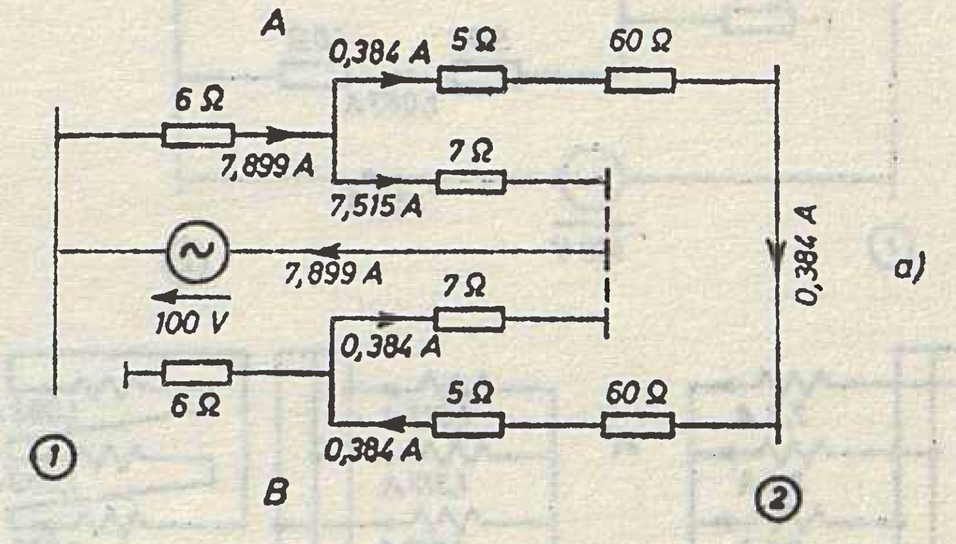


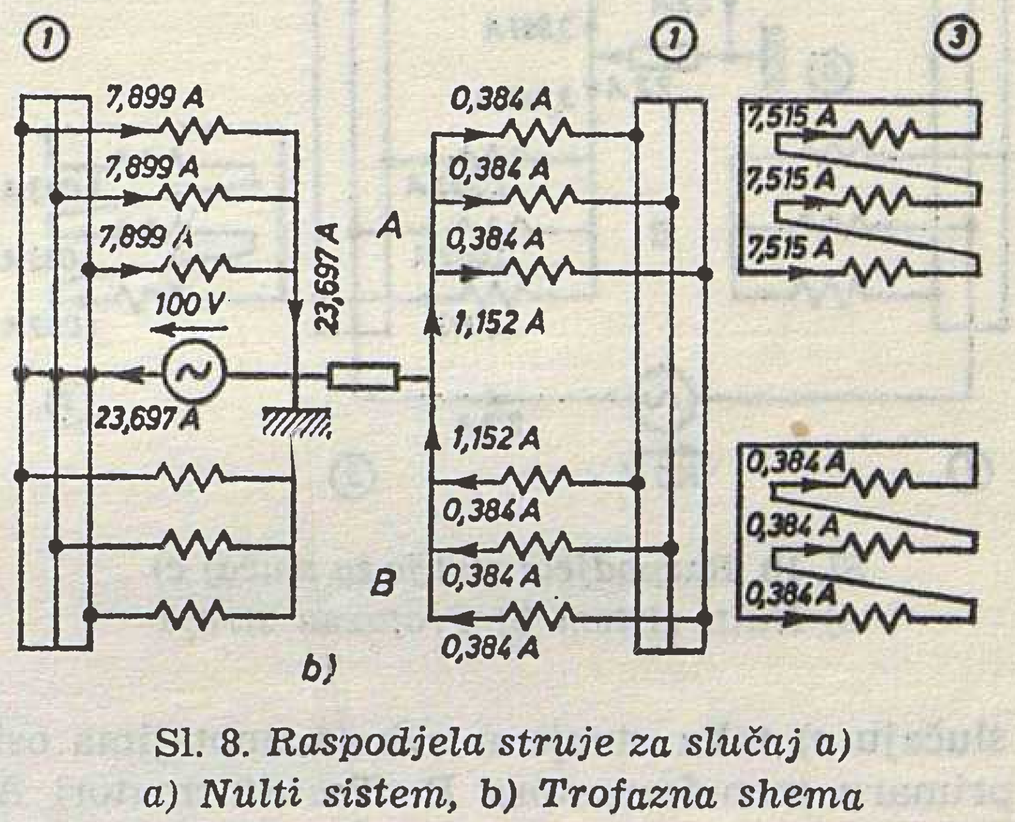
Sl. 7. *Transformacija sklopa impedancija sekundara i struje slučaja a)*

Uzeti da je prijenosni omjer transformatora 1 : 1 : 1.

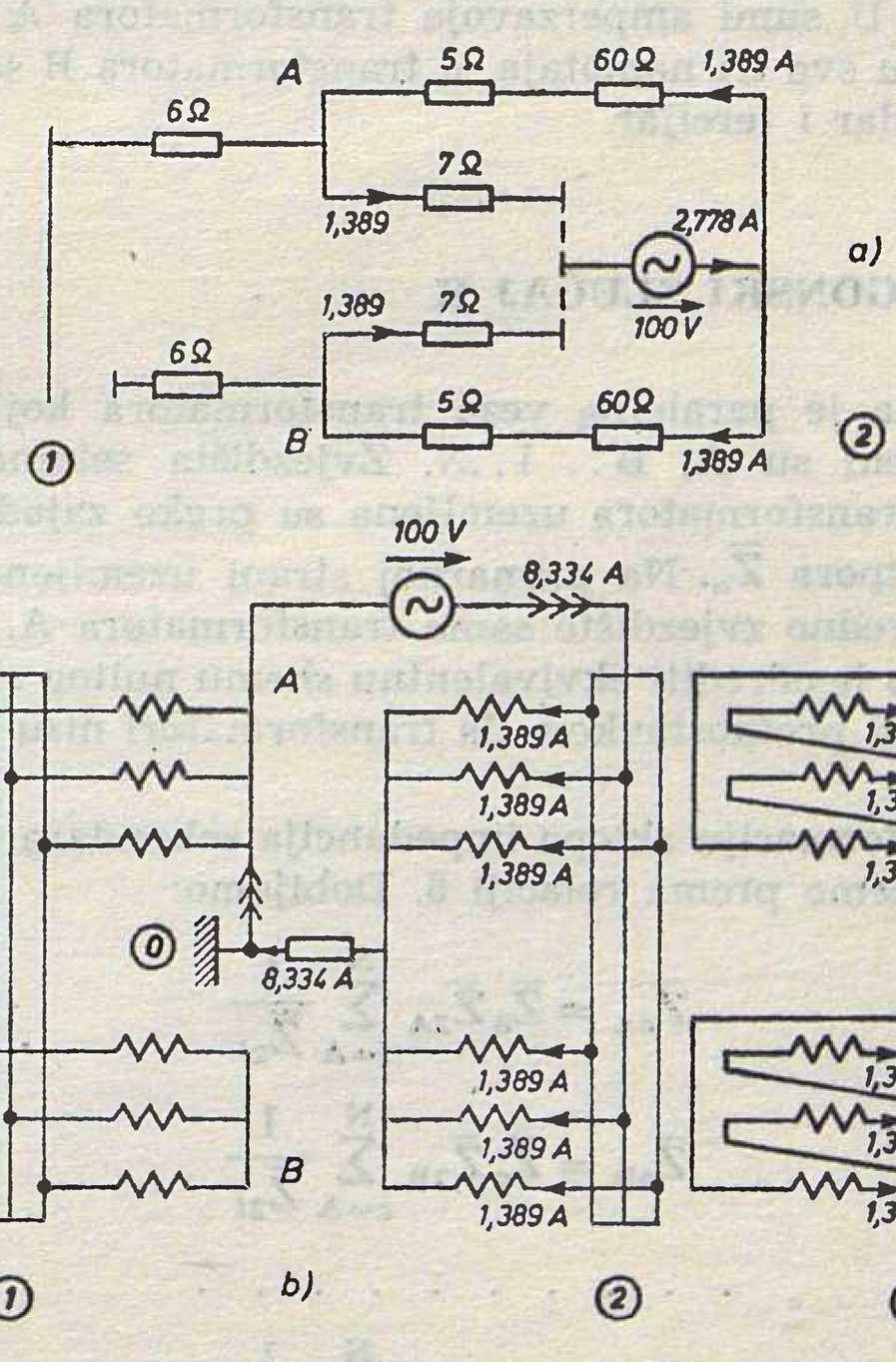
U slučaju a) ne teče struja kroz zajednički otpor uzemljenja. Da je to tako, dokaz je na sl. 7.

U slučaju b) ravnopravna su oba transformatora jer kroz primar transformatora A ne teku struje.

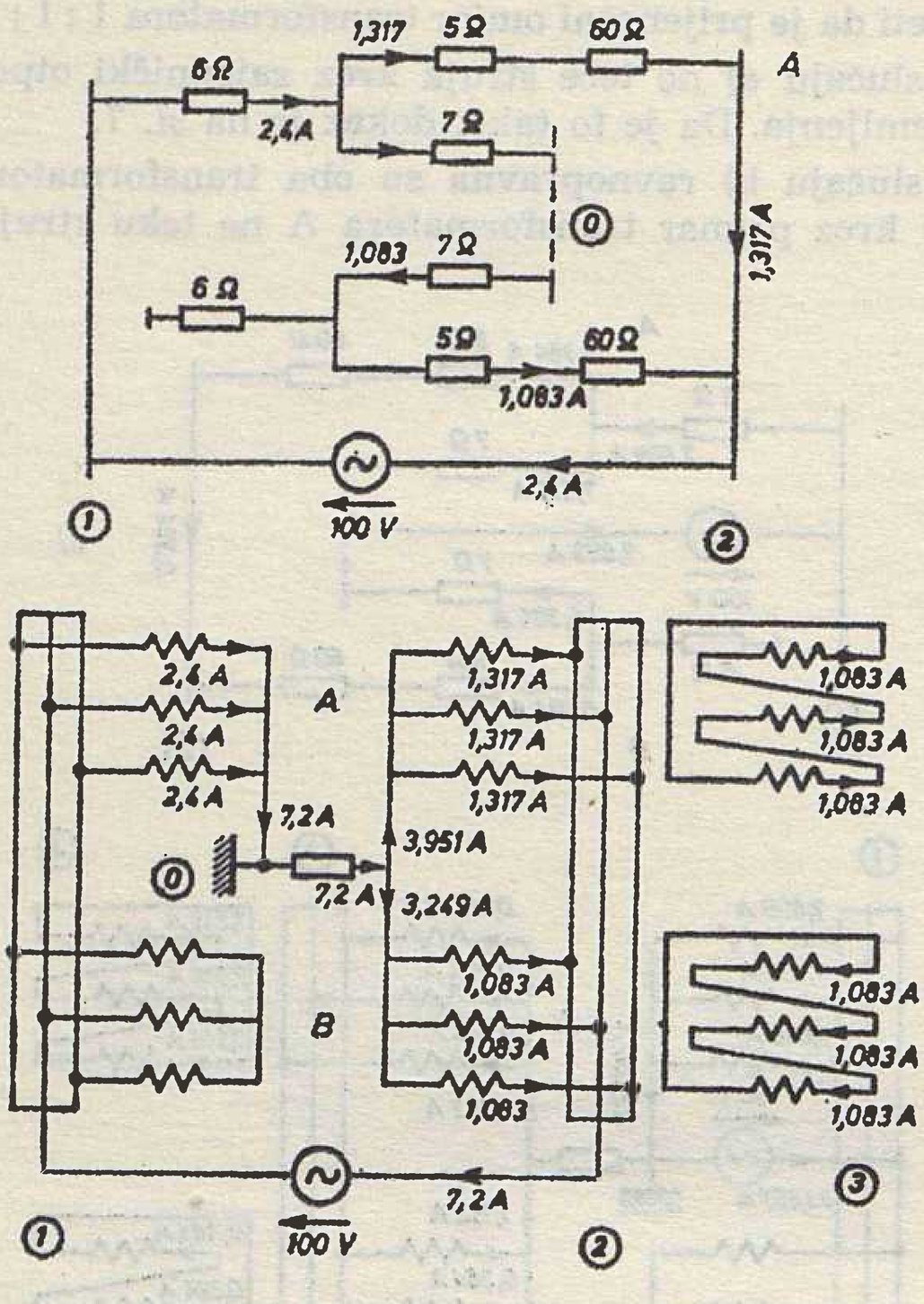




Sl. 8. *Raspodjela struje za slučaj a)*
a) Nulti sistem, b) Trofazna shema



Sl. 9. *Raspodjela struje za slučaj b)*
a) Nulti sistem b) Trofazna struja



Sl. 10. *Raspodjela struje za slučaj c)*
a) Nulti sistem b) Trofazna struja

U slučaju c) teku struje u svim namotajima osim u primaru transformatora B. Transformatori A i B nisu ravnopravni s obzirom na uzemljenje primara. U sumi amperzavoja transformatora A sudjeluju sva tri namotaja, a transformatora B samo sekundar i tercijar.

3. POGONSKI SLUČAJ II

Zadana je paralelna veza transformatora koji su označeni su A, B . . I . .N. Zvjezdišta sekundara svih transformatora uzemljena su preko zajedničkog otpora $\bar{Z}_n$. Na primarnoj strani uzemljeno je neposredno zvjezdište samo transformatora A. Potrebno je odrediti ekvivalentnu shemu nultog sistema pod pretpostavkom da transformatori nisu jednaki.

Transformaciju sklopa impedancija sekundara provest ćemo prema relaciji 6. Dobijemo:

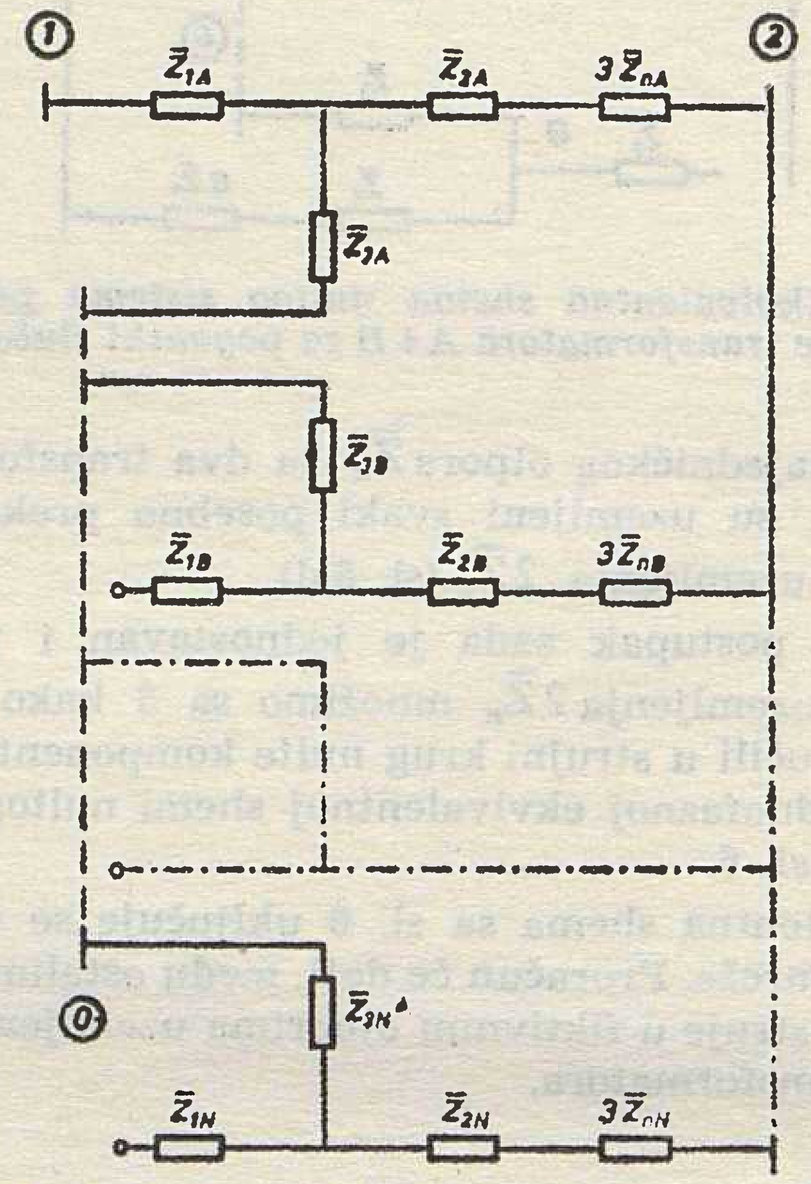
$$\bar{Z}_{nA} = \bar{Z}_n \bar{Z}_{2A} \sum_{l=A}^{N} \frac{1}{\bar{Z}_{2l}} \qquad (7a)$$

$$\bar{Z}_{nB} = \bar{Z}_n \bar{Z}_{2B} \sum_{c=A}^{N} \frac{1}{\bar{Z}_{2l}} \qquad (7b)$$

. . . . . .

$$\bar{Z}_{nN} = \bar{Z}_n \bar{Z}_{2N} \sum_{l=A}^{N} \frac{1}{\bar{Z}_{2l}} \qquad (7c)$$

Sljedeći je korak da se množenjem gornjih otpora sa 3 dobiju otpori koji ulaze u ekvivalentnu shemu nultog sistema. Ovo je i učinjeno na sl. 11.



Sl. 11. *Ekvivalentna shema nultog sistema paralelne veze transformatora A, B . . . N.*

Dva jednaka paralelna transformatora, što je obrađeno u prethodnom primjeru, samo su specijalni slučaj ovog općeg rješenja. Lako dokazujemo da je za dva jednaka transformatora

$$\bar{Z}_{nA} = \bar{Z}_n \bar{Z}_2 \frac{1}{\bar{Z}_2} = 2\bar{Z}_n \qquad (8a)$$

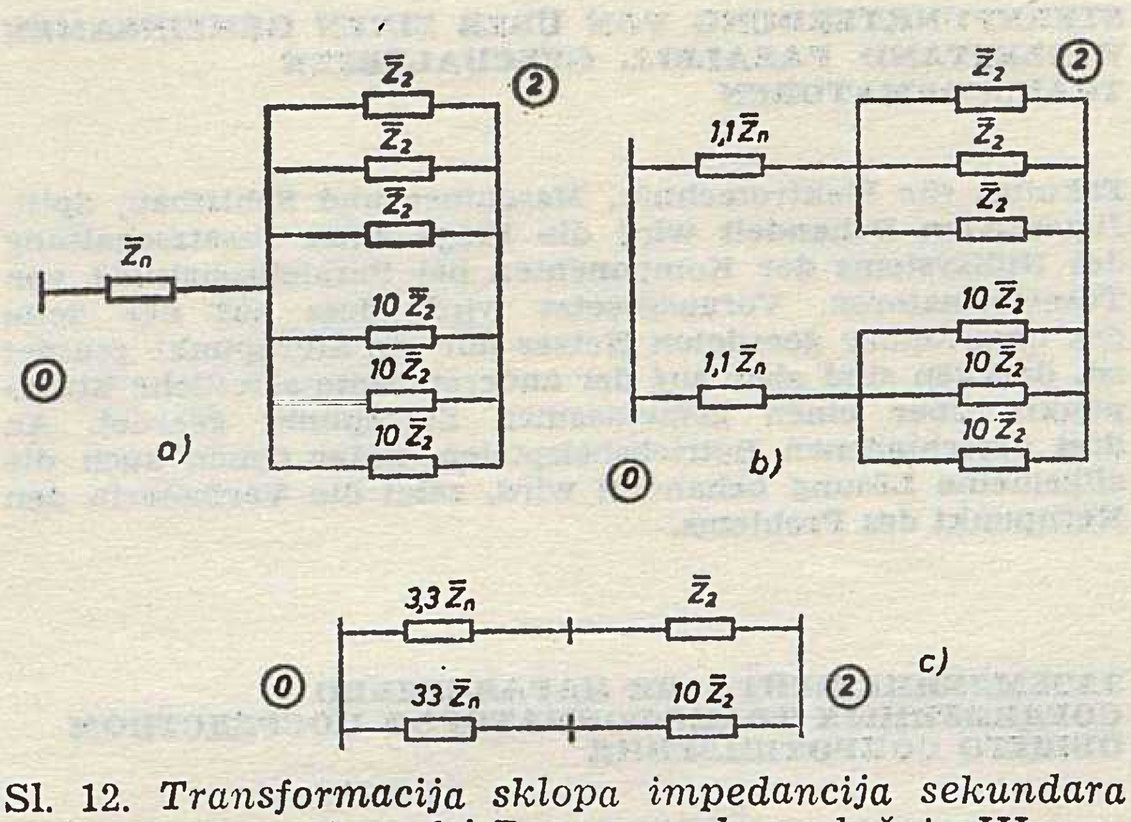
$$\bar{Z}_{nB} = \bar{Z}_{nA} \qquad (8b)$$

dok u jednofaznu ekvivalentnu shemu nultog sistema ulazimo sa $3 \cdot 2\bar{Z}_n = 6\bar{Z}_n$.

4. POGONSKI SLUČAJ III

Zadan je paralelni spoj tronamotnog transformatora s neposredno uzemljenim zvjezdištem primara (transformator A) i dvonamotnog transformatora s izoliranim zvjezdištem primara (transformator B). Na sekundarnoj strani uzemljena su oba zvjezdišta preko zajedničkog otpora $\bar{Z}_n$. Potrebno je odrediti ekvivalentnu shemu nultog sistema.

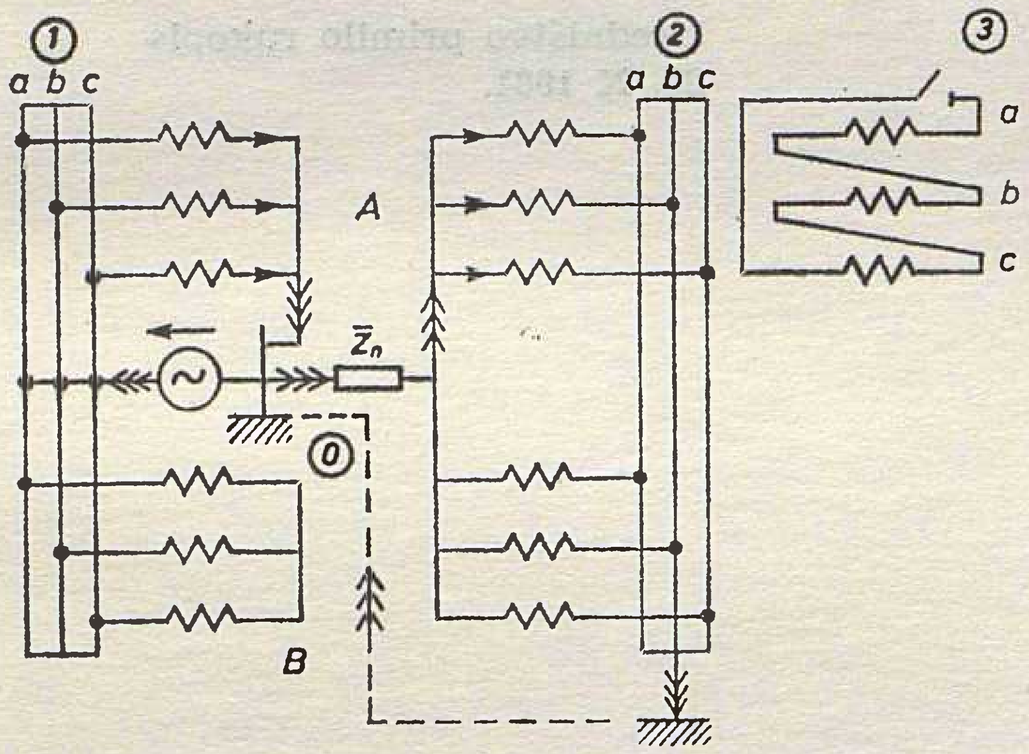
U transformatoru B se ne mogu razviti struje kratkog spoja u nultom sistemu komponenata, jer zato ne postoji ni zatvoreni strujni krug ni mogućnost razvoja protuamperzavoja. U slučaju narinutog napona na sekundar, tj. između nule i 2, teći će struja magnetiziranja ovog namotaja, koja će za transformator evropske izvedbe (tri stupa) biti 10 do 15 puta manja od struje kratkog spoja, a za transformator američke izvedbe bit će zanemariva.



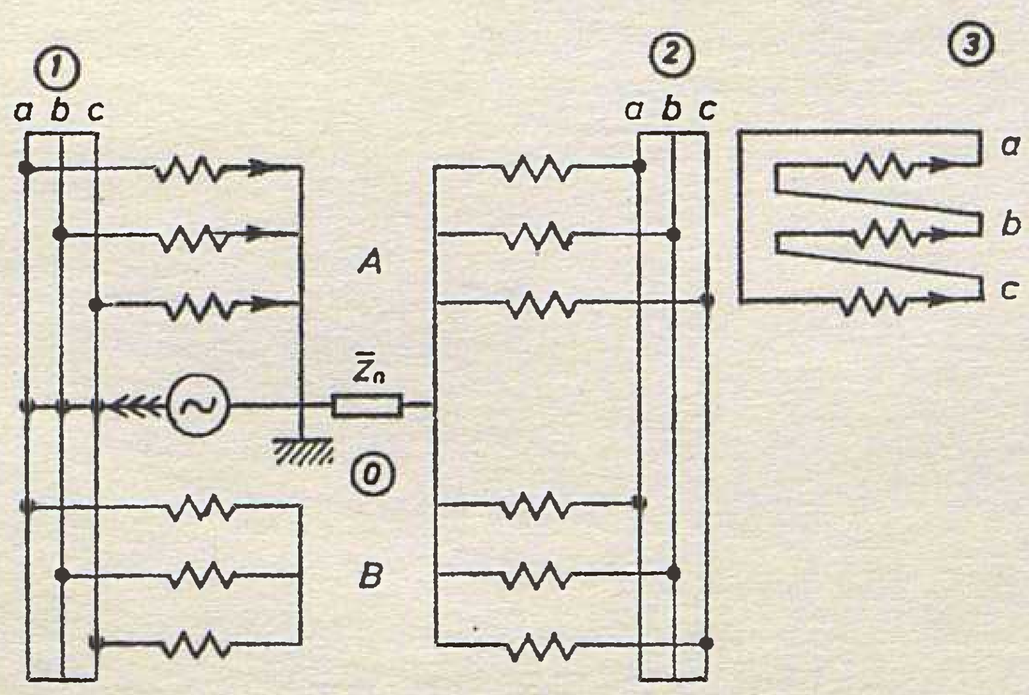
Sl. 12. *Transformacija sklopa impedancija sekundara transformatora A i B u pogonskom slučaju III*

Na slici 12.a pretpostavljeno je da je transformator evropske izvedbe i da je struja magnetiziranja sekundara 10 puta manja od struje kratkog spoja, što odgovara 10 puta većoj impedanciji $\bar{Z}_n$. Ovo je presudno za daljnji tok transformacije.

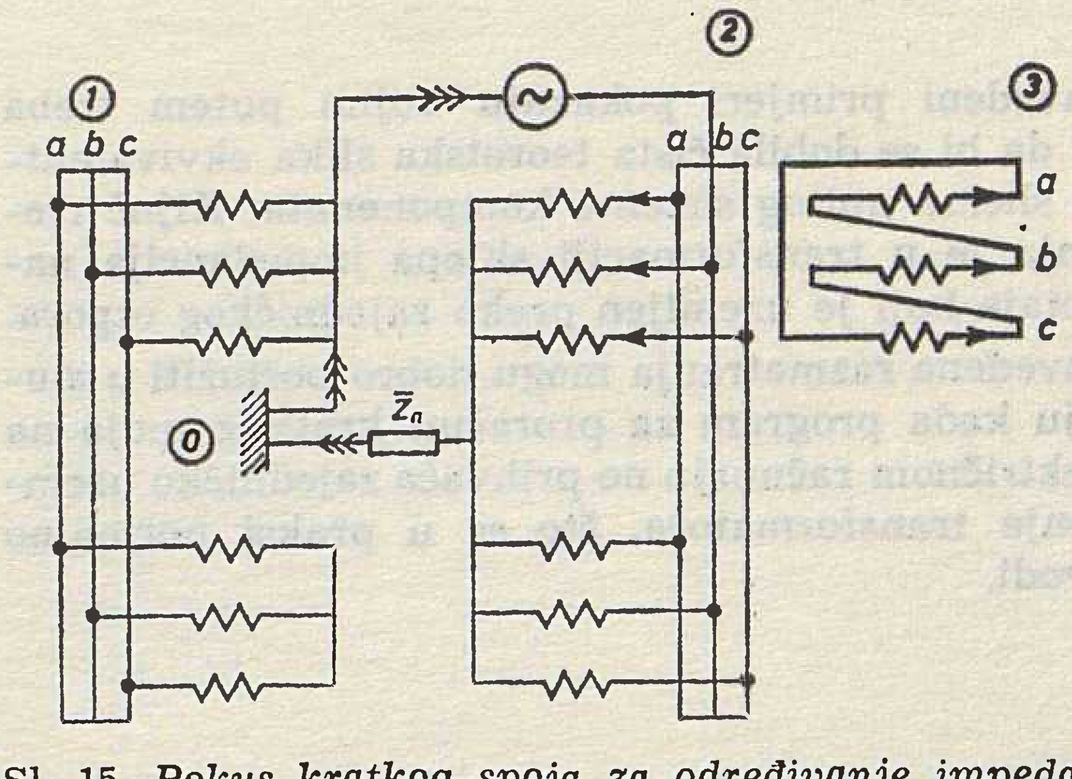
Na slici 12.b, u skladu s relacijom 7, svaki transformator ima svoje uzemljenje zvjezdišta sekundarnog namotaja preko vlastitog otpora uzemljenja. Na slici 12.c pokazani su iznosi impedancija za svaku fazu.



Sl. 13. *Pokus kratkog spoja za određivanje impedancija $\bar{Z}_{012}$ paralelne veze transformatora A i B u pogonskom slučaju III*



Sl. 14. *Pokus kratkog spoja za odredivanje impedancija $\bar{Z}_{013}$ paralelne veze transformatora A i B u pogonskom slučaju III*



Sl. 15. *Pokus kratkog spoja za određivanje impedandancije $\bar{Z}_{023}$ paralelne veze transformatora A i B u pogonskom slučaju III*

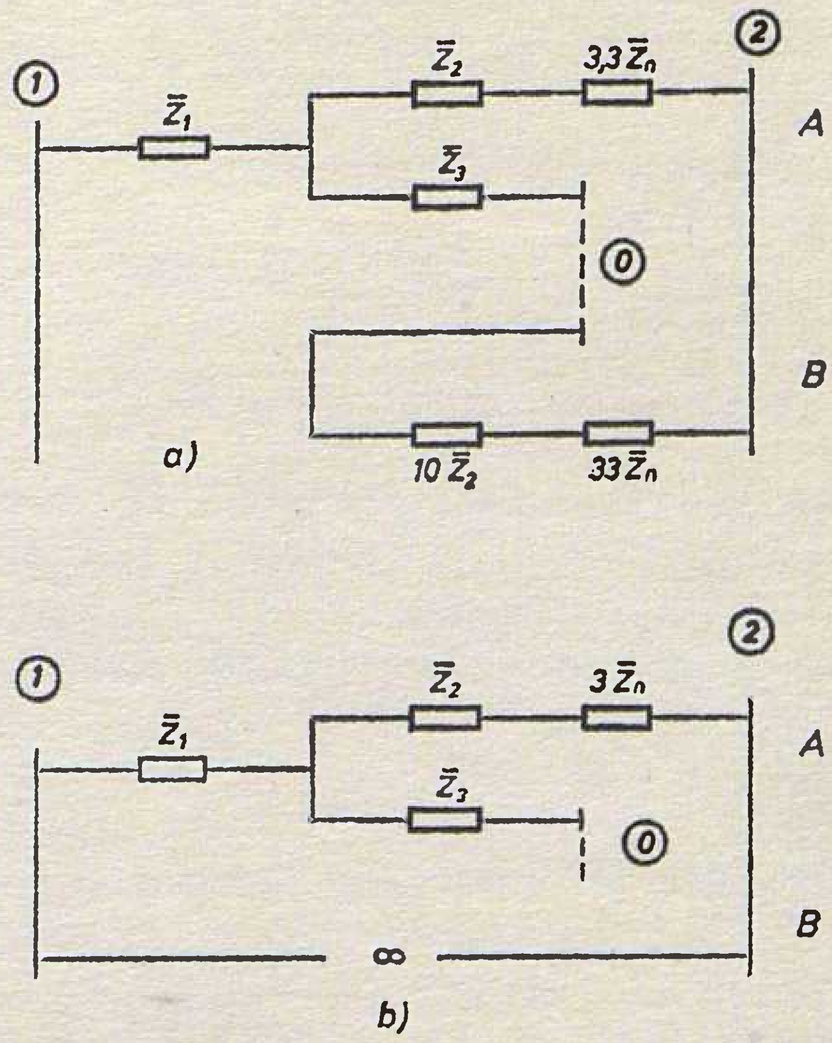
Slike 13, 14. i 15. pokazuju tri pokusa kratkog spoja za određivanje impedancija ove paralelne veze transformatora u nultom sistemu komponenata.

U pokusu na sl. 13. struje teku jedino kroz primarni i sekundarni namotaj i uzemljenje. Impedancije su jednake impedancijama direktnog sistema.

U pokusu na sl. 14. struje teku jedino kroz primar i tercijar transformatora A. Impendancije su jednake impendancijama direktnog sistema.

U pokusu na sl. 15. struje kratkog spoja teku kroz sekundar i tercijar transformatora A, dok kroz sekundar transformatora B teku struje magnetiziranja jer nema protuamperzavoja.

Rezultat transformacije na sl. 12. i pokusa kratkog spoja na slikama 13, 14. i 15 jest ekvivalentna shema nultog sistema komponenata na sl. 16. a za evropsku izvedbu transformatora B i ekvivalentna shema nultog sistema komponenata na sl. 16.b za američku izvedbu transformatora B.



Sl. 16. *Ekvivalentna shema nultog sistema pogonskog slučaja III a) evropska izvedba transformatora B, b) američka izvedba transformatora B*

5. ZAKLJUČAK

Navedeni primjeri pokazuju kojim putem treba ići da bi se dobila čista teoretska slika ekvivalentne sheme nultog sistema komponenata. Ključ rješenja je u transformaciji sklopa impedancija namotaja koji je uzemljen preko zajedničkog otpora. Navedena razmatranja mogu dobro poslužiti u slučaju kada program za proračun kratkog spoja na električnom računalu ne prihvaća zajedničko uzemljenje transformatora, što se u praksi normalno izvodi.

KEY WORDS:
TRANSFORMATORS, GROUNDING OF Y-CONNECTION, RESISTANCE

GROUNDING OF Y-CONNECTION FOR PARALLELLY CONNECTED TRANSFORMERS THROUGH COMMON RESISTANCE

In the article is elaborated problem of equivalent scheme of zero system components by parallel connection of transformers. It is supposed that is grounded only one Y connection on the side of directly grounded net, and on the other side are grounded all Y-connections through common resistance. The essence of problem is presented through 3 different operation conditions, among them is a general solution.

STERNPUNKTERDUNG VON ÜBER EINEN GEMEINSAMEN WIDERSTAND PARALELL GESCHALTETEN TRANSFORMATOREN

Fakultät für Elektrotechnik, Maschinen-und Schiffbau, Split, Jugoslavien Behandelt wird die Frage einer Ersatzschaltung des Nullsystems der Komponenten bei Paralellschaltung von Transformatoren. Vorausgesetzt wird, dass auf der Seite des unmittelbar geerdeten Netzes nur ein Sternpunkt geerdet ist, dagegen sind aber auf der anderen Seite sämtliche Sternpunkte über einen gemeinsamen Sternpunkt geerdet. An drei verschiedenen Betriebsbeispielen, unter denen auch die allgemeine Lösung behandelt wird, zeigt die Verfasserin den Kernpunkt des Problems.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕЙТРАЛИ ПАРАЛЛЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОСРЕДСТВОМ ОБЩЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

В статье рассматривается вопрос установления эквивалентной схемы нолевой системы составляющих при параллельном соединении трансформаторов. Предполагается, что на стороне заземленной сети глухо заземлена только одна звезда, а на другой стороне заземлены нейтрали всех трансформаторов через общее сопротивление. На примере трех различных случаев эксплуатации, в числе которых находится и общее решение, показано что собой представляет ключ проблемы.

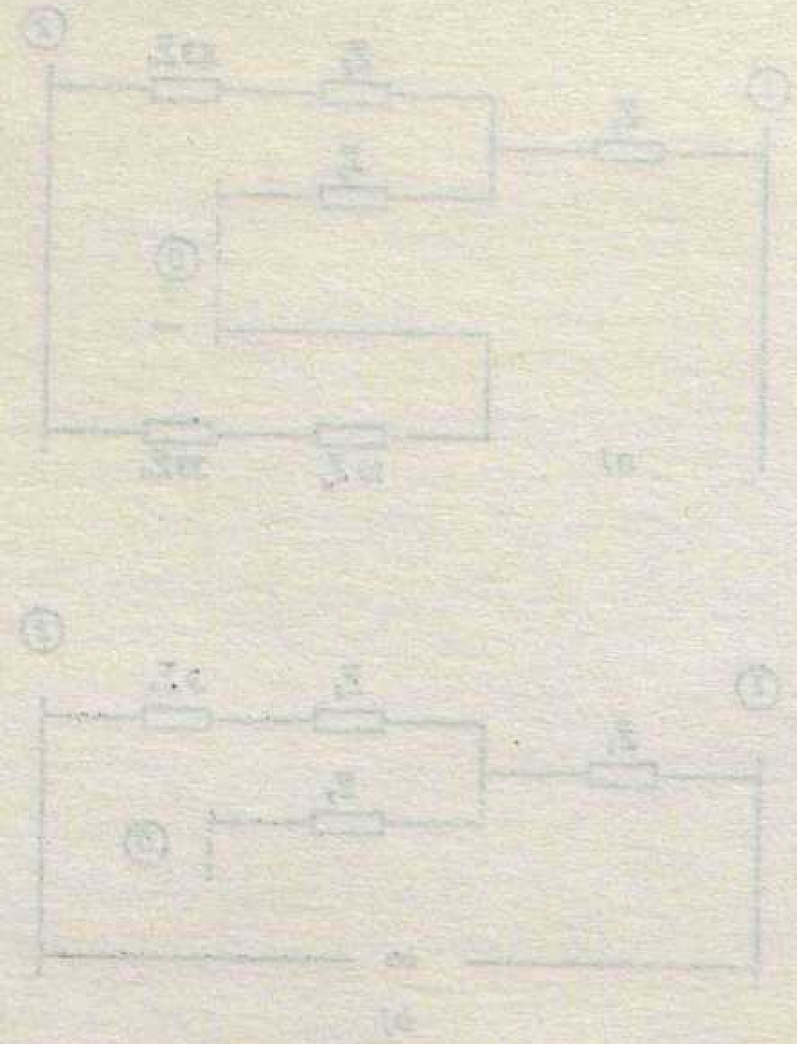
Naslov pisca:

Prof. dr Marija Ožegović, dipl. inž.

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split,

Uredništvo primilo rukopis
22. X 1981.





Energija God 31 (1982) br. 3—4, 113—116

PRORAČUN PRESEKA KABLA NISKOG NAPONA ZA NAPAJANJE STAMBENOG OBJEKTA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM NA OSNOVU SREDNJE SNAGE STANA NA NIVOU TS—SN/NN

Branislav N i k o l i ć, Kraljevo

UDK 621.315.2
STRUCNI RAD

Članak raspravlja o dva načina proračuna vodiča niskog napona za priključak stanova u zgradama. Osnovni je problem koliko električno opterećenje treba uzeti po stanu i koliki faktor jednovremenosti. Govori se također o nivou na kojemu treba taj faktor odabrati, tj. da li na nivou transformacije SN/NN ili VN/SN.

Ključne riječi: kućne instalacije, vodovi niskog napona, faktor jednovremenosti, proračun, presjek vodiča.

1. UVOD

U strukturi ukupne potrošnje električne energije značajan deo imaju domaćinstva. Ukupan porast potrošnje električne energije na nivou Jugoslavije u periodu 1969—1979. godine ostvaren je sa prosečnom godišnjom stopom od 8,8%. Najveća stopa rasta od 10,4% ostvarena je u domaćinstvima. Udeo potrošnje električne energije u domaćinstvima iznosio je 26, 3% u 1969. godini, da bi se povećao u 1979. godini na 30,7% od ukupne potrošnje. Navedene vrednosti su prosečne na nivou Jugoslavije [L. 1]. Vrednosti se razlikuju od jednog područja do drugog. Na nekim područjima domaćinstva učestvuju i sa preko 50% u ukupnoj potrošnji. Kao značajnom potročašu s aspekta planiranja distributivnih mreža, treba mu posvetiti dužnu pažnju. Današnje vreme se karakteriše ograničenim investicijama, što još više nameće potrebu da se vodi računa o optimalnom dimenzionisanju i korišćenju svih elemenata distributivnog sistema. Ovde će se ukratko prikazati uobičajeni način utvrđivanja ukupne jednovremene snage, na osnovu koje se vrši proračun preseka kabla, kao i predlog da se proračun kabla vrši na osnovu srednje snage stana na nivou TS-SN/NN, i to zato što takav način proračuna daje znatne prednosti nad prvim uobičajenim načinom.

2. UTVRĐIVANJE UKUPNE JEDNOVREMENE SNAGE NA UOBIČAJEN NAČIN

Uobičajena je praksa da se ukupna jednovremena snaga utvrđuje na sledeći način:

— Zavisnosti od veličine stana, stepena elektrificiranosti koji se želi itd. utvrde se snage pojedinih potrošača, pa se njihovim sabiranjem dobije instalisana snaga jednog stana P_{il}.

— Po nekom kriterijumu usvoji se faktor jednovremenosti k_1. Ovaj se faktor najčešće usvaja 0,4 a kreće se od 0,3—0,6.

— Jednovremena snaga jednog stana izračunava se po obrascu

$$P_{jl} = k_1 \cdot P_{il} \qquad (2.1)$$

— Faktor jednovremenosti za grupu stanova k_n odabere se iz tabele 1.

— Ukupna jednovemena snaga izračunava se po obrascu:

$$P_{ju} = P_{il} \cdot k_1 \cdot n \cdot k_n = P_{jl} \cdot n \cdot k_n \qquad (2.2)$$

— Presek kabla niskog napona proračunava se na osnovu ukupne jednovremene snage iz (2.2) na poznat način, tj. na struju zagrevanja i na pad napona.

— Srednja naga po stanu izračunava se iz (2.2) po obrascu:

$$S_{srl} = P_{jl} \cdot k_n \qquad (2.3)$$

Veličina srednje snage izračunate po (2.3) ne kazuje nam gotovo ništa ako ne znamo kolike su stvarno te snage u praksi. Dimenzionisanje kabla na ovako utvrđenu jednovremenu snagu ima svojih nedostataka. Naime, mi ne znamo koliko dugo će kabel zadovoljavati. Ovaj se nedostatak otklanja ako se presek kabla proračunava na osnovu srednje snage stana na nivou TS-SN/NN.

3. UTVRĐIVANJE UKUPNE JEDNOVREMENE SNAGE NA OSNOVU SREDNJE SNAGE STANA NA NIVOU TS-SN/NN

Utvrđivanje ukupne jednovremene snage na osnovu srednje snage stana na nivou TS-SN/NN bitno

Tabela 1. Vrednosti faktora jednovremenosti k_n za grupe stanova

Broj stanova	Vrednost faktora k_n za			
	$k_\infty = 0{,}20$	$k_\infty = 0{,}25$	$k_\infty = 0{,}50$	$k_\infty = 0{,}20$
1	1,00	1,00	1,00	1,00
4	0,60	0,63	0,75	0,80
6	0,53	0,56	0,70	0,76
9	0,47	0,50	0,67	0,73
12	0,43	0,47	0,64	0,72
24	0,36	0,40	0,60	0,68
32	0,34	0,38	0,59	0,67
48	0,32	0,36	0,57	0,66
60	0,30	0,35	0,56	0,65
72	0,29	0,34	—	—
96	0,28	0,33	0,55	0,64
120	0,27	0,32	—	—
200	0,26	0,30	0,54	0,63
400	0,24	0,29	0,53	0,62
600	0,23	0,28	0,52	—
1 000	0,225	0,274	0,516	0,613

se razlikuje od prethodnog načina, a izračunava se na osnovu obrasca

$$P_{ju} = P_{sr} \cdot n \cdot p^x \qquad (3.1)$$

gde je:

P_{sr} — srednja snaga stana objekta koji se projektuje

n — broj stanova

p — prosečna godišnja stopa rasta snage u domaćinstvu

x — broj godina eksploatacije kabla.

Srednja snaga stana objekta koji se projektuje izračunava se po obrascu:

$$P_{sr} = P_{sr(ts)} \cdot 1/f_n \qquad (3.2)$$

gde je:

$P_{sr(ts)}$ — srednja snaga stana na nivou TS-SN/NN

f_n — faktor uvećanja po tabeli 2.

Faktor f_n kod proračuna srednje snage stana objekta koji se projektuje (3.2) ima istu ulogu kao faktor k_n kod proračuna srednje snage stana (2.3).

Srednja snaga stana opada s porastom broja stanova. Broj stanova priključenih na jednu TS-SN/NN u pravilu je veći od broja stanova objekta koji se projektuje, što znači da će srednja snaga stana na nivou TS-SN/NN biti manja od srednje snage stana objekta koji se projektuje:

za n = 1 $\quad P_{sr(1)} = P_{jl} \cdot k_{n(1)}$

za n = 96 $\quad P_{sr(96)} = P_{jl} \cdot k_{n(96)}$.

Kako je $k_{n(96)} < k_{n(1)}$, to je i $P_{sr(96)} < P_{sr)1(}$.

Tabela 2. Vrednosti faktora uvećanja f_n

Broj stanova	Faktor jednovremenosti k_n		Faktor uvećanja f_n TS-VN/SN		Faktor uvećanja f_n TS-SN/NN	
	$k_\infty = 0{,}20$	$k_\infty = 0{,}25$	$k_\infty = 0{,}20$	$k_\infty = 0{,}25$	$k_\infty = 0{,}20$	$k_\infty = 0{,}25$
1	2	3	4	5	6	7
1	1,00	1,00	0,225	0,274	0,250	0,295
4	0,60	0,63	0,375	0,435	0,417	0,468
6	0,53	0,56	0,425	0,489	0,472	0,527
9	0,47	0,50	0,478	0,548	0,532	0,590
12	0,43	0,47	0,523	0,583	0,581	0,628
24	0,36	0,40	0,626	0,685	0,694	0,737
32	0,34	0,38	0,662	0,721	0,735	0,776
48	0,32	0,36	0,703	0,761	0,781	0,819
60	0,30	0,35	0,750	0,783	0,833	0,843
72	0,29	0,34	0,776	0,806	0,862	0,868
96	0,28	0,33	0,804	0,830	0,893	0,894
120	0,27	0,32	0,833	0,856	0,926	0,922
200	0,26	0,30	0,865	0,913	0,962	0,983
300	0,25	0,295	0,900	0,929	1,000	1,000
400	0,24	0,29	0,937	0,941		
600	0,23	0,28	0,978	0,979		
1 000	0,225	0,274	1,000	1,000		

Po istoj logici za broj stanova n manji od broja stanova priključenih na jednu TS-SN/NN biće

$$P_{sr(ts)} < P_{sr(n)}$$

Vrednosti faktora f_n u tebeli 2. izračunate su na sledeći način:

$$P_{il} \cdot k_1 \cdot n_{(1)} \cdot {}_{n(1)} = P_{jn(1)} \quad ; \quad P_{srn(1)} = \frac{P_{jn\,(1)}}{n\,(1)}$$
$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$
$$P_{il} \cdot k_1 \cdot n_{(96)} \cdot k_{n(96)} = P_{jn(96)} \quad ; \quad P_{srn(96)} = \frac{P_{jn\,(96)}}{n\,(96)} \qquad (3.3)$$
$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$
$$P_{il} \cdot k_1 \cdot n_{(300)} \cdot k_{n(300)} = P_{jn(300)} \quad ; \quad P_{srn3(00)} = \frac{P_{jn\,(300)}}{n\,(300)}$$
$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$
$$P_{il} \cdot k_1 \cdot n_{(1\,000)} \cdot k_{n(1\,000)} = P_{jn(1\,000)} \quad ; \quad P_{srn(1\,000)} = \frac{P_{jn\,(1000)}}{n\,(1000)}$$

Iz (3.3) vidi se da je kod svih grupa stanova uzeta ista instalisana i jednovremena snaga, i to zato što veličina instalisane i jednovremene snage ne zavisi od toga u kojoj grupi se taj stan nalazi. Ova konstatacija je bitna za izračunavanje f_n. Kako je broj priključenih stanova na jednu TS-SN/NN oko 300 stanova (on, naime, varira između 200 i 400 zavisno od snage TS-SN/NN), to se može usvojiti da je srednja snaga stana na n = 300 jednaka srednjoj snazi stana na nivou TS-SN/NN. tj.

$$P_{srn(300)} = P'_{sr(ts)} \qquad (3.4)$$

Po istoj logici srednja snaga stana za n = 1 000 jednaka je srednjoj snazi stana na nivou TS-VN/SN, tj.

$$P_{srn(1000)} = P''_{sr(ts)} \qquad (3.5)$$

Broj stanova priključenih na jednu TS-VN/SN znatno je veći od 1 000, ali znajući da se faktor k_n vrlo malo menja za broj stanova veći od 1 000, to će se i faktor f_n neznatno menjati, a razlike koje se zbog toga pojavljuju bitno ne utiču na krajnji rezultat. Po toj analogiji mogla bi se srednja snaga stana na nivou TS-VN/SN smatrati i srednjom snagom stana na nivou grada.

Kolone 1, 2 i 3 u tabeli 2. prenete su iz tabele 1, ali su vrednosti za k_n uzete samo za $k \infty = 0{,}20$ i za $k \infty = 0{,}25$ zato što se te vrednosti u praski najčešće javljaju. Inače tabela 2 može se izračunati za sve vrednosti $k \infty$.

Vrednosti faktora f_n izračunate su po obrascu:

$$\begin{aligned} \frac{P'_{sr(ts)}}{P'_{srn(1)}} &= f_{n(1)} \quad ; \quad P_{srn(1)} = P'_{sr(ts)} \cdot 1/f_{n(1)} \\ &\vdots \qquad\qquad\qquad\qquad \vdots \\ \frac{P'_{sr(ts)}}{P_{srn(300)}} &= f_{n(300)} \quad ; \quad P_{srn(300)} = P'_{sr(ts)} \cdot 1/f_{n(300)} \end{aligned} \qquad (3.6)$$

Na osnovu (3.6) izračunate su vrednosti faktora f_n i nalaze se u kolonama 6 i 7 tabele 2, tj. te se kolone odnose na nivo TS-SN/NN, a kolone 4 i 5 koje se odnose na nivo TS-VN/SN izračunate su na osnovu obrasca:

$$\begin{aligned} \frac{P''_{sr(ts)}}{P_{srn(1)}} &= f_{n(1)} \quad ; \quad P_{srn(1)} = P''_{sr(ts)} \cdot 1/f_{n(1)} \\ &\vdots \qquad\qquad\qquad\qquad \vdots \\ \frac{P''_{sr(ts)}}{P_{srn(300)}} &= f_{n(300)} \quad ; \quad P_{srn(300)} = P''_{sr(ts)} \cdot 1/f_{n(300)} \\ &\vdots \qquad\qquad\qquad\qquad \vdots \\ \frac{P''_{sr(ts)}}{P_{srn(1000)}} &= f_{n(1000)} \quad ; \quad P_{srn(1\,000)} = P''_{sr(ts)} \cdot 1/f_{n(1\,000)} \end{aligned} \qquad (3.7)$$

Brojčane vrednosti za f_n izračunate su na osnovu (3.7), dajući u obrascu (3.3) proizvoljne vrednosti za P_{il} i k_1, ali uvek istih vrednosti za sve vrednosti n.

Izračunavanje ukupne jednovremene vrednosti na osnovu (3.1) daje velike prednosti u odnosu na izračunavanje ukupne jednovremene snage po (2.2), ali se ovde postavlja pitanje ima li dovoljno podataka da bi se ukupna jednovremena snaga izračunala po (3.1). Srednja snaga stana na nivou TS-SN/NN uglavnom je poznata i distributivne radne organizacije raspolažu tim podatkom. Na mnogim savjetovanjima za razne gradove [L. 3], [L. 4], [L. 5] navode se vrednosti za srednje snage stana na navou TS-SN/NN, a one se kreću od 1;27—1,6 kW/stanu.

Postoje tvrdnje da jednom elektrificirani stanovi tokom godine nemaju veliko povećanje snage. Može se usvojiti kao neka srednja vrednost od 4%, tj. p = 1,04, a na osnovu [L. 5] i [L. 6].

Za ukupni vek trajanja kabla u literaturi se nalaze razne vrednosti od 20 godina, 30 godina pa čak i 40 godina. Međutim, na osnovu [L. 7] treba za ukupni vek trajanja kabla usvojiti 25 god. Koliki vek eksploatacije kabla će se usvojiti zavisi od mnogo faktora. Najpravilnije bi bilo potražiti minimum ukupnih troškova, pri čemu treba uzeti investicione troškove, troškove održavanja i troškove džulskih gubitaka. Jedino minimizacija troškova može da pokaže da li je opravdano odmah položiti kabl takvog preseka da zadovolii ceo životni vek kabla ili se ekonomski više isplati prvo položiti kabl manjeg preseka, pa ga nakon određenog broja godina zameniti kablom većeg preseka.

4. ZAKLJUČAK

Vreme ograničenih investicija, ali ne samo njih, nameće zahtev da se još više vodi računa o optimalnom dimenzionisanju svih elemenata distributivnog sistema.

Proračn preseka kabla na osnovu srednje snage stana na nivou TS-SN/NN omogućava sprovođenje tehno-ekonomske analize, a time i usvajanje optimalnog preseka. Model proračuna koji se predlaže je dinamičan, dok se to ne bi moglo reći za prvi način proračuna. Doduše, i prvi način proračuna možemo učiniti dinamičkim ako preko stalnog povećanja instalisane snage to uspevamo, ali je to malo teže.

LITERATURA

[L. 1] Elektroprivreda Jugoslavije, godišnjak 1979. god.

[L. 2] V. Srb, Kabelska tehnika, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.

[L. 3] Referat br. 39. 13, XV savetovanje elektroenergičara Jugoslavije, Beograd, 1981.

[L. 4] Referat br. 322. 14, XIV savetovanje elektroenergičara Jugoslavije, Sarajevo, 1979.

[L. 5] Referat br. 1. 2. 05, Savetovanje, Herceg-Novi, 1977.

[L. 6] Studija ETF Bgd. za ED Bgd., tom I_1, Beograd, 1974.

[L. 7] Službeni list br. 65/81.

**KEY WORDS: HOUSEHOLDS INSTALATION,
LOW LINES,
COINCEDENCE FACTOR,
CALCULATION OF CABLE CROSS SESTION**

CALCULATION FOR LOW VOLTAGE CABLE CROSS SECTION FOR ELECTRICAL POWER SUPPLAY OF HOUSHOLDES ON THE BASE OF AVERAGE HOUSEHOD POWER LEVEL AT TRANSFORMATION MEDIUM VOLTAGE LOW VOLTAGE

In the article are discussed two ways of calculations for low voltage cable for apartment connections in buildings. Basic problem is estimation of electrical load of apartment coincidence factor. It is also discussed level of power for coincidence factor, i. e. level of transformation medium voltage/low voltage or high voltage/medium voltage.

QUERSCHNITTSBERECHNUNG VON NIEDERSPANNUNGS-KABELN ZUR STROMVERSORGUNG VON WOHNHÄUSERN ANHAND VON ANGABEN DES MITTLEREN LEISTUNGSBEDARES EINER WOHNUNG AUF DER GRUNDLAGE TRANSFORMATOR — MITTELSPANNUNG/ /NIEDERSPANNUNG.

Der Aufsatz behandelt zwei Berechnungsvarianten für die Ermittlung der Niederspannungsstromversorgung von Wohnungen. Das Problem liegt in der Bestimmung des Anschlusswertes der einzelnen Wohnungen und der Höhe des Gleichzeitigkeitsfaktors. Gestellt wird die Frage, auf welcher Verteilungsebene diese Kennwerte einzusetzen sind: in der Ebene Transformator — Mittelspannung / Niederspannung oder Hochspannung / Mittelspannung.

РАСЧЕТ СЕЧЕНИЯ КАБЕЛЯ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ, ПИТАЮЩЕГО ЖИЛОЙ ДОМ, ИСХОДЯ ИЗ СРЕДНЕЙ КВАРТИРНОЙ НАГРУЗКИ, НА УРОВНЕ ТРАНСФОРМАЦИИ СРЕДНЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ/НИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

В статье рассматривается два способа расчета проводов низкого напряжения для присоединения квартир в жилых домах. Основную проблему представляет какие расчетную величину нагрузки по квартдре и расчетный коэффициент одновременности необходимо принять. Также обсуждается уровень для выбора коэффициента одновременности, т. е. для уровня трансформации среднее напряжение/низкое напряжение или высокое напряжение/среднее напряжение.

Naslov pisca:

**Branislav Nikolić, ing. el. i dipl. ecc.
R. O. »Plan« Kraljevo**

Uredništvo primilo rukopis
19. 1. 1982.

Energija God 31 (1982) br. 3—4, 117—131

TEMELJNA OBILJEŽJA SISTEMA FINANCIRANJA PROŠIRENE REPRODUKCIJE U ELEKTROPRIVREDI HRVATSKE U PLANSKOM RAZDOBLJU 1976—1980. GODINE

(I DIO — Problemi volumena, dinamike i strukture financijskih sredstava)

Jure Šimović, Zagreb

UDK 621.31.003
PRETHODNO SAOPCENJE

Nedostaci u sistemu financiranja proširene reprodukcije na kojem se temeljio razvoj elektroprivrede poslije privredne reforme iz 1965. godine sve su više dovodili do spoznaje da tehnoekonomske, infrastrukturne i monopolne karakteristike elektroprivrede, te njena uloga i značenje u općem privrednom razvoju nalažu potrebu da se razvoj elektroprivrede treba temeljiti na privrednim mjerama koje će u sklopu općih privrednih mjera biti prilagođene na ovu privrednu granu.

Promjene u sistemu financiranja razvoja elektroprivrede do kojih je došlo u SR Hrvatskoj krajem planskog razdoblja 1971—1975. godine i čiji je puni sadržaj došao do izražaja tek u planskom razdoblju 1976—1980. godine upravo su odraz tih spoznaja.

Uz isticanje pozitivnih riješenja, u cijelom radu prisutan je i kritički osvrt, te su na kraju dani i prijedlozi za izmjenama i dopunama koji bi trebali pridonijeti poboljšanju postojećeg sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske.

Ključne riječi: elektroprivreda Hrvatske, proširena reprodukcija, sistem financiranja, plan.

1. UVOD

Problemi financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi nastaju uvijek nanovo, jer treba stalno zadovoljavati povećane potrebe za električnom energijom, bilo zbog općeg prinudnog rasta, bilo zbog sve šire primjene električne energije u svakodnevnom životu.

Upravo zbog te činjenice i zbog tehničke naravi elektroprivrednih proizvodnih odnosa koji zahtijevaju velika ulaganja s relativno sporim opticajem, što govori o velikom intenzitetu i težini investicionih sredstava koje angažira elektroprivreda na svoj razvoj, pitanje financiranja razvoja elektroprivrede permanentno je temeljni problem ove privredne grane.

Pojam intenziteta investicionih sredstava označava se činjenicom da su investicije u osnovna sredstva u proizvodnom procesu elektroprivrede jače zastupljena od ostalih faktora proizvodnje nego što je to slučaj u ostalim primarnim granama, dok se težina investicijkih sredstava ogleda kroz relativno spor opticaj.

S druge strane, potrebne investicije za proširenje elektroenergetskih kapaciteta, proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije jesu objektivno dana veličina, na koju sama elektroprivreda ne može bitnije utjecati. Investicije elektroprivrede posljedica su stalnog proširenja primjene električne energije, koji je uzrožno vezan s razvojem industrije, ostale privrede, standardom stanovništva, te ostalih društvenih aktivnosti.

Unatoč tome što je značenje razvoja elektroprivrede na ukupni društveno-ekonomski razvoj izuzetno veliko, problematici razvoja elektroprivrede, a posebno problematici financiranja tog razvoja nije se u istraživanjima kod nas posvećivala odgovarajuća pažnja.

Posebno se poslije privredne reforme iz 1965. godine na probleme financiranja razvoja elektroprivrede gledalo suviše pojednostavljeno. Gledano iz današnje perspektive, slobodno se može reći da su privredne mjere na kojima se temeljio razvoj elektroprivrede poslije 1965. godine precijenile mogućnosti djelovanja tržišta u razvoju ove privredne grane i da su se nedovoljno uvažavale njezine tehničko-tehnološke, infrastrukturne i monopolne karakteristike. Ako se tome doda da se naš privredni razvoj u proteklim godinama odvijao u uvjetima izražene inflacije, financijske nestabilnosti, nenormalne zaduženosti i povremene nelikvidnosti, naglašeni problemi financiranja razvoja elektroprivrede što su nastojali u proteklom razdoblju postaju razumljiviji.

2. KARAKTERISTIKE SISTEMA FINANCIRANJA PROŠIRENE REPRODUKCIJE U ELEKTROPRIVREDI HRVATSKE U RAZDOBLJU OD 1965. DO 1975. GODINE

Ovo razdoblje financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi počinje mjerama privredne re-

Tabela 1.

Planirana i ostvarena financijska sredstva za izgradnju elektroenergetskih proizvodno-prijenosnih objekata u razdoblju od 1971. do 1975. godine

u mln dinara

Izvori sredstava	Plan 1. 1. 71. do 31. 12. 1974.	Ostvarenje do 30. 6. 1974.	Indeks	Struktura
1. vlastita sredstva	546,0	436,8	80	17,3
2. sredstva doprinosa	372,4	284,6	76	11,3
3. sredstva naknada	195,4	55,3	28	2,2
4. sredstva 4 i 10% oročavanja	677,9	676,5	100	26,8
5. sredstva Fonda	495,0	384,1	78	15,2
6. sredstva poštanske štedionice	115,0	76,1	66	3,0
7. sredstva odgode po otplatama 2 i 2,5%	99,4	16,9	17	0,7
8. učešće PBZ za sred. Fonda	99,0	63,5	64	2,5
9. sredstva domaćih banaka	206,5	208,5	101	8,3
10. sredstva Republike	44,0	44,0	100	1,7
11. sredstva 30% depozita	196,6	196,6	100	7,7
12. sredstva grada Zagreba za top. djel.	20,0	—	—	—
13. sredstva banaka — posebni SAS	200,0	—	—	—
14. sredstva TLM — Šibenik	60,0	28,0	47	1,1
15. sredstva inozemnog zajma Republike	415,0	—	—	—
16. sredstva inozemnih banaka	885,9	0,7	—	—
17. razna kratkoročna sredstva	6,0	57,2	953	2,3
UKUPNO	4 631,1	2 525,8	55	100

forme i donošenjem Osnovnog zakona o elektroprivredi 1965. godine.[1]

U ovom razdoblju dolazi do krupnih promjena u samom pristupu problemima financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi. Elektroprivreda je dobila tretman privredne djelatnosti i stavljena je u tržišne uvjete poslovanja sa zadatkom da se uklopi u društveno-ekonomski sistem. Shodno tome ukidaju e društveno-investicioni fondovi namijenjeni za financiranje proširene reprodukcije u elektroprivredi, a u skladu s principima privredne reforme elektroprivredne organizacije postaju osnovni nosioci investicione aktivnosti u elektroprivredi.

Svakako da tako nagli zaokret u samom pristupu sistemu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi nije mogao biti uveden odmah, pa se već i u Osnovnom zakonu o elektroprivredi računalo s prijelaznim razdobljem. To prijelazno razdoblje trebalo je trajati do 1970. godine, odnosno do realizacije srednjoročnog plana razvoja elektroprivrede od 1966. do 1970. godine.

Međutim, pri tome treba napomenuti da sve do donošenja novog Ustava Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije iz 1974. godine, te Zakona o udruženom radu iz 1975. godine, elektroprivreda nije imala razrađen sistem financiranja proširene reprodukcije. U cijelom razdoblju od 1965. do 1975. godine sistem financiranja razvoja elektroprivrede odvijao se na nizu privremenih i palijativnih rješenja. Problem osiguranja dovoljnih financijskih sredstava koji je zahtijevao razvoj elektroprivrede predstavljao je permanentno temeljni problem. Svakako da su posljedice neriješenog sistema financiranja proširene reprodukcije dovele do zaostajanja razvoja ove privredne grane, što se najbolje osjetilo u općoj nestašici električne energije potkraj 1973. i u 1974. godini.

Da bi se dobila slika o osnovnim nedostacima sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u razdoblju od 1965. do 1975. godine, najbolje se poslužiti podacima o potrebnim planiranim financijskim sredstvima i njihovu ostvarenju u razdoblju od 1970. do 1975. godine.

Podaci navedeni u tabeli 1. upućuju na zaključak da su u sistemu financiranja razvoja elektroprivrede u razdoblju 1971. do 1975. godine naročito došlo do izražaja dvije neadekvatnosti tog sistema, od kojih se jedna iskazivala u neadekvatnom volumenu priliva, a druga u neadekvatnoj strukturi prikupljenih sredstava.[2] Za ovo razdoblje je ka-

[1] »Službeni list SFRJ« broj 17/1965.

[2] Vidi: Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske: »Informacija o stanju u elektroprivredi SR Hrvatske«, Zagreb, 1974.

rakteristično da se putem politike niskih cijena električne energije provodila određena socijalna politika, a da istovremeno sredstva za razvoj elektroprivrede nisu bila osigurana iz drugih izvora. Uočeni nedostaci sistema financiranja izgradnje elektroprivrednih proizvodno-prijenosnih objekata susreću se i u financiranju elektroprivrednih distributivnih objekata. Međutim, ovdje treba naglasiti da se je sve do 1975. godine financiranje distributivnih objekata odvijalo odvojeno i s posebnim instrumentarijem.

Priliv sredstava za financiranje planiranog razvoja elektrodistributivnih organizacija SR Hrvatske u razdoblju 1970—1975. godine iznosio je:[3]

Tabela 2.

Planirana i ostvarena financijska sredstva za izgradnju elektrodistributivnih objekata u SR Hrvatskoj u razdoblju 1917—1957. godine

u mln dinara

Godina	Planirana sredstva	Ostvarena sredstva	Postotak ostvarenja plan = 100
1971.	676	274	40,4%
1972.	746	351	47,0%
1973.	972	415	43,0%
1974.	1 208	588	49,0%
1975.	1 430	864	59,0%
1971—1975.	5 032	2 471	49,1%

U promatranom razdoblju od 1971. do 1975. godine najveće zaostajanje u prilivu sredstava u odnosu na plan (bilo u apsolutnom, bilo u relativnom smislu) ostvareno je kod ovih izvora:

— vlastitih sredstava
— sredstava s naslova naknada
— sredstava doprinosa, te
— kreditnih sredstava domaćih i inozemnih banaka, te sredstava poštanske štedionice.

Udio vlastitih sredstava elektroprivrede u financiranju proširene reprodukcije nije ostvaren u onom obujmu kojim se računalo u planu iz ovih razloga:

— 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, dok je povećanje cijena električne energije kojima bi se pokrili povećani troškovi nastupalo u pravilu s određenim zakašnjenjem
— zbog revalorizacije osnovnih sredstava
— zbog novih fiskalnih obaveza povećano je izdvajanje za te namjene, bilo da se radilo o općim ili zajedničkim potrebama
— zbog neadekvatne interne raspodjele dohotka u elektroprivrednim organizacijama udruženog rada
— zbog otežanih uvjeta kreditiranja permanentno je smanjivan slobodni dio sredstava amortizacije
— zbog otežanih uvjeta kreditiranja naglo su rasla izdvajanja za ostale namjene, posebno obveze po kmatama na kredite.

Takvo kretanje osnovnih elemenata ukupnog prihoda i ovakvo kretanje u strukturi raspodjele dohotka nužno je dovelo do pada akumulativne i reproduktivne sposobnosti elektroprivrednih organizacija udruženog rada.

Priliv sredstava s naslova naknada nije ostvaren prije svega zato što je Zakon o najvišim iznosima naknada za priključenje odnosno za povećanje priključene snage trošila električne energije donesen s izvjesnim zakašnjenjem, odnosno tek u 1973. godini[4], te što se po odredbama toga zakona nije moglo pristupiti naplaćivanju sredstava naknada kod onih potrošača kojima su bile izdane energetske suglasnosti, iako još nisu u građevinskom smislu bile izvedene.

Priliv sredstava s naslova bankovnih sredstava nije ostvaren prije svega zato što su u uvjetima kad je potražnja za kreditima mnogo veća od ponude banke težile da svoja kreditna sredstva plasiraju sa što kraćim rokom otplate i što većom kamatnom stopom. Time su banke automatski dale prednost u kreditiranju onim investicijama u privredi koje u kraćem vremenu mogu osloboditi ta kreditna sredstva, što svakako nije slučaj s investicijama u elektroprivredi.

Podaci o ostvarenim izvorima financijskih sredstava u razdoblju 1971. do 1975. godine u elektroprivredi Hrvatske govore u prilog činjenici da je sistem financiranja proširene reprodukcije, na kojem se temeljio razvoj elektroprivrede, precijenio ulogu djelovanja tržišta u razvoju ove privredne grane, dok je istovremeno potcijenio specifičnosti elektroprivrede kao privredne grane, njene tehno-ekonomske i infrastrukturne karakteristike, te njenu ulogu i značenje u ukupnom društveno-ekonomskom razvoju. Zapravo, Osnovni zakon o elektroprivredi iz 1965. godine, kojim su uvedene nove privredne mjere i novi odnosi u elektroprivredi, u nastojanju da što radikalnije razriješi stare i uspostavi nove odnose, suviše je pojednostavio probleme elektroprivrede, posebno ako se gleda s njena razvojnog aspekta. Postavka s kojom se računalo, a ta je da će bankarsko tržište, koje je bilo tek u formiranju, biti u stanju osigurati, osim vlastitih sredstava elektroprivrede, dovoljno kre-

[3] Vidi: Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SRH: »Informacija o stanju u elektroprivredi Hrvatske«, Zagreb, 1974, strana 124. i 125. i »Rebalans plana izgradnje elektroenergetskih objekata u SR Hrvatskoj«, Zagreb, 1973, strana 53. Podaci za 1975. godinu prema Izvještaju o ostvarenju investicija u 1975. godini.

[4] »Narodne novine« 13/1973.

ditnih sredstava koje će osigurati normalan razvoj elektroprivrede bila je, gledano iz sadašnje perspektive, više iluzija nego realna pretpostavka.

»Upravo zbog toga, najveće zaostajanje od postavki Srednjoročnog plana odnosi se na ulaganje u energetiku. Do toga je došlo zbog usporenog završavanja kapaciteta čija je izgradnja započeta u prethodnom periodu, a istovremeno nije započeta izgradnja novih kapaciteta krajem prethodnog, odnosno na početku novog perioda. Da sada poduzete mjere na nivou Federacije i socijalističkih republika, za koncentraciju potrebnih sredstava za investicije, nisu bile dovoljne da osiguraju povećanje učešća investicija elektroprivrede u ukupnim investicijama industrije. Osim toga, dinamičko zaključivanje inozemnih zajmova za izgradnju novih kapaciteta za proizvodnju i prijenos elektroenergije kasni, što istovremeno ima utjecaja na utvrđivanje definitivne konstrukcije financiranja pojedinih objekata. Ovakvo stanje investicija na sektoru elektroprivrede dovest će do toga da u 1974—1975. godini neće biti ostvarena predviđena dinamika proizvodnje, a isto tako ugrožen je i kontinuitet proizvodnje poslije 1975. godine«.[5]

Svi uočeni nedostaci koji se odnose na razvoj elektroprivrede u razdoblju poslije privredne reforme iz 1965, pa sve do 1975. godine, dovodili su do spoznaje da tehno-ekonomske, monopolne i infrastrukturne značajke elektroprivrede, te njena uloga i značenje u općem privrednom razvoju nalažu potrebu da se razvoj elektroprivrede treba temeljiti na privrednim mjerama, koje će u sklopu općih privrednih mjera biti prilagođene za ovu privrednu granu, te kroz sinhrono i zajedničko djelovanje, a i zajedničko snošenje odgovornosti samih elektroprivrednih organizacija, potrošača električne energije i društveno-političkih zajednica.

Promjene u financiranju razvoja elektroprivrede do kojih je došlo u SR Hrvatskoj potkraj planskog razdoblja 1971. do 1975. godine i čiji će puni sadržaj doći do izražaja tek u planskom razdoblju od 1976. do 1980. godine upravo su odraz takvih spoznaja.

3. ANALIZA SISTEMA FINANCIRANJA PROŠIRENE REPRODUKCIJE U ELEKTROPRIVREDI HRVATSKE U RAZDOBLJU 1976—1980. GODINE

3.1. Analiza volumena i dinamike financijskih sredstava

Pitanje osiguranja određenog volumena i dinamike sredstava za financiranje razvoja elektroprivrede često je bio predmet nesporazuma elektroprivrede s društveno-političkim zajednicama i potrošačima električne energije. Uz činjenicu da razvoj elektroprivrede zahtijeva stalno znatna financijska sredstva, koja pretežnim svojim dijelom imaju vrlo spori obrtaj, čini ovaj problem još izrazitijim.

Problem volumena financijskih sredstava što ga zahtijeva razvoj elektroprivrede nije u našim uvjetima temeljito i sa svih strana sagledavan. Zapravo, volumen financijskih sredstava što ih zahtijeva razvoj elektroprivrede ovisi o ovim trima bitnim faktorima:

— stopi rasta potrošnje električne energije
— porastu specifičnih investicija po jedinici kapaciteta
— stopi rasta cijena elemenata reprodukcije — inflacije.

U razmatranju problema volumena financijskih sredstava što ga zahtijeva razvoj elektroprivrede kod nas se do sada obično računalo s faktorom porasta potrošnje električne energije. Svakako da stalni rast potrošnje električne energije zahtijeva i stalni rast ulaganja u elektroenergetska postrojenja, ali ni druga dva faktora nisu ništa manje značajna.

Dugi vijek izgradnje elektroenergetskih objekata koji kod hidroelektrana i termoelektrana iznosi i više od 5 godina, kao i činjenica da su investicije elektroprivrede posljedica planiranog privrednog rasta na duži rok, investicije u izgradnju elektroenergetskih objekata su u pravilu aciklične. Te investicije traže stalan i ravnomjeran porast, bez obzira na kratkoročne privredne cikluse konjukture i recesije. Zapravo, i u jednom i u drugom slučaju ove investicije trebale bi djelovati stabilizirajuće na ukupna privredna kretanja. U uvjetima recesije investicije elektroprivrede postaju razmjerno veće, pa na taj način djeluju oživljavajuće na privredna kretanja, dok u fazama konjukture elektroprivreda treba da realizira relativno niže stope investicija, što bi opet trebalo djelovati stabilizirajuće na opće privredna kretanja.

Podaci tabele 3. upućuju na zaključak da je u proteklom planskom razdoblju od 1976. do 1980. godine problem volumena i dinamike financijskih sredstava znatno adekvatnije riješen nego u cijelom razdoblju od 1965. do 1975. godine.

Čak bi se moglo reći da je ostvareni priliv financijskih sredstava u tom razdoblju omogućavao veća ulaganja u izgradnju elektroenergetskih objekata od postignutih rezultata u tom razdoblju.

Ako se dovedu u vezu utrošena sredstva s ostvarenim prilivom, vidljivo je da su iz godine u godinu ostvarena sredstva znatno premašivala utrošena sredstva, što po godinama planskog razdoblja iznosi:

Neutrošena sredstva namijenjena za financiranje razvoja elektroprivrede predstavljala su, prema navedenim podacima, u svim godinama proteklog

[5] Vidi: Savezni zavod za društveno planiranje: »Razvoj energetskih, sirovinskih, poljoprivrednih i šumarskih djelatnosti u periodu 1971—1975. godine sa predlogom mera«, Beograd, mart 1975, strana 6. i 7.

Tabela 3.

Pregled planiranih, ostvarenih i utrošenih financijskih sredstava za financiranje razvoja elektroprivrede Hrvatske u planskom razdoblju 1976—1980. g.

U tisućama dinara

Godina	Planirana sredstva	Ostvarena sredstva	Utrošena sredstva
1976.	8 014 584	6 346 715	5 702 869
1977.	6 573 907	6 966 004	5 521 018
1978.	7 360 083	7 827 004	6 408 123
1979.	9 128 706	8 956 917	7 667 748
1980.	11 285 086	11 117 158	10 028 025
Ukupno 1976—1980.	42 362 366	41 213 798	35 327 783
	Postotak ostvarenih i utrošenih sredstava u odnosu na plan = 100		
1976.	100	79,2	71,2
1977.	100	106,0	84,0
1978.	100	106,3	87,1
1979.	100	98,1	84,0
1980.	100	98,5	88,9
Ukupno 1976—1980.	100	97,3	83,4

Tabela 4.

Iznos neutrošenih finacijskih sredstava namjenjenih za financiranje razvoja elektroprivrede u razdoblju 1976. do 1980. godine

U tisućama dinara

Godina	Iznos neutrošenih sredstava
1976.	643 846
1977.	1 444 986
1978.	1 418 881
1979.	1 289 169
1980.	1 089 133

srednjoročnog plana znatne iznose. Ona su u godinama 1977, 1978, 1979. i 1980. iznosila od 1 000 do 1 500 milijuna dinara. To nedvojbeno pokazuje da u proteklom planskom razdoblju nije bilo razloga da izgradnja elektroenergetskih objekata kasni zbog nedostataka financijskih sredstava. Ako je do toga u praksi i dolazilo, onda razloge za to treba tražiti u subjektivnim slabostima u poslovanju elektroprivrednih organizacija. Na to zakašnjenje utjecalo je to što prethodno nisu bili obavljeni temeljiti studijski, istražni i pripremni radovi za početak izgradnje, kao i sva potrebna investicijsko-tehnička i projektna dokumentacija, ali i neadekvatno udruživanje i koncentracija tih sredstava unutar same elektroprivrede. Takav zaključak svakako nameće i činjenica da su se kod zatvaranja konstrukcije financiranja pojedinih objekata koristila i kratkoročna bankarka i druga kreditna sredstva u većem iznosu nego je to planom bilo predviđeno, dok je istovremeno elektroprivreda kao cjelina iz godine u godinu raspolagala znatnim iznosima neutrošenih financijskih sredstava. Analitički podaci o planu, prilivu i utrošku financijskih sredstava iz programa razvoja elektroprivrede iz programa razvoja elektroprivrede Hrvatske za razdoblje 1976—1980. godine koji su dani u tabeli 3. nedvojbeno na to upućuju.

Razlog za ovakvo stanje treba prije svega tražiti u činjenici što elektroprivredne organizacije nisu udružile raspoloživa sredstva radi financiranja zajedničkog programa razvoja, pretpostavljajući interese elektroprivrednog sistema užim, područnim interesima elektroprivrednih organizacija, a time i interesima regionalnih i lokalnih društveno-političkih zajednica. Iako su elektroprivredne proizvodno-prijenosne organizacije donosile zajednički plan izgradnje proizvodno-prijenosnih objekata i postrojenja, on se u svojoj realizaciji nije pojavljivao kao zajednički (jedinstven), nego se njegova realizacija de fakto odvijala kroz četiri regionalne proizvodno-prijenosne organizacije, pri čemu je svaka organizacija nastojala staviti u prvi plan i osigurati sredstva za onaj dio zajedničkog plana koji se realizira na njezinu području, zanemarujući ili ne sagledavajući u dovoljnoj mjeri nužnost sinhronog i zajedničkog razrješavanja ovog problema. Upravo zbog tih činjenica čini se da nisu realizirane osnovne odredbe o nužnosti udruživanja sredstava za financiranje razvoja elektroprivrede o kojima govori i Samoupravni sporazum o uređivanju međusobnih odnosa Samoupravne interesne zajednice potrošača električne energije (RSIZ-a) i Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske, kao i odredbe člana 27. Zakona o elektroprivredi.

Odredbom Čl. 99. Samoupravnog sporazuma o uređvanju međusobnih odnosa između RSIZ-a i ZEOH-a predviđeno je da se sva sredstva za financiranje elektroprivrednih objekata i postrojenja udružuje i koriste za zajedničko financiranje, i to:

— posebno sredstva elektroprivrednih organizacija i samoupravnih interesnih zajednica namijenjena za financiranje izgradnje objekata i postrojenja proizvodnje i prijenosa utvrđenih u zajedničkim programima razvoja odnosno planovima izgradnje

— posebno sredstva elektroprivrednih organizacija i samoupravnih interesnih zajednica koja su namijenjena za financiranje izgradnje objekata i postrojenja distribucije utvrđenih u programima razvoja odnosno planovima izgradnje elektroprivrednih organizacija koje se bave distribucijom električne energije, a u skladu s globalnim programima razvoja te djelatnosti.

Prema daljnjim odredbama istog člana ovo udruživanje sredstava za izgradnju proizvodno-prijenosnih objekata trebalo je provesti u okvirima SR Hrvatske u cjelini, a udruživanje sredstava za izgradnju distributivnih objekata na području na kojem djeluje elektroprivredna organizacija koja se bavi distribucijom električne energije u skladu sa sporazumom što ga zaključi ta organizacija i samoupravna interesna zajednica potrošača električne energije koja djeluje na tom području.

Do sklapanja ugovora o udruživanju sredstava između elektrodistributivnih organizacija i samoupravnih interesnih zajednica potrošača električne energije dolazilo je bez većih teškoća jer su se interesi same distributivne organizacije, OSIZ-a potrošača s interesima dotične društveno-političke zajednice (općine, zajednice općina) podudarali. S druge strane, samim činom udruživanja ovih sredstava zadržale su organizacije udruženog rada distribucije i ingerencije (bar u velikoj mjeri) na raspolaganje ovim sredstvima.

Udruživanje sredstava namijenjenih izgradnji proizvodno-prijenosnih objekata i postrojenja trebalo je dovesti do značajnijih i bitnih promjena. Obvezno udruživanje ovih sredstava zajedničkog plana proizvodno-prijenosnih objekata dovodilo je u sukob to udruživanje i s interesima elektroprivrednih proizvodno-prijenosnih radnih organizacija koje su se pojavljivale i kao investitori za ove objekte na svojem području, kao i s interesima društveno-političkih zajednica (regija) na kojima djeluju. Vodeći računa o naprijed iznijetim različitim interesima, udruživanje sredstava namijenjenih za financiranje izgradnje proizvodno-prijenosnih objekata moguće je provesti za područje cijele republike, ali poštujući pri tome ove polazne principe:

(1) Udruživanje sredstava za financiranje izgradnje proizvodno-prijenosnih objekata treba provesti tako da se pored žiro-računa udruženih sredstava koji se nalaze na nivou republike otvore i uspostave žiro-računi udruženih sredstava u osnovnim bankama svake proizvodno-prijenosne osnovne organizacije udruženog rada

(2) Raspolagati udruženim sredstvima radi financiranja izgradnje proizvodno-prijenosnih objekata potrebno je s jednog mjesta, što bi obavljala za to posebno formirana služba

(3) Za obavljanje poslova raspolaganja ovim sredstvima i njihovo korištenje potrebno je osnovati posebnu organizaciju — internu banku

(4) Raspolaganje i disponiranje udruženim sredtvima trebalo bi se provoditi na načelu da postotak utroška udruženih sredstava na glavnom žiro-računima u ispostavama bude uvijek na istom nivou, poštujući pri tome redosljed i dinamiku koja je utvrđena zajedničkim planom izgradnje. Ovo načelo bi trebalo ugraditi u samoupravni sporazum koji će u tu svrhu trebati donijeti

(5) Na žiro-računima udruženih sredstava koji bi se nalazili u osnovnim bankama proizvodno-prijenosnih osnovnih organizacija trebala bi se udruživati vlastita sredstva elektroprivrednih proizvodno-prijenosnih organizacija (slobodni dio amortizacije, sredstva naknada, te sredstva dohotka izdvojena u postovni fond po zaključnom računu) i udružena sredstva potrošača električne energije tog područja

(6) Organizacije udruženog rada koje se bave distribucijom električne energije i osnovne samoupravne interesne zajednice potrošača električne energije posebno bi udrživale sredstva namijenjena financiranju izgradnje objekata i postrojenja distribucije, utvrđenih u zajednički donesenom programu razvoja.

U vezi s problemima volumena i dinamike financijskih sredstava, zbog činjenice da električna energija zadire u sve pore privrednog, društvenog i socijalnog života, danas se kroz razvoj elektroprivrede, a posebno kroz sistem financiranja njezine proširene reprodukcije, prelamaju tri, moglo bi se reći, u nekim elementima suprotna interesa:

(1) elektroprivredni, (2) socijalno-politički i (3) narodno-privredni interes.

Ako bismo narodno-privredni interes definirali kao interes koji nastoji da se ostvari potreban — planirani razvoj elektroprivrede, ali na način i s instrumentima koji najbolje odgovaraju interesima privrede, odnosno potrošača električne energije i ostalih društvenih činilaca u određenom prostoru i vremenu, onda se svakako mora reći da je ovaj interes bio u najvećoj mjeri zastupljen u sitemu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi SR Hrvatske u proteklom planskom razdoblju. Sistem financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u proteklom planskom razdoblju uključivao je, bar sa stajališta volumena i dinamike sredstava, i elektroprivredni i socijlno-politički interes, ali samo u onoj mjeri koliko su to dopuštali narodno-privredni interesi.

3.2. Analiza strukture financijskih sredstava po pojedinim izvorima

Tek onda kada je definiran program razvoja elektroprivrede za određeno razdoblje i kada je definiran volumen i dinamika financijskih sredstava potrebnih za njegovu realizaciju, može se govoriti putem kojih izvora, odnosno putem kojih instrumenata će se prikupljati sredstva za njegovu realizaciju.

Zapravo, pri tome se kao osnovno postavlja pitanje koliki je dio troškova razvoja elektroenergetskog sistema potrebno uključiti u cijenu električne energije, odnosno s kolikim bi stupnjem samofinanciranja trebala sudjelovati elektroprivreda u financiranju svoje proširene reprodukcije, a koliki bi udio u tome trebali imati eksterni izvori.

Svakako se mora reći da je osnovni preduvjet za brži razvoj sistema planiranja, a i sistema financiranja proširene reprodukcije na samoupravnim osnovama u mijenjanju postojećih odnosa u sistemu financiranja proširene reprodukcije. U proteklom se razdoblju osnovna karakteristika sistema financiranja proširene reprodukcije organizacija udruženog rada sastojala u njihovu vrlo niskom učešću u financiranju proširene reprodukcije.

U našim društveno-ekonmskim odnosima institucija samofinanciranja mora dobiti značajnije mjesto u financiranju proširene reprodukcije, ali ona nije, niti može biti dovoljna da se isključivo putem nje financira proširena reprodukcija privrede.

Kod nas se često puta govori da samofinanciranje mora postati »dominantan« oblik financiranja proširene reprodukcije, a da se pri tome ne govori određenije u kojem postotku bi otprilike trebalo iznositi vlastito učešće privrednih organizacija i drugo, da li se dominantan utjecaj samofinanciranja postiže kod svih djelatnosti i industrijskih grana u onom momentu kad se postigne otprilike i isti stupanj samofinanciranja.

Svakako da se tehno-ekonomske i druge karakteristike pojedinih privrednih grana, te njihovo značenje za ukupan privredni razvoj moraju uzeti u obzir kada se govori o stupnju samofinanciranja. To znači da se može govoriti o samofinanciranju kao o dominantnom obliku financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi kod jednog određenog postotka učešća elektroprivrede u financiranju svog razvoja, dok za neke druge privredne grane taj postotak može biti sasvim drukčiji. Kod privrednih grana s monopolnim i infrastrukturnim obilježjima, kakav je upravo slučaj s elektroprivredom, samofinanciranje treba biti manje zastupljeno u financiranju proširene reprodukcije. Prenaglašavanje uloge samofinanciranja u infrastrukturi prijeti da neće postojati dovoljan pritisak naefikasnost njezina rada i razvoja, ali isto tako da će ona troškove svog razvoja prebacivati na potrošače podizanjem cijena, te time nepovoljno utjecati na konkurentnost privrede i razinu životnog standarda.

Pridržavajući se polaznih postavki samoupravnog planiranja i vodeći brigu o navedenim karakteristikama elektroprivrede (tehno-ekonomske, monopolne, infrastrukturne, upotrebne, privredne) i različitosti društvenih interesa koji se nastoje reproducirati kroz razvoj elektroprivrede, srednjoročnim planom razvoja elektroprivrede SR Hrvatske za razdoblje 1975. do 1980. predviđeno je da se program financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi trebao temeljiti na kombinaciji ovih izvora:

(1) — vlastitim sredstvima elektroprivrednih organizacija;

(2) — sredstvima naknada potrošača električne energije;

(3) — udruženim sredstvima društvene reprodukcije putem samoupravnog sporazumijevanja i društvenog dogovaranja;

(4) — sredstvima doprinosa (1, 3 i 23 pare/kWh)

(5) — bankarskim kreditnim sredstvima

(6) — ostalim iznosima.

Tabela 5.

Ostvarena struktura utrošenih finacijskih sredstava za izgradnju elektroenergetskih objekata u SR Hrvatskoj u razdoblju 1976—1980. godine

u 10^6 dinara

R.b. OPIS	Djelatnost proizvodnje i prijenosa	Djelatnost distribucije	Ukupno
1. vlastita sredstva	1 748	3 969	5 717
2. sredstva naknada	1 175	2 523	3 698
3. sredstva doprinosa	2 402	799	3 201
4. ostali bespovratni izvori	—	76	76
5. udružena sredstva	14 248	1 079	15 327
6. inozemni krediti	5 738	—	5 738
7. krediti domaćih banaka	723	122	845
8. ostala kreditna sredstva	726	—	726
UKUPNO	26 760	8 568	35 328
	struktura u postocima		
1. vlastita sredstva	6,5	46,5	16,2
2. sredstva naknada	4,4	29,5	10,5
3. sredstva doprinosa	9,0	9,3	9,1
4. ostali bespovratni izvori	—	0,9	0,2
5. udružena sredstva	53,3	12,6	43,4
6. inozemni krediti	21,4	—	16,2
7. krediti domaćih banaka	2,7	1,4	2,4
8. bespovratna kreditna sredstva	2,7	—	2,0
UKUPNO	100	100	100

Ostvarena struktura izvora financijskih sredstava, koja je dana u tabeli 5, svakako zahtijeva kraći osvrt na svaki izvor, kako s obzirom na njegovo učešće u ukupnoj strukturi izvora, tako i s obzirom na njihov raspored po pojedinim djelatnostima. Ovo je potrebno zbog činjenice što je raspored pojedinih izvora unutar elektroprivrede na pojedine djelatnosti vrlo različit, što je utjecalo i

na strukturu i na veličinu cijene električne energije pojedinih djelatnosti.

3.2.2. *Vlastita sredstva elektroprivrednih organizacija*

Vlastita sredstva s kojima elektroprivredne organizacije sudjeluju u financiranju svoje proširene reprodukcije sastoje se od slobodnog dijela amortizacije, te izdvajanja iz dohotka u poslovni fond.

Veličina slobodnog dijela amortizacije koji se može upotrijebiti za financiranje proširene reprodukcije u prvom redu ovisi o zaduženosti elektroprivrede, odnosno o obvezama elektroprivrede po investicionim kreditima. Budući da podaci o zadužnosti elektroprivrednih organizacija pokazuju da se sredstvima obračunate amortizacije mogu pokriti potrebe za zamjenom već dotrajalih osnovnih sredstava, prispjele obveze po investicionim kreditima i samo manji dio obračunate amortizacije ostaje za financiranje proširene reprodukcije, to će i stupanj samofinanciranja u elektroprivredi u prvom redu zavisiti od veličine izdvajanja u poslovni fond, odnosno od politike cijena električne energije.

Kada se govori o politici cijena električne energije, onda zapravo ne bi trebalo biti dileme, niti unutar, niti izvan elektroprivrede, da nivo cijena električne energije mora biti bar toliki da u svako vrijeme osigura pokriće troškova jednostavne reprodukcije elektroprivrednog sistema. Dileme oko politike i nivoa cijena električne energije nastaju zapravo onog momenta kad se počne govoriti o dijelu cijene električne energije koja služi za pokriće dijela troškova proširene reprodukcije.

Dok je prvi dio cijene električne energije više dana veličina, zavisna od strukture elektroenergetskog sitema i strukture potrošnje električne energije, drugi dio cijene električne energije zavisi najviše od instrumenata putem kojih će se prikupljati sredstva za financiranje budućeg razvoja elektroprivrede. Time se drugi dio cijene električne energije dovodi u direktnu vezu s programom budućeg razvoja elektroprivrede i sistemom budućeg financiranja proširene reprodukcije.

Stupanj samofinanciranja elektroprivrede zavisi od više faktora. Neki od njih zahtijevaju da stupanj samofinanciranja elektroprivrede bude što manji, a drugi djeluju u pravcu njegova povećanja. Budući da intenzitet tih faktora može biti različit u određenom prostoru i vremenu, to će i stupanj samofinanciranja elektroprivrede biti različit. Kao najvažniji faktori od kojih zavisi stupanj samofinanciranja elektroprivrede svakako su:

- akumulativna sposobnost privrede, te njena konkurentna sposobnost
- politika životnog standarda
- tehno-ekonomske, monopolne i infrastrukturne karakteristike elektroprivrede
- samoupravni društveno-ekonomski odnosi
- mogućnost pribavljanja sredstava za razvoj elektroprivrede iz drugih izvora.

Međutim, odmah treba naglasiti da prodajne cijene električne energije u elektroprivredi Hrvatske u proteklom planskom razdoblju od 1976. do 1980. godine nisu osigurale ni prihode koji bi pokrivali troškove jednostavne reprodukcije.

Tabela 6.

Ostvareni gubitak u poslovanju elektroprivrednih organizacija u razdoblju 1976—1980. godine prema podacima zaključnih računa[6]

U tisućama dinara

Godina	Gubitak na osnovnoj djelatnosti	Ostatak dohotka na sporednim djelatnostima	Iskazani gubitak u bilanci uspjeha (2—3)
1	2	3	4
1976.	408 564	194 182	214 382
1977.	133 904	133 904	—
1978.	267 791	164 192	103 599
1979.	993 591	302 810	690 781
1980.	458 613	442 670	15 943
1976—1980.	2 262 463	1 237 758	1 024 705

Već smo rekli da prihodi od prodaje električne energije nisu osiguravali ni pokriće troškova jednostavne reprodukcije. Posljedica je da se poslovanje u elektroprivredi odvijalo s nizom poteškoća i da su se vlastita sredstva elektroprivrednih organizacija u financiranju proširene reprodukcije zasnivala na slobodnim sredstvima amortizacije. Budući da je zaduženost elektroprivrednih organizacija promatrana po pojedinim djelatnostima rezultat prijašnjeg sistema financiranja koji je bio različit za pojedine djelatnosti, to je i ostvareni stupanj samofinanciranja kod djelatnosti distribucije električne energije relativno visok (46,3%), a kod djelatnosti proizvodnje i prijenosa on je iznosio samo 6,5%.

Svakako treba konstatirati da su elektroprivredne organizacije Hrvatske u proteklom planskom razdoblju od 1976. do 1980. godine ostvarile relativno nizak stupanj samofinanciranja koji je iznosio samo 16,2%, o čemu će biti više riječi kada se bude govorilo o stanju izvora osnovnih sredstava elektroprovrednih organizacija. Analiza bilance stanja izvora osnovnih sredstva svakako mora pružiti odgovor na pitanje koji su to sve faktori utjecali na preveliku zaduženost, prije svega elektroprivrednih proizvodno-prijenosnih organizacija udruženog rada. No, ovom prilikom treba upozoriti na još jednu defektnost rasporeda izvora financijskih sredstava

[6] Podaci o iskazanim gubicima u poslovanju navode se prema bilancama uspjeha organizacija udruženog rada, a podaci po djelatnostima prema analizama poslovanja za pojedine godine koju izrađuju stručne službe Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske.

Tabela 7.

Ostvarena struktura bespovratnih i povratnih sredstava u financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata u razdoblju 1976 — 1980.

R.B	OPIS (izvori)	Djelatnost proizvodnje i prijenosa	Djelatnost distribucije	Ukupno
I.	*Bespovratni izvori*	19,9	86,0	36,0
	— vlastita sredstva	6,5	46,3	16,2
	— sredstva naknada	4,4	29,5	10,5
	— sredstva doprinosa	9,0	9,3	9,1
	— ostali bespovratni izvori	—	0,9	0,2
II.	*Povratni izvori*	80,1	14,0	64,0
	— udružena sredstva	53,3	12,6	43,4
	— inozemni krediti	21,4	—	16,2
	— krediti domaćih banaka	2,7	1,4	2,4
	— ostala kreditna sredstva	2,7	—	2,0

po pojedinim djelatnostima unutar elektroprivrede Hrvatske u razdoblju od 1976. do 1980. godine. Naime, kako su elektroprivredne organizacije proizvodno-prijenosne djelatnosti raspolagale relativno malim sredstvima slobodne amortizacije, to su i ostali izvori sredstava za financiranje proširene reprodukcije, koji su imali bespovratni karakter, u svom pretežnom dijelu kroz internu raspodjelu raspoređeni za financiranje izgradnje elektrodistributivnih objekata.

Uz vlastita sredstva, odnosno uz sredstva slobodnog dijela amortizacije, u proteklom planskom razdoblju bespovratan karakter imala su još i sredstva s naslova doprinosa, naknada, te ostali manje značajni bespovratni izvori.

Umjesto da se je ostalim sredstvima s naslova bespovratnih sredstava nastojao bar jednim dijelom ublažiti nedostatak vlastitih izvora financijskih sredstava proizvodno-prijenosne djelatnosti, neadekvatnom njihovom internom raspodjelom ovi su odnosi još pogoršani. Tako imamo situaciju da su elektrodistributivne organizacije ostvarile financiranje izgradnje svojih objekata u 86-postotnom iznosu s naslova bespovratnih izvora, dok je učešće bespovratnih izvora kod financiranja izgradnje proizvodno-prijenosnih objekata iznosilo samo 19,9%. O posljedicama takve strukture raspodjele izvora financijskih sredstava bit će riječi kasnije.

Pri tome ipak treba naglasiti da i u mnogim drugim zemljama stupanj samofinanciranja proizvodno-prijenosnih i distributivnih organizacija nije jednak. U pravilu, stupanj samofinanciranja distributivnih organizacija uvijek je nešto veći. Ova potreba proizlazi prije svega iz različitosti investicione aktivnosti između distributivne i proizvodno-prijenosne djelatnosti. Dok se u pretežnom dijelu investicijska aktivnost distributivne djelatnosti sastoji od vrlo velikog broja »malih« investicijskih zahvata, dotle se investicijska aktivnost proizvodno-prijenosne djelatnosti sastoji od relativno malo, ali sa stajališta ukupne nacionalne privrede vrlo krupnih investicijskih objekata. No bez obzira na to, čini se da je različitost strukture izvora financijskih sredstava, posebno sa stajališta kriterija povratnih i bespovratnih sredstava, u proteklom razdoblju bila nedopustivo prenaglašena.

Ako bi se s analizom izvora vlastitih sredstava trebao dati i drugi određeniji zaključak, onda bi se on sastojao u tome da je učešće elektroprivrednih organizacija u financiranju svojeg razvoja u proteklom razdoblju bilo nedovoljno.

I konačno, treće, elektroprivredne organizacije su u proteklom planskom razdoblju ostvarile manje vlastito učešće u financiranju svojeg razvoja od veličine učešća kojim se u planu računalo. Poslovanje s gubitkom s kojim su se susretale elektroprivredne organizacije u proteklom planskom razdoblju utjecalo je da je obračun troška amortizacije, prije svega obračun smjenske amortizacije, prilagođavan poslovnom uspjehu, a ne striktnoj primjeni propisa o obračunu smjenske amortizacije. Naime, kod planiranja sredstava slobodne amortizacije za financiranje proširene reprodukcije uvijek se računalo s obračunom smjenske amortizacije. Međutim, kod stvarnog obračuna smjenska amortizacija se obračunavala u ovisnosti o raspoloživom dohotku koji su ostvarile pojedine elektroprivredne organizacije udruženog rada.

U slučaju kada bi osnovna organizacija udruženog rada završila poslovanje s gubitkom striktnom primjenom propisa o obračunu smjenske amortizacije, zbog posljedica koje su s tim u vezi nastupale, posebno u području isplate osobnih dohodaka, obračun smjenske amortizacije je često vršen u zavisnosti od raspoloživog dohotka. Iako su na odstupanja od plana mogli utjecati i drugi uzroci, ali je svakako naprijed navedeni najznačajniji.

Naprijed izneseni podaci govore da cijena električne energije u proteklom srednjoročnom razdoblju

Tabela 8.

Pregled planiranih, ostvarenih i utrošenih sredstava slobodnog dijela amortizacije

U tisućama dinara

Godina	Planirana sredstva	Ostvarena sredstva	Utrošena sredstva
1	2	3	4
1976.	1 418 552	921 575	815 194
1977.	1 206 135	1 047 434	877 193
1978.	1 181 606	1 313 287	1 042 033
1979.	1 641 523	1 529 110	1 307 182
1980.	1 768 170	1 643 651	1 675 172
1976—1980.	7 215 986	6 445 075	5 716 774

nije bila u funkciji sistema financiranja proširene reprodukcije elekktroprivrede, osim u dijelu koji se odnosio na trošak obračuna amortizacije. To je, svakako, uvjetovalo posebno poslovanje s gubitkom, niz poteškoća u poslovanju elektroprivrednih organizacija. S tim u vezi treba naglasiti da je u praksi potrebno stvoriti takav sistem financiranja proširene reprodukcije u kojem će i cijena električne energije kao jedan od instrumenata tog sistema imati svoje mjesto. Veličina cijene električne energije onog dijela koji se odnosi na pokriće dijela troškova proširene reprodukcije nije veličina sama za sebe, nego ona treba da nastaje kao rezultat definiranog programa razvoja za određeno razdoblje i dogovorenog sistema njegova financiranja.

Budući da su elektroprivredne organizacije u elektroprivredi Hrvatske u proteklom planskom razdoblju sudjelovale samo sa 16% u financiranju svojeg razvoja često se čuo prigovor da je postojeći sistem financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske postavljen tako da on svojim pretežnim dijelom tereti buduće, a samo malim dijelom postojeće potrošače.

Ovaj prigovor u suštini nije točan. Naime, postojeći potrošači sudjeluju u pretežnom dijelu financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede, samo što sredstva koja osiguravaju postojeći potrošači nemaju karakter vlastitih sredstava. Sredstva doprinosa, kao i udružena sredstva s naslova 25% na fakturu za potrošenu električnu energiju nisu ništa drugo sa stajališta potrošača, nego sredstva iz cijene električne energije, samo što ona u sistemu financiranja nisu tretirana kao vlastita sredstva. Ako bi se sredstva s ovih izvora tretirala kao vlastita sredstva, onda bi vlastita sredstva elektroprivrednih organizacija u proteklom srednjoročnom planskom razdoblju sudjelovala sa 38,7% u financiranju razvoja elektroprivrede.

Svakako da bi transformacija doprinosa i udruženih sredstava s naslova 25% na fakturu za potrošenu energiju u vlastita sredstva pridonijela kvalitativnom poboljšanju samog sistema. To bi, svakako, trebalo učiniti u srednjoročnom planu razvoja koji je već u toku. Ali, s tom transformacijom ovih izvora u vlastita sredstva morala bi se obratiti naročita pažnja na to da se sredstva s naslova ovih izvora u toku vremena ne pretvore u troškove poslovanja elektroprivrednih organizacija. Naime, u tom slučaju bi se moralo paziti da porast troškova poslovanja elektroprivrednih organizacija, koji je rezultat stalne inflacije cijena elemenata jednostavne reprodukcije, bude uvijek i pravovremeno (a ne s vremenskim pomakom) pokriven odgovarajućim povećanjem cijena.

Ako se promatraju i ostali instrumenti putem kojih su se osiguravala sredstva za financiranje razvoja elektroprivrede u proteklom srednjoročnom razdoblju, onda je vidljivo da su sredstva za taj razvoj kroz instrument udruživanja 0,65% na ostvareni dohodak osiguravali isključivo postojeći potrošači, a da su novi potrošači osiguravali sredstva samo kroz instrumente naknada i instrument udruživanja 4% na isplate po investicionim ulaganjima. Međutim, i kroz ova dva instrumenta, sredstva za razvoj elektroprivrede osiguravali su i svi postojeći potrošači koji su tražili povećanje priključene snage na mreži elektroprivrede, kao i svi postojeći potrošači koji su ostvarivali isplate po investicionim ulaganjima.

Imajući na umu sve što je prije navedeno, prigovor koji se često puta upućuje postojećem sistemu financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede Hrvatske i na njegove instrumente da su njime opterećeni više budući nego postojeći potrošači električne energije, u suštini ne stoji.

3.2.2. *Sredstva naknada*

Sredstva s naslova naknada prvi put se javljaju u sitemu financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede Hrvatske u planskom razdoblju od 1970. do 1975. godine, i to s relativno malim učešćem od oko 3%. Naime, ovaj način prikupljanja sredstava za financiranje proširene reprodukcije elektroprivrede uveden je pri kraju planskog razdoblja 1970—1975. godine.[7] Tako se nije ni mogao očekivati znatniji udio sredstava s ovog naslova. U planskom razdoblju 1976—1980. godine, sredstvima s naslova naknada prikupljeno je 10,5% potrebnih sredstava, što je u znatnoj mjeri povećalo značenje ovog instrumenta u financiranju proširene reprodukcije elektroprivrede Hrvatske.[8]

Međutim, ovom instrumentu prikupljanja sredstava za financiranje proširene reprodukcije elektroprivrede trebalo bi dati mnogo veće značenje u našim uvjetima nego što je to do sada bio *slu-*

[7] Vidi: »Zakon o najvišim iznosima naknada za priključenje odnosno za povećanje priključne snage trošila električne energije, Zagreb«, »Narodne novine« 13/1973.

[8] Ovaj vid prikupljanja financijskih sredstava za financiranje proširene reprodukcije elektroprivrede uveden je u toku planskog razdoblja 1978—1980. godine i u drugim socijalističkim republikama osim u SR Crnoj Gori.

čaj. Naknade za financiranje proširene reprodukcije elektroprivrede trebali bi plaćati svi novi potrošači električne energije, kao i i postojeći koji traže povećanje anagažirane snage na postrojenjima elektroprivrede. To zapravo znači da bi svaki novi potrošač il postojeći koji traži povećanje priključne snage osim troškova što ih plaća za sam elektroenergetski priključak trebao platiti i naknadu kao dio potrebnih sredstava za proširenje kapaciteta elektroprivrede na svim naponskim nivoima. Ova naknada trebala bi biti određena u postotku od ukupno potrebnih investicija u elektroenergetska postrojenja koje izaziva jedan takav potrošač.

Davanje mnogo značajnije uloge sredstvima naknade u financiranju proširene reprodukcije elektroprivrede ima svoje puno ekonomsko opravdanje. Ono se ogleda prije svega u tome što značajniji dio sredstava za razvoj elektroprivrede daju oni potrošači koji izazivaju i novo opterećenje na mreži elektroprivrede. Jedino se, zbog tehničkih nemogućnosti, ovo pravilo ne može upotpunosti provesti kod potrošača na niskom naponu, i to u prvom redu kućanstva kod kojih se ne mjeri anagažirana snaga, nego samo potrošena električna energija u kWh. Ovi bi potrošači trebali plaćati naknadu kako je već rečeno, solidarno, jer se radi o vrlo malim iznosima sredstava, ali i o vrlo velikom broju potrošača.

Novi potrošači električne energije, niti postojeći koji traže povećanje anagažirane snage, ne bi trebali dobiti ni energetsku suglasnost, a da prethodno ne podmire svoje obaveze za razvoj elektroprivrede. Time bi se u potpunosti izbjegla situacija koju smo imali u prethodnim godinama da su određeni prerađivački kapaciteti završeni, ali ih nije bilo moguće pustiti u pogon, jer za to nije postojala mogućnost isporuke električne energije. Vjerojatno bi davanje značajnije uloge instrumentu naknade u financiranju proširene reprodukcije elektroprivrede imalo kao rezultat to da bi potrošači s većim i temeljitijim pripremama ulazili u izgradnju kapaciteta koji za svoj pogon traže velke količine električne energije. U uvjetima kad prodajna cijena električne energije sadrži samo neznatan dio troškova razvoja elektroprivrede i u uvjetima nepostojanja instrumentarija naknada mnogi prerađivački kapaciteti su rentabilnost svoje izgradnje jednim dijelom temeljili i na relativno niskim troškovima opskrbe električnom energijom.

Sredstva s naslova naknada bi trebala imati bespovratan karakter, a njihova veličina zavisiti od cjelokupne konstrukcije financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede za određeno plansko razdoblje.

Time bi, sa stajališta kvalitete, sredstva s naslova naknada bila čak kvalitetnija od vlastitih sredstava prikupljenih cijenom električne energije. Ta bi sredstva pritjecala ravnomjerno u toku godine i odmah bi se mogla koristiti za financiranje izgradnje elektroenergetskih objekata, dok se vlastita sredstva iz cijene električne energije mogu koristiti tek nakon usvajanja zaključnog računa i njihova izdvajanja u poslovni fond.

3.2.3. *Sredstva doprinosa*

Sredstva s naslova doprinosa prvi put su uvedena u sistem financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske »Zakonom o privremenom financiranju izgradnje elektroprivrednih objekata«.[9] U članu 2. Zakona o privremenom financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja se kaže da potrošači električne energije uplaćuju doprinos za financiranje izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja po svakom kWh potrošene električne energije, i to:

— potrošači kućanstva i ostali potrošači priključeni na mrežu napona 0,4 kV u visini od 3 pare/kWh, a

— industrijske privredne organizacije i ostali potrošači priključeni na mrežu napona 10 kV i više u visini od 1 pare/kWh.

Sredstva s naslova doprinosa ostala su kao jedan od oblika financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede Hrvatske i u planskom razdoblju od 1976. do 1980. godine. Zakonom o elektroprivredi iz 1975. godine je predviđeno da se sredstva za financiranje proširene reprodukcije prikupljaju i iz posebnih doprinosa potrošača električne energije koji se uvode na temelju posebnog samoupravnog sporazuma.[10] U proteklom planskom razdoblju ove doprinose plaćali su svi potrošači električne energije i to u sljedećim iznosima:

— potrošači na 110 kV naponu	1 paru/kWh
— potrošači na 30, 10 kV naponu	3 pare/kWh
— potrošači kućanstva i ostala potrošnja na 0,4 kV naponu	23 pare/kWh

S obzirom na to da su sredstva s naslova doprinosa pritjecala u toku cijela protekla dva srednjoročna razdoblja, ovim instrumentom su prikupljena relativno značajna financijska sredstva. U planskom razdoblju od 1971. do 1975. godine s ovog naslova prikupljeno je oko 12%, a u planskom razdoblju 1976—1980. godine oko 9% od ukupnih sredstava utrošenih za financiranje izgradnje elektroenergetskih objekata u SR Hrvatskoj.

Iako su ovi doprinosi uvedeni na temelju posebnih propisa, smatra se da oni nisu u skladu s ustavnim načelima i da bi trebali nestati u sistemu financiranja proširene reprodukcije elektroprvrede. Naime, sa stajališta potrošača ovi doprinosi nisu ništa drugo nego dio cijene električne energije, pa bi se,

[9] Vidi: »Zakon o privremenom financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja« Zagreb, »Narodne novine« 26, 32 i 40/1971.

[10] Vidi: »Zakon o elektroprivredi« Zagreb, »Narodne novine« 52/1975.

svakako, takav tretman trebali dobiti i u načinu njihova plaćanja od potrošača, ali i putem njihova obračunavanja u ukupnom prihodu i dohotku elektroprivrednih organizacija udruženog rada. Sama činjenica da su ova sredstva imala tretman bespovratnih sredstava još više govori u prilog takvoj činjenici. Time bi se, uz adekvatnije razrješavanje problema poslovanja elektroprivrednih organizacija u oblasti jednostavne reprodukcije, povećao i stupanj samofinanciranja elektroprivrednih organizacija udruženog rada.

3.2.4. *Udružena sredstva društvene reprodukcije*

Temeljni okvir, a i obveza udruživanja rada i sredstava na temelju samoupravnog sporazumijevanja regulirani su članom 34. Ustava SFR Jugoslovije. »Svoj rad i sredstva društvene reprodukcije u osnovnim organizacijama udruženog rada radnici slobodno udružuju u radnim organizacijama i drugim oblicima udruživanja rada i sredstava radi povećanja dohotka osnovnih organizacija udruženog rada, unapređivanja i razvijanja vlastitog i zajedničkog rada i poslovanja i podizanje proizvodnosti ukupnog društvenog rada.

Međusobna prava, obveze i odgovornosti u različitim oblicima udruživanja rada i sredstava radnici u osnovnim organizacijama udruženog rada uređuju samoupravnim sporazumima u skladu sa zakonom, osiguravajući u cjelini tih odnosa ustavom zajamčena prava radnika.«

Takav tretman institucije udruživanja rada i sredstava putem samoupravnog sporazumijevanj i društvenog dogovaranja omogućuje da udruženi rad u samoupravnim društveno-ekonomskim odnosima postane dominantnim faktorom financiranja investicija.

Budući da su sve grane energetskog sektora, a elektroprivreda posebno, investiciono vrlo intenzivne, a u pravilu su, zbog politike cijena, nisko akumulativne — problem financiranja njihova razvoja, a time i skladnost cjelokupnog privrednog razvoja, bit će vrlo teško ostvariti bez mehanizma samoupravnog sporazumijevanja i društvenog dogovaranja koji će mobilizirati i usmjeravati sredstva društvene reprodukcije u ove sektore.

No, prilikom donošenja samoupravnih sporazuma o udruživanju dijela sredstava društvene reprodukcije radi financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi moraju se na adektvatan način razriješiti sljedeća dva pitanja:

— prvo, na temelju kojih kriterija će korisnici društvenih sredstava udruživati dio sredstava društvene reprodukcije
— drugo, kakav karakter trebaju imati tako udružena sredstva.

Samoupravnim sporazumom o udruživanju dijela sredstava društvene reprokukcije radi financiranja izgradnje objekata i postrojenja utvrđenih programa razvoja elektroprivrede za razdoblje od 1976. do 1980. godine utvrđeno je da osnovne i radne organizacije udružuju sredstva na temelju sljedećih kriterija:

— 4% od iznosa isplata na investiona ulaganja
— 25% od iznosa računa za potrošenu električnu energiju, te
— 0,65% dohotka iz ostvarenog dohotka.

Iz podataka u tabeli 5. vidljivo je da su udružena društvene repodukcije bila najznačajniji izvor u financiranju proširene reprodukcije elektroprivrede Hrvatske. S ovog naslova prikupljeno je 43,4% od ukupno utrošenih sredstava.

Tabela 9.

Ostvarena struktura utrošenih sredstava s naslova udruženih sredstava drušvene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u razdoblju 1976—1980 godine[11]

U tisućama dinara

R.B.	OPIS (izvori)	IZNOS	Struktura u %	Struktura u odnosu na ukupne izvore u %
1.	sredstva s naslova 4% na investicije	6 207 303	40,5	17,6
2.	sredstva s naslova 25% na potrošenu električnu energiju	4 735 942	30,9	13,4
3.	sredstva u iznosu od 0,65% iz ostvarenog dohotka	3 815 100	24,9	10,8
4.	sredstva dana u obliku zajma čija se doplata odgađa	568 328	3,7	1,6
UKUPNO UDRUŽENA SREDSTVA		15 326 673	100,0	43,4

Najznačajniji udio u udruženim sredstvima predstavljala su sredstva s naslova 4-postotnog izdvajanja od isplata na investiciona ulaganja, zatim sredstva s naslova 25% na iznos računa za potrošenu električnu energiju. Sredstva s naslova 0,65-postotnog izdvajanja iz ostvarenog dohotka predstavljala su 10,8% u odnosu na ukupno utrošena sredstva u razvoj elektroprivrede u proteklom planskom razdoblju ili 24,5% od ukupno prikupljenih sredstava putem samoupravnog udruživanja. U 1979. i 1980. godini u sistemu financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede Hrvatske pojavljuju se i sredstva koja su dana elektroprivredi u prethodnim razdobljima u obliku zajma, čija se otplata — vraćanje odgađa. Iako sredstva s ovog naslova nisu predstavljala neki veći iznos, samo njihovo pojavljivanje nameće potrebu analize uzroka koji su do toga doveli. Zapravo, njihovo pojavljivanje nije uzrokovano samo potrebom da se i tim izvorom osigura određeni iznos sredstava za financiranje proširene reprodukcije, nego je ono prije svega uzrokovano činjenicom o prezaduženosti elektroprivrednih organizacija, posebno proizvodno-prijenosne djelatnosti i njihovom nemogućnosti da ta ista sredstva i vrate iz vlastitih izvora. Naime, u 1979. godini obveze elektroprivrednih organizacija proizvodno-prijenosne djelatnosti prema sredstvima zajma čija se otplata odgađa trebale su iznositi 488 758 tisuća dinara, dok su ukupna vlastita sredstva tih organizacija iznosila 341 300 tisuća dinara. No, oovim problemima će biti kasnije još više riječi.

Iako je ovo udruživanje sredstava putem samoupravnog sporazuma prihvaćeno, ipak su se osnovne organizacije udruženog rada teško složile oko osnovice za udruživanje. Naime, osnovni prigovor odnosio se na činjenicu da kriteriji, odnosno osnovice na temelju kojih se vrši udruživanje sredstava za razvoj elektroprivrede nisu u potpunoj korelaciji s troškovima koji izaziva razvoj pojedinih potrošača u razvoju elektroprivrede.

Sigurno je da nije ni moguće pronaći kriterije na kojima bi se udruživala sredstva za financiranje razvoja elektroprivrede a koji bi bili u potpunoj korelaciji s troškovima koje izaziva razvoj pojedinih potrošača u razvoju elektroprivrede.

Ako se pođe od postavke da se sistem financiranja razvoja elektroprivrede treba temeljiti na troškovnom principu i principu solidarnosti, onda bi se moglo reći da je troškovni princip u najvećem djelu zastupljen kod prikupljanja sredstava za razvoj elektroprivrede putem cijene električne energije i instrumentrija naknada, dok je troškovni princip i princip solidarnosti zajedno zastupljen putem instrumentarija samoupravnog udruživanja.

Drugi problem koji izaziva dileme i zahtijeva adekvatno rješenje pri udruživanju sredstava odnosi se na pitanje karaktera ovih sredstava. Naime, pri tome se postavlja pitanje da li ova sredstva treba da budu udružena na principu zajedničkog ulaganja ili ona treba da budu udružena na kreditnim odnosima. U proteklom planskom razdoblju udruživanje sredstava društvene reprodukcije za financiranje razvoja elektroprivrede vršeno je u vidu zajma na rok od 15 godina s kamatnom stopom od 4%.

Nekoliko razloga govore u prilog činjenici da bi ova sredstva trebala biti udružena na principu zajedničkog ulaganja:

— prvo, na instrumentarij samoupravnog sporazumijevanja treba gledati kao na prošireno shvaćanje pojma samofinanciranja koji karakterizira specifičnost samoupravnih društveno-ekonomskih odnosa

— drugo, usmjeravanje dijela sredstava društvene reprodukcije putem samoupravnog sporazumijevanja vrši se svjesno i dugoročno na temelju usuglašenih planova budućeg razvoja, i

— treće, udruživanje dijela sredstava društvene reprodukcije na principu zajedničkog ulaganja povećava zainteresiranost, a i odgovornost potrošača električne energije za razvoj elektroprivrede.

I unutar, a i izvan elektroprivrede često se postavlja pitanje o opravdanosti udruživanja sredstava za razvoj elektroprivrede putem izdvajanja određenog postotka od ostvarenog dohotka. Odmah se može reći da ovo udruživanje ima svoje opravdanje, jer se njime de fakto korigiraju određeni odnosi i defekti koji su uspostavljeni neadekvatnim odnosima u primarnoj raspodjeli kroz politiku cijena. Tek kada bi odnosi u primarnoj raspodjeli bili uspostavljeni na principu reprodukcjske, odnosno razvojne cijene, ovaj bi instrment trebao izostati.

3.2.5. *Inozemni krediti*

Osim kreditnih sredstava prikupljenih različitim instrumentima samoupravnog udruživanja, elektroprivreda Hrvatske se u financirnju svojeg razvoja u planskom razdoblju 1976—180. godine koristila i značajna bankarska sredstva. Učešće bankarskih kreditnih sredstava, posebno inozemnih, bilo je relativno vrlo značajno. U tom razdoblju je najvećim dijelom realizirana i završena izgradnja triju krupnih elektroenergetskih objekata za čije financiranje su pretežno korištena ova sredstva: 380 kV mreža, NE Krško, te druga faza TE Sisak. Od ukupno utrošenih sredstava za izgradnju elektroenergetskih objekata u SR Hrvatskoj u pro-

[11] Ostvarena struktura utrošenih sredstava s naslova udruženih sredstava društvene reprodukcije dana je prema dokumentaciji Republičke samoupravne interesne zajednice za djelatnost proizvodnje i prijenosa, dok je struktura ovih izvora za distributivnu djelatnost dana prema stvarnoj strukturi utroška ovih sredstava za djelatnost proizvodnje i prijenosa. Budući da utrošena sredstva s ovog naslova kod djelatnosti distribucije čine samo oko 7% ukupnih ovih izvora, pogreška u procjeni može biti vrlo mala.

Tabela 10.

Međunarodni krediti za izgradnju Nuklearne elektrane Krško

Kreditor	Iznos kredita u $	Otplata kamata u %	Interkalarna kamata u %	Vrijeme otplate u godinama	Prvi anuitet dospjeća	Zadnji anuitet dospjeća
1	2	3	4	5	6	7
CITICORP	225 550 100	LIBOR + 1%	LIBOR + 1%	5	7. 4. 1983.	7. 10. 1987.
EXIM BANK	156 219 000	7 i 8%	7 i 8%	10	10. 12. 1982.	10. 6. 1992.
EXIM BANK	70 788 103	7 i 8%	7 i 8%	5	10. 12. 1982.	10. 6. 1987.
EXIM BANK	33 813 853	8%	8%	5	10. 12. 1982.	10. 6. 1987.
PEFCO	28 826 200	PRIMA RATE + 1%	PRIMA RATE + 1%	1,5	31. 12. 1982.	31. 12. 1983.
	515 197 256	—	—	—	—	—

teklom planskom razdoblju, inozemni krediti su sudjelovali sa 16,2%.[12]

Što se tiče kreditnih kondicija tih sredstava, one su vrlo različite. Rokovi otplate kreću se od 1,5 godina kao najkraće ročnosti, do onih čiji je rok otplate 15 godina. Veličina kamatne stope također je vrlo različita i kreće se od 7,25 do 10,5%. Kod nekih kredita, pored kamatne stope, elektroprivreda je dužna platiti i posebne zavisne troškove koji iznose u pojedinim slučajevima i do daljnih 1% na iznos odobrenog kredita. Ove kreditne kondicije odnose se na inozemne kredite s konvertibilnog područja. Pretežni dio iznozemnih kredita s konvertibilnog područja u proteklom planskom razdoblju odnosio se je na izgradnju NE Krško. Za izgradnju NE Krško korišten je inozemni kredit u ukupnom iznosu od 515,2 miliona dolara, od čega otpada na elektroprivredu Hrvatske jedna, a na elektroprivredu Slovenije druga polovica.

Podaci tabele 10. pokazuju da je otprilike polovica inozemnih kredita za izgradnju NE Krško korištena s rokom otplate od 10, a druga polovica s rokom otplate od 5 godina. Vijek eksploatacije nuklearnih elektrana danas se u pravilu računa na 25 do 30 godina. To znači da su ova sredstva, što se tiče ročnosti, korištena s rokom otplate koji je tri, odnosno šest puta kraći od vijeka njezine eksloatacije. Tako nepovoljna ročnost ovih sredstava u znatnoj će mjeri utjecati na veličinu cijene koštanja proizvedene električne energije. To će također imati za posljedicu nagli porast zaduženosti elektroprivrede sve do 1990. godine. Inozemni krediti iz Sovjetskog Saveza za izgradnju TE Sisak II mnogo su povoljniji. Kreditna sredstva za ovaj objekt odobrena su u obračunskim dolarima uz kamatnu stopu od 2% i s rokom otplate na 15 godina, a taj će rok otplate početi tek u 1987. godini.

[12] U planskom razdoblju 1981—1985. godine učešće inozemnih kredita u izgradnji elektroenergetskih objekata u SR Hrvatskoj predviđena je samo u neznatnom iznosu.

Najveći dio kreditnih sredstava iz konvertibilnog područja dospijeva na otplatu već u 1981. i 1982. godini, što znači da će tek u tim godinama u znatnoj mjeri i utjecati na daljnji porast zaduženosti elektroprivrednih organizacija i daljnji znatni porast kamata na kredite.

Drugi, vrlo važan problem vezan za korištenje inozemnih kredita odnosi se na način njihova obračuna. Naime, veličina otplate po ovim kreditima obračunavat će elektroprivredne organizacije prema vrijednosti tečaja američkog dolara na dan njihova dospijeća. Nagli porast vrijednosti dolara u odnosu prema valuti drugih zemalja, a time i u odnosu prema dinaru, umnogome će povećati obveze elektroprivrede u dinarskim sredstvima. Iskazana sredstva utrošena po međunarodnim kreditima koja su dana u tabeli 5. u iznosu od 5 738 dinara, već danas znače mnogo veće iznose zbog neprestalnog rasta vrijednosti američkog dolara. Pri proračunu dinarskih otplata po ovim kreditima nikako se nesmije zanemariti ovaj moment.

3.6.2. *Krediti domaćih banaka*

Krediti domaćih banaka činili su relativno malen dio u financiranju razvoja elektroprivrede Hrvatske u proteklom razdoblju. Kreditna sredstva domaćih banaka najvećim su dijelom korištena u slučajevima premoštavanja i zatvaranja konstrukcije u financiranju pojedinih objekata. Sama činjenica da su kreditna sredstva domaćih banaka sudjelovala sa 2,4% u financiranju razvoja elektroprivrede Hrvatske u proteklom srednjoročnom razdoblju govori u prilog činjenice da ovaj instrument i ulogu koju bi trebao imati u financiranju razvoja elektroprivrede nije adekvatno sagledan.

Svakako da je i za financiranje proširene reprodukcije elektroprivrede, kao i za financiranje proširene reprodukcije u cjelini potrebna i odgova-

rajuća uloga kredita i kreditnog odnosa. Bez odgovarajuće uloge kredita i kreditnog odnosa ne bi se mogao u cjelini ostvariti proces koncentracije, prelijevanja i cirkulacije sredstava namjenjenih za financiranje proširene reprodukcije. Pri tome se prije svega misli na mobilizaciju značajnih viškova novčanih sredstava stanovništva koje se putem štednje uz odgovarajuću kamatnu stopu koncentriraju i predstavljaju značajan izvor dugoročnih kraditnih sredstva namijenjenih financiranju proširene reprodukcije.

Međutim, u provođenju kreditne politike poslovne banke ne bi trebale, kao do sada, kredite po ovim sredstvima plasirati u pretežnom dijelu u investicije sa što kraćim rokom otplate i što većom kamatnom stopom. S takvom kreditnom politikom automatski se iz kreditiranja isključuju elektroprivreda, pa i sve druge grane privredne infrastrukture. Štoviše, kod nas poslovnu banku ne interesira da li se sredstva po nekom kreditu vraćaju iz dohotka kreditirane investicije ili iz ostalih investicionih sredstava investitora, ali se zato proteže interes poslovne banke na to da rok povratka kreditnih sredstava bude što kraći uz što veću kamatnu stopu. Ako se tome doda i element stalno prisutne inflacije, onda se, svakako, davaocima kredita — u ovom slučaju poslovnim bankama — nije isplatilo davati kredite s dugim rokovima otplata i uz relativno nisku kamatnu stopu, kakve upravo kreditne kondicije zahtijeva financiranje razvoja elektroprivrede. Jedini motiv koji je mogao stimulirati poslovne banke za ulaganje u elektroprivredu jest relativno velika sigurnost uloženih sredstava. Ali su tu, ili ne mnogo manju sigurnost banke postizale i ulaganiem u druge privredne grane, s mnogo kraćim rokovima otplate po odobrenim kreditima i s mnogo većom kamatnom stopom. Čak bi se moglo reći da je ovakva kreditna politika poslovnih banaka utjecala na još veće strukturalne disproporcije u privrednom razvoju.

Imajući sve to na umu, kao i činjenicu specifičnosti našeg društvenog i privrednog sistema u kojem prevladavaju elementi planskog usmjeravanja privrednog razvoja, kreditna sredstva za financiranje razvoja elektroprivrede trebalo bi osigurati putem namjenskog usmjeravanja dijela kreditnog potencijala poslovnih banaka i posebnim nacionalnim zajmovima.

U tom bi slučaju inozemne zajmove elektroprivreda trebala koristiti samo u slučaju uvoza opreme i tehnologije koju nije moguće proizvesti u zemlji, kakav je u najnovije vrijeme slučaj s opremom i tehnologijom za nuklearne elektrane.

SOME BASID CHARACTERISTICS OF INVESTMENT SYSTEM FOR EXTENSIVE REPRODUCTION IN ELECTRIC POWER GENERATING ENTERPRISES IN SR CROATIA FOR PERIOD 1976—1980

(I part)

Deficiencies in the investment system for extensive reproduction that was a base for development of electric power generating enterprises after economical reform in 1965 year, brought to conclusion that technical-economical, infrastructure and monopol characteristics of power generating enterprises as well as its importance in overall economical development requires that this development should be based on general economical rules.

Some changes in investment system, that were implemented at the end of planned period 1971—1975 year, and which full impact occured in period 1976—1980 year, are reflections of this requirements.

In the article are presented positive solutions, critical remarks and some suggestions for changes and additions for improvements of now-a-days investment system for exsensive reproduction in electric power generating enterprises in SR Croatia.

GRUNDLAGEN DES FINANZIERUNGSSYSTEMS DER ERWEITERTEN REPRODUKTION IN DER KROTTISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT IM PLANUNGSZEITABSCHNITT 1976—1980

(1 Teil)

Die Mängel im Finanzierungsssystem der erweiterten Reproduktion, auf dem die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft seit 1965 beruht, haben gezeigt, dass wirtschaftlich-technische, innerstrukturelle, monopolistische Eigenschaften der Elektrizitätswirtschaft und deren Rolle und Bedeutung für die allgemeine Entwicklung der Wirtsclaft auf Grundlagen beruhen, die dem allgemeinen Wirtschaftsrahmen für diesen Wirtschaftszweig angepasst werden müssen.

Die Veränderungen des Finanzierungssystems bei der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft in der VR Kroatien gegen Eide des Planungszeitabschnittes 1971—1975 wurden für den Zeitabschnitt 1976—1980 voll erfasst, sie sind die Folge dieser Erkenntnisse.

Ausser den positiven Lösungen ist in dieser Arbeit auch eine kritische Einstellung erkennbar. Abschliessend werden Änderungen und Ergänzungen vorgeschlagen, die zu einer Verbesserung des derzeitigen Finanzierungssystems der erweiterten Reproduktion in der kroatischen Elektrizitätswirtschaft beitragen sollten.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СИСТЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ РАСШИРЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА В ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВЕ ХОРВАТИИ В ПЛАНОВЫЙ ПЕРИОД 1976—1980 гг.

(1-ая часть)

Недостатки системы финансирования расширенного воспроизводства, на которой зиждится развитие электрохозяйства после экономической реформы 1965 года, все в большей степени внушали мысль, что в силу технико-экономических, инфраструктурных и монополистических характеристик электрохозяйства, а также его роли и значения в общем развитии экономики, развитие электрохозяйства необходимо базировать на экономических мерах, которые в составе всеобщих экономических мероприятий будут согласованы с настоящей страслью народного хозяйства.

Изменения в системе финансирования развития электрохозяйства, наступившие в СР Хорватии в конце планового периода 1971—1975 гг. и смысл которых получил полное отображение только в плановом периоде 1976—1980 гг, как раз и являются выражением осознанного.

Подчеркивая положительные решения, на протяжении всей работы налицо и критический подход. В итоге предложены изменения и дополнения, которые способствовали улучшению действующей системы финансирования расширенного воспроизводства в электрохозяйстве Хорватии.

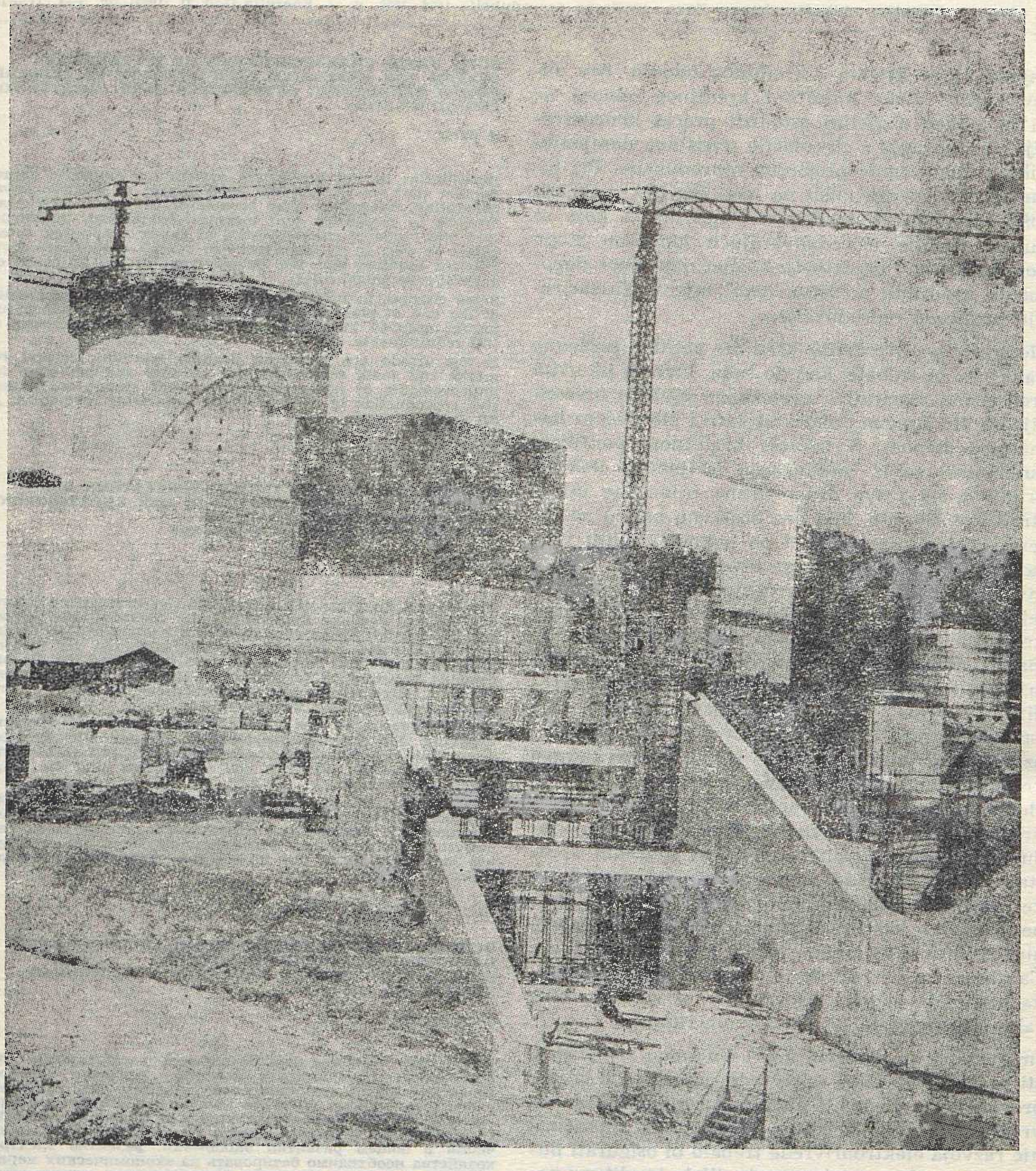
Naslov pisca:

Doc. dr Jure Šimović,
Viša upravna škola, Zagreb

Redakcija primila rukopis
12. II 1982.

KEY WORDS:

ELECTRIC POWER GENERATING ENTERPRISES OF SR CROATIA
EXTENSIVE REPRODUCTION
INVESTMENT SYSTEM



hidroelektra

SLOŽENA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA

Zagreb, Dakićev trg 10

Energija God 31 (1982) br. 3—4, 133—135

SEMINARI O SREDNJOROČNOM I DUGOROČNOM RAZVOJU ELEKTROPRIVREDE

Seminar o srednjoročnom i dugoročnom razvoju elektroprivrede pod pokroviteljstvom Ujedinjenih naroda (Evropska ekonomska komisija ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE ECE) što ga je organizirala vlada Velike Britanije održan je u Londonu od 26. 10. do 30. 10. 1981. Temeljni cilj seminara (savjetovanja) bio je izmjena sadašnjih informacija i perspektive srednjoročnog i dugoročnog razvoja elektroprivrede u okviru nacionalnih (regionalnih) privreda (ekonomskih sustava). U radu seminara sudjelovali su predstavnici ovih zemalja: Albanije, Austrije, Belgije, Bjeloruske Sovjetske Socijalističke Republike, Kanade, Čehoslovačke, Danske, Finske, Francuske, Njemačke Demokratske Republike, Savezne Republike Njemačke, Grčke, Mađarske, Irske, Italije, Nizozemske, Norveške, Poljske, Portugala, Rumunjske, Španjolske, Švedske, Švicarske, Turske, SSSR-a, Velike Britanije (domaćin), SAD i Jugoslavije.

U radu seminara, sudjelovali su i predstavnici međunarodnih agencija organizacija i unija: IAEA, CMEA, EEC, IEA, ESA, FIPACE, UCPTE i UNIPEDE. Na seminaru je prezentirano 79 referata koji su podijeljeni u sedam tematskih grupa. Te grupe su sljedeće:

— A1 — Potrošnja električne energije
— A2 — Metode za predviđanje električne energije
— A3 — Trend oblika krivulje opterećenja
— B1 — Razvoj elektroenergetskog sustava
— B2 — Raspoloživi izvori
— B3 — Razvoj novih oblika proizvodnje električne energije
— C — Prijenos i distribucija električne energije.

POPIS REFERATA PO GRUPAMA S ORIGINALNIM NASLOVIMA

Grupa A1

U ovoj grupi (13 referata) razmatrana je potrošnja električne energije. Ocijenjeno je da je naftna kriza sedamdesetih godina znatno utjecala na razvoj potrošnje električne energije. Predviđa se da će u zemljama u razvoju potrošnja nafte u sljedećih nekoliko godina rasti a da će industrijalizirane zemlje smanjiti svoju potrošnju. Naime, preporuča se da svaka energetska politika mora u sebi sadržavati tri osnovna cilja:

a) smanjiti rizik s obzirom na količinu i cijenu energije,
b) zadovoljiti energetske potrebe uz minimalne troškove (smanjiti troškove proizvodnje i potrošnje),
c) smanjiti uvoz energije (bilanca trgovine).

Da bi se postigli navedeni ciljevi, potrebno je učiniti sljedeće:

— eliminirati rasipnost potrošnje energije kod krajnjih potrošača
— smanjiti specifičnu potrošnju energije kod određenih krajnjih potrošača
— poboljšati stupanj korisnosti.

Originalni naslovi referata su:

— A development view of the Finnish electricity supply and energy management
— Forecasting CEGB electricity demand within the context of United Kingdom energy supply and demand,
— Effects on the electricity supply industry and energy economy of an increased contribution of electricity to the heating and thermo-processing sector in the Federal Republic of Germany up untill the year 2000,
— Effective use of electricity in the tertiary sector
— Techniques for electric high-power transmission in conurbations
— Economic competitivenes of electric power and prospective trends in its share in the energy balance in France
— Conservation practices and increased efficiency of energy conservation and usage
— The use of electric vehicles as a way of energy conservation
— The trends of electricity demand and its connection with the total energy balance in Hungary
— Forecasting electricity consumption and maximum demand in the Netherlands
— The contribution of public electricity supply in the Netherlands to the realization of the targets set in the country's energy policy for the 1980s
— Forecasting and planning objectives
— The new uncertainties — Lessons for European electricity planning from experience in other parts of the world.

Grupa A2

Šest referata razmatra metode za predviđanje potrošnje električne energije. Nakon događaja 1973. godine, u novim predviđanjima potrebno je uvažiti dva glavna faktora:

— ekonomski rast postao je ovisan o cijeni energije
— bilance između proizvođača i potrošača su narušene (razbijene) i treba ih uzeti u obzir u predviđanjima.

Dakle, metode predviđanja bazirane na ekstrapolaciji iz prošlosti od prije 1973. praktički su neuspješne (nedovoljne). Potrebne su bolje metode koje će dati novu metodologiju, i koje će se temeljiti na boljem poznavanju ekonomske strukture i krajnjih korisnika energije.

Naslovi referata s ovom tematikom:

— A method for time series analysis
— A forecasting model for electricity demand
— The evolution of electricity demand for industrial uses in Italy
— Accuracy of electricity forecasting methods
— Methods of forecasting electricity demand in Romania. Past results and future prospects
— The philosophy of model construction.

Grupa A3

Oblik krivulje opterećenja tretiran je u osam prispjelih referata. Proučavanje razvoja dijagrama opterećenja (potrošnja električne energije), kao i zadovoljenje potrošnje zahtijeva da to zadovoljenje bude adekvatno i ekonomično. Poznavanjem potrošnje iz prošlosti moguće je predvidjeti buduću potrošnju na nekoliko načina. Očekivana potrošnja unutar jednog dana ili drugog vremenskog intervala uglavnom se zadovoljava vlastitom proizvodnjom. Mogu se upotrijebiti i drugi načini da se potrošnja zadovolji. Npr, dobava (uvoz) od drugih opskrbljivača pored vlastitih elektrana, upotrebom crpno-akumulacijskih postrojenja, upotrebom dnevnih ili sezonskih tarifa itd. Referati u kojima se razmatra ova problematika jesu:

— Electronic Utility management system and the consumer
— Load curve characteristics and their influence on system development in Scotland
— Load-curve behaviour in Romania's electric-power system
— Techniques for influencing load curve levelling in Romania applications, results
— Mathematical model of the power system as a whole for a simultaneous optimization of the generating capacities and measures to modify the load curve
— Methods of measuring the sensitivity of electricity consumtion to random temperature variations: major principles and results
— Use of statistical analysis and classification of consumer load curves in forecasting electricity demand in terms of power and load
— Requirements and possibilities for further smoothing of the electric load curve and the consequences concerning the structure of the generating system relative to meet the requirements of manoeuvrability.

Grupa B1

Razvoj elektroenergetskog sustava obuhvaćen je s osamnaest referata. Usprkos razlikama postojećih sustava čine se zajednički napori u svim zemljama u razvoju za integraciju elektroenergetskog sustava. Osim konvencionalnih elektrana, u elektroenergetski sustav uključuju se nuklearne elektrane i crpno-akumulacijska postrojenja, dok se intenzivno radi na proučavanju i uključivanju drugih oblika energije npr. solarne, geotermalne, plime i oseke, energije vjetra i sl. Makar je upotreba tzv. nekonvencionalnih elektrana ekonomski još neopravdana radi se mnogo na njihovu uključenju u elektroenergetski sustav. Osim toga naglašen je problem nestandardiziranog nivoa prijenosne mreže. Razina napona se kreće od 345 kV (USA) preko 400, 500 do 750 kV. Problem povezivanja elektroenergetskih sustava Zapadne i Istočne Evrope je znanstveno-tehničko-organizacijski zadatak u razvoju elektroenergetskog sustava. Evo i popisa referata s ovom problematikom:

— The prospects for electricity supply in Finland
— The value of non-distributed energy as the development criterion of the power system
— Planning the development of an electricity supply system in uncertain conditions
— The CEGB long-term generation strategy
— Forecasting model in the framework of a structure for application to a supply system characterized by large power reserves but comparatively modest energy reserves
— Quantitative evaluation of the effect of commissioning delays in generation system planning.
— Medium and long-term prospects of the Austrian electricity supply system
— Reliability evaluation of electric power
— The influence of thermo-power and hydro-power plant structure in the power system on justifying the building of pump-storage plants
— Cost of electricity supply interruptions
— Problem of integrating small power plants into laroe interconnected networks
— Prospective development of generating capacities of the Czehoslovak electric power system
— The availability and implications of generating plants in the curent energy situation
— Methods of ensuring economic optimization of the development of electric power supply system in conditions of uncertainty
— Combustion turbines for high efficiency power generation systems
— Evaluation of power plant construction alternatives for precarious conditions
— Development of electric power supply in Hungary until 2000
— Development of electric power generation in Turkey.

Grupa B2

Na seminaru su, također, promatrani mogući, raspoloživi izvori. Mnogo puta na ovom savjetovanju spomenuti su događaji iz 1973. godine, tako da se od tada poklanja više pažnje svim oblicima energije. Grupa referata (devet referata) koji razmatraju ovu problematiku jesu:

— Environmental aspects of the planned coal utilization in Italian thermal power stations
— Development of Czehoslovak electric power system in relation to the disposable primary resources
— Experience and problems concerning the effective use of lowcalorie brown-coal as fuel for high capacity thermal power stations and its prospects
— Planning the Swedish power supply after the nuclear power referendum in March 1980
— The Swedish coal-health-environment project

— Economic and technical aspects of oil substitution in the production of the interconnected power system of the Public Power Corporation of Greece
— The financing of the Greek electric energy programme
— Fresh water (river) cooling of power stations with special regard to environmetal impacts and limits
— Large-capacity thermal power stations firing raw brown-coal in the German Democratic Republic.

Grupa B3

U grupi o razvoju novih oblika proizvodnje električne energije bilo je šest referata. Izmijenjene su informacije o nekim solarnim elektranama na jugu Italije i Španjolske. Evo popisa referata koji obrađuju ovu problematiku:

— Advanced nuclear fission power reactors and their fuel cycle integration
— Use of the waste heat from power plants in the bio-industrias-results from RWE test stations
— Technical solutions for heat recovery in agricultural enterprises
— Special control tasks for solar tower power plants and their influences on gird connection
— Coal gas — A high efficiency, low investiment option for the power industry
— The fast reactor system.

Grupa C

Prispjelo je petnaest referata koji razmatraju problem veleprijenosa — elektroenergetski prijenosni sustav. Evo i njihova popisa:

— Interconnection capacity in the development of the power supply system in the United Kingdom
— Austria is becoming power-wheel for East-West electricity exchange
— Future trends in the development of electric power transmission systems and interconnections
— The development of the 380/220/110 kV system in the Federal Republic of Germany
— General principles of designing international transmission systems
— General principles of designing international transmission systems
— Technical and economic limitations of the development of distribution networks from the point of view of configuration, voltage choice, power reserve and quality of supplied electric energy
— Current problems in the development of the Romanian electric power network
— The development of the electric power transmission system of the German Democratic Republic
— HVDC back-to-back tie to connect eastern and vestern Europe
— Interconnections have created an electrically integrated Nordic power system
— Present state and future development of the computerized power system control in Hungary
— The 1000 kV project
— Co-ordination of the generation and transmission of electric power in Belgium
— Power transformer standards
— An attempt to achieve international rationalization of the voltages of system for the transmission, distribution and use of electric power

Osim navedenih referata razvrstanih u grupe primljena su još četiri. Ti referati su:

— Prospects for penetration of the household, tertiary and industrial sectors by electrical power
— Medium and long-term prospects of nuclear power development
— United States electricity forecasts to 2000
— Survey of energy-demand forecasting techniques employed by electric utilies.

Na kraju mogli bi se navesti i neki zaključci seminara, odnosno preporuke za budući rad. Potrebno je:

— bolje sagledati i proučavati metode za korištenje el. energije i budućeg razvoja ovih metoda, te učiniti napore za zamjenu (supstituciju) naftnih derivata i plina u proizvodnji električne energije.
— prostudirati mogućnosti korištenja ugljikovodika za pokrivanje potrošnje el. energije (proizvodnja el. energije)
— prikupljati podatke o krivulji opterećenja za matematičko statističku simulaciju
— angažirati se na problemu povezivanja elektroenergetskih sustava zemalja istočne i zapadne Evrope
— prostudirati i odrediti oblik energije koji bi zamijenio naftu u budućnosti.
— pripremiti periodične izvještaje s informacijama od drugih međunarodnih organizacija o racionalnim energetskim izvorima koji su važni za elektroprivredu, specijalno za nove i obnovljive izvore električne energije
— pripremiti periodične izvještaje sa stajališta novih ekonomsko-potencijalnih izvora električne energije.
— nastaviti rad na povezivanju elektroenergetskih sustava balkanskih zemalja i
— unaprijediti koordinaciju među pojedinim organizacijama (CIGRÉ, IEC, WEC, CIRED, UCPTE, UNIPEDE).

S. A.

TPK

INDUSTRIJA TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA, PROCESNE OPREME I KOTLOVA s n. sol. o. OOUR-a, ZAGREB

Telefon: (041) 216-666 * Telegram: TEPEKA — Zagreb * Telex: 21-319 YU TPK ZG

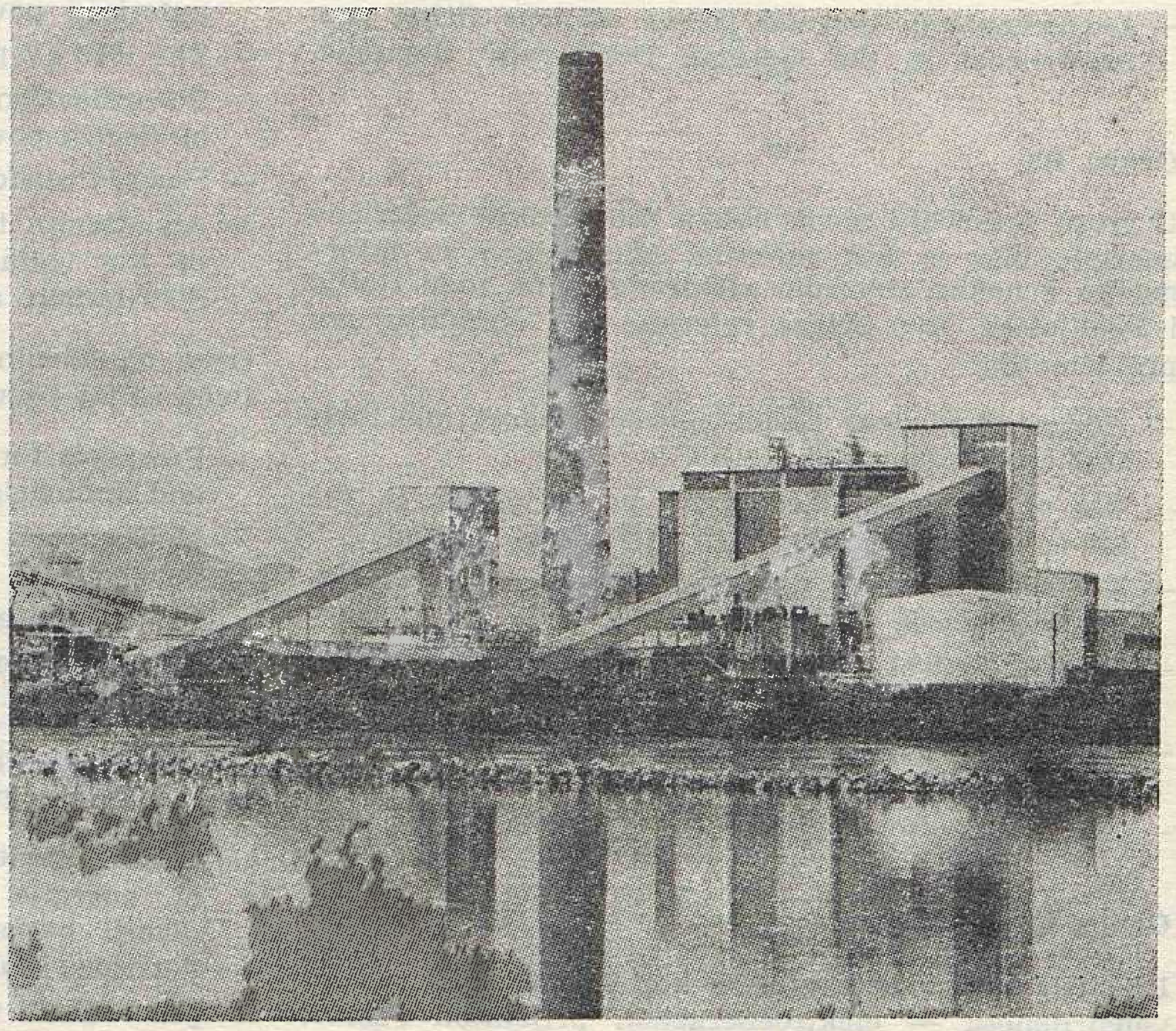
Projektira

Proizvodi

Konstruira

Montira

Izvodi



STACIONARNE KOTLOVE

po vlastitoj dokumentaciji i u suradnji do najvećih učina, tlakova i temperatura pare ili vode: za centralna grijanja • za daljinska grijanja • za tehnološke procese • za pogon parostrojeva • za baznu energetiku

BRODSKE KOTLOVE

po vlastitoj dokumentaciji i po licenci: glavne: • pomoćne: na naftu, na ispušne plinove, kompozitne itd.

ELEMENTE KOTLOVA

bubnjeve • cijevne sisteme • zagrijače vode • zagrijače zraka • pregrijače pare • čelične konstrukcije itd.

OPREMU KOTLOVNICA

uređaje za kemijsku pripremu vode • uređaje za toplinsku pripremu vode • cjevovode • hladnjake pare • spremnike goriva • razne posude pod tlakom • pročistače dimnih plinova • limene dimnjake • uređaje za transport goriva itd.

UREĐAJE ZA LOŽENJE

nepokretne roštilje • pokretne roštilje • mlinska ložišta • plinska ložišta • pneumatska ložišta • ložišta za drvnu piljevinu i otpatke • ložišta za ulja • ložišta za plin • drobilice i izbacivače šljake itd.

OPREMU ZA PROCESNU INDUSTRIJU

za petrokemijsku industriju • za farmaceutsku industriju • za prehrambenu industriju • za industriju građevinskog materijala • za metalurgiju itd.

BRODSKU OPREMU

spremnike • bojlere • hidrofore • rashladnike • zagrijače itd.

ARMATURE

ventile ravne, kose i kutne: zaporne, zapornoodbojne, odbojne, regulacione, sigurnosne • hvatala nečistoće • glave za napajanje • termodinamička odvajala kondenzata • kondezne lonce • vodokaze • regulatore vodostaja • ispusne pipce • slavine • prirubnice za navarivanje itd.

ELEMENTE ENERGETSKIH UREĐAJA

posude pod tlakom • izmjenjivače topline • razne spremnike • podnice itd.

OPREMU ZA TEHNOLOŠKE PROCESE

za zagrijavanje i toplinske obrade • za transport limova, profila i cijevi • pomoćnu za zavarivanje • za uvaljavanje cijevi itd.

PRIBORE

za pogonska ispitivanja vode • za utvrđivanje kvalitete radiograma • za toplinska mjerenja itd.

SERVISIRANJE ENERGETSKIH POSTROJENJA

REKONSTRUKCIJE ENERGETSKIH POSTROJENJA

LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

defektoskopska • kemijska • metalografska • mehanička itd.

ATESTACIJU ZAVARIVAČA

RAZVOJNA ZNANSTVENA ISTRAŽIVANJA

JUGOSLAVIJA

Južni Jadran III. Na Crnogorskom primorju, oko 25 km od Boke Kotorske, završene su sve pripreme za bušenje treće bušotine Južni Jadran III. Prema projektu bušenje treba obaviti do dubine od 3 920 m. U istražne radove u tom dijelu Jadrana trebat će investirati do kraja 1981. god. oko 15 milijuna dolara. Stručnjaci jugoslavenske firme »Jugopetrol« i američkih kompanija interesiraju se također za istražne radove na kopnu od Petrovca do Rijeke Crnojevića. Eksperti su također optimistični što se tiče morskog dna i mišljenja su da treba biti istraženo oko 52 000 m². Prve količine nafte iz nalaza na Jadranu trebaju poteći 1985. god. — U Jugoslaviji se sada proizvode 4,2 milijuna t nafte. Za pokriće domaćih potreba treba biti 1981. god. uvezeno nešto više od 10 milijuna t nafte. (Jugoslawien. Südadria III. = Erdöl und Kohle = Bd. 34, 1981., 10, »Ländernachrichten«, S. 465—466.)

Dr Z. K.

Znatan doprinos: »offshore« proizvodnja nafte i plina.

Prema procjeni W. C. Reida, predsjednika »Esso Europa«, mogla bi prema kraju ovog stoljeća približno polovica svjetske proizvodnje nafte potjecati od nalazišta što leže ispod morskog dna. To će biti posljedica napretka »offshore« tehnike i prodiranja u sve teža područja. — Tako je, primjerice, međunarodna »Esso« organizacija otkrila naftu na udaljenosti većoj od 200 km ispred obale Ognjene zemlje, južnog završetka Južne Amerike. Daleko na sjeveru ova organizacija izvodi sada istražna bušenja zajedno s norveškim »Statoilom« i drugim partnerima pred Hammerfestom, najsjevernijim, gradom na svijetu. Godine 1980. naišla je pak kod otočja Sverdrup na sjevernoj širini 78° u Arktičkom moru na plin. Okolnost da je gotovo 40% priobalnih područja (»šelfova«) ispred kontinenta stalno ili povremeno pod ledom može objasniti značenje ovih uspjeha. Zbog toga organizacija »Esso« sada istražuje kako trebaju biti konstruirane platforme za eksploataciju da bi mogle odolijevati do 20 m debelom ledu i do 30 m visokim valovima te udarcima potresa. — Još prije 15 godina nije bila izvedena ni jedna istražna bušotina u morskoj dubini većoj od 150 m. Danas je bušenje moguće u dubinama mora do 1 500 m. — Trenutno širom svijeta radi gotovo 500 bušaćih otoka (izvan istočnog bloka); od toga je 89 pred Evropom, 169 pred Sjevernom Amerikom, 71 ispred Južne Amerike, 70 na Dalekom istoku i ispred Australije, 52 ispred Afrike i 45 u Perzijskom/Arapskom zaljevu. Oko 200 platformi i brodova za marinska bušenja je u gradnji. (Erheblicher Beitrag: Offshore-Förderung von Öl und Gas. »Erdöl und Kohle«, 34, 1981, 10, S. 428 — Nachrichten aus der Industrie.)

Dr Z. K.

KINA

Važan nalaz nafte u kineskim vodama

Kina i Japan pronašli su nalazište nafte koje daje nadu za veliku proizvodnju u kineskim vodama do sredine 80-ih godina. »China National Petroleum Corporation« izvještava da se radi o produktivnoj bušotini sa dnevnim iscrpkom od 1 000 t sirove nafte pred lučkim gradom Tianjin. Nalaz nafte je u dubini od 3 300 m i naftonosni sloj ima debljinu oko 300 m. Prema podacima »Japan-China Petroleum Development Corporation« daje bušotina 600 000 m³ zemnog plina i 50 t kondenzata. Nafta je dobre kvalitete i ima mali sadržaj sumpora. Zajednička japansko-kineska kompanija, koja je učinila ovaj nalaz, osnovana je 1980. god. radi istraživanja nafte i plina u južnim i zapadnim sektorima Bohai mora u području od više no 10 000 km². Istraživanja nafte u istom području obavlja i firma »Elf Aquitaine«. Inozemne naftne kompanije nedavno su završile seizmička ispitivanja u Žutom i Južnokineskom moru i sada čekaju na to da Kinezi javno raspišu natječaj za eksploatacijska prava u tim područjima. (China. Wichtiger Ölfund in chinesischen Gewässern. »Erdöl und Kohle« Bd. 34, 1981, 10, »Ländernachrichten«, S. 464.)

Dr Z. K.

NORVEŠKA

Povoljni izgledi za nalaz plina

U bloku 30/6 (130 km zapadno od Bergena), koji je zbog velikih izgleda za uspjeh nazvan »srebrnim« blokom, naišao je »Statoil« s petom bušotinom prvi put u norveškom dijelu Sjevernog mora na sumporovodik. Zbog ovdje potrebne specijalne tehničke opreme nije još izvršen nikakav proizvodni test. Pretpostavlja se da se u ovom bloku nalazi pretežno nafta. Zajedno s blokovima 30/2 i 30/3 nalazi se blok 30/6 u sada najinteresantnijem području norveškog dijela Sjevernog mora. — S jednom eksploatacijskom bušotinom u bloku 7120—8 u sjevernonorveškom »offshoreu« ispitao je »Statoil« prvi nalaz plina: protočna količina bila je veća od 1 milijun m³ na dan uz prigušni ventil 25 mm. Plinsko polje odnosno nalazište procjenjuje se na 150 milijardi m³ plina. Planirana su dalja ispitna bušenja. — Kod ispitnog bušenja u bloku 7120/12 u području Tromssoeflaket postigla je firma »Norsk-Hydro« dnevnu protočnu količinu od 723 000 m³ zemnog plina, pri čemu je promjer prigušnog ventila bio 24 mm. Blok dijele norveške kompanije. (Norwegen. Erfolgversprechende Erdgasfunde. »Erdöl und Kohle«, 34, 1981, 10, S. 466 — Ländernachrichten.)

Dr Z. K.

U RADU ČETIRI NOVE HIDROELEKTRANE

U 1981. godini u Jugoslaviji se nalazilo u gradnji 11 hidroelektrana, ukupne instalirane snage 1.742 MW, prosječne godišnje proizvodnje 4.220 GWh električne energije, s potrošnjom 1.610 GWh energije iz sistema za pumpni režim rada RHE Bajina Bašta i RHE Obrovac. U četvrtom tromjesečju 1981. godine puštene su u rad nove hidroelektrane »Bočac« na Vrbasu, »Salakovac«, i »Grabovica« na Neretvi, te Golubić, u sjevernoj Dalmaciji.

Tehnički podaci novih hidroelektrana:

HE Bočac na Vrbasu. U povodu Dana Republike 29. studenog 1981. godine puštena je u pogon HE Bočac, instalirane snage 2 × 55 MW, s godišnjom proizvodnjom od 275 GWh električne energije. Prema programu investitora prvi agregat je u radu, dok će drugi biti sredinom 1982. godine. Uz hidroelektrane Jajce I i Jajce II to je treća elektrana na Vrbasu na potezu Jajce — Banja Luka.

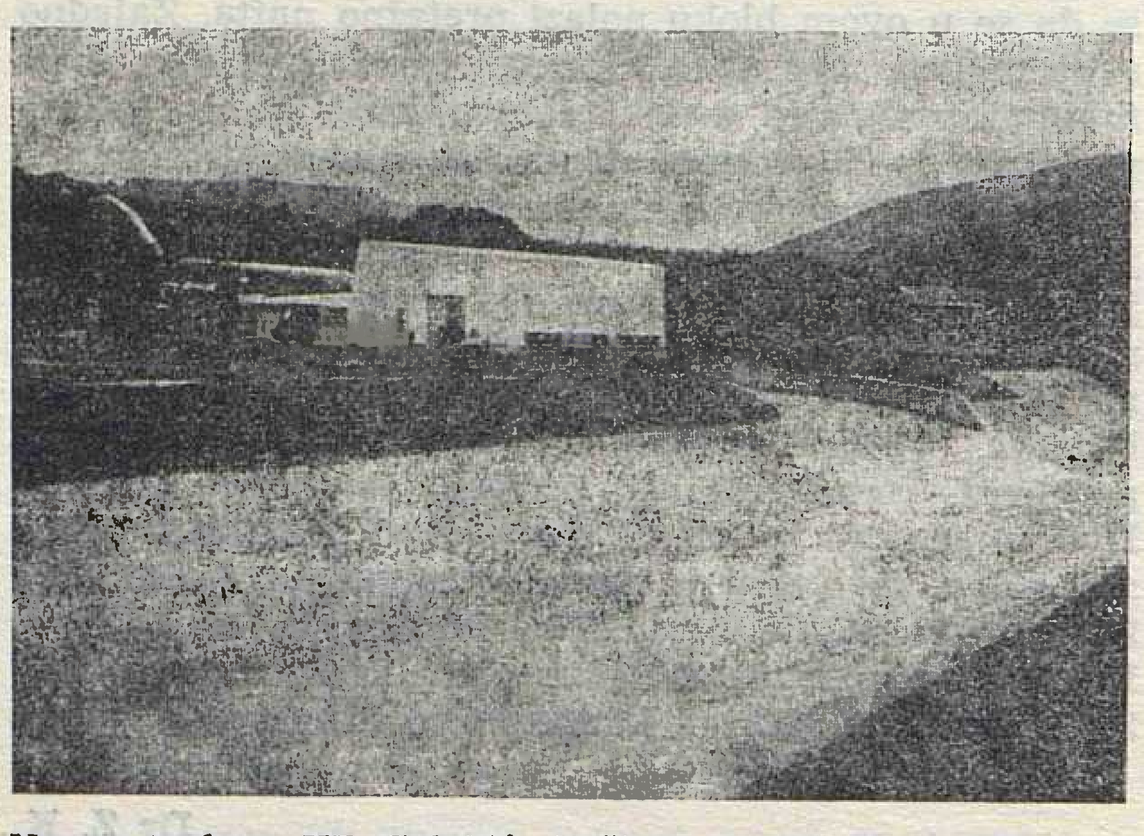
HE »SALAKOVAC« i HE »GRABOVICA« na Neretvi puštene su u rad na Dan JNA 22. prosinca 1981.

HE »Salakovac«, ima snagu od 3 × 70 MW i prosječnu godišnju proizvodnju 590 GWh električne energije. Do izgradnje kompenziranog bazena »Mostar« elektrana će raditi samo s dva agregata.

HE »Grabovica«. Snaga 2 × 57 MW, moguća godišnja proizvodnja 350 GWh.

Obe ove hidroelektrane izgrađene su za četiri godine i pri gradnji su primijenjena najsuvremenija tehnička rješenja,

Ukupna investicijska ulaganja u HE »Salakovac« i HE »Grabovica« iznose oko osam milijardi dinara. Puštanjem u pogon ovih dviju elektrana hidroenergetski potencijal Neretve, koji iznosi oko 3,8 milijardi kWh električne energije, bit će iskorišten s oko 65%. **HE GOLUBIĆ** puštena je u rad 29. prosinca 1981. godine. Instalirana snaga je 6,5 MW, a koristi vode Bitušnice, pritoke Krke. Iako manje snage davat će godišnje elektroenergetskom sistemu Hrvatske oko 28 milijuna kWh električne energije.



Novosagrađena HE Golubić. Puštena u rad 29. I 1981.

Investitor RO »Hidroelektrane na Krki i Zrmanji« iz Knina investirao je za gradnju 265 milijuna dinara. Treba naglasiti da je HE Golubić sagrađena prije planiranog roka, za svega 22 mjeseca.

Nakon izgradnje HE Golubić nastavit će se s daljnjom realizacijom korištenja vodnih snaga rijeke Krke i Zrmanja, u sjevernoj Dalmaciji. Na tom području planirana je gradnja hidroelektrana Krčić, Marjanović, Čikola i Čikola II, te Žegar i Krupa. U prvi plan dolazi gradnja HE Krčić, instalirane snage 20 MW. Upravo se završavaju istraživački radovi na lokaciji buduće HE Krčić.

Treba istaknuti da su hidroelektrane Bočac, Salakovac, Grabovica i Golubić u cijelosti djelo domaćih građevnih organizacija i proizvođača opreme. Glavni isporučioci opreme su tvornice »Rade Končar«, Litostroj, Energoinvest, Metalna, Maribor, Iskra i drugi.

I. R.

ELEKTROENERGETSKA BILANCA HRVATSKE ZA 1982.

Eelektroenergetska bilanca Hrvatske za 1982. godinu obuhvaća plan potreba za električnom energijom i plan njezine proizvodnje. Eelektroenergetskom bilancom predviđa se da će se podmiriti potreba za kvalitetnom električnom energijom, uz najpovoljnije tehničke i ekonomske uvjete iskorištenja elektroenergetskog sistema Hrvatske.

Veličine elektroenergetske bilance Hrvatske za 1982. utvrđene su na temelju osnovne studije »Metodologija za izradu elektroenergetske bilance« koju je prihvatila Zajednička skupština Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske i Republička samoupravna interesna zajednica potrošača električne energije Hrvatske, u skladu sa:

- Zakonom o elektroprivredi SR Hrvatske,
- Samoupravnim sporazumom o uređenju međusobnih odnosa SIZ-a potrošača električne energije Hrvatske i Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske.
- Sporazumom o zajedničkom radu u jugoslavenskom elektroenergetskom sistemu,
- Uredbom o mjerama kojima bi se smanjila potrošnja i štedila tekuća goriva (Službeni list SFRJ 25/81).

PLAN POTREBA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Planom potreba električne energije utvrđene su ukupne potrebe mreže prijenosa, s osvrtom na količine koje podmiruje distribucija vlastitim i industrijskim elektranama i kupnjom od distribucija drugih republika. Ukupne potrebe električne energije čine zbroj potreba distribucije, neposrednih i posrednih potrošača, te gubitaka prijenosa električne energije od izvora do mjesta preuzimanja na mreži prijenosa. Plan ukupnih potreba električne energije na mreži prijenosa u 1982:

distributivni potrošači	9.333 GWh
neposredni potrošači	905 GWh
neposredni-specijalni potrošači	1.925 GWh
gubici prijenosa	388 GWh
Ukupne potrebe	12.551 GWh

Osim ovih potreba, trebat će vlastitom proizvodnjom podmiriti dugovanja električne energije inozemstvu od 180 GWh, što su nastala u XI i XII mjesecu 1981. godine. Plan potrošnje električne energije u 1982. veći je za 3% u odnosu na potrošnju 1981. godine.

Relativno malen porast od 3% ,odnosno 368 GWh, u 1982. godini prema ostvarenju u 1981. godini posljedica je smanjenih investicija i mjera stabilizacije, štednje i racionalne upotrebe električne energije.

Radne organizacije distribucije, osim iz mreže prijenosa planiraju da podmire potrebe za električnom energijom svojih potrošača iz vlastitih elektrana, industrijskih elektrana i kupnjom od distribucije drugih republika, u ukupnoj količini od 100 GWh.

Potrebe neposrednih potrošača planiraju se na temelju prijava samih potrošača, usklađenih s elektroenergetskim suglasnostima. U 1982. godini se ne predviđa ulazak u pogon novih neposrednih potrošača, pa porast potreba prema ostvarenju u 1981. godini iznosi samo 2%, odnosno 57 GXh.

U 1982. godini plan gubitaka prijenosa od 388 GWh odnosi se na planiranu predaju električne energije na mreži prijenosa od 12.143 GWh.

RASPOLOŽIVA ELEKTRIČNA ENERGIJA

Mogućnost da se podmiri potreba za električnom energijom ovisi o izgrađenosti elektroenergetskog sistema, koji treba proizvoditi i prenositi potrebne količine električne energije do potrošača. U 1982. godini elektroenergetski sistem Hrvatske raspolaže s ukupno 3.446 MW snage elektrana. Tu su uključene hidroelektrane, nuklearna elektrana, termoelektrana na kruto i tekuće gorivo, plinske termoelektrane i termoelektrane u drugim republikama (izgrađene za potrebe Hrvatske).

Prema tome, izgrađenost elektroenergetskog sistema Hrvatske u 1982. godini može u potpunosti zadovoljiti planirane potrebe električne energije, drugi je naravno problem opskrbljenost gorivom.

Proizvodnja hidroelektrana. Proizvodnja hidroelektrana planirana je na temelju ostvarenih prosječnih mjesečnih dotoka u nizu od 40 godina (1926. do 1965.) pojedinih vodotoka, uz poštivanje ispuštanja biološkog minimuma vode.

Ukupno raspoloživa snaga hidroelektrana u 1982. godini iznosi 1.504 MW. Njihov plan proizvodnje u 1982. godini iznosi 4.955 GWh (protočne HE 1.115 GWh i akumulacione HE 3.840 GWh).

U 1982. godini ulaze u pogon dvije nove hidroelektrane i to:

HE Čakovec, snage 2 × 38,7 MW, s jednim agregatom u travnju, a drugim agregatom u srpnju 1982. godine, prosječne godišnje proizvodnje 415 GWh,
HE Golubić, snage 6,5 MW, s prosječnom godišnjom proizvodnjom 28 GWh od 1. siječnja 1982. godine.

Proizvodnja termoelektrana — Plan proizvodnje termoelektrana utvrđuje se kao nadopuna proizvodnje hidroelektrana do planiranih potreba električne energije.

Plan proizvodnje termoelektrana Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske u 1982. godini utvrđen je u količini od 4.440 GWh. U tom planu obuhvaćena je isporuka električne energije iz termoelektrana u drugim republikama s veličinama utvrđenim na temelju sklopljenih ugovora o dugoročnoj izgradnji elektroprivrednih objekata s Elektroprivredom BiH i ZEP Beograd. Na temelju ugovora isporučuju:

TE Tuzla IV	1.200 GWh
TE Kakanj IV	276 GWh
TE Obrenovac	1.680 GWh
Ukupno	3.156 GWh

U planu proizvodnje za 1982. godinu TE Plomin (elektrana na kruto gorivo) planirana je samo sa 5.269 sati iskorištenja zbog produženog remonta. NE Krško je planirana sa 5.000 sati rada (program za prvu godinu eksploatacije), termoelektrane — toplane planirane su u protutlačnom radu, dok su termoelektrane na tekuće gorivo predviđene kao nadopuna ukupne potrebne proizvodnje termoelektrana.

TE Sisak angažirana je praktički tokom cijele godine samo s jednim kotlom. Plinske elektrane nisu predviđene planom proizvodnje, ali moraju biti pogonski spremne tokom cijele godine, osim za vrijeme remonta. Smatraju se interventnim elektranama, a mogu se koristiti u ljetnim mjesecima u normalnoj proizvodnji, ako će biti plina, kao zamjena termoelektranama na tekuće gorivo.

I. Radman

HE ČAKOVEC — MONTAŽA GLAVNE OPREME

Usporedo s građevnim radovima HE »Čakovec«, kraj Orehovca, ubrzano se montira glavna oprema: turbine, transformatori, generatori, hidromehanička i druga oprema.

Montažu generatora izvode stručne ekipe RO »Rade Končar«, koji je i izradio generator. Montaža prvog generatora je u završnoj fazi, a u predviđenom mjestu već su postavljeni i uređaji blok trasformatora. Drugi generator, također proizvod tvornice »Rade Končar« ispituju stručnjaci Instituta za elektroprivredu iz Zagreba.

Stručnjaci tvornice Litostroj rade na montaži prve turbine s odgovarajućim uređajima. Kompletna oprema za drugu turbinu koju je proizveo Litostroj, je isporučena. Opsežni su poslovi na gradnji rasklopnog postrojenja, kao i gradnja vodova kojima će hidroelektrana »Čakovec« biti povezana s postojećim dalekovodom 110 kV Čakovec-Koprivnica. Prema dinamici svih poslova na gradnji druge dravske hidroelektrane u Hrvatskoj HE Čakovec bi trebala ući u pogon s jednim agregatom u travnju, a drugim agregatom u srpnju 1982. godine. Ulaskom u pogon HE »Čakovec« elektroenergetski sistem Hrvatske obogatit će se s 415 GWh kvalitetne električne energije.

I. R.

AUTOMATIZACIJA U TS MELINA

Nakon završene izgradnje TS 400/220/110 kV Melina, uvodi se automatizacija za daljinsko upravljanje. Završeni su svi poslovi oko njenog uvođenja za nivo napona 400 kV, 220 kV i 110 kV. Investicije za kom-

pletnu opremu i montažu iznosile su oko 50 milijuna dinara.

TS 400/220 kV Melina predstavlja najveće prijenosno postrojenje područja »Elektroprenos« Opatija. Poslije ugradnje suvremenih uređaja stanica je uključena u direktni sistem automatiziranog izravnog upravljanja sa svim prijenosnim postrojenjima u regiji i republici.

I. R.

OSTVARENA PROIZVODNJA U 1981.

Ostvarenje proizvodnje električne energije prema elektroenergetskoj bilanci Hrvatske u 1981. godini dalo je ove rezultate: Proizvodnja hidroelektrana u 1981. godini ostvarena je u količini 4. 682 milijuna kWh ili 102 posto od plana. Plan proizvodnje ostvaren je zahvaljujući povoljnim dotocima i visokoj akumulaciji skoro cijele godine.

Plan proizvodnje termoelektrana na tekuće gorivo u 1981. godini iznosio je 3.488 milijuna kWh, a ostvareno je 2.539 milijuna kWh, što iznosi 78 posto od plana. Smanjena proizvodnja termoelektrana posljedica je izvanplanske kupnje električne energije od 653 milijuna kWh u drugim republikama i inozemstvu, čime su smanjene potrebe za tekućim gorivom. Ujedno su smanjeni troškovi jer je ostvarena cijena kupljenog kWh niža od troškova tekućeg goriva po kWh. Na preostali dio smanjene proizvodnje termoelektrana na tekuće gorivo utjecala su i ograničenja potrošnje električne energije, kao i veća proizvodnja hidroelektrana. Smanjenom proizvodnjom termoelektrana na tekuće gorivo radi navedenih razloga, a djelomično i upotrebom plina umjesto loživog ulja u ljetnim mjesecima, smanjena je potrošnja tekućeg goriva u 1981. godini za oko 278.000 tona.

Termoelektrane u drugim republikama (TE »Tuzla«, TE Kakanj i TE Obrenovac) isporučile su elektroprivredi Hrvatske u 1981. godini 3122 milijuna kWh ili 99 posto od plana.

I. R.

NUKLEARNE ELEKTRANE U VOJVODINI

Program izgradnje nuklearnih elektrana do 2000. god. predviđa gradnju šest NE po 1000 MW. Program obuhvaća i gradnju NE i na području AP Vojvodine, čije je područje siromašno energetskim izvorima.

Elektroprivreda Vvojvodine razmatra i dvije mogućnosti gradnje nuklearnih objekata, instalirane snage 1000 MW, u zajednici s elektroprivredom SR Hrvatske i SR Srbijom. Investicije i korištenje proizvodnje išle bi po pola za svaku stranu.

Za sada je najrealnija izgradnja NE Dunav I, locirane kod Bogojeva ili kod Dalja. Druga NE Dunav II gradila bi se zajednički sa SR Srbijom kod Smedereva.

Pitanje konačnog izbora lokacije i odluke gradnje nuklearke u Vojvodini treba se riješiti do kraja 1983. godine.

I. R.

REKONSTRUKCIJE ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA

Za plan rekonstrukcija i modernizacije objekata proizvodnje i prijenosa u SR Hrvatskoj u 1981. godini planirano je oko 286 milijuna dinara Od predviđenih ulaganja proizvodne jedinice koristile su 151,5 milijuna dinara. Najveći dio tih sredstava otpada na RO »Elektroprivreda« Zagreb, RO »Elektroprivreda« Rijeka, te »Elektroprivredu Dalmacije« Split i »Elektroslavoniju« Osijek. Opsežne rekonstrukcije i modernizacije izvedene su u HE Senj i HE Sklope, HE Vinodol, HE Orlovac, HE Zakučac i HE Varaždin, a u grupi termoelektrana TE — TO Zagreb, TE Plomin, TE Rijeka i TE Sisak. Za modernizaciju i proširenje prijenosnih objekata određen je iznos od 134,5 milijuna dinara. Sredstva su najvećim dijelom korištena za prijenosnu mrežu napona 400 kV, 220 kV i 110 kV na područjima pojedinih RO »Elektroprenosa« u SR Hrvatskoj.

I. R.

L. Jarass: WIND ENERGY, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981, 209 str. 135 slika, tvrdi uvez, format 12 × 25 cm, cijena 74 DM.

Danas, u doba energetske krize i u potrazi za novim izvorima energije, knjiga o iskorištavanju energije vjetra vrlo je aktualna. Premda se dio koji govori konkretno o mogućnosti iskorištenja vjetra odnosi na meteorološke i energetske prilike koje vladaju u SR Njemačkoj izlaganja u knjizi mogu se primijeniti u svakoj zemlji.

Materija u knjizi je podijeljena na 13 poglavlja, s dodatkom 14. poglavlja gdje je navedena opširna literatura.

U prvom poglavlju iznesena su predviđanja porasta potrošnje i proizvodnje električne energije u Njemačkoj do 2000. godine, kao i mogući energetski potencijal vjetra. U sljedeća dva poglavlja razrađeni su meteorološki uvjeti s obzirom na vjetar, kriteriji za odabiranje lokacije elektrane na vjetar, fundamentalna pitanja tehnologije iskorištavanja vjetra, kao i integracije takvih elektrana u elektroenergetski sistem.

U 4. poglavlju prikazane su meteorološke prilike u Njemačkoj, gdje je posebno zanimljiva metodologija prilaza tom problemu, primjenljiva i u drugim područjima. Posebno su interesantna poglavlja 5 i 6, gdje je razmatrana konverzija energije vjetra u električnu energiju. Integraciji elektrana na vjetar u elektroenergetski sistem i uštedi goriva posvećeno je poglavlje 7 i 8. U ostalim se poglavljima govori o odnosu proizvodnje klasičnih elektrana i onih na vjetar, mogućnosti proizvodnje osigurane količine energije, kao i utjecaju na uštedu goriva. Posljednja dva poglavlja razmatraju ekonomsku stranu izgradnje i pogon elektrana na vjetar s gledišta prilika u Njemačkoj.

Knjiga se može preporučiti energetičarima, prije svega zbog toga što se mogu upoznati s metodologijom prilaza problemu iskorištavanja vjetra u elektroenergetske svrhe. Prikazi u knjizi zgodni su za osnovna energetska razmatranja u pojedinim vjetrovitim područjima zemlje.

B. Markovčić

Autorski kolektiv: ERHÖHNUNG DER EFEKTIVITÄT DER ENERGIEWIRTSCHAFT UND DER QUALITÄT DER ENERGIE, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie-Leipzig, 295 strana, 65 slika i 39 tablica, tvrdi uvez, format 17 × 23 cm. Broj narudžbe 541-617-3, cijena 38-M

U današnje je vrijeme ekonomično gospodarenje energijom prioritetni zadatak tehničara i ekonomista. U ovoj su knjizi iznesene smjernice za rješavanje takvih problema na temelju radova inženjersko-ekonomskog instituta u Lenjingradu i Inženjerske visoke škole u Zitauu (DDR). Knjiga bi mogla zanimati energetičare, ekonomiste, kao i studente navedenih struka. Problematika obrađena u knjizi razdijeljena je u tri poglavlja.

Prvo poglavlje obrađuje povećanje intenziteta društvene proizvodnje i glavne smjernice naučno-tehničkog napretka u energetskom gospodarstvu. Najprije je prikazano intenziviranje energetskog gospodarstva u Njemačkoj DR i SSSR-u, a zatim je učinjen osvrt na gospodarenje primarnom energijom, elektroenergijom, plinom, toplinskom energijom i gorivom. Govori se također o racionalizaciji tehnoloških procesa u industriji. Metodološke osnove za povećanje efekta u energetskom gospodarstvu razmatrane su u 2. poglavlju. U ovo su poglavlje uključeni tehničko-ekonomske analize proizvodnih procesa i upotreba energije u industriji.

Treće poglavlje obrađuje poboljšanje kvalitete u opskrbi energijom. Obuhvaćeno je i socijalno i ekonomsko značenje kvalitete energije općenito, a elektroenergije i plina napose. Dotaknuto je također pitanje pouzdanosti opskrbe energijom i štete od ispada. Knjiga završava prikazom ekonomsko-matematičkih postupaka pri optimalnom upravljanju kvalitetom električne energije.

Na kraju svakog poglavlja navedena je opširna literatura.

B. Markovčić

RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

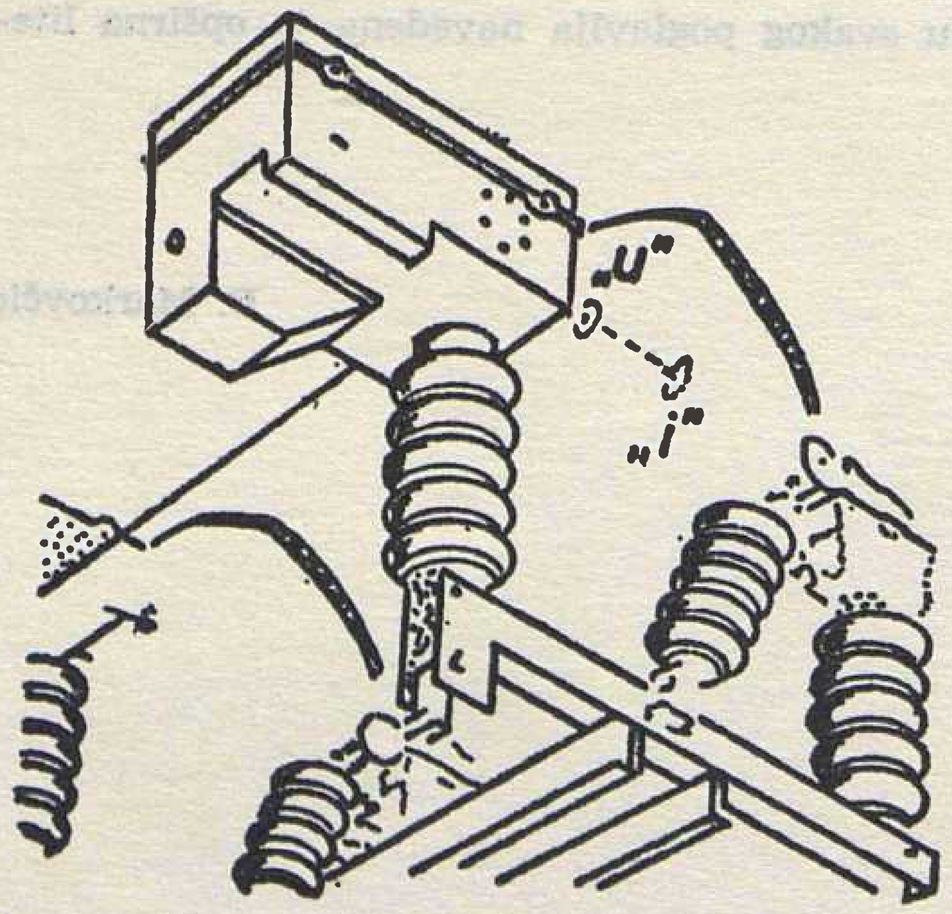
Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.



sl. 1.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

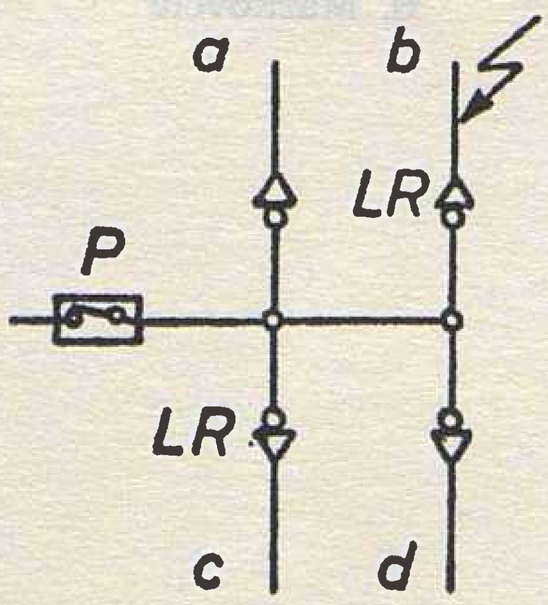
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

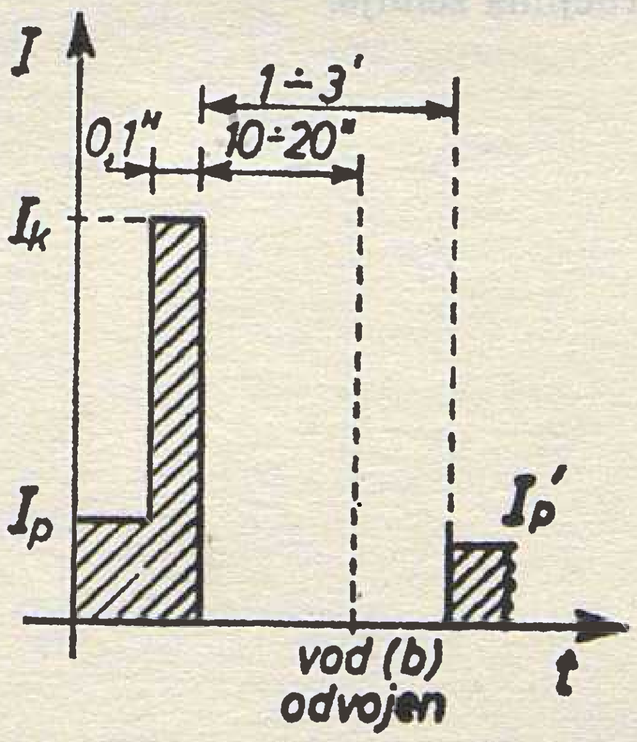
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



sl. 2.



sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

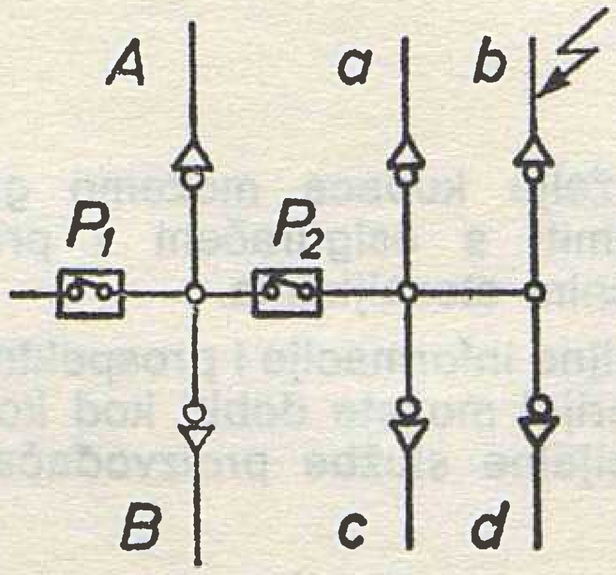
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

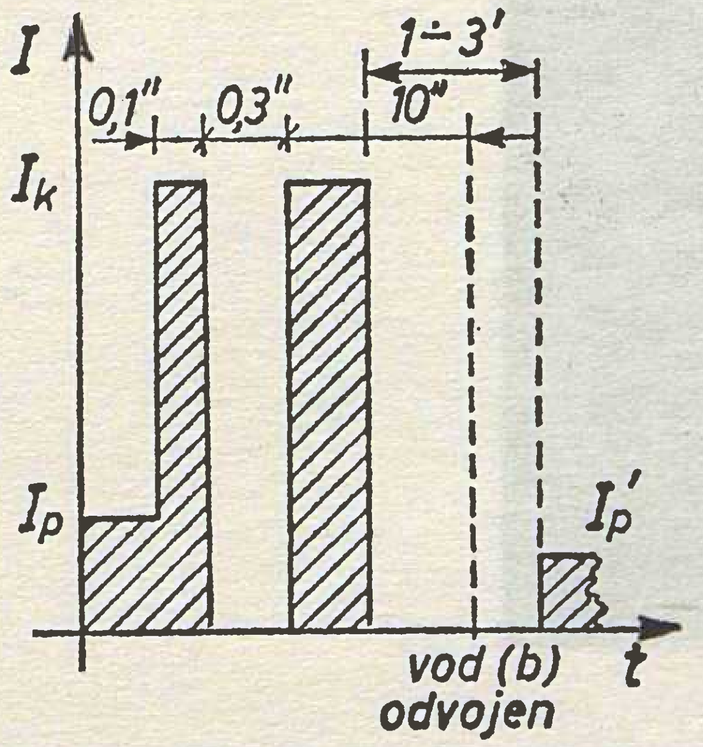
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

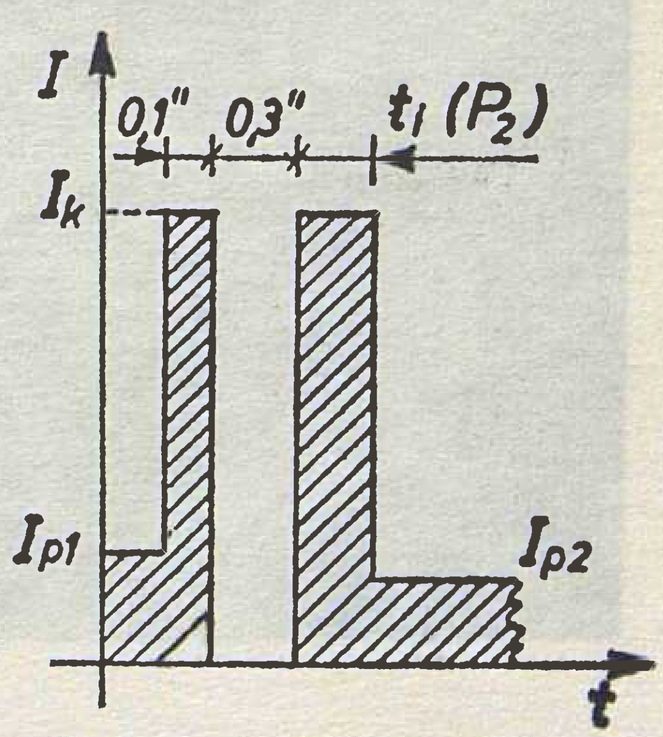
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

KANDELABRI „ARPOSA"

proizvodnje IGM „Sava" – Krško

Industrija građevnog materijala »SAVA« Krško počela je s proizvodnjom kandelabera »ARPOSA« od armiranog poliestera, tipske dužine 4,7 i 4,0 m.

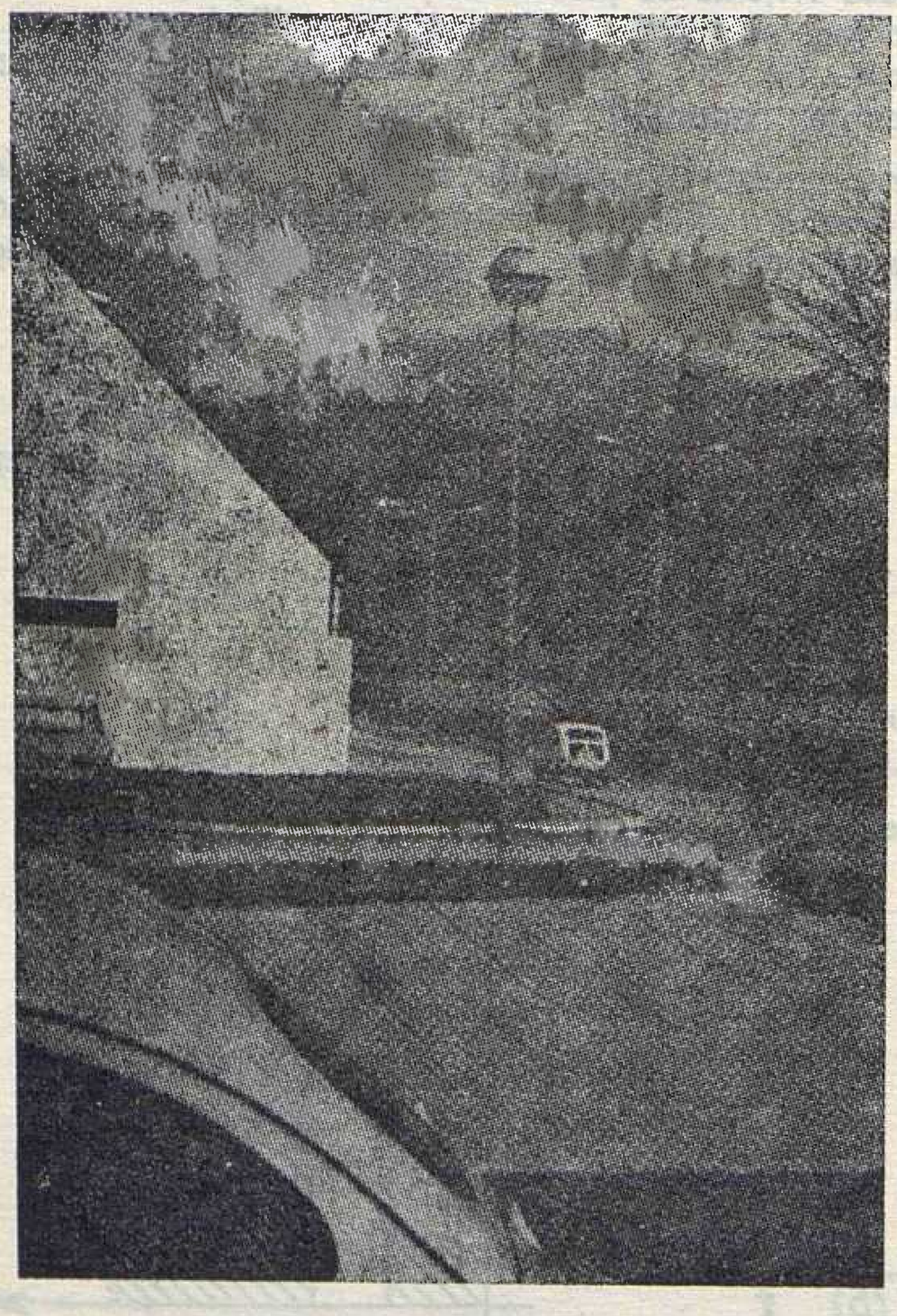
Kandelabri su oblikom šuplji s konicitetom, konačnog vanjskog promjera 76 mm, što odgovara svjetiljkama koje se upotrebljavaju u te svrhe.

Estetskog su oblika, pa ih možemo (zbog mogućnosti različitih boja) uklopiti u bilo kakav ambijent. Zbog upotrebe armiranog poliestera sa staklenim vlaknima predstavljaju izolaciono tjelo, pa ih nije potrebno uzemljivati. Sam materijal ne korodira, a ne uništavaju ga ni mikroorganizmi.

Stoga imaju dug životni vijek i ne mijenjaju im se mehanička i druga svojstva. Zbog specijalne tehnologije predstavljaju kompaktan element s malim uklonom, pa su upotrebljivi i u području vjetra treće zone.

Vrlo su lagani (težina oko 14 kg) i zato se mogu jednostavno prenositi i transportirati.

Osim kandelabra IGM, »SAVA« proizvodi i montažne temelje pomoću kojih možemo kandelabre brzo i jednostavno podizati i na manje nosivom tlu.



Na želju kupaca možemo ga opremiti s osiguračem i priključnim stezaljkama.

Detaljne informacije i prospektni materijal možete dobiti kod komercijalne službe proizvođača.

UDK 621.31 ENJAAC YU ISSN 0013-7448

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

energija

Izdavači:

Združeno poduzeće »Elektroprivreda«, Rijeka
Združeno poduzeće »Elektroprivreda Dalmacije«, Split
SIZ za znanstveni rad SR Hrvatske
Elektra, Karlovac
Elektroslavonija, Osijek
Elektroistra, Pula
Elektroprimorje, Rijeka
Elektra, Sisak
Elektrodalmacija, Split
Elektra, Zagreb
Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
Institut za elektroprivredu, Zagreb

IZDAVAČKI SAVJET

Dragutin *Stanić*, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Združeno poduzeće, Split — Enco *Tirelli* i Boris *Simončić*, dipl. ing. »Elektroprivreda« Rijeka — Josip *Brkljačić*, dipl. ing., HE Senj — Petar *Kuzele*, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb — Ivan *Cvitan*, dipl. ing., »Elektra«, Sisak — Ivo *Božin*, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Zorko *Cvetković*, Elektroprenos, Zagreb — Šimun *Šimundža*, dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split — Anđelko *Dujmović*, dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek — »Elektroistra«, Pula — Branko *Mrakovčić*, dipl. ing., »Elektroprimorje«, Rijeka — Marko *Šimunović*, dipl. ing., »Elektra«, Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris *Markovčić*, dipl. ing. — Urednik: Zdenka *Jelić*, dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola *Bilčar*, dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Đuro *Hatić*, dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen *Nadinić*, dipl. ing. — Prijenos električne energije, Zorko *Cvetković*, dipl. ing., Zagreb — Josip *Nevešćanin*, dipl. ing., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav *Balen*, dipl. ec., Jure *Šimović*, dipl. ec., Petar *Kuzele*, dipl. ing. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomsko-financijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik: Zlatko *Orban*.

Redakcija završena 20. travnja 1982.

Godište 31 (1982) Zagreb 1982 Br. 5—6

SADRŽAJ

Sekso, A.: Iznošenje potencijala energetskim kabelima — rezultati mjerenja i smjernice za zaštitu (PRETHODNO SAOPĆENJE) 155

Šimović, J.: Temeljna obilježja sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u planskom razdoblju 1976—1980. (II dio) (PRETHODNO SAOPĆENJE) 169

Kalea, M.: 25. godina prijenosa električne energije u Slavoniji i Baranji (PREGLEDNI RAD) 181

Nadinić, B.: Osvrt na ispitivanja energetskih karakteristika blokova TE Kosovo (STRUČNI RAD) . 193

Mihalek, E.: Potreba i prijedlog kategorizacije distributivnih potrošača u našim mrežama s obzirom na pogonsku sigurnost opskrbe električnom energijom (PRETHODNO SAOPĆENJE) . . . 203

Bošnjaković, R., Gostović, B., Komadina, R.: Redukcija buke u HE Senj (STRUČNI RAD) 213

Širom svijeta 217

Vijesti iz elektroprivrede 219

Obavijesti proizvođača 221

Oglasi 226

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 12 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300 novih dinara, a za poduzeća i ustanove 1200 novih dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 150 novih dinara.

Za inozemsvo $ 70 godišnje.

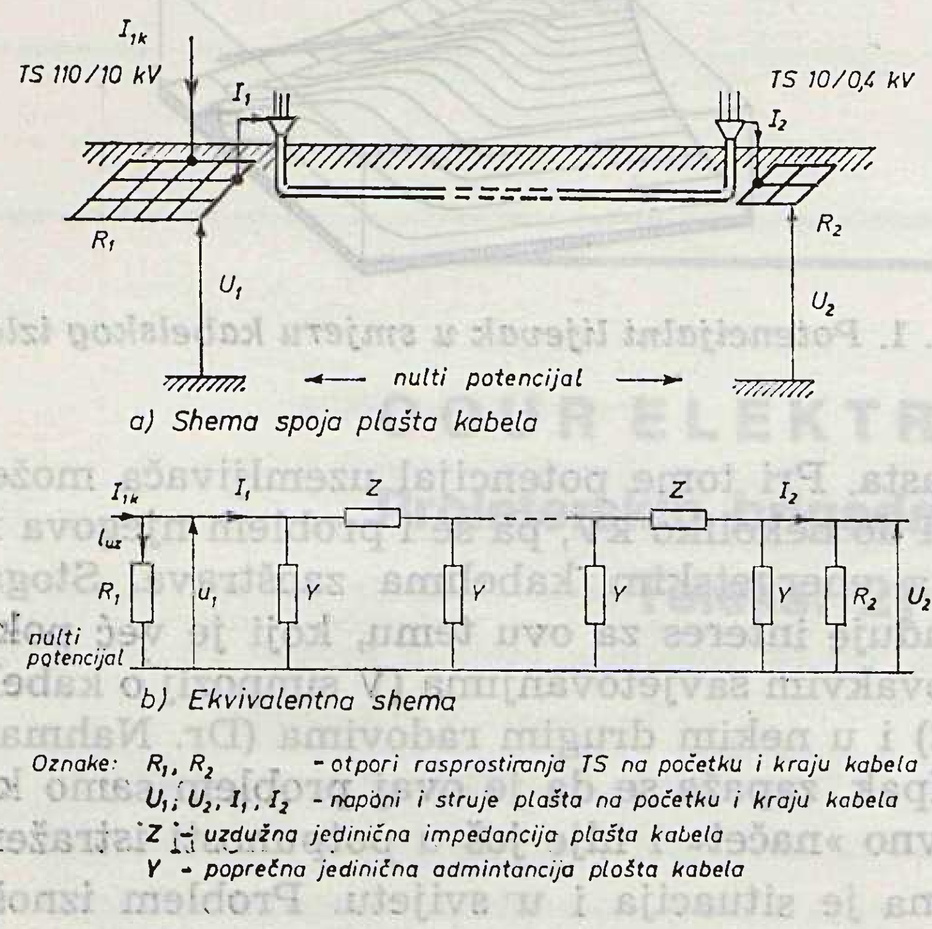
Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišeji: Grafički zavod Hrvatske, Zagreb
Frankopanska 26.

schleppung) je uočen, ali nedovoljno razrađen. Poznati autori s područja uzemljivačke tehnike Dawalibi i Mukhedkar čak u jednom nedavno objavljenom članku kažu da »u tehničkoj literaturi nisu našli nijednu indikaciju da je takav praktični problem bio ispitivan od istraživača« (L. 9). U njihovu članku obrađen je tzv. »inverzni problem«, kada se udaljeni neutralni potencijal uvodi u potencijalni lijevak transformatorske stanice putem izoliranog kabela (obično dojavnog), a čiji plašt nije spojen na uzemljivačku mrežu stanice. Isti autori nedavno su objavili rezultate ankete Komiteta za postrojenje (IEEE Substation Comitee) u vezi s praksom projektiranja uzemljivača (L. 10). Anketom su obuhvaćene 72 velike elektroprivredne organizacije iz 18 zemalja sa svih kontinenata. Na pitanje: »Što smatrate najvećim hazardom za vrijeme dozemnih kvarova?« na prvom mjestu po broju odgovora spominje se upravo preneseni potencijal. Na pitanje da li je u posljednje tri godine zabilježen neki slučaj elektrokucije izazvan prenešenim potencijalom, stigao je jedan potvrdan odgovor (2%) dok je većinom odgovoreno sa »ne« (70%) ili nije odgovoreno (28%). Dakle, ova anketa je ukazala na interes za ovu temu, a što se tiče objavljenih inozemnih radova, mi smo osim sporadičnog spominjanja (npr. u L. 8) naišli na veći broj radova u Mađarskoj (vodeći autor dr L. Regeni; L. 5—7).

U Institutu za elektroprivredu u Zagrebu susreli smo se sa ovim problemom prije 6—7 godina, što je bilo povezano s tadašnjim puštanjem u pogon nekih kabelskih mreža 20 (10) kV napajanih direktno iz transformatorskih stanica prijenosne mreže. Odmah se postavilo pitanje izbora metode za istraživanje navedene pojave: mjerenje ili analitički (računski) postupak. Pred istom dilemom našli su se autori u Mađarskoj (L. 5), jedinoj zemlji gdje je, prema našim informacijama, ova problematika temeljito istražena i nakon toga čak obrađena u državnim tehničkim normama. Njihov pristup, kao i naš, bio je putem mjerenja u stvarnim kabelskim mrežama i u uvjetima namjerno izazvanih kratkih spojeva u mrežama 110 i 220 kV.



Sl. 2. *Iznošenje potencijala plaštom kabela*

Ukratko ćemo obrazložiti razloge za izbor mjerne metode u istraživanju pojave prenošenja potencijala plaštevima i ekranima energetskih kabela. Kod primjene analitičke, odnosno proračunske metode potrebno je u prvom redu točno matematički modelirati parametre ekvivalntne sheme. Za idealizirani slučaj plašta samo jednog kabela kojim se iznosi potencijal iz TS 110/10 kV nacrtana je na sl. 2. ekvivalentna shema u obliku jednog lanca četveropola. Struja kratkog spoja I_{1k} dijeli se na dvije komponente: struju I_{uz}, koja preko otpora rasprostiranja R_1 teče u okolnu zemlju,i struju I_1, koja teče kroz plašt i postepeno prelazi u zemlju. Točno određivanje poprečne admitancije plašta može činiti teškoće s obzirom na utjecaj vodljivosti tla koja može znatno varirati duž jednog istog kabela. Posebne teškoće javljaju se u matematičkom modeliranju složenijih kabelskih konfiguracija, zatim u modeliranju susjednih paralelnih podzemnih metalnih instalacija (cjevovodi, tračnice i sl.) koji također pridonose iznošenju potencijala. Praktički je nemoguće izračunati točnu raspodjelu iznesenog potencijala u jednom urbanom području koje predstavlja jedan složeni, nehomogeni sistem uzemljivačkih instalacija. Zbog mnoštva svih tih teškoća točnost računskih, analitičkih metoda veoma je ograničena. To ne znači da ove digitalne metode, inače veoma u »modi« u posljednje vrijeme, ne treba razvijati kao pomoćne metode na ovom području.

Ispitivanja mjerenjem u stvarnim mrežama, ako se s provedu dovoljno korektno, pružaju nesumnjivo najbolju i realnu sliku o prenesenim potencijalima. Međutim, mjerenja su skopčana s nizom teškoća i priličnim troškovima. Gotovo uvijek se zahtijeva prekid napajanja u ispitivanoj stanici prijenosne mreže. Ponekad je potrebno obaviti iskope i zaštitne rovove za mjerenja, što ometa komunalne mreže (vodu, plin, dojavne kabele, promet itd.). Ako se mjeri na klasičnim IPO kabelima, potrebno je odabrati dionice kabela koje su već duže vrijeme u pogonu, jer suhi juteni omot novog kabela može biti razlog pogrešnog rezultata. Poznato je da kod kabela obloženih impregniranom jutom postepeno prodire vlaga, čime se uspostavlja vodljiva veza olovnog plašta i zemlje. Smatra se da ovaj proces traje barem nekoliko tjedana. Osim toga pri mjerenju treba paziti da se izaberu dovoljno reperezentativna mjerna mjesta. Naime, broj mjernih mjesta obično je prilično ograničen s obzirom na mjernu aparaturu. U zaključku se može reći da mjerenja imaju nesumnjive prednosti u pogledu točnosti rezultata, ali se zbog opisanih teškoća mogu provoditi samo u relativno ograničenom opsegu.

Na sreću, mi smo u istraživanju ove problematike naišli na veliko razumijevanje i pomoć elektroprivrednih organizacija u Hrvatskoj koje su nam stavile na raspolaganje svoje objekte (trafo-stanice prijenosne mreže, razdjelne kabelske mreže), zatim

uključile svoje brojne mjerne ekipe i osigurale sve ostale potrebne uvjete. Svemu tome treba zahvaliti da je pitanje iznošenja potencijala prilično kompletno sagledano.

Za pojavu ovog rada zaslužni su i mnogi drugi sudionici u ispitivanjima posebno dr I. Hrs, a u pripremi mjerenja i dr M. Jung, oboje iz Zavoda za visoki napon i prijenosne mreže Instituta za elektroprivredu u Zagrebu, te u provedbi mjerenja mr D. Markovinović iz Zavoda za osnove elektrotehnike i mjerenja Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu.

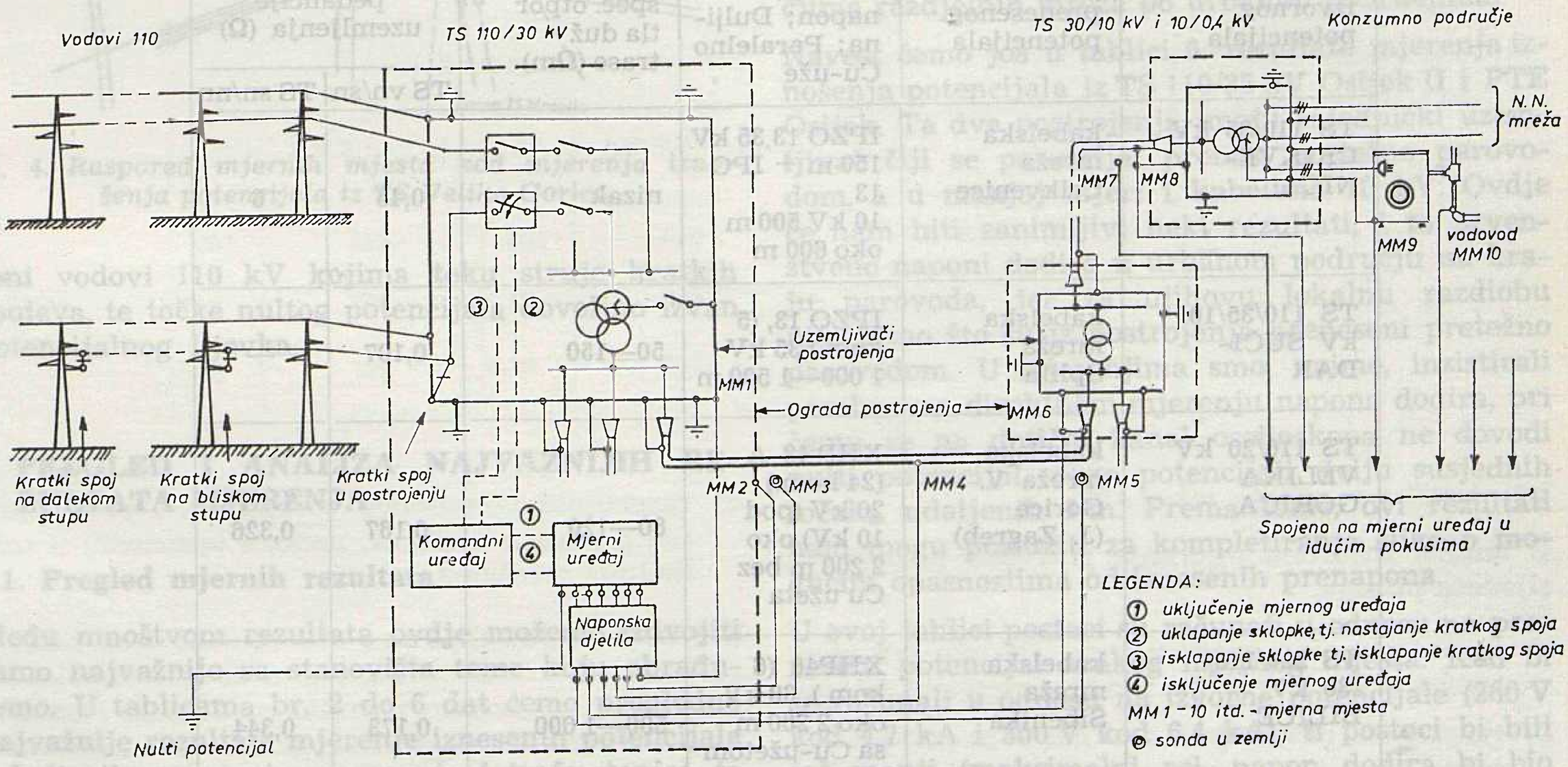
2. MJERENJA IZNESENIH POTENCIJALA U NAŠIM MREŽAMA

Mjerenja iznesenih potencijala provedena su kod namjerno izazvanih jednopolnih kratkih spojeva u nekim postrojenjima prijenosnih mreža 110 kV iz kojih izlaze energetski kabeli. Svakom pokusu s punom strujom jednopolnog kratkog spoja prethodio je tzv. mali pokus s istom konfiguracijom mreže, ali uz napajanje s niskim naponom iz kućnog transformatora. Pri tome su mjerne struje bile reda veličine stotinjak ampera, pa su za očitanje korišteni obični mjerni instrumenti. Svrha je ovih prethodnih mjerenja da se procjene očekivane veličine iznesenih potencijala kod stvarnih kratkih spojeva kako bi se podesila naponska djelila. Rezultati dobiveni sa strujama iz kućnog transformatora mogu ukazati na neke zakonitosti iznošenja potencijala, ali ona nikako ne mogu poslužiti za donošenje konačnih zaključaka o eventualnim opasnostima. Tu tvrdnju temeljimo na našim brojnim iskustvima, kao i na iskustvima drugih (L. 5), a o tome ćemo još govoriti kod analize rezultata. Ipak preporučamo da se prije serije »velikih« pokusa sa punim strujama obavezno izvede jedan »mali« pokus sa strujama iz kućnog transformatora.

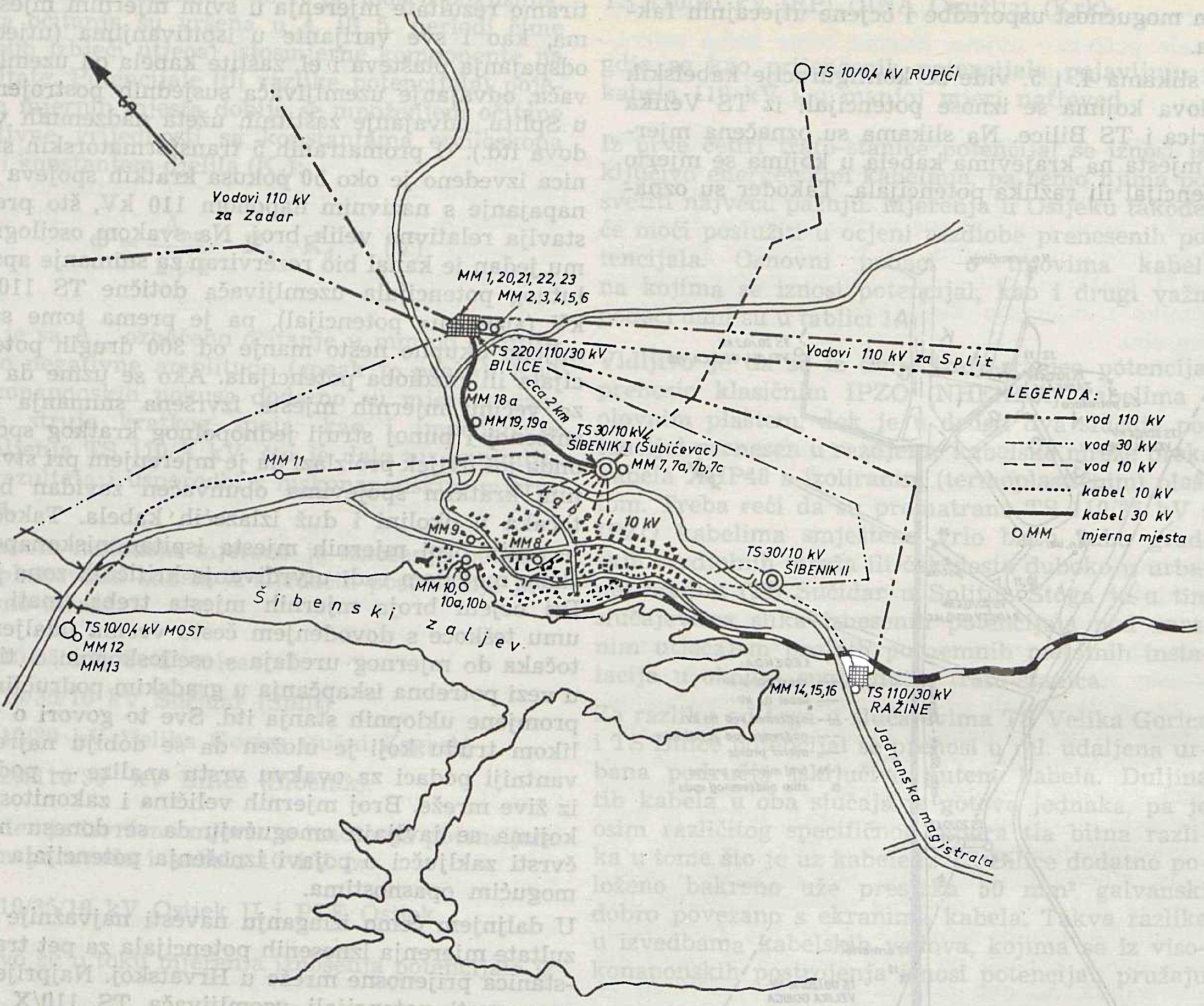
Realnu razdiobu iznesenih potencijala i razlike tih potencijala (tj. napona opasnosti) moguće je dobiti mjerenjem kod stvarnih kratkih spojeva uz struje do desetak pa i više kA. To zahtijeva, naravno, posebnu i skupu opremu, jer je trajanje kratkih spojeva potrebno ograničiti na samo nekoliko desetina sekunde. Mi smo za mjerenja koristili specijalni sedamkanalni osciloskop s rotirajućom kamerom. Slijed i trajanje događaja u svakom pokusu programirani su posebnim uređajem, tzv. komandnim valjkom. Preko njega su išle sve komande za uklapanje sklopke, te uključenje i isključenje mjernog uređaja. Principijelna shema spoja iznošenja potencijala prikazana je na sl. 3 na kojoj je označen redoslijed operacija komandnog valjka.

Kvarovi su izazivani krutom metalnom vezom jedne faze sa zemljom te ukapčanjem sklopke na kratki spoj u odgovarajućem vodnom polju. Kratki spojevi su se izvodili u različitim konfiguracijama mreže 110 kV kao i u različitim točkama (u postrojenju, na bliskom stupu ili na udaljenom stupu) kako bi se postigle različite vrijednosti struja kroz uzemljivač transformatorske stanice. Time se dobila mogućnost analize utjecaja veličine struje stvarnih kratkih spojeva na promatranu pojavu iznošenja potencijala.

Na osciloskop su dovedeni sistemom izoliranih (i po potrebi zaštićenih) vodova potencijali svih mjernih mjesta kao i točka dovoljno daleke neutralne zemlje. Svi preneseni potencijali su mjereni prema tom nultom potencijalu. Uređaj je bio programi-



Sl. 3. *Shema mjerenja iznošenja potencijala plaštom kabela*



Sl. 5. *Raspored mjernih mjesta kod mjerenja iznošenja potencijala iz TS 220/110/30 kV Bilice*

Tablica 2. Iznošenje potencijala iz TS CRIKVENICA

Br. mjer. mjesta MM	Opis mjernog mjesta	Potencijali (V)			
		I_{1k} = 0,7 kA	%	I_{1k} = 1,8 kA	%
1	uz. TS 110/35 kV	249	100	645	100
4	grom. uz. —700 m od MM 1	159	64	367	56
5	sonda 10 m od grom. uz.	153	61,5	331	51,5

3.2. Analiza rezultata mjerenja

U analizi rezultata mjerenja potrebno je obraditi sljedeća pitanja:

a) raspodjelu »izvornog« potencijala oko transformatorske stanice iz koje izlaze energetski kabeli,

b) raspodjelu potencijala duž kabelske trase i posebno iznos prenešenog potencijala na kraju kabela i

c) raspodjelu prenesenog potencijala i potencijalnih gradijenata (ili ev. napona opasnosti) u razdjelnim mrežama.

Pri tome je potrebno sve ove veličine analizirati s obzirom na vrstu kabela kojim se potencijal prenosi, zatim s obzirom na njihovu duljinu i udaljenost između stanice izvornog potencijala i konzumnog područja. Nadalje, korisno je istražiti utjecaj odvajanja metalnih plašteva i ekrana od uzemlji-

Tablica 3. Iznošenje potencijala iz TS SUČIDAR

Broj mjernog mjesta MM	Opis mjernog mjesta	Potencijali (V)			
		I_{1k} = 1,2 kA	%	I_{1k} = 4 kA	%
1	uz. TS 110/35/10 kV	133	100	530	100
12	uz. TS 35/10 Gripe	132	99	510	96
13	uz. TS 10/0,4 Zenta	127	95,5	500	94,5
14	sonda 1 m od MM 13	126	94,5	507	96
14a	sonda u moru 10 m od MM 13	126	94,5	502	95
16	uz. TS 10/0,4 Dobri	100	75	388	73
17	vodovod pokraj MM 16	98	73,5	388	73

Tablica 4. Iznošenje potencijala iz TS VELIKA GORICA

Broj mjernog mjesta MM	Opis mjernog mjesta	Potencijali (V)			
		I_{1k} = 100 A	%	I_{1k} = 8 kA	%
1	uz. TS 110	47	100	1 911	100
10	uz. TS 20/0,4 Radićev od.	42	89	1 682	88
17	N. N. uzemlj. uz MM10	—		1 668	87
18	zašt. uzemlj. uz MM10	—		1 658	86
12	uz. TS 10/0,4 Zamula	46	98	1 870	98
14	N. N. uzemlj. na MM12	42	89	1 769	92,5
16	zašt. uzemlj. uz MM12	—		1 755	92

vača, utjecaj paralelno položenog bakrenog užeta, zatim utjecaj položaja uzemljenih zvjezdišta u mreži 110 kV i s time u vezi povratnih tokova struja u zemlji, procijeniti značenje veličine mjerne struje i struje kvara na rezultate itd. U ograničenom prostoru kojim raspolažemo dat ćemo samo glavna zapažanja i zaključke do kojih smo došli u vezi s navedenim pitanjima.

a) Što se tiče **raspodjele izvornog potencijala** oko transformatorske stanice prijenosne mreže, najvažnije je uočiti da u smjeru kabelskih izlaza potencijalni lijevak sporije opada nego za druge smjerove. To se posebno vidi na slici 6. koja se odnosi na prilike u okolini TS 110/20 kV Sučidar u Splitu. U zapadnom smjeru iznad trase odlazećih kabela opadanje potencijala tla vrlo je blago, dok je za smjer udaljen od kabelskih trase pad potencijala znatno oštriji. Isto se može vidjeti na primjeru TS 220/110/30 kV Bilice ako se usporedi slika 5, koja prikazuje padove potencijala u smjeru udaljenom od trase kabela, s rezultatima za mjerna mjesta 17, 18 i 19 iz tabele 5. Dok izvan trase kabela potencijal tla opadne na 40% izvorne vrijednosti već na udaljenosti od oko 100 m, dotle iznad trase kabela tlo zadržava viš od 60% ukupnog potencijala na udaljenosti 600 m.

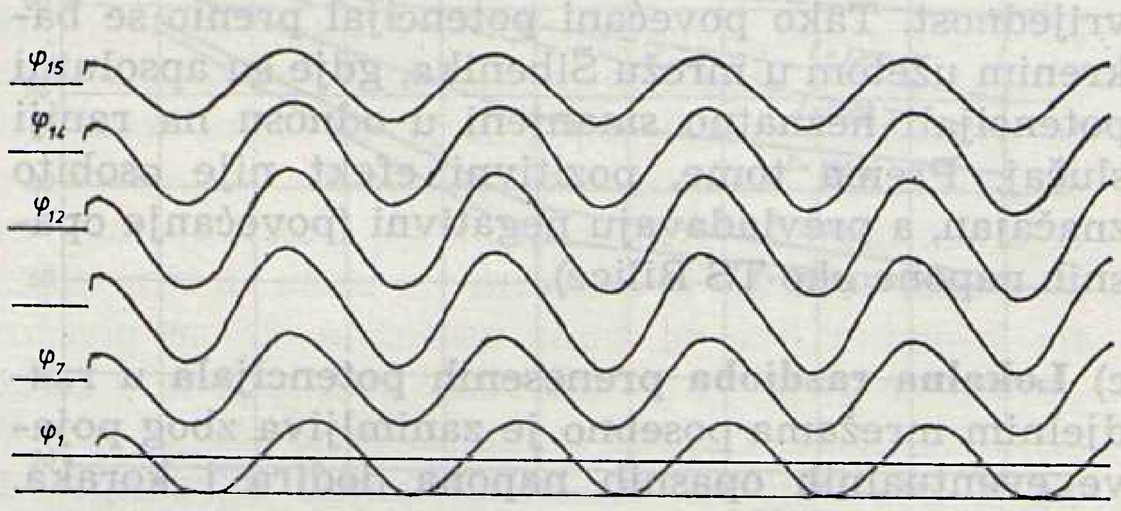
Druga vrlo važna činjenica koja se uočava sa slika 6, 7, 8. i 9. jest utjecaj veličine struje na procentualnu raspodjelu potencijala. Posebno su uočljive razlike između rezultata dobivenih strujama iz niskonaponskog izvora i onih dobivenih u stvarnim kratkim spojevima. To pokazuje da mjerenje niskonaponskom metodom treba uzeti s velikim oprezom u ocjeni stvarnih prilika kod kvarova u mreži. Uvriježeno mišljenje da je dovoljno rezultate dobivene niskonaponskim pokusima pomnožiti omjerom stvarne i mjerne struje pokazuje se nedovoljno točnim. S obzirom na naša brojna mjerna iskustva ova bi tema zaslužila da se posebno obradi, to prije što je ona slabo zastupljena u stručnoj literaturi. Uzgred napominjemo da je dr. W. Koch u svojoj već klasičnoj knjizi »Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 kV« naglasio značenje utjecaja veličine mjerne struje na karakteristike

Tablica 6. Iznošenje potencijala iz TS 110/35 Osijek II i PTE OSIJEK

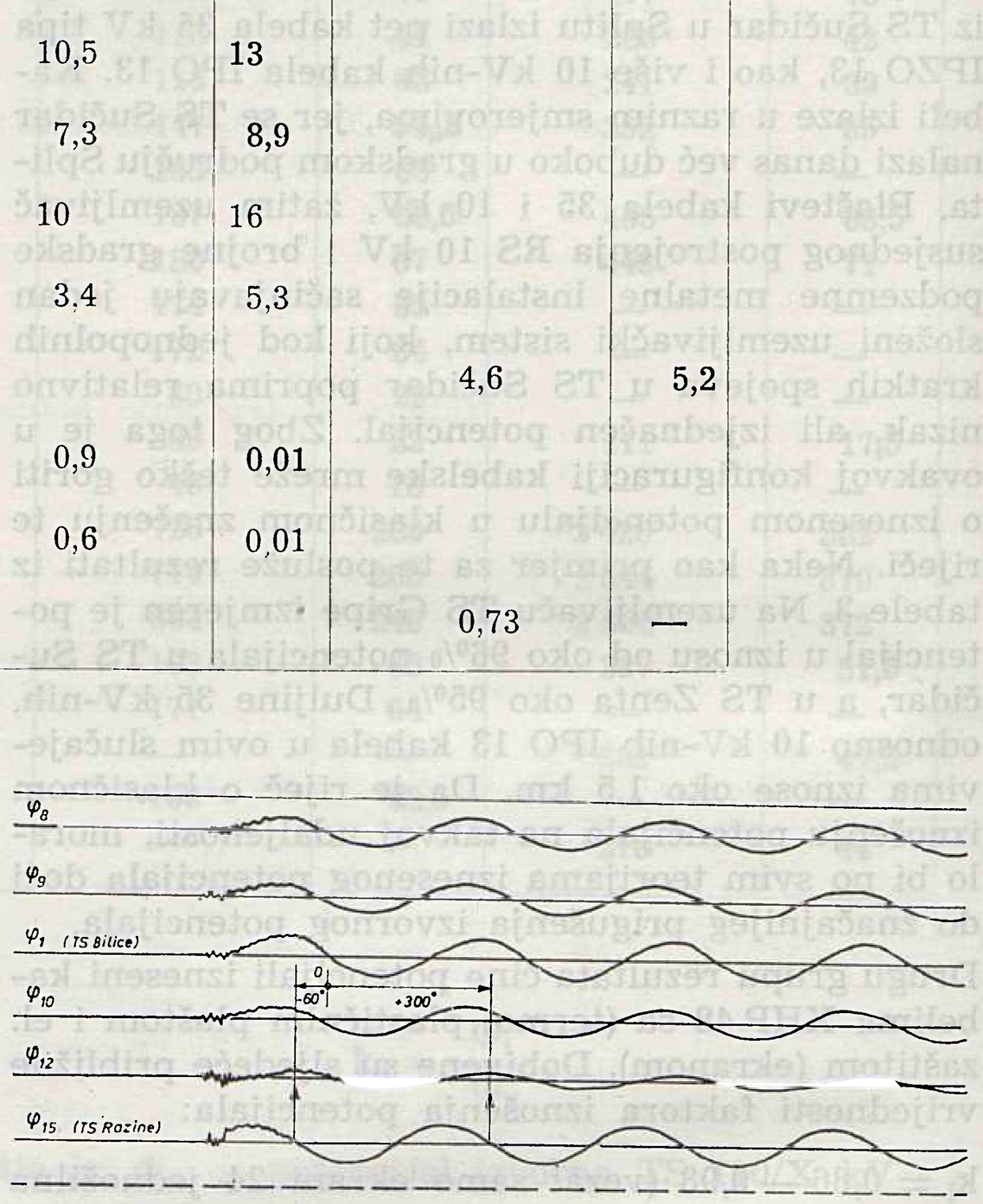
Broj mjernog mjesta MM	Opis mjernog mjesta	I_{1k} = 4,7 kA	%	I_{1k} = 6,4 kA	%
4	Parovod — odvojak za »Standard«	2,1	2,9	10,5	13
14	Parovod — kraj nadz. dijela	6,4	9		
5	»Standard« — vrata kotlovnice	10,5	13		
6	»Standard« — gromobr. traka	7,3	8,9		
7	»El. slavonija« — vrata kotlovnice	10	16		
8	»El. slavonija« — zgrada TS	3,4	5,3		
9	»El. slavonija« — ograda EDC			4,6	5,2
11	»Pivovara« — razdjelnik S24	0,9	0,01		
12	»Pivovara« — ograda kod parovoda	0,6	0,01		
13	»Pivovara« — uzemlj. traka »22«			0,73	—

(ili više), a ne naponi dodira. Međutim, naponi dodira i koraka uvijek su manji od razlike potencijala na udaljenosti od 1 m. Što se tiče broja mjernih mjesta na kojima je mjerena lokalna razdioba potencijala, on je relativno ograničen zbog teškoća kod visokonaponskih pokusa. Međutim, težilo se mjerenju razlika potencijala u rubnim područjima gradova gdje su očekivani veći rezultati.

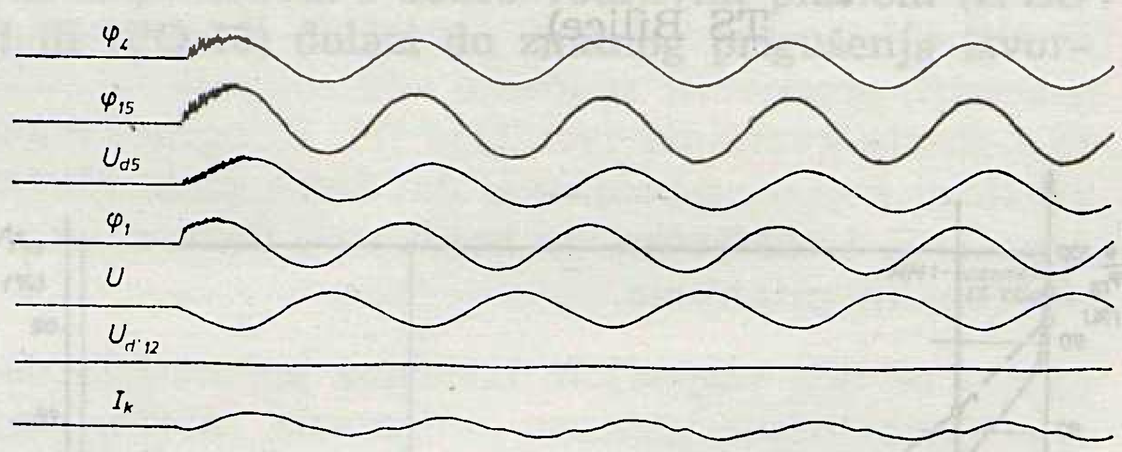
U mjerenjima s punim strujama kratkog spoja u Osijeku direktno su snimani naponi dodira u većem broju točaka (tabela 6). Jedan tipičan oscilogram prikazan je na sl. 12. Naponi dodira u točkama 5, 7 i 12 dovedeni su direktno na osciloskop ($k_d = 1$) čiji maksimalni otklon odgovara naponu od 15 V. Očito je da su stvarni naponi dodira daleko ispod opasnih granica. Ovdje treba naglasiti da su niskonaponskim mjerenjima (koje je inače korektno provela distributivna mjerna ekipa) ustanovljene opasne vrijednosti napona dodira u nekim od spomenutih mjernih mjesta. Međutim, ponavljanjem



Sl. 10. *Velika Gorica — Oscilogram potencijala mjernih mjesta u pokusu br 2*



Sl. 11. *TS Bilice — Oscilogram potencijala mjernih mjesta u pokusu br. 9*



Sl. 12. *Oscilogram pojava snimljenih u pokusu br. 3. u PTE Osijek*

n.n. pokusa ustanovili smo da su izmjerene vrijednosti bile reda veličine desetinke volta, što je u nivou lokalnih smetnji izazvanih nultim strujama u tlu (utjecaj susjedne elektrificirane pruge i sl.). Tako niske vrijednosti koje su uključivale pogrešku multiplicirane su visokim omjerom očekivane struje kratkog spoja i mjerne struje (13 900 A/37

A = 371). Dakle, ovo je primjer da niskonaponska mjerenja mogu ponekad dovesti do potpuno pogrešnih zaključaka.

Zaključno možemo kazati da su naša oscilografska mjerenja pokazala veliku izjednačenost prenesenog potencijala u gradskim područjima. Sve izmjerene razlike potencijala i naponi dodira znatno su niži od dopuštenih vrijednosti.

4. SMJERNICE ZA ZAŠTITU I ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

4.1. Privremene smjernice za zaštitu od iznošenja potencijala energetskim kabelima

S obzirom na opseg provedenih mjerenja u našim stvarnim kabelskim mrežama i na analizu rezultata, zatim na usporedbu s nekim drugim istraživanjima u svijetu i kod nas mislimo da se ova problematika može obuhvatiti u privremenim tehničkim smjernicama. Dat ćemo jedan prijedlog tih smjernica s definicijom nekih osnovnih pojmova i uputama za zaštitu od eventualnih opasnosti od izlazećeg potencijala.

1. Iznošenje potencijala energetskim kabelima najčešće nastupa kad su plaštevi i ekrani tih kabela jedina ili najbolja galvanska veza između uzemljivača transformatorske stanice prijenosne mreže (obično prijenosnog omjera 110/X kV) i susjedne razdjelne (distributivne) mreže. Pri tome udaljenost između »izvornog« potencijala (TS 110/X kV) i razdjelne mreže iznosi obično nekoliko stotina metara ili nekoliko kilometara. Uz ovakvu konfiguraciju može se iznošenje potencijala energetskim kabelima promatrati kao izdvojen samostalni fenomen.

2. Ako se trafo-stanica prijenosne mreže nalazi duboko u području gradske razdjelne mreže i ako je njezin uzemljivač u neposrednoj ili posrednoj vezi s različitim podzemnim metalnim instalacijama, ne može se govoriti o iznošenju potencijala energetskim kabelima u klasičnom (užem) smislu te riječi. U tom slučaju kod kvarova u mreži 110 kV javlja se povišenje potencijala zajedničkog složenog uzemljivača cijelog područja. Stoga tada pojavu iznošenja potencijala energetskim kabelima nije moguće izdvojeno promatrati ni otkrivati njezine zakonitosti.

3. Klasični energetski kabeli s olovnim plaštom i čeličnom armaturom (IPO, IPZO) znatno smanjuju (prigušuju izneseni potencijal u odnosu prema izvornom. Tipične vrijednosti faktora iznesenog (izlazećeg) potencijala na kraju ovakvih kabela kreću se od 0,7 do 0,5 i niže, ovisno o porastu udaljenosti od TS 110/X kV. To govori da su klasični povoljni kao izlazi iz trafo-stanica 110/X kV.

4. Kabeli s vanjskim termoplastičnim plaštem i vodljivim ekranom (XHP 48 ili sl.) mogu veoma daleko prenijeti praktički sav potencijal izvorne trafo-stanice. Dodatak bakrenog užeta 50 mm² položenog paralelno s ovim kabelima i dobro galvanski povezanog s ekranom može dovesti do znatnog prigušenja ($k_i = 0{,}5$) iznesenog potencijala. Stoga obavezno preporučujemo ugradnju ovakvog užeta. Druga mogućnost je da se pokuša izraditi kabel s poluvodljivim vanjskim plaštom, za što, čini se, postoji mogućnost.

5. Eventualna opasna djelovanja iznošenja potencijala očituju se u sljedećem:

a) opasnosti od dodirnih napona za osobe koje dolaze u dodir s prenesenim potencijalom,

b) termičkog preopterećenja metalnih dijelova plašta kabela zbog povećanih struja i

c) električnog prenaprezanja izolacije.

6. Za zaštitu od navedenih opasnosti vrijede ove (privremene) smjernice:

6.1. Opasnost za osobe od dodirnih napona u području razdjelnih mreža ne postoji ako je preneseni potencijal u apsolutnom iznosu ispod neke određene granice. Prema sadašnjim spoznajama ta granica iznosi barem 650 V za sve razdjelne mreže. Za razdjelne mreže u kojima se sistematski provodi izjednačavanje potencijala (povezivanjem svih uzemljivača, ugradnjom temeljnih uzemljivača zgrada itd) ta granica je znatno viša i, sigurno, iznad 1 000 V.

6.2. Električno naprezanje izolacije i termičko opterećenje plašta kabela nisu opasni ako su unutar nekih granica. Granica za termičko opterećenje jest nazivna struja plašta i dopušteno vrijeme njena trajanja. Granica za električno naprezanje izolacije je njezin 60%-tni podnosivi napon.

6.3. Ako se očekuje prekoračenje neke od spomenutih graničnih vrijednosti, onda su vlasnici postrojenja prijenosne mreže i razdjelne mreže u koju se prenosi potencijal dužni uvesti zaštitne mjere za zaštitu osoba i postrojenja. Među te mjere pripada već spomenuto izjednačavanje potencijala, ograničenje struja kratkih spojeva u prijenosnim mrežama (sekcioniranjem mreže, rasporedom uzemljenih zvjezdišta i sl.), zatim povišenje dopuštenih dodirnih napona (ugradnjom zaštite za brzo iskapčanje sabirničkih kvarova i sl.), nadalje pogodna konfiguracija mreže, te izbor pogodnog tipa kabela za vezu s trafo-stanicama 110/X kV, polaganje paralelnog bakrenog užeta i sl.

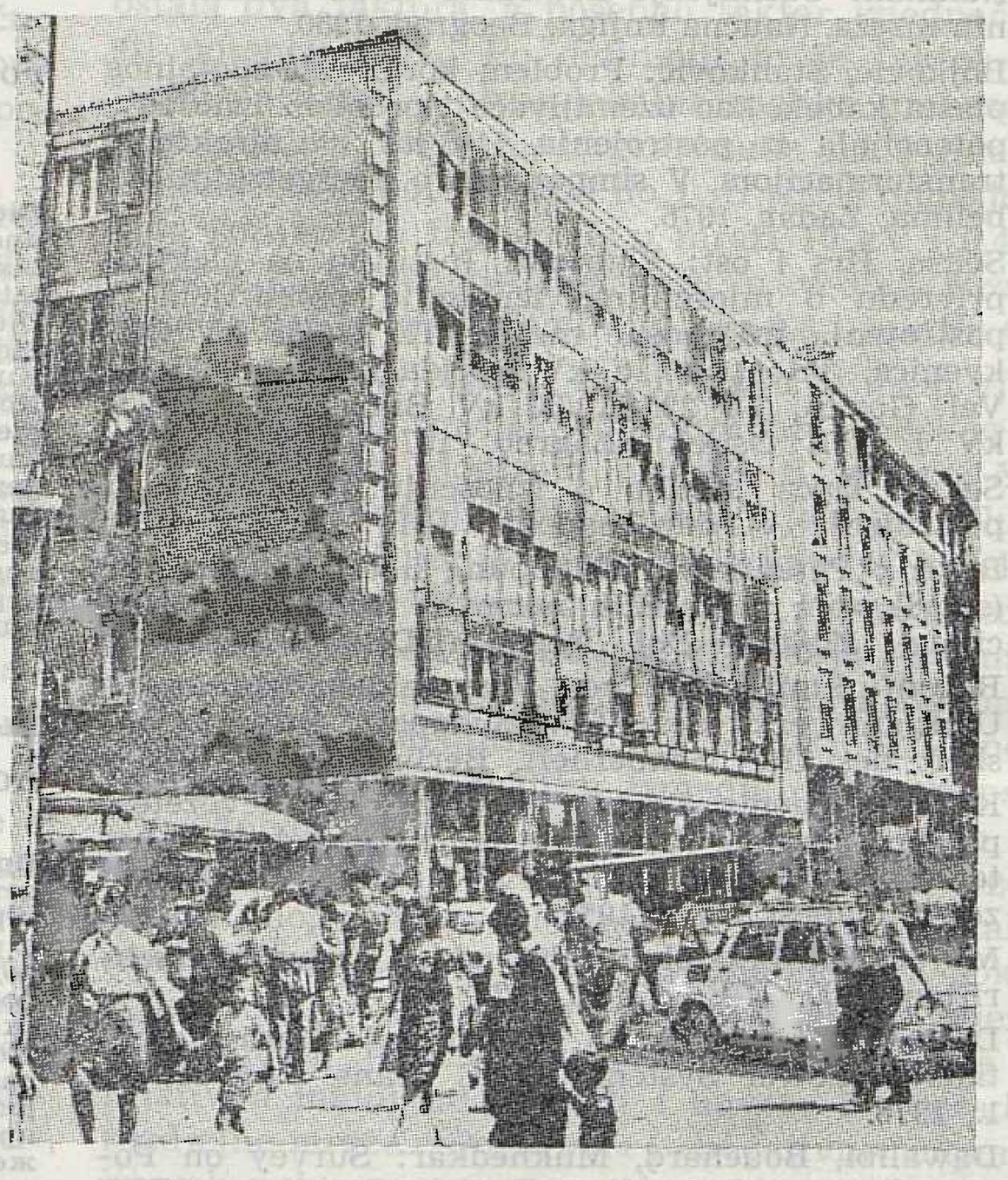
6.4. Poprečno na trasu kabela javlja se obično nešto oštriji pad potencijala. Zbog toga pri radu na kabelima (naročito na onima s vanjskim plastičnim omotačem) treba onemogućiti nastajanje visokih napona dodira između radnog stajališta i metalnog dijela plašta kabela. U tu svrhu se preporučuju ove zaštitne mjere: prikladan izbor zaštitnog uzemljenja na radnom mjestu, upotreba izoliranih rukavica u radu itd.

BRODOMATERIJAL

RIJEKA

RO za promet metalnom, tehničkom, kemijskom, građevinskom i investicionom robom

EXPORT — IMPORT
RIJEKA, J. Kraša 12, p. p. 396



OOUR »VELETRGOVINA«

- crna metalurgija
- obojena metalurgija
- alati i alatni strojevi
- sanitarije i instalaciona roba
- armature svih vrsta
- kemikalije, boje i lakovi
- drogerijska i parfumerijska roba
- drvena građa
- građevinski materijal

OOUR MALOPRODAJA«

Posluje sa 27 prodavaonica na užem i širem području grada Rijeke. U svojim prodavaonicama nudi proizvode cjelokupnog programa RO »Brodomaterijal«, i grupe proizvoda sportske, elektrotehničke i druge namjene.

OOUR »VANJSKA TRGOVINA«

- uvoz
- izvoz
- zastupanje inozemnih firmi

Telefon: 32-288 — kućna centrala
Telegram: BRODMA — RIJEKA
Teleprintr: 24-205 i 24-125

Energija God. 31 (1982) br. 5—6, 169—179

TEMELJNA OBILJEŽJA SISTEMA FINANCIRANJA PROŠIRENE REPRODUKCIJE U ELEKTROPRIVREDI HRVATSKE U PLANSKOM RAZDOBLJU 1976 — 1980.

(II Dio: Uloga i značaj kredita i kreditnog odnosa u sistemu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi)

Dr Jure Šimović, Zagreb

UDK 621.31.003
PRETHODNO SAOPĆENJE

Nedostaci u sistemu financiranja proširene reprodukcije na kojem se temeljio razvoj elektroprivrede poslije privredne reforme iz 1965. godine sve su više dovodili do spoznaje da tehnoekonomske, infrastrukturne i monopolne karakteristike elektroprivrede, te njena uloga i značenje u opće privrednom razvoju nalažu potrebu da se razvoj elektroprivrede treba temeljiti na privrednim mjerama koje će u sklopu općih privrednih mjera biti prilagođene na ovu privrednu granu.

Promjene u sistemu financiranja razvoja elektroprivrede do kojih je došlo u SR Hrvatskoj krajem planskog razdoblja 1971—1975. godine i čiji je puni sadržaj došao do izražaja tek u planskom razdoblju 1976—1980. godine upravo su odraz tih spoznaja.

Uz isticanje pozitivnih riješenja, u toku cijelog rada prisutan je i kritički osvrt, te su na kraju dani i prijedlozi za izmjene i dopune koji bi trebali pridonijeti poboljšanju postojećeg sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske.

Ključne riječi: Elektroprivreda Hrvatske, proširena reprodukcija, sistem financiranja

4. ANALIZA UVJETA KREDITIRANJA RAZVOJA ELEKTROPRIVREDE I ANALIZA ZADUŽENOSTI ELEKTROPRIVREDNIH ORGANIZACIJA

Osim vlastitih sredstava elektroprivrednih organizacija, kao i sredstava ostalih izvora koja imaju bespovratan karakter (naknade, doprinosi), za financiranje razvoja elektroprivrede potrebna su i odgovarajuća kreditna sredstva. Bez odgovarajuće uloge kredita ne bi se mogao u cjelini obaviti proces koncentracije, prelijevanja i cirkulacije sredstava namijenjenih za financiranje razvoja elektroprivrede.

Ali, prvo što se u dosadašnjem sistemu financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede treba izmijeniti odnosi se na činjenicu da se udio kreditnih sredstava svede s dominantne uloge na dopunsku. I u proteklom planskom razdoblju kreditna sredstva iz različitih izvora činila su više od 64% u strukturi ukupnih sredstava u financiranju razvoja elektroprivrede Hrvatske (podaci tabele 7).

U analizi uvjeta kreditiranja razvoja elektroprivrede i analize zaduženosti elektroprivrednih organizacija potrebno je sagledati:

— prvo, koliki je udio kreditnih sredstava uu kupnim izvorima elektroprivrednih organizacija
— drugo, pod kojim uvjetima su korištena kreditna sredstva s obzirom na njihovu ročnost
— treće, pod kojim uvjetima su korištena kreditna sredstva s obzirom na visinu kamatne stope.

4.1. Struktura izvora osnovnih sredstava elektroprivrednih organizacija

Da bi se odgovorilo na prvo od postavljenih pitanja, potrebno je načiniti analizu na temelju podataka bilance stanja elektroprivrednih organizacija za godinu za koju se podaci odnose. Prema podacima bilance stanja elektroprivrednih organizacija, koji su dani u tabeli 11, proizlazi da se od ukupnih izvora sredstava elektroprivrednih organizacija na izvore po dugoročnim kreditima otpada između 39 i 28% po pojedinoj godini. Međutim, ti podaci ipak ne daju pravu sliku stanja. Posebno je uočljiv podatak da se udio kreditnih sredstava u izvorima smanjuje, a udio bespovratnih sredstava raste, dok neprestano putem tekućih investicija financiramo izgradnju elektroenergetskih objekata u pretežnom dijelu kreditnim sredstvima. U čemu se onda krije problem?

Ovako nerealno stanje izvora rezultat je u prvom redu načina provođenja revalorizacije osnovnih ssredstava. Kod revalorizacije osnovnih sredstava ne provodi se u našim uvjetima revalorazicaji svih izvora, u prvom redu revalorizacija izvora s naslova kreditnih sredstava, nego se efekt i revalorizacije knjiže isključivo u korist poslovnog fonda organizacije udruženog rada, što neopravdano povećava učešće tih izvora u ukupnim iznosima. Također treba naglasiti da se i kroz samu otplatu anuiteta udio izvora po dugoročnim kreditima smanjuje u ukupnim izvorima poslovnih sredstava. Međutim, i u uvjetima kad je kroz tekuće financiranje investicija ostvaruje stani porast kreditnih sred-

otplata po dugoročnim kreditima i vlastitih raspoloživih sredstava izuzetno povoljan. Otplate po dugoročnim kreditima nisu u proteklom razdoblju prelazile iznos od 13% u odnosu na raspoloživa vlastita sredstva. Budući da u proteklom planskom razdoblju nije ni bilo izdvajanja u poslovni fond i pošto su se vlastita sredstva de fakto sastojala od sredstava obračunate amortizacije, to i obveze po dugoročnim kreditima nisu prelazile 13% od sredstava obračunate amortizacije kod elektrodistributivnih organizacija.

Međutim, ovi nepovoljni odnosi — s jedne strane prezaduženost organizacija udruženog rada djelatnosti proizvodnje i prijenosa i s druge strane vrlo povoljni odnosi kod organizacija udruženog rada distributivne djelatnosti — još će više doći do izražaja u planskom razdoblju od 1981. do 1985. godine. Zbog aktiviranja novih proizvodno-prijenosnih objekata i postrojenja koja su u pretežnom dijelu financirana kreditnim sredstvima vrlo nepovoljnih kondicija, posebno što se tiče njihove ročnosti, otplate po dugoročnim kreditima u pojedinim će godinama srednjoročnog plana razvoja 1981 — 1985. biti veće i za 53% u odnosu na plan sredstava obračunate amortizacije. Najteža situacija uslijedit će 1983. godine, kada će otplate po dugoročnim kreditima biti za oko 103 milijarde starih dinara veće od sredstava obračunate amortizacije. To zapravo znači da elektroprivredne organizacije proizvodnje i prijenosa u cijelosti gube i (vlastitu) reproduktivnim sposobnost. Sve do 1981. godine ovim organizacijama je ostao dio obračunate amortizacije kojima su one mogle tim sredstvima vršiti zamjenu postojećih osnovnih sredstava, ili pak tim sredstvima sudjelovati, pa makar i simbolično, u financiranju svojeg razvoja. Nakon 1981. godine ove organizacije gube i tu sposobnost.

Mogućnost rješavanja ove prezaduženosti proizvodno-prijenosnih organizacija moguće je tražiti u tri pravca: (1) odgodom plaćanja prispjelih obveza, (2) transformacijom utrošenih sredstava s naslova udruživanja na rok koji će odgovarati vijeku amortizacije izgrađenih postrojenja i (3) nepokriveni dio otplata po dugoročnim kreditima uračunati u cijenu električne energije. S obzirom na već navedene mogućnosti čini se da bi transformacija utrošenih sredstava s naslova udruženih sredstava na rok koji će odgovarati vijeku amortizacije izgrađenih objekata i postrojenja bilo najadekvatnije i trajno rješenje. U tom slučaju ostaje jedino problem otplata po inozemnim kreditima koji su također korišteni pod neadekvatnim kondicijama, posebno što se tiče njihove ročnosti. Rješavanje problema prezaduženosti s ovog naslova trebalo bi povezati s problemom cijena električne energije.

Što se tiče stupnja zaduženosti elektrodistributivnih organizacija, on u bitnom ostaje nepromijenjen i u planskom razdoblju 1981 — 1985. godine. S tim u vezi moglo bi se samo ponoviti već dana konstatacije da raspord sredstava za financiranje razvoja elektroprivrede između elektroprivrednih djelatnosti, gledan s kriterija povratna i bespovratna sredstva, nije u proteklom planskom razdoblju adekvatno napravljen i da se on multiplikativno negativno odnosio na stupanj zaduženosti elektroprivrednih organizacija pojedinih djelatnosti.

Usporedni pregled planiranih sredstava amortizacije i planiranih otplata po dugoročnim kreditima za osnovna sredstva u planskom razdoblju 1981—1985. godine

U tisućama dinara

OPIS	Planirana sredstva amortizacije[14]	Plan otplata po dugoročnim kreditima	Udio otplata u sredstvima amortizacije %
1	2	3	4
1. **Elektroprivreda SRH**			
1981.	2 916 000	1 615 195	55
1982.	3 262 000	2 211 537	68
1983.	3 634 000	3 238 645	89
1984.	3 975 000	3 180 110	80
1985.	4 386 000	3 167 923	73
2. **Djelatnost proizvodnje i prijenosa**			
1981.	1 447 000	1 391 244	96
1982.	1 681 000	1 964 191	117
1983.	1 935 000	2 967 664	153
1984.	2 152 000	2 882 031	134
1985.	2 432 000	2 840 036	117
3. **Djelatnost distribucije**			
1981.	1 469 000	223 951	15
1982.	1 581 000	246 346	16
1983.	1 699 000	290 981	12
1984.	1 823 000	298 079	16
1985.	1 954 000	327 887	17

Izvor podataka: Pregled proračuna sredstava potrebnih za financiranje plana razvoja elektroprivrede SR Hrvatske za razdoblje 1981—1985, Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Prilog III-6, Zagreb, 1981.

4.3. Visina i značaj kamata po kreditnim sredstvima

Iz analize volumena i strukture, te analize ročnosti kreditnih sredstava koje je elektroprivreda koristila u proteklom razdoblju za financiranje svojeg razvoja vidljivo je da je dominantno mjesto u tom financiranju pripadalo kreditnim sredstvima s različitih naslova. Hipertrofija kreditnog odnosa u financiranju proširene reprodukcije elektroprivrede imala je i još će imati mnoge negativne posljedice. Kamate po ovim kreditima postale su

[14] Vidi str. 50.

značajnim kanalom odlijevanja ionako nisko zacrtane akumulativnosti elektroprivrede.

Podaci tabele 15. pokazuju da su kamate na kredite predstavljale čak 36% od ukupnog dohotka u 1979. godini, dok je ovo učešće kod elektroprivrednih organizacija proizvodnje i prijenosa iznosilo čak 70%, a kod organizacija udruženog rada distribucije samo 5%. Dakle, negativnosti koje su se iskazale kroz sistem financiranja proširene reprodukcije nužno su se posljedično pojavile i kroz tekuće poslovanje elektroprivrednih organizacija. Dakako, brži tempo rasta kamata na kredite od tempa rasta dohotka nužno je imao kao posljedicu daljnje negativne tendencije u raspodjeli ostvarenog dohotka. Kamate na kredite su time, u vezi s nepravovremenim korigiranjem cijena električne energije, nužno postale značajnim kanalom odlijevanja ionako nisko zacrtane akumulativnosti elektroprivrednih organizacija.

Ako je preveliko učešće kamata po kreditima u elektroprivredi Hrvatske kao cjelini direktna posljedica sistema financiranja proširene reprodukcije, onda je neravnomjerna njihova raspodjela po pojedinim elektroprivrednim djelatnostima direktna posljedica propusta u primjeni tog sistema. Ovo je stvaralo i niz drugih poteškoća u tekućem poslovanju, posebno u samoupravnom sporazumijevanju stvaranja i raspodjele dohotka, te raspoređivanja sredstava za osobne dohotke.

Tabela 15.

Učešće kamata na kredite u dohotku elektroprivrednih organizacija Hrvatske u razdoblju od 1976. do 1980. godine

U tisućama dinara

OPIS	Ostvareni dohodak	Kamate po kreditima	Učešće u postocima
1	2	3	4
1. **Elektroprivreda SRH**			
1976.	1 249 212	374 365	30
1977.	2 119 752	391 137	18
1978.	2 335 768	500 964	22
1979.	2 450 141	886 323	36
1980.	4 225 821	985 945	23
2. **Djelatnost proizvodnje i prijenosa**			
1976.	712 707	349 010	49
1977.	1 114 343	356 492	32
1978.	1 122 651	451 785	40
1979.	1 193 608	830 265	70
1980.	2 484 268	913 973	37
3. **Djelatnost distribucije**			
1976.	536 505	25 355	5
1977.	1 005 408	34 645	3
1978.	1 213 117	49 179	4
1979.	1 256 533	56 058	5
1980.	1 742 553	71 972	4

Tabela 16.

Veličina kamata na kredite po kWh potrošene električne energije

Godina	Potrošnja električne energije u SRH u GWh (bez gubitaka u distribuciji)	Kamate na kredite u tisućama dinara	Iznos para/kWh (3:2)
Ostvarenje			
1976.	8 594	374 365	4,36
1977.	9 170	391 137	4,27
1978.	9 904	500 964	5,06
1979.	10 461	886 323	8,47
1980.	11 224	985 945	8,78
Plan			
1981.	12 426	989 168	7,96
1982.	13 272	1 976 617	14,89
1983.	14 168	2 025 224	14,29
1984.	14 904	1 936 080	13,00
1985.	16 153	1 781 112	11,03

Negativnosti postojećeeg sistema financiranja, posebno sa stajališta hipertrofije kredita i kreditnog odnosa, najjasnije se vide kroz odnos kamata na kredite prema potrošnji električne energije. Kamata na kredite u odnosu na potražnju električne energije, promatrano u razdoblju od 1976. do 1985. godine, imaju tendenciju stalnog porasta. Dok su one iznosile u 1976. godini 4,36 pare po kWh potrošene električne energije, u 1982. godini iznosi već 14,89 para/kWh ili gotovo 3,5 puta više. Jasno da se taj trošak ne može uklopiti u nekakve unaprijed dogovorene veličine povećanja cijena električne energije, nego bi on trebao biti »priznat« u cijeni lektrične energije u kojoj je stvarno i nastao kao nužna posljedica sistema financiranja proširene reprodukcije. To nužno upućuje na potrebu da se jedna od najbitnijih mjera koje treba poduzeti u postojećem sistemu financiranja proširene rprodukcije elektroprivrede odnosi na to da kreditna sredstva ne mogu više ostati glavni izvor ovog financiranja bez daljnjih i još težih negativnih posljedi-

[14] Ako se promatraju podaci o ostvarenoj amortizaciji u 1980. (tabela 13) vidi se da je ona veća nego planirana amortizacija u 1981. i 1982. godini. Iako za to već ne postoje obrazloženja, vjerojatno je plan amortizacije dan bez smjenske

ca. No, bez obzira na te promjene, već prema postojećim obvezama, kamate na kredite u 1982, 1983. i 1984. godini kreću se od 13 do 15 para po kWh potrošene električne energije, što je već gotovo dvaput više od opterećenja kilovatsata potrošene električne energije u 1981. godini.

U kojoj mjeri uvjeti sistema financiranja izgradnje elektroenergetskih objekata mogu utjecati na veličine kamata po kreditima, njihovo učešće u veličini ostvarenog dohotka, kao i na veličinu kojom one opterećuju kilovatsat proizvedene električne energije — najbolje se može sagledati usporednim pregledom koji je dan u tabeli 17. Naime, ove dvije elektrane građene su pod vrlo različitim uvjetima financiranja. Moglo bi se reći da je izgradnja financiranja HE Varaždin pretežno kreditnim sredstvima čiji je rok povratka mnogo kraći od vijeka amortizacije izgrađenog postrojenja i s relativno visokim kamatnim stopama, što je ucjelini i karakteristika postojećeg sistema financiranja izgradnje svih proizvodno-prijenosnih objekata, dok je financiranje izgradnje hidroelektrane Gojak vršeno pretežno bespovratnim sredstvima ili kreditnim sredstvima s mnogo adekvatnijim uvjetima i što se tiče rokova otplate i kamatne stope. Dani podaci ilustriraju posljedice: dok je učešće kamata na kredite u dohotkuHE Gojak iznosilo najviše 7%, dotle ono u istoj godini iznosi kod HE Varaždin čak 78%. Dok kamate na kredite kod HE Gojak iznose najviše 0,63 pare po proizvedenom kilovatsatu električne energije, dotle kod HE Varaždin iznosi čak 18,19 para. Svakako da se u nekoj mjeri može povući i korelacija takvih kretanja na nivou elektroprivrednog sistema u cjelini.

5. ZAKLJUČCI S PRIJEDLOZIMA

1. Unatoč izuzetnom značenju razvoja elektroprivrede na cjelokupni društveno-ekonomski razvoj, problematici razvoja elektroprivrede, a posebno problematici financiranja tog razvoja nije u istraživanjima kod nas posvećena odgovarajuća pažnja. Posebno nakon privredne reforme iz 1965. godine na probleme financiranja razvoja elektroprivrede gledalo se suviše pojednostavljeno. Gledano iz sadašnje perspektive, slobodno se može reći da su privredne mjere na kojima se temeljio razvoj elektroprivrede poslije 1965. godine precijenile mogućnosti djelovanja tržišta u razvoju ove privredne grane, a nedovoljno su uzimane u obzir njezine tehničko-tehnološke, infrastrukture, monopolne i upotrebne karakteristike. Ako se tome doda da se naš privredni razvoj u proteklim godinama odvijao u uvjetima izražene inflfacije, financijske nestabilnosti, nenormalne prezaduženosti i povremene nelikvidnosti, naglašeni problemi financiranja razvoja elektroprivrede što su nastajali u proteklom razdoblju postaju razumljivijim.

2. Mjerama privredne reforme iz 1965. godine nastaju krupne promjene u samom pristupu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi. Elektroprivreda je mjerama privredne reforme do-

Tabela 17.

Učešće kamata po kreditima na osnovna sredstva u dohotku OOUR-a HE Varaždin i HE Gojak

U tisućama dinara

Opis	Ostvareni dohodak	Kamate na kredite	Proizvodnja električne energije u GWh	Učešće kamata u dohotku (3:2) %	Kamate na kredite po kWh (3:4)
1	2	3	4	5	6
HE Varaždin					
1976.	94 696	73 676	405	78	18,19
1977.	62 257	28 419	492	46	5,78
1978.	85 875	51 893	460	60	11,28
1979.	86 325	41 992	548	49	7,66
1980.	100 142	39 092	515	39	7,59
HE Gojak					
1976.	13 486	975	207	7	0,47
1977.	20 980	1 270	220	6	0,58
1978.	23 169	1 237	196	5	0,65
1979.	32 813	1 208	221	4	0,55
1980.	44 542	1 178	240	3	0,49

Izvor podataka: Poslovni izvještaj »Elektroprivrede Zagreb« za pojedine godine

bila u cijelosti tretman privredne djelatnosti i stavljena je u tržišne uvjete privređivanja sa zadatkom da se uklópi u novi društveno-ekonomski sistem. Shodno tome ukidaju se svi društveno-investicioni fondovi namijenjeni financiranju razvoja elektroprivrede, a u skladu s principima privredne reforme postaju elektroprivredne organizacije osnovni nosioci investicione aktivnosti u elektroprivredi.

Ovako nagli zaokret u samom pristupu sistemu financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi nije mogao biti uveden odmah, nego se računalo s određenim prijelaznim razdobljem. To prijelazno razdoblje trebalo je trajati do 1970. godine, odnosno do realizacije srednjoročnog plana razvoja elektroprivrede od 1968. do 1970. godine.

Međutim, sve do donošenja novog Ustava iz 1974. godine, kao i Zakona o udruženom radu iz 1975. godine, elektroprivreda nije imala razrađen sistem financiranja proširene reprodukcije. U cijelom tom razdoblju od 1965. do 1975. godine sistem financiranja razvoja elektroprivrede odvijao se na nizu privremenih i palijativnih rješenja koja su se obično donosila s vremenskim pomakom zakašnjenja. Svakako da su posljedice neriješenog sistema financiranja proširene reprodukcije dovele do zaostajanja razvoja ove privredne grane, što se najbolje osjetilo u općoj nestašici električne energije krajem 1973. i 1974. godine.

3. Problem osiguranja dovoljnog volumena financijskih sredstava što ih je zahtijevao razvoj elektroprivrede sve do 1975. godine predstavljao je svakako temeljni problem. Iako je i u ovome razdoblju financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede bio prisutan i problem optimalne strukture financijskih sredstava, njega je svakako potrebno promatrati u drugom planu, jer su i posljedice koje su proizlazile iz nedovoljnog volumena financijskih srdstava mnogo teže, i to ne za samu elektroprivredu, nego ponajprije za privredu i društvo u cjelini.

4. U cijelom razdoblju od 1965. do 1975. godine financiranje razvoja elektroprivrede trebalo se u pretežnom dijelu temeljiti na vlastitim sredstvima elektroprivrednih organizacija i kreditnim sredstvima domaćih banaka. Međutim, upravo najvće zaostajanje u prilivu sredstava u odnosu na plan ostvarivano je kod ovih izvora.

Udio vlastitih sredstava elektroprivrede u financiranju proširene reprodukcije nije ostvarivan u onom volumenu s kojim se je u planu računalo iz ovih (glavnih) razloga:

— Zbog inflacije, odnosno zbog porasta cijena proizvoda i usluga koje je elektroprivreda upotrebljavala kao elemente svoje jednostavne reprodukcije porastao je udio troškova poslovanja u ukupnom prihodu. Povećane cijene električne energije kojima su se pokrivali ovi povećani troškovi, slijedilo je u pravilu s određenim vremenskim zakašnjenjem.
— Zbog revalorizacije osnovnih sredstava naglo su, kao posljedica toga, porasle i određene ugovorne i zakonske obveze, prije svega premije osiguranja osnovnih sredstava.
— Zbog neadekvatne interne raspodjele dohotka izdvajanja za proširenje materijalne osnove udruženog rada bila su sve manja.
— Zbog otežanih uvjeta kreditiranja permanentno je smanjivan slobodni dio sredstava amortizacije.
— Zbog otežanih uvjeta kreditiranja naglo je porastao udio kamata na kredite u ostvarenom dohotku.

S druge strane postavke sistema financiranja proširene reprodukcije da će bankarsko tržište, koje je bilo tek u formiranju, biti u stanju osigurati, osim vlastitih sredstava elektroprivrednih organizacija, dovoljno kreditnih sredstava koje će osigurati normalan razvoj elektroprivrede, bile su više iluzija nego realna pretpostavka.

Upravo zbog tih činjenica došlo je do zaostajanja ulaganja u razvoj elektroprivrede u odnosu na ulaganja s kojima se računalo u srednjoročnim planovima od 1966. do 1970. i srednjoročnom planu 1971 — 1975. godine. Mjere koje su u međuvremenu poduzimane i na nivou fedracije i na nivou socijalističkih republika nisu bile dovoljne da osiguraju povećanje učešća investicija elektroprivrede u ukupnim investicijama industrije čime bi se osigurao skladan privredni razvoj.

Svi uočeni nedostaci koji se odnose na sistem financiranja razvoja elektroprivrede u razdoblju poslije privredne reforme iz 1965. godine pa sve do 1975. godine dovodili su do spoznaje da tehno-ekonomske, monopolne i infrastrukturne značajke elektroprivrede, te njezina uloga i značenje u općeprivrednom razvoju nalažu potrebu da se razvoj elektroprivrede treba temeljiti na privrednim mjerama koje će u sklopu općih privrdnih mjera biti prilagođene za ovu privrednu granu, te kroz sinhrono i zajedničko djelovanje samih elektroprivrednih organizacija, potrošača električne energije i društveno-političkih zajednica. Promjene do kojih je došlo u financiranju razvoja elektroprivrede u SR Hrvatskoj potkraj planskog razdoblja od 1971. do 1975. godine i čiji će puni sadržaj doći do izražaja tek u planskom razdoblju od 1976. do 1980. godine bile su upravo odraz takvih spoznaja.

5. Na temelju podataka o planiranim, ostvarenim i utrošenim sredstvima za financiranje razvoja elektroprivrede u SR Hrvatskoj u planskom razdoblju od 1976. do 1980. godine slobodno se može reći da je problem volumena sredstava riješen na zadovoljavajući način. Ostvarna sredstva za financiranje razvoja elktroprivrede u proteklom planskom razdoblju ostvarena su sa 97,3% u odnosu na rebalans plana. Dinamika priliva ovih sredstava po godinama također je bila zadovoljavajuća.

Ako se pođe od postavke da se sistem financiranja razvoja elektroprivrede treba temeljiti na troškovnom principu i principu solidarnosti, što je i nužno, onda bi se moglo reći da je troškovni princip zastupljen u najvećoj mjeri kod prikupljanja sredstava putem cijena električne energije i kroz instrumentarij naknada, dok je troškovni princip i princip solidarnosti zastupljen zajedno kroz instrumentarij samoupravnog sporazumijevanja.

I unutar, a i izvan elektroprivrede najčešće se postavlja pitanje o opravdanosti udruživanja sredstava za razvoj elektroprivrede putem izdvajanja određenog postotka od ostvarenog dohotka. Udruživanje po ovoj osnovi ima svoje opravdanje, jer se njime de fakto korigiraju određeni odnosi i defekti koji su rezultat neadekvatnih odnosa u primarnoj raspodjeli.

Na instrumentarij samoupravnog sporazumijevanja u samoupravnim društveno-ekonomskim odnosima treba gledati kao na prošireno shvaćanje pojma samofinanciranja, što u velikoj mjeri isključuje mogućnost da ova sredstva i u idućem razdoblju imaju kreditni karakter. Usmjeravanje dijela sredstava društvene reprodukcije putem samoupravnog sporazumijevanja vrši se svjesno i dugoročno na temelju usaglašenih planova budućeg razvoja. Sve to govori u prilog činjenici da bi udruživanje ovih sredstava trebalo temeljiti na principu zajedničkog ulaganja, čime se povećava zainteresiranost potrošača električne energije za dugoročnim i efikasnim razvojem elektroprivrede. Međutim, temeljni interes za udruživanjem ovih sredstava od strane potrošača električne energije ne bi mogao biti u većoj dohodovnosti koju bi postizavale udruživanjem ovih sredstava, jer su, kako je već rečeno, elektroprivredne organizacije, zbog politike cijena električne energije, u pravilu nisko akumulativne. Temeljni interes za udruživanjem ovih sredstava trebao bi biti u sigurnoj, kontinuiranoj i kvalitetnoj isporuci električne energije, kakvu mogućnost udruživanja sredstava i predviđa član 81. Zakona o udruženom radu.

Iako, formalno gledano, potrošači električne energije udružuju ova sredstva bespovratno, oni za uzvrat dobivaju jeftiniju i sigurniju isporuku električne energije, pa se onda, sadržajno gledano, ne bi moglo govoriti o bespovratnom udruživanju sredstava, nego o specifičnom obliku zajedničkog ulaganja u kojem dolaze do izražaja i ekonomski interesi potrošača električne energije i ekonomski interesi elektroprivrednih organizacija. Ovakav tretman udruženih sredstava doveo bi na jednoj strani do povećanja reproduktivne sposobnosti elektroprivrednih organizacija, a na drugoj strani bi se putem niže cijene električne energije povećala konkurentna sposobnost proizvoda potrošača električne energije, posebno u odnosu prema inozemnom tržištu.

Sistemom financiranja proširene reprodukcije koji bi se, pored vlastitih sredstava elektroprivrednih organizacija, temeljio na sredstvima prikupljenim instrumentom naknada, kao i na udruženim sredstvima putem samoupravnog sporazumijevanja, trebao bi se ostvariti predominantan dio financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede u samoupravnim društveno-ekonomskim odnosima.

11. Problem prezaduženosti elektroprivrede, posebno proizvodno-prijenosnih organizacija, do kojeg dolazi nakon 1982. godine, kada će otplata po kreditima biti mnogo veća od sredstava obračunate amortizacije, zahtijeva osim predloženih izmjena u samom sistemu financiranja i mjere dopunskog karaktera. U tu svrhu potrebno bi bilo već sada da Republička samoupravna interesna zajednica potrošača električne energije i Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske povedu akciju da se dio udruženih sredstava koja su imala kreditni karakter konverzijom pretvore u bespovratna sredstva. Tu se prije svega misli na konverziju sredstava s naslova obveznog udruživanja.

12. Preostali dio sredstava za financiranje proširene reprodukcije u elektroprivredi trebalo bi osigurati putem kreditnih sredstava. No, pri tome bi trebalo poštivati osnovna pravila nauke o financiranju prema kojima dugotrajna postrojenja treba financirati samo dugoročnim zajmovima, koji po rokovima otplate približno odgovaraju amortizacionom vijeku postrojenja.

To pravilo u financiranju razvoja elektroprivrede u našoj dosadašnjoj praksi nije poštivano. Uz prenaglašavanje udjela kreditnih sredstava, ona su korištena pod vrlo teškim kondicijama, bilo po rokovima otplate, bilo po visini kamatne stope. Ako se dovedu u vezu ročnost kreditnih sredstava s amortizacionim vijekom osnovnih sredstava u elektroprivredi, onda se vidi da je u pravilu ročnost kreditnih sredstava bila više nego dva puta kraća. Sve je to dovelo do nenormalne prezaduženosti elektroprivrednih organizacija koja će naročito doći do izražaja u idućim godinama (podaci tabele 14).

Svakako da je i za financiranje proširene reprodukcije elektroprivrede, kao i za financiranje proširene reprodukcije na razini privrede kao cjeline, potrebna i odgovarajuća uloga kredita i kreditnog odnosa. Bez odgovarajuće uloge kredita i kreditnog odnosa ne bi se mogao u cjelini obaviti proces koncentracije, prelijevanje i cirkulacija sredstava namijenjenih za financiranje proširene reprodukcije. Pri tome se prije svega misli na mobilizaciju značajnih viškova novčanih sredstava u sektoru stanovništva koja se putem štednje uz odgovarajuću kamatnu stopu koncentriraju i čine značajne izvore dugoročnih kreditnih sredstava.

Međutim, u provođenju kreditne politike poslovne banke ne bi trebale kao do sada u pretežnom dijelu ova sredstva usmjeriti samo u investicije sa što kraćim rokovima otplate. Imajući u vidu specifičnosti našeg društvenog i privrednog sistema u kojem prevladavaju elementi planskog

usmjeravanja privrednog razvoja, kreditna sredstva za financiranje razvoja elektroprivrede trebalo bi osigurati putem namjenskog usmjeravanja dijela kreditnog potencijala poslovnih banaka, te posebnim nacionalnim zajmovima.

Inozemne zajmove za financiranje razvoja elektroprivrede trebalo bi ograničiti samo na slučajeve vezane za uvoz opreme i tehnologije koju nije moguće proizvesti u zemlji, kakav je u najnovije vrijeme slučaj s opremom i tehnologijom za nuklearne elektrane.

SOME BASID CHARACTERISTICS OF INVESTMENT SYSTEM FOR EXTENSIVE REPRODUCTION IN ELECTRIC POWER GENERATING ENTERPRISES IN SR CROATIA FOR PERIOD 1976—1980

(II part)

Deficiencies in the investment system for extensive reproduction that was a base for development of electric power generating enterprises after economical reform in 1965 year, brought to conclusion that technical-economical, infrastructure and monopol characteristics of power generating enterprises as well as its importance in overall economical development requires that this development should be based on general economical rules.

Some changes in investment system, that were implemented at the end of planned period 1971—1975 year, and which full impact occured in period 1976—1980 year, are reflections of this requirements.

In the article are presented positive solutions, critical remarks and some suggestions for changes and additions for improvements of now-a-days investment system for extensive reproduction in electric power generating enterprises in SR Croatia.

GRUNDLAGEN DES FINANZIERUNGSSYSTEMS DER ERWEITEREN REPRODUKTION IN DER KROATISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT IM PLANUNGSZEITABSCHNITT 1976—1980

Die Mängel im Finanzierungssystem der erweiterten Reproduktion, auf dem die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft seit 1965 beruht, haben gezeikt, dass wirtschaftlich-technische, innerstrukturelle, monopolistische Eigenschaften der Elektrizitätswirtschaft und deren Rolle und Bedeutung für die allgemeine Entwicklung der Wirtschaft auf Grundlagen beruhen, die dem allgemeinenn Wirtschaftsrahmen für diesen Wirtschaftszweig angepasst werden müssen.

Die Veränderungen des Finanzierungssystems bei der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft in der VR Kroatien gegen Ende des Planungszeitabschnittes 1971—1975 wurden für den Zeitabschnitt 1976—1980 voll erfasst, sie sind die Folge dieser Erkenntnisse.

Ausser den positiven Lösungen ist in dieser Arbeit auch eine kritische Einstellung erkennbar. Abschliessend werden Änderungen und Ergänzungen vorgeschlagen, die zu einer Verbesserung des derzeitigen Finanzierungssystems der erweiterten Reproduktion in der kroatischen Elektrizitätswirtschaft beitragen sollten.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СИСТЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ РАСШИРЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА В ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВЕ ХОРВАТИИ В ПЛАНОВЫЙ ПЕРИОД 1976—1980 гг.

(2-ая часть)

Недостатки системы финансирования расширенного воспроизводства, на которой зиждится развитие электрохозяйства после экономической реформы 1965 года, все в большей степени внушали мысль, что в силу технико-экономических, инфраструктурных и монополистических характеристик электрохозяйства, а также его роли и значения в общем развитии экономики, развитие электрохозяйства необходимо базировать на экономических мерах, которые в составе всеобщих экономических мероприятий будут согласованы с настоящей страслью народного хозяйства.

Измененения в системе финансирования развития электрохозяйства, наступившие в СР Хорвттии в конце планового периода 1971—1975 гг. и смысл которых получил полное отображение только в плановом периоде 1976—1980 гг, как раз и являются выражением осознанного.

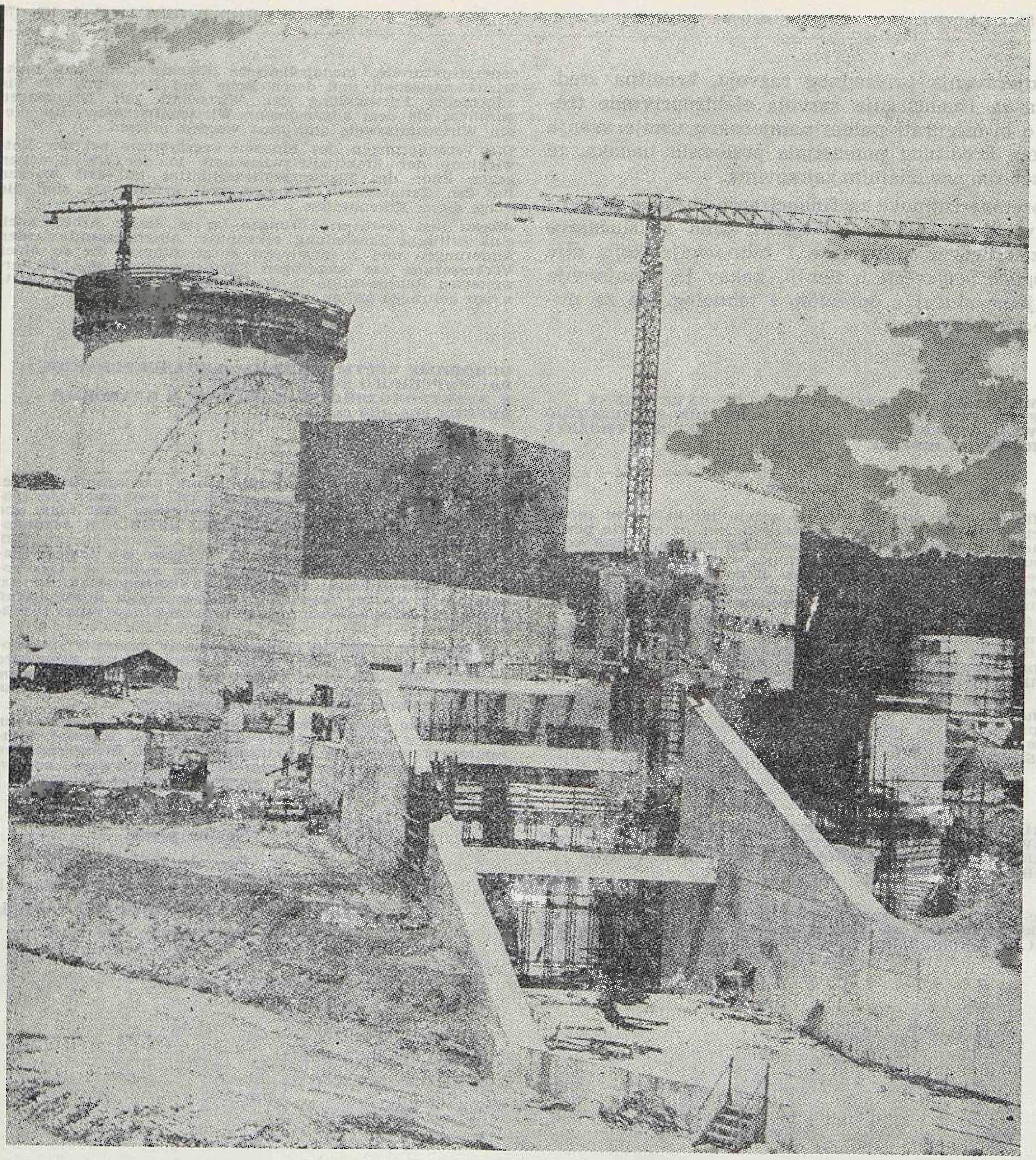
Подчеркивая положительные решения, на протяжении всей работы налицо и критический подход. В итоге предложены изменения и дополнения, которые способствовали улучшению действующей системы финансирования расширенного воспроизводства в электрохозяйстве Хорватии.

Naslov pisca:

Doc. dr Jure Šimović,
Viša upravna škola Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
12. II 1982.

hidroelektra
SLOŽENA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA
Zagreb, Dakićev trg 10



hidroelektra

SLOŽENA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA

Zagreb, Dakićev trg 10

Energija God. 31 (1982) br. 5—6, 181—192

25. GODINA PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE U SLAVONIJI I BARANJI

Marijan K a l e a, Osijek

UDK 621.316.1
PREGLEDNI RAD

U povodu 25. godišnjice priključenja Slavonije i Baranje na mrežu 110 kV izrađen je osvrt na okvire i značajke razvoja, sadašnje stanje, te pogled u budućnost razvoja prijenosne elektroenergetske mreže na području »Elektroslavonije« Osijek.

Ključne riječi: Elektroslavonija, mreža visokog napona, elektrifikacija, pogon mreže.

UVOD

Elektrifikacija pojedinih naselja u Slavoniji i Baranji, u skromnom obuhvatu, ima dobru tradiciju. Već 1891. godine električnom se energijom opskrbljuje Đurđenovac iz tamošnje drvne industrije, oko 1900. Donji Miholjac, 1903. godine Valpovo i 1909. godine Vukovar. Od godine 1912. u pogonu je dizel-elektrana i hidroelektrana u Kuzmici, odakle se opskrbljuje Slavonska Požega, a od 1926. godine električna centrala u Osijeku. Od te se godine i Slavonski Brod opskrbljuje iz Tvornice vagona. Vinkovci imaju dizel-elektranu od 1929. godine.

Prijenosom električne energije danas se uobičajeno smatra elektroprivredna djelatnost uz korištenje (pogon, održavanje i izgradnja) elektroenergetske mreže napona većeg od 100 kV, pri čemu su u manjoj ili većoj mjeri naglašeni:

— prijenos većih količina električne energije na veće udaljenosti
— povezivanje većih elektrana ili većih potrošačkih područja s elektroenergetskim sistemom
— sudjelovanje u međusobnom povezivanju elektrana i osiguranju zajedničkog rada elektroenergetskog sistema
— međusobno povezivanje elektroenergetskih sistema.

Primjena prijenosa električne energije omogućuje izgradnju elektrana uz izvore primarne energije ili elektrana velikih ekonomičnih snaga na mjestima s povoljnim uvjetima okoline, međusobnu dopunu elektrana različitih tehničkih i ekonomskih svojstava, smanjenje ukupno potrebne rotirajuće i hladne rezerve u elektranama, te smanjenje ukupnog vršnog opterećenja povezanog elektroenergetskog sistema. Prijenosnom djelatnošću omogućuje se, dakle, ekonomičnije rješenje sigurne i kvalitetne opskrbe dovoljnim količinama električne energije. To je razlog da se u razvoju elektroprivrede ostvaruje brži porast prenesene električne energije od porasta potrošnje električne energije. Tako se npr. u razdoblju od 1955. do 1975. godine razmjena električne energije između zemalja zapadnoevropske interkonekcije UCPTE udvostručavala svakih 7, a potrošnja električne energije svakih 10 godina!

Daljnji prikaz odnosit će se na rad i razvoj djelatnosti prijenosa električne energije na području današnjeg djelovanja »Elektroslavonije« — Osijek, u 25-godišnjem razdoblju, od 1956. do 1981. godine. To je područje manje od teritorija Slavonije i Baranje za područje općine Nova Gradiška te za malo istočno područje Hrvatske oko Iloka.

Prikaz obuhvaća autorovo gledanje na taj razvoj uglavnom s energetsko-tehničkog gledišta. Društveno-ekonomski i organizacijski odnosi, kojima je prolazila prijenosna djelatnost na ovom području u tom razdoblju, tek su dodirnuti, ako je to za tumačenje bilo nužno, ili su njihovi prikazi posve izostavljeni. Prikaz je načinjen na osnovi navedene dokumentacije, a njezino bolje razumijevanje pomogli su autorovi razgovori s neposrednim sudionicima u opisanim zbivanjima.

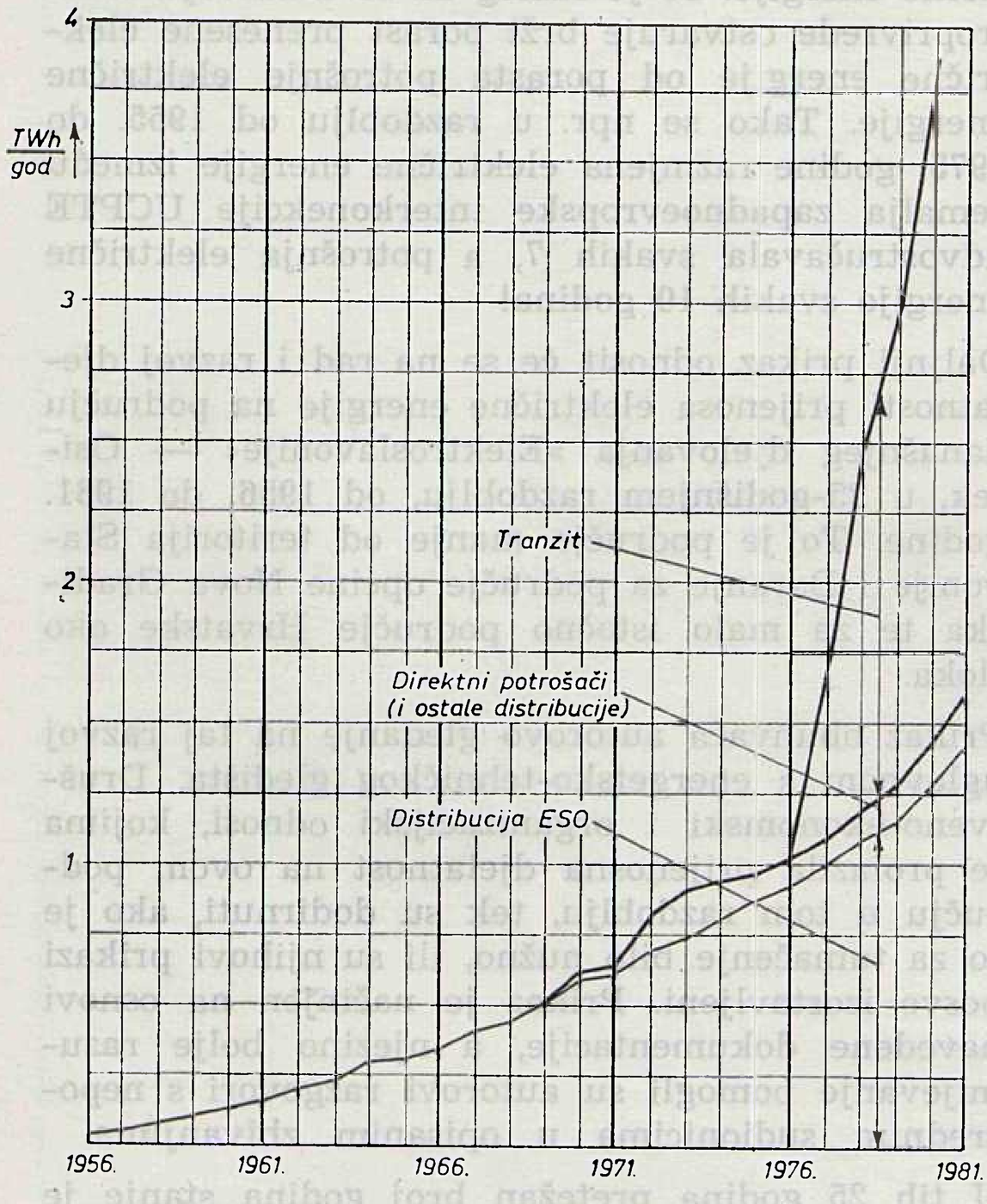
U tih 25 godina pretežan broj godina stanje je bilo bitno drugačije od onoga koje postoji praktično samo zadnjih 5 godina. Naime, neprekidno je opremljenost prijenosne mreže bila takva da je samo uz veliko zalaganje ljudi koji su uz nju živjeli i radili funkcionirala donekle zadovoljavajuće. A opet, priključak na mrežu 110 kV tada je značio »novo razdoblje u elektrifikaciji našeg područja« (kako je zapisano povodom 40-godišnjice »Elektroslavonije« — Osijek, 1966. godine),

jer je prije toga život i rad bio još teži, a razvoj je ostvarivan usprkos nemogućim uvjetima.*

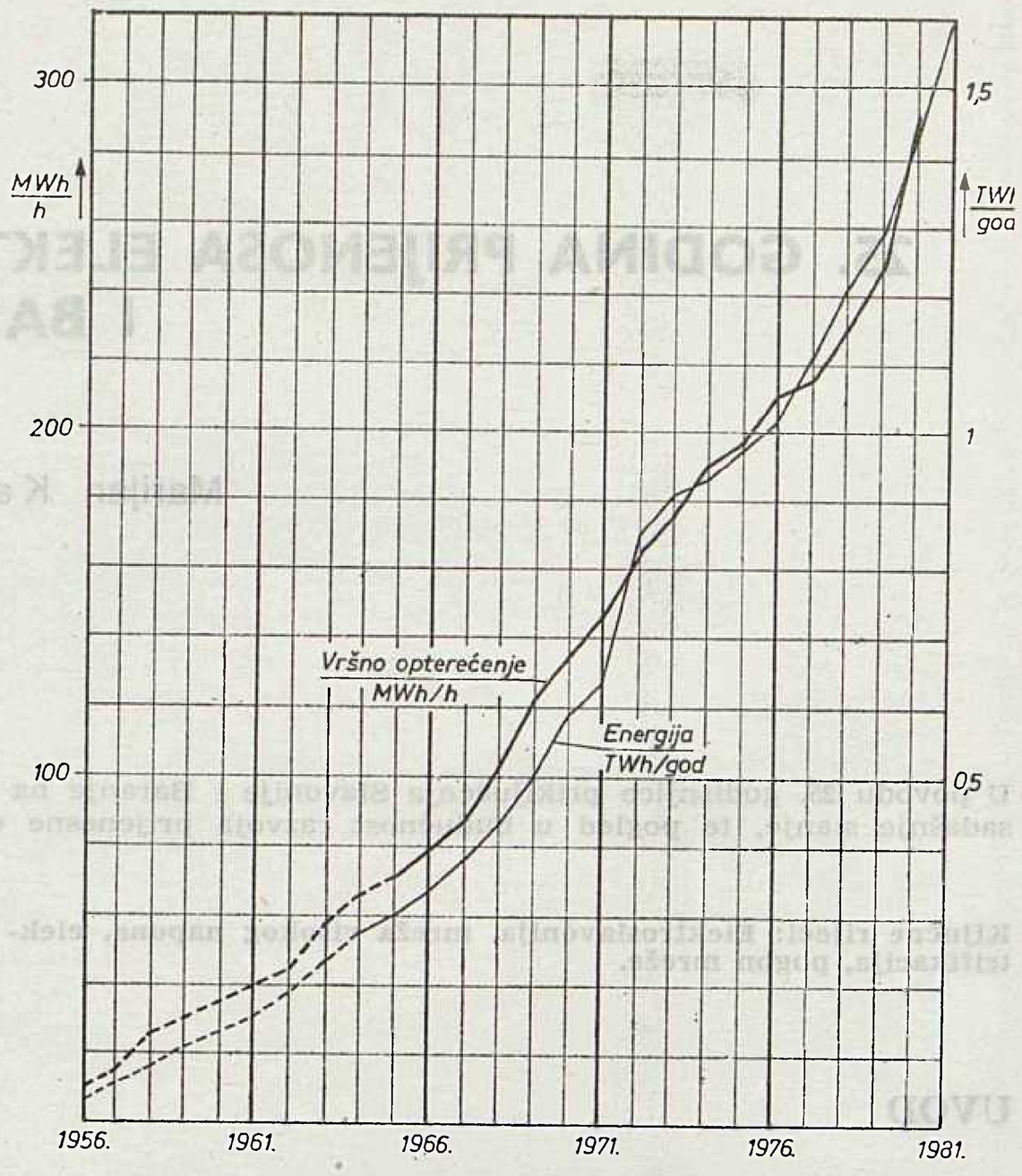
Do kraja 1956. godine na području Slavonije i Baranje elektroprivrednom se djelatnošću bavi »Elektroslavonija« — Osijek i u tim se teškim poslijeratnim prilikama osposobljava uništene i oštećene elektroenergetske objekte, te gradi nove napona do 35 kV odnosno 30 kV. Već godine 1974. izgrađuje se dalekovod 35 kV Osijek — Vinkovci — Borovo, koji povezuje tadašnje elektrane u tim čvorovima (ukupne raspoložive snage oko 8 MW). U Slavonskom Brodu je u pogonu elektrana Tvornice vagona od 3 MW. Godine 1953. dograđuje se ta mreža vodom 35 kV prema Županji, a 1954. godine pojačava se novim agregatom 4 MW u Županji.

To je pravi elektroenergetski sistem u malom, čijih se pogonskih događaja, teškog ali i poletnog života uz njega s puno toplih uspomena sjećaju tadašnji radnici.

Važan pothvat »Elektroslavonije« — Osijek iz tog doba jest izgradnja prva tri 110 kV objekta: TS Slavonski Brod (Podvinje), TS Osijek 1 (Brijest) i dalekovoda 110 kV koji ih povezuje.



Sl. 1. *Godišnja energija preuzeta prijenosnom mrežom za distribuciju i za direktne potrošače na području Slavonije i Baranje, te energija tranzitirana prijenosnom mrežom tog područja*



Sl. 2. *Godišnje vršno srednje satno opterećenje i godišnja energija preuzeta prijenosnom mrežom za distribuciju i direktne potrošače na području Slavonije i Baranje*

Odlukom nadležnih republičkih organa formira se početkom 1957. godine poduzeće »Elektroprenos« — Zagreb, izdvajanjem prijenosnih postrojenja i radnika s područja Rijeke, Zagreba i Osijeka. Od 1966. godine »Elektroprenos« — Zagreb u sastavu je poduzeća »Elektroprivreda« — Zagreb. Tako do 1971. godine »Elektroprenos« — Zagreb vodi prijenosnu djelatnost na području Slavonije i Baranje, a od te godine formira se i u »Elektroslavoniji« — Osijek radna jedinica za prijenos. Od 1975. godine radnici i sredstva iz zagrebačke i osječke jedinice udruženi su u jedinstvenu osnovnu organizaciju udruženog rada »Elektroprijenos« — Osijek u sastavu radne organizacije »Elektroslavonija« — Osijek.

OKVIRI RAZVOJA

Područje djelovanja »Elektroslavonije« — Osijek veliko je oko 10 tisuća kvadratnih kilometara, pa obuhvaća oko 18% teritorija Hrvatske, odnosno oko 4% teritorija Jugoslavije.

Više od 800 tisuća stanovnika, čini danas oko 18% stanovništva Hrvatske i 3,7% stanovništva Jugoslavije.

Razvoj prijenosne elektroenergetske mreže na tom području uvjetovan je općim razvojem proizvodnih i društvenih djelatnosti, rastom potreba za električnom energijom, izgradnjom elektrana u susjednim područjima i na tom području, položajem

* Jedna ilustracija: priključkom na mrežu 110 kV frekvencija je u mreži Slavonije i Baranje postala urednija: — porasla je produktivnost u nekim elektromotornim pogonima, o čemu su odatle zadovoljno izvještavali dispečera!

Slavonije i Baranje prema glavnim pravcima za prijenos električne energije u Jugoslaviji i pravcima razmjene s inozemstvom, podobnošću terena i klimatskih prilika za gradnju vodova značajne prijenosne moći, i tempom razvoja prijenosne mreže u Jugoslaviji. S druge strane, rast prijenosne mreže bio je uvjetovan osiguranjem sredstava potrebnih za njezinu izgradnju.

Ukupan razvoj Slavonije i Baranje ilustrirat će se podacima o ostvarenom prosječnom godišnjem rastu pojedinih veličina za 15-godišnje razdoblje, od 1962. do 1977. godine:

— realni ukupni društveni proizvod	6,6%/god.
— realni društveni proizvod industrije	8,7%/god.
— realni društveni proizvod poljoprivrede	3,6%/god.
— fizički porast industrijske proizvodnje	8,3%/god.
— fizički porast poljoprivredne proizvodnje	3,2%/god.
— prijevoz robe u tonakilometrima	4,0%/god.
— zaposlenost	1,2%/god.
— proizvodnost	6,3%/god.
— potrošnja električne energije	12,0%/god.

Ostvareni rast društvenog proizvoda približno je na razini ostvarenog prosječnog rasta u Hrvatskoj i Jugoslaviji u istom razdoblju. Narodni dohodak 1977. godine bio je 1779 dolara po stanovniku, što je 84% hrvatskog ili 10% jugoslavenskog narodnog dohotka u toj godini. Oko 70% proizvodnih djelatnosti u Slavoniji i Baranji čine danas poljoprivreda i šumarstvo, na njima utemeljena prerađivačka industrija, te korištenje i prerada nekih mineralnih sirovina — industrija građevinskog materijala. Područje ima značajan smještaj u prometnom sistemu zemlje (67% plovnih putova, 43% željezničke mreže i 22% cestovne mreže Hrvatske 1977. godine).

Stupanj elektrifikacije bio je 1956. godine veoma nizak: samo 11% naselja bilo je elektrificirano!

Širokom elektrifikacijom u idućih je 8 godina obuhvaćeno već 2/3 naselja. Elektrifikacija se nastavlja neznatno usporenijim tempom i praktički dovršava 1972. godine. Danas je elektrificirano 98% naselja.

Potrošnja električne energije na području »Elektroslavonije« — Osijek rasla je u šezdesetim godinama prosječnom stopom od 16,8%/god, a u sedamdesetim godinama prosječnom stopom od 9,5%/god.

Ma koliko visok, taj rast, međutim, nije i rast realnih potreba za električnom energijom, već rast ostvarenja potrošnje prigušene nedovoljnom ukupnom izgrađenošću električne mreže, nedovoljnom njezinom raspoloživošću i lošim naponskim prilikama u mnogim dijelovima mreže kroz dugi niz godina tog razdoblja, pa čak i djelovanjem tzv. zaporne tarife (veća tarifa za veću potrošnju električne energije, što je vodilo znatno višoj prosječnoj cijeni električne energije no na drugim područjima) u godinama što su prethodile tom razdoblju.

Potrošnjom električne energije od oko 1,4 milijarde kWh u 1980. godini područje »Elektroslavonije« — Osijek sudjeluje sa 12,7% u potrošnji Hrvatske, odnosno sa 2,7% u potrošnji Jugoslavije. Te godine ovdje je utrošeno oko 1 700 kWh po stanovniku, prema 2 450 kWh u Hrvatskoj i 2 290 kWh u Jugoslaviji.

Na području »Elektroslavonije« — Osijek nema većih elektrana u tom razdoblju. Javne elektrane prestale su raditi u početnim godinama tog razdoblja (Vinkovci, Osijek, Đakovo, Kuzmica). Manje industrijske elektrane u šećeranama, kombinatima Borovo i Belišće i nekim tvornicama priključene su na mrežu srednjeg napona. Tek PTE Osijek od 50 MW priključuje se 1976. godine na mrežu 110 kV.

Stotinjak kilometara udaljen od ruba područja nalazi se veliki kolubarski ugljeni bazen, a pedesetak kilometara udaljen je tuzlanski ugljeni bazen. U ta dva bazena proizvodi se danas samo nešto ispod polovice termoelektrične energije Jugoslavije. Slavonija i Baranja, s razmjerno povoljnim klimatskim i posve povoljnim terenskim uvjetima za izgradnju vodova visokog napona, nalazi se između tih bazena i područja središnje Hrvatske i Slovenije koja su neprekidno deficitarna električnom energijom. (Na tom potezu ostvaren je, u doba vršnog opterećenja jugoslavenskog elektroenergetskog sistema u 1979. godini, prijenos od 248 MW iz Obrenovca, 369 MW iz Tuzle i 403 MW prema Zagrebu. Tog su trenutka u čitavoj mreži samo dva voda 400 kV iz HE Đerdap bila opterećenija: 623 odnosno 417 MW).

Konačno, to područje povoljno je smješteno i s obzirom na ostvarenja jedne varijante povezivanja jugoslavenskog elektroenergetskog sistema s istočnoevropskom interkonekcijom OES SEV. Mreža 110 kV Jugoslavije se 1956. godine nalazi pred povezivanjem u sistem i izgrađuje se u toku cijelog tog razdoblja dosta ravnomjernim tempom, pa je ukupna duljina dalekovoda povećana približno četiri puta u 25 godina. Godine 1960. otpočelo je dopunjavanje sistema mrežom 220 kV, a deset godina kasnije i mrežom 400 kV.

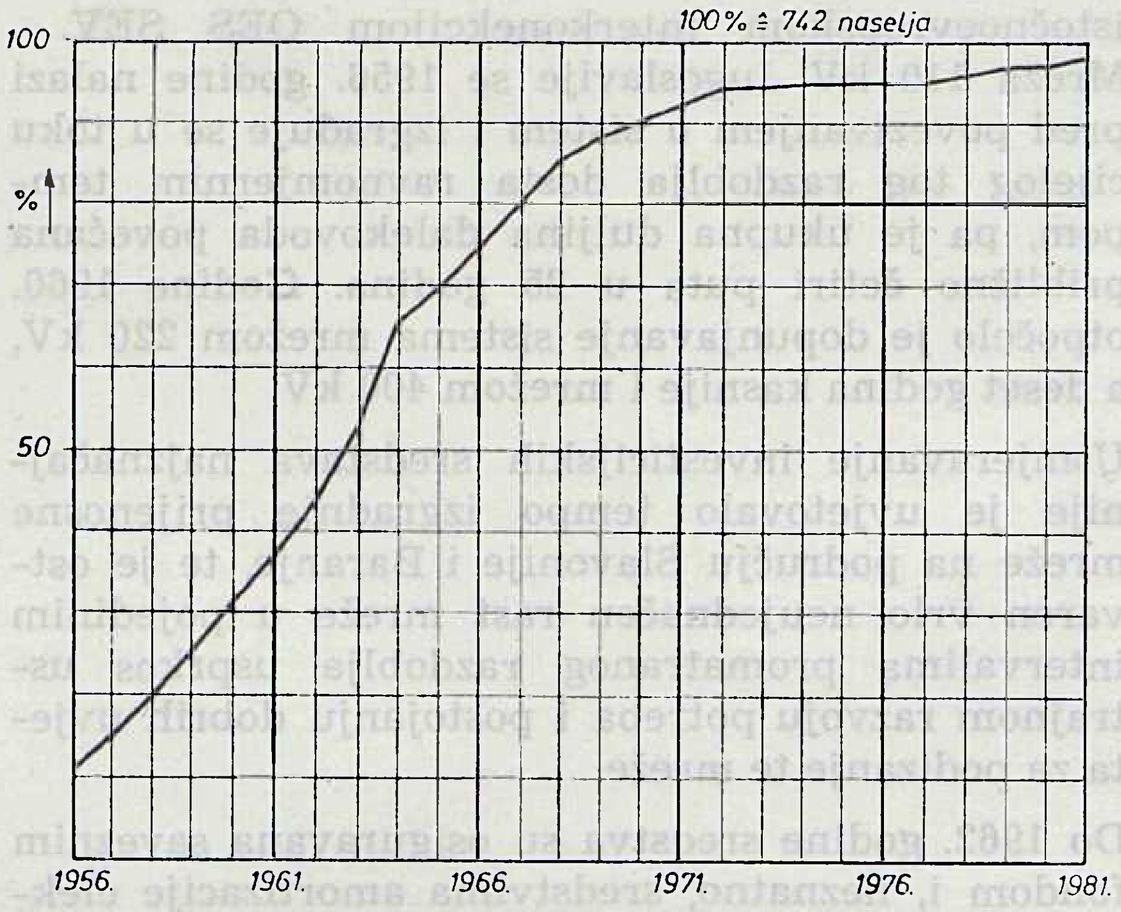
Usmjeravanje investicijskih sredstava najznačajnije je uvjetovalo tempo izgradnje prijenosne mreže na području Slavonije i Baranje, te je ostvaren vrlo neujednačen rast mreže u pojedinim intervalima promatranog razdoblja usprkos ustrajnom razvoju potreba i postojanju dobrih uvjeta za podizanje te mreže.

Do 1962. godine sredstva su osiguravana saveznim fondom i, neznatno, sredstvima amortizacije elektroprivrede. Od 1962. do 1965. godine smanjuje se učešće općeg investicionog fonda u izgradnji

prijenosne mreže (za 110 kV mrežu posve izostaje), te je trebalo pronaći druge izvore financiranja. S planskim razdobljem 1966—1970. godine počinje obavezno sudjelovanje potrošača u izgradnji elektroprivrednih objekata razmjerno njihovim investicijskim ulaganjima. Takva financijska situacija nije obećavala ubrzanje izgradnje prijenosne mreže na području Slavonije i Baranje, a nedovoljna izgrađenost te mreže ozbiljno je ograničavala ukupni razvoj. Zastupnici slavonsko-baranjske regije u Saboru SR Hrvatske izborili su se na tzv. saborski program ubrzanja izgradnje prijenosne mreže Slavonije i Baranje, po kojem je financiranje izgradnje te mreže dobilo status sličan elektranama. Da je za to bio krajnji trenutak, govori podatak da je 1970—1971. godine vršno opterećenje gotovo izjednačeno s instaliranom snagom transformatora 110/35 kV.

»Saborski program« dao je presudnu materijalnu osnovu za razvoj prijenosne mreže u Slavoniji i Baranji, jer su u nekoliko godina duljina 110 kV vodova i broj 110 kV trafo-stanica udvostručeni.

U planskom razdoblju 1971—1975. godine financiranje izgradnje ostvaruje se amortizacijom, naknadama za priključenje, te doprinosima i obaveznim udruživanjem sredstava potrošača električne energije, a dopunjuje se (za izgradnju mreže 400 kV) zajmovima Međunarodne banke za obnovu i razvoj, te Narodne banke Jugoslavije. To osigurava nastavak otpočetog tempa izgradnje prijenosne mreže na ovom području. Potkraj tog razdoblja i u planskom razdoblju 1976—1980. godine potrošači električne energije udruženi u republičku samoupravnu interesnu zajednicu, osiguravaju — uz sredstva elektroprivrede — povećanje udjela sredstava za izgradnju elektroenergetskih objekata u ukupnim društvenim ulaganjima.



Sl. 3. *Stupanj elektrifikacije naselja na području Slavonije i Baranje*

Na potrebu takva usmjeravanja investicionih sredstava vrlo uvjerljivo je upozorio i »mrak« krajem 1973. godine, kada je, zbog raskoraka potreba i mogućnosti proizvodnje električne energije, došlo do velikih ograničenja u opskrbi.

ZNAČAJKE RAZVOJA

Danas je, pogledavši unatrag, moguće izdvojiti pet ključnih događaja u razvoju prijenosa električne energije na području Slavonije i Baranje: početak prijenosa, utrostručenje mogućnosti, priključak prve elektrane i početak tranzita električne energije.

Dana 11. XI 1956. pušten je u pogon transformator 110/30 kV u trafo-stanici Slavonski Brod, čime je započeo prijenos električne energije pri naponu 110 kV **za** područje Slavonije i Baranje (još ne i prijenos **na** tom području, što se zbilo 13 mjeseci kasnije, 8. XII 1957, stavljanjem dalekovoda Slavonski Brod — Osijek u pogon pod naponom 110 kV). Prijenos se obavlja u količinama potrebnim isključivo za distribuciju električne energije.

Dana 15. XI 1967. priključena je TS 220/110 kV Đakovo na tadašnju mrežu 220 kV Jugoslavije, što je bitno povećalo kvalitetu (poboljšanje naponskih prilika) i ukupne mogućnosti prijenosa na ovo područje (utrostručenje!), bez novoga dopunjavanja postojećeg obuhvata prijenosne djelatnosti.

Dana 24. IV 1969. priključena je željeznička elektrovučna podstanica Kapela na napon 110 kV u trafo-stanici Slavonski Brod, čime je otpočeo prijenos električne energije direktnim potrošačima. U sljedećoj godini priključuju se još dvije elektrovučne podstanice (Andrijevci i Jankovci) za opskrbu elektrificirane željezničke pruge Zagreb — Beograd na našem području.

Dana 13. II 1976. počela je raditi PTE Osijek priključkom na 110 kV mrežu, što je prvo i za sada jedino uključenje elektrane u prijenosnu mrežu ovog područja.

Dana 26. VII 1977. puštena je u pogon TS 400/110 kV Ernestinovo, čime je ostvarena mogućnost da se, korištenjem elektroprijenosne mreže na ovom području, obavlja i tranzit električne energije za potrebe elektroenergetskog sistema Jugoslavije. Tek je time posve upotpunjena uloga ovdašnje elektroprijenosne djelatnosti.

Između tih doista karakterističnih trenutaka može se u 25-godišnjem razdoblju izdvojiti više intervala naglašenih osobitosti:

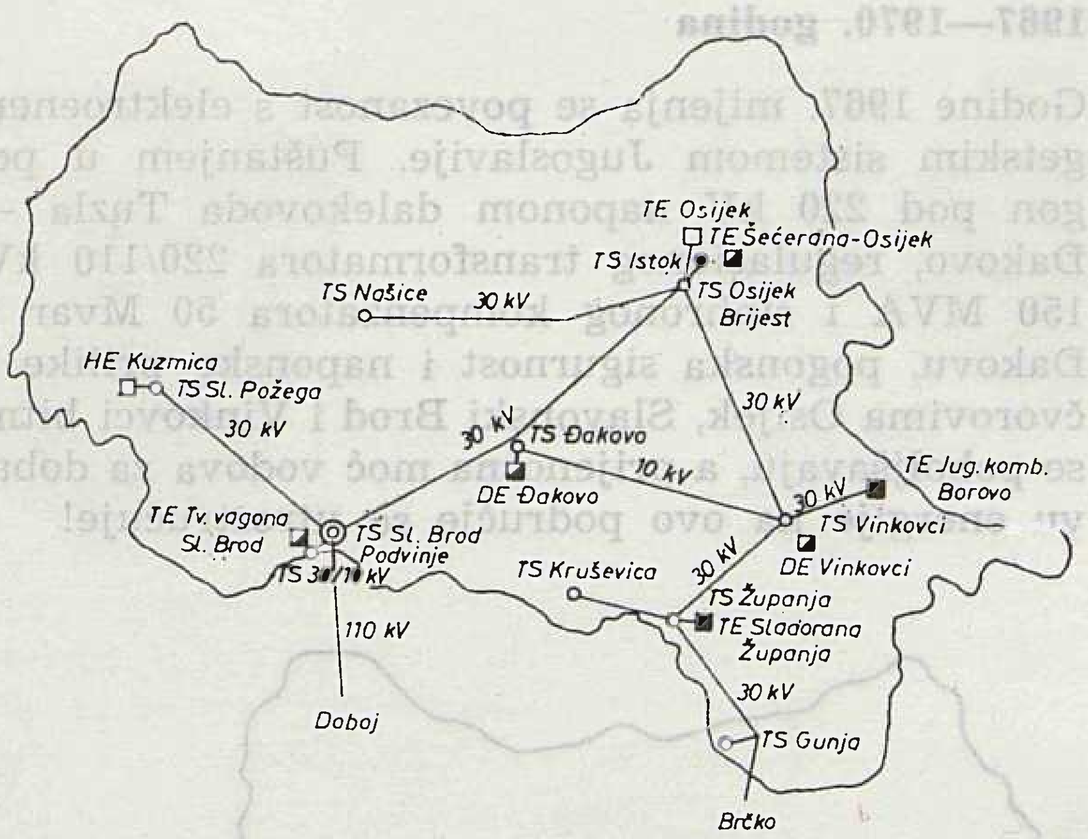
1956—1961. godina — prijenos osovinom 110 kV (od 1957. godine) Slavonski Brod — Osijek;

1962—1966. godina — trokut 110 kV Slavonski Brod — Osijek — Vinkovci;

1967—1970. godine — potpomaganje s TS 220/110 kV Đakovo, 150 MVA;

1971—1974. godine — udvostručenje čvorova u mreži 110 kV i udvostručenje transformacije i prijenosa do TS 220/110 kV Đakovo (2 × 150 MVA) 1975. do danas — daljnje povećanje broja čvorova, ali i vodova i snage transformatora u mreži 110 kV te povezivanje sa 400 kV mrežom: TS 400/110 kV Ernestinovo (2 × 300 MVA).

Na stanovit način upečatljiv je i niz godina: 1956. (priključak na mrežu 110 kV), 1967. (priključak na mrežu 220 kV), te 1977. godina (uključenje u mrežu 400 kV).
U nastavku se detaljnije opisuju značajke pojedinih intervala u razvoju prijenosne mreže Slavonije i Baranje.

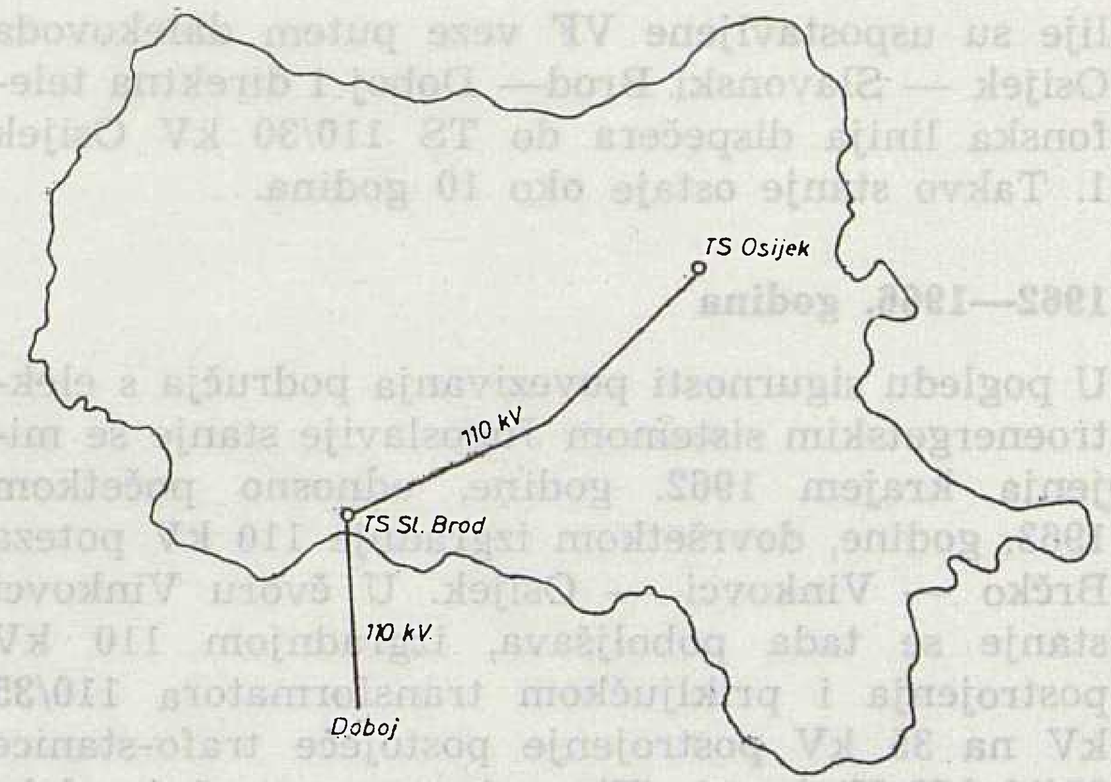


Sl. 4. *Elektroenergetski sistem Slavonije i Baranje polovicom 1957. godine*

1956—1961. godina

Krajem 1956. godine na trasformator 110/30 kV od 20 MVA u Slavonskom Brodu priključuje se samo 110 kV dalekovod Slavonski Brod — Osijek, dug više od 70 kilometara i pod naponom 30 kV povezuje s postrojenjem 30 kV tadašnje TE Osijek. Tako se prijenos na potezu Slavonski Brod — Osijek obavlja godinu dana naponom 30 kV. U početku 1957. godine na TS 110/30 kV Slavonski Brod priključeni su 30 kV izvodi prema Slavonskoj Požegi, Slavonskom Brodu i Novoj Gradiški. U elektroenergetskom sistemu Slavonije i Baranje u pogonu su javne elektrane u Osijeku, Đakovu, Vinkovcima i Kuzmici, te industrijske elektrane u Županji, Borovu, Slavonskom Brodu i Osijeku, ukupne raspoložive snage oko 22 MW.
Odmah raste udio nabave električne energije iz elektroenergetskog sistema, smanjenjem proizvodnje u elektranama na području, primjerice:

Mjesec	XI '56.	XII '56.	I '57.	II '57.	III '57.	IV '57.	IX '57.
Nabava	20	36	44	51	56	61	51%
Vlastita proizvodnja	80	64	36	44	49	39	49%



Sl. 5. *Prijenosna mreža Slavonije i Baranje krajem 1957. godine*

Potkraj 1957. godine pušta se u pogon transformacija 110/30 kV u Osijeku i dalekovod Slavonski Brod — Osijek pod napon 110 kV. Do 1960. godine intenzivno se gradi 35 kV mreža na području, tako da je do tada izgrađeno više od polovice današnje ukupne duljine vodova 35 kV i dvadesetak trafo-stanica 35/10 kV, što je gotovo polovica današnjeg broja.

Česti su kvarovi opreme u objektima, tako da vod 110 kV Slavonski Brod — Osijek u više navrata biva prespajan na pogon pod 30 kV naponom. Osim nesigurnosti takvog jednog radijalnog poteza 110 kV, bez rezerve u transformatorima i s nesigurnom opremom, raste i problem nedovoljnog napona na kraju voda 110 kV, a pogotovo na krajnjim točkama mreže 30 kV. U tom pogledu najkritičnije je na 30 kV potezu Osijek — Našice — Podravska Slatina koji je dug 85 kilometara. Čvor Vinkovci povezan je s tri strane, ali na granici dosega 30 kV naponom: Osijek (29 km), Županja (30 km) i Borovo (16 km). Slavonska Požega je odveć udaljena od Slavonskog Broda za 30 kV napon — oko 39 kilometara.

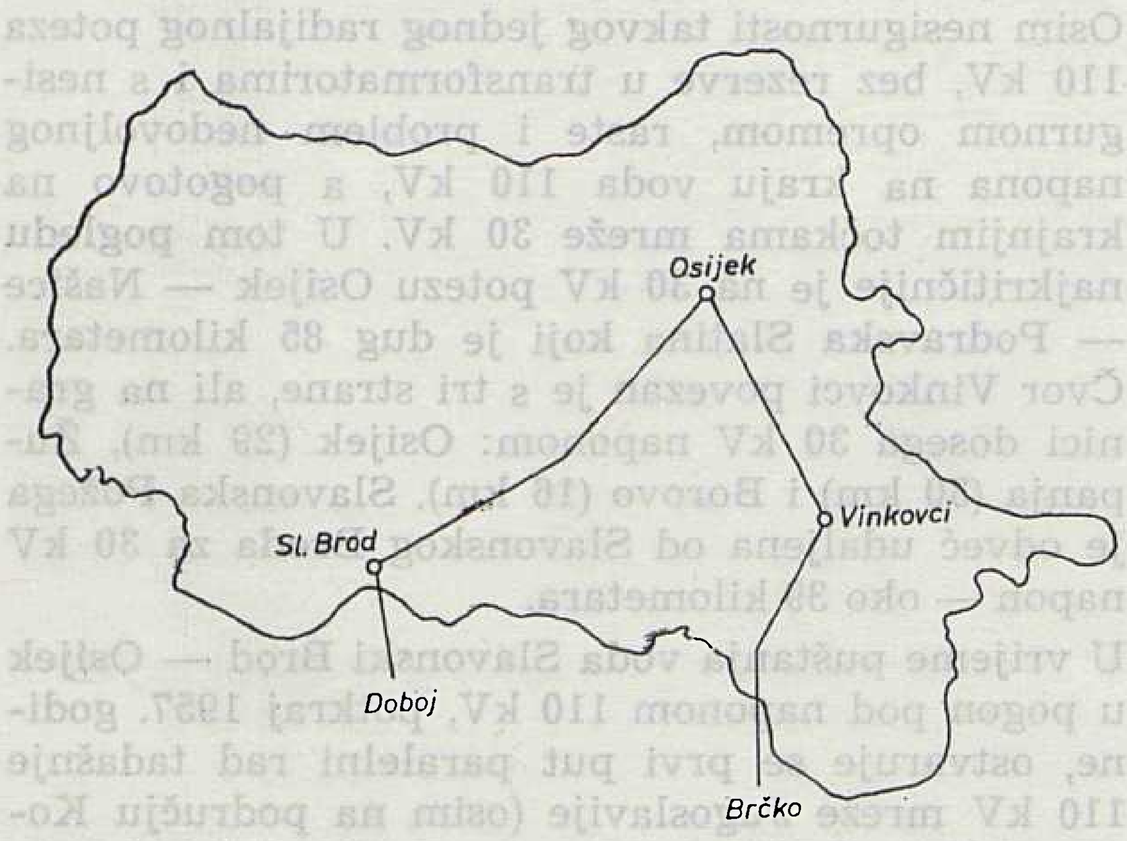
U vrijeme puštanja voda Slavonski Brod — Osijek u pogon pod naponom 110 kV, potkraj 1957. godine, ostvaruje se prvi put paralelni rad tadašnje 110 kV mreže Jugoslavije (osim na području Kosova i Makedonije), putem dvostrukog 110 kV voda Jajce — Resnik.

U početno vrijeme pogona TS 110/30 kV Slavonski Brod nema telekomunikacijske veze; potrebna obavještenja dispečerima u Osijek upućuju se osobnim prenošenjem u stanicu milicije, odavde telefonom u osječku miliciju i odatle dispečeru! Pos-

lije su uspostavljene VF veze putem dalekovoda Osijek — Slavonski Brod— Doboj i direktna telefonska linija dispečera do TS 110/30 kV Osijek 1. Takvo stanje ostaje oko 10 godina.

1962—1966. godina

U pogledu sigurnosti povezivanja područja s elektroenergetskim sistemom Jugoslavije stanje se mijenja krajem 1962. godine, odnosno početkom 1963. godine, dovršetkom izgradnje 110 kV poteza Brčko — Vinkovci — Osijek. U čvoru Vinkovci stanje se tada poboljšava, izgradnjom 110 kV postrojenja i priključkom transformatora 110/35 kV na 35 kV postrojenje postojeće trafo-stanice 35/10 kV Vinkovci. (Time dnevna potrošnja električne energije ostvaruje trenutni porast od 25%!) Problemi u sjeverozapadnom dijelu područja (Našice — Podravska Slatina) i dalje se pojačavaju, a rastu i u požeškom kraju. Krajem tog vremenskog intervala prijenosna moć dalekovoda, kojima je područje povezano sa sistemom, i instalirana snaga transformatora 110/35 kV, odnosno 110/30 kV, nedovoljno prelaze vršno opterećenje Slavonije i Baranje. Ispad bilo kojeg 110 kV voda ili transformatora znači redukciju! Stanje se donekle popravlja sredinom 1966. godine, kada se novoizgrađeni DV 220 kV Tuzla — Đakovo pušta u pogon pod naponom 110 kV provizornim povezivanjem s vodom Slavonski Brod — Osijek u Đakovu.



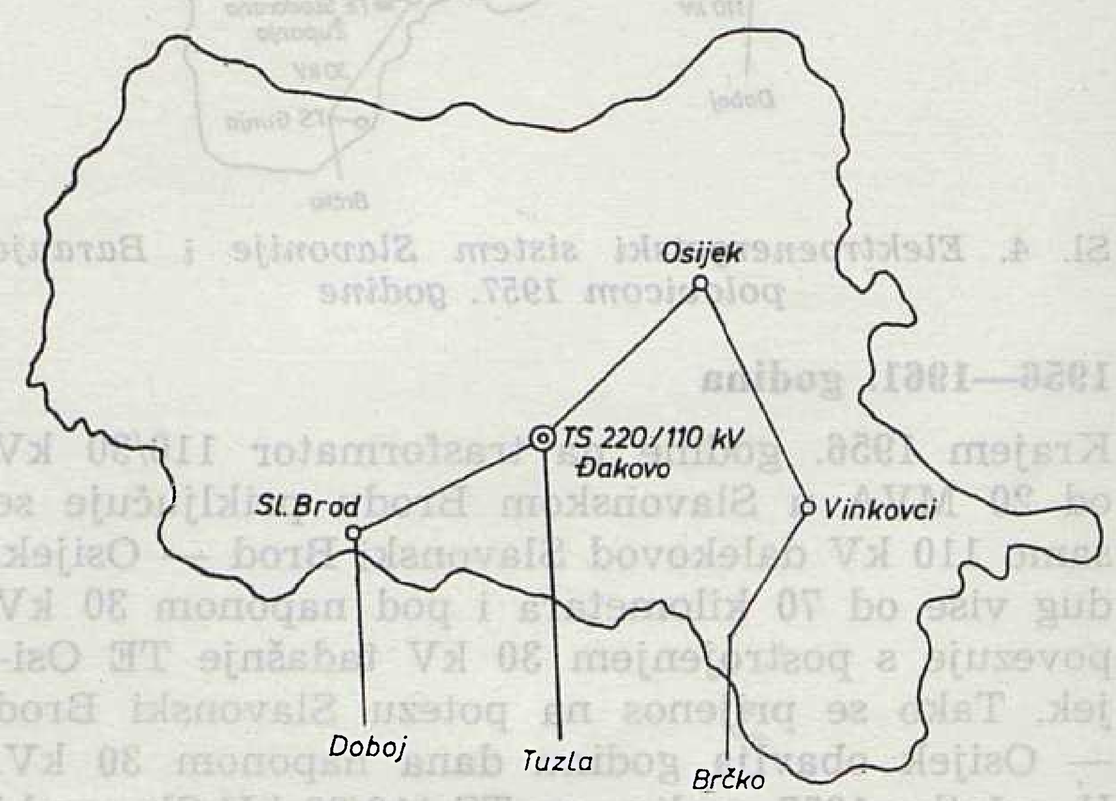
Sl. 6. *Prijenosna mreža Slavonije i Baranje na kraju 1962. i početkom 1963. godine*

Naponske prilike u mreži 110 kV su loše. Ovisne su, na našem području, od angažiranja hidroelektrana. Kada se obustavljaju termoelektrane u Bosni, napon u našoj mreži je nedopustivo nizak. Primjerice, u jutarnjim i večernjim satima u prosincu 1965. godine napon se kreće između 81 i 97 kV, a za svaki 1 kV promjene napona u mreži 110 kV dolazi i do promjene snage od oko 1 MW, dakle vrši se neprekidno prigušenje potrošnje, uz trajno ugrožavanje osjetljivih potrošača nekvalitetnom energijom.

U tom intervalu započeo je prelazak pogona srednjonaponske mreže s nazivnog napona 30 kV na nazivni napon 35 kV na našem području. Transformator u TS Vinkovci, odmah od 1962. godine ima omjer napona 110/35 kV, u TS Osijek jedan transformator 110/35 kV ulazi u pogon 1964. a drugi 1965. godine, dok se u TS Slavonski Brod prelazak dvaju transformatora na novi sekundarni napon obavlja 1966, odnosno 1968. godine. Tada je cijela srednjonaponska mreža u tom pogledu ujednačena. To je bio dosta složen posao, osobito u vrijeme kada se u jednom objektu pogon vodio na razdvojenim sabirnicama 30, odnosno 35 kV. Zanimljivo je da je u ranijem razdoblju već jednom bio obavljen takav prijelaz, ali tada sa 35 kV na 30 kV napon!

1967—1970. godina

Godine 1967. mijenja se povezanost s elektroenergetskim sistemom Jugoslavije. Puštanjem u pogon pod 220 kV naponom dalekovoda Tuzla — Đakovo, regulacionog transformatora 220/110 kV, 150 MVA i sinhronog kompenzatora 50 Mvar u Đakovu, pogonska sigurnost i naponske prilike u čvorovima Osijek, Slavonski Brod i Vinkovci bitno se poboljšavaju, a prijenosna moć vodova za dobavu energije na ovo područje se utrostručuje!



Sl. 7. *Prijenosna mreža Slavonije i Baranje u 1967. godini*

Primjena napona 220 kV otpočela je u Jugoslaviji 1960. godine, mreža 220 kV se naglo razvija, tako da je 1967. godine u pogonu već više od polovice današnje ukupne duljine svih vodova 220 kV.

Međutim, TS 220/110 kV Đakovo gradi se i dovršava u razdoblju izrazito napregnutih materijalnih mogućnosti, te se u prvoj etapi izgradnje rješava veoma štedljivo: jedan radijalni vod 220 kV, jedan transformator 220/110 kV, jednostruke i pomoćne sabirnice 110 kV. Rezervni priključak vlastite potrošnje je na vod 35 kV, dug 38 km, do Podvinja. Zbog toga, zbivaju se pogonski događaji u kojima TS 220/110 kV Đakovo nije raspoloživa. Tada mreža 110 kV Slavonije ostaje na trokutu Slavonski Brod — Osijek — Vinkovci, a vršno opterećenje sada je već posve izjednačeno s pri-

jenosnim moćima dalekovoda 110 kV iz Doboja i Brčkog, a od 1968. godine vršno opterećenje veće je od prijenosnih moći tih dvaju dalekovoda.

Instalirana snaga transformatora 110/35 kV u mreži također postaje posve nedovoljna:

Godina	1967.	1968.	1969.	1970.	
Instalirana snaga	123	123	143	143	MVA
Vršno opterećenje	86	103	122	136	MW

Sinhroni kompenzator od 50 Mvar omogućuje držanje urednijih naponskih prilika i proizvodnju jalove energije na samom području potrošnje, rasterećujući elektrane od te proizvodnje i vodove za prijenos. Kvar na 10 kV tercijarnom postrojenju 1969. godine izbacuje kompenzator iz pogona i ostavlja TS 220/110 kV Đakovo bez osnovnog snabdijevanja vlastite potrošnje s tercijara transformatora.

Tako je TS 220/110 kV Đakovo još i osakaćena, a zbog neprestanog rasta opterećenja u Slavoniji i Baranji ozbiljniji rad, koji bi tražio veća isključenja te stanice, nije moguć.

Zbog nepovoljnih hidroloških prilika u 1967. godini čak je — ranije obustavljena — TE Osijek hitno osposobljena za ponovni rad, te je proizvodila električnu energiju do 1969. godine.

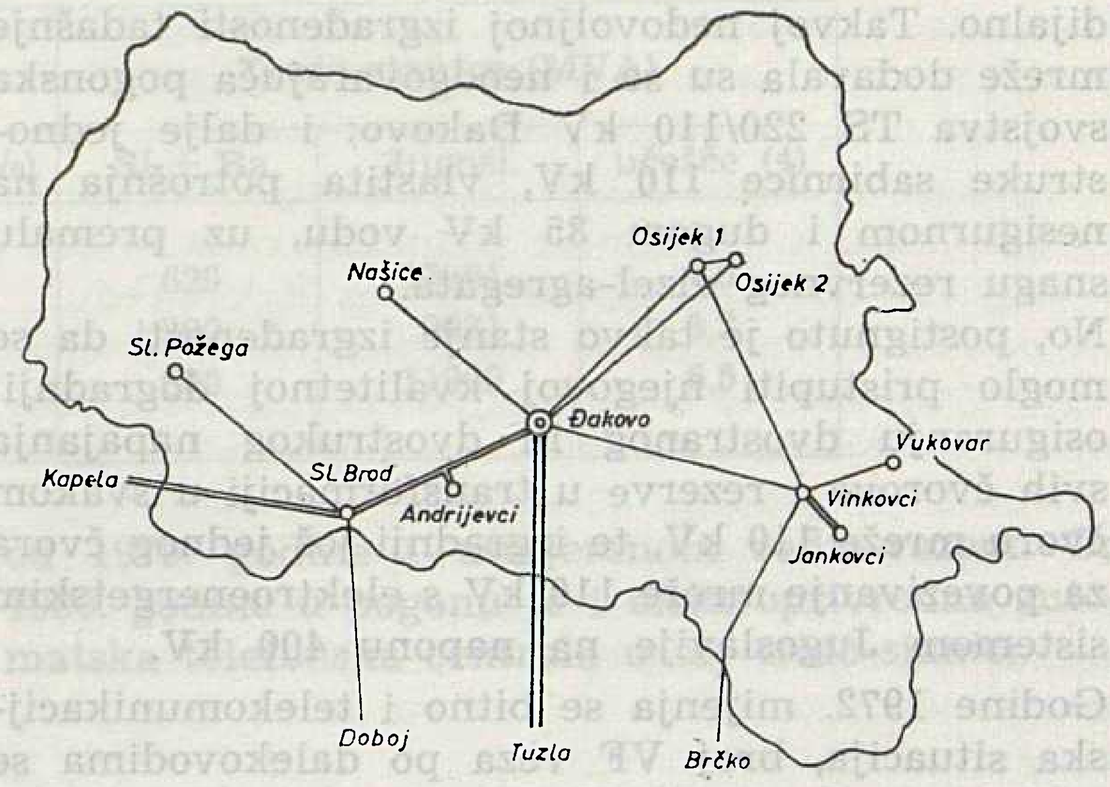
U ovom intervalu u mreži 110 kV izgrađeni su pripadni vodovi i priključene elektrovučne podstanice 110/25 kV: Kapela (1969. godine, priključena na TS Slavonski Brod), te Andrijevci i Jankovci (1970. godine). Iz naše prijenosne mreže počinje se opskrbljivati prvi direktni potrošač (na naponu 110 kV), za elektrifikaciju željezničke pruge, što širi našu djelatnost i povećava odgovornost. Mreža je 1970. godine dopunjena vodom 110 kV Đakovo — Vinkovci.

1971—1974. godina

Godine 1971. stanje u mreži 110 kV vrlo je teško: vršno opterećenje posve je izjednačeno s instaliranom snagom transformatora 110/35 kV, tu su još uvijek tri čvora: Slavonski Brod, Osijek i Vinkovci (izuzimajući elektrovučne podstanice).

Naponske prilike u mreži 35 kV na rubovima područja i dalje se zaoštravaju. Potkraj 1971. godine, puštanjem u pogon TS 110/35/10 kV Slavonska Požega, rješava se stanje u tom dijelu područja i otpočinje ostvarenje »saborskog programa«.

Doista veoma uspješne 1972. godine pušta se u pogon drugi transformator 220/110 kV, 150 MVA u Đakovu, drugi dalekovod 220 kV iz Tuzle i čak tri transformatorske stanice 110/35/10 kV: Našice, Vukovar i Osijek 2, s pripadnim dalekovodima



Sl. 8. *Prijenosna mreža Slavonije i Baranje u 1962. godini*

pod naponom 110 kV. Također, u pogon se stavlja drugi 110 vod između Đakova i Slavonskog Broda.

U toj jednoj godini broj transformatorskih stanica 110 kV praktički se udvostručuje, a također i instalirana snaga transformatora 110/35 kV i ukupna duljina vodova 110 kV. Instalirana snaga transformatora 220/110 kV isto je udvostručena, a ukupna prijenosna moć vodova za dobavu energije povećana je za 2/3!

TS 110/35/10 kV Našice, nastala dogradnjom postojeće TS 35/10 kV, najbitnije poboljšava stanje na svome dijelu električne mreže Slavonije i Baranje. Koliko je sjeverozapadno područje bilo prigušeno, najbolje svjedoči podatak da je potrošnja na području Našica prve godine nakon puštanja te trafo-stanice u pogon porasla za 25%.

Pogon TS 110/35/10 kV Vukovar omogućuje stabilniji rad i razvoj tog velikog industrijskog čvora, a pogon TS 110/35/10 kV Osijek 2 omogućuje razvoj industrijske zone Osijeka i sigurniju opskrbu toga grada gdje se (s elektroenergetski povezanom okolinom) troši približno polovica električne energije na području »Elektroslavonije«, s koliko sudjeluje i u vršnom opterećenju početkom sedamdesetih godina.

Karakteristično je za nove trafo-stanice iz ovog vremenskog intervala i dalje da imaju i distributivni 35/10 kV dio. Taj dio je u svim trafo-stanicama »saborskog programa« dovršen dvije do četiri godine prije 110 kV postrojenja i pušten u pogon, u pravilu zajedno s novoizgrađenim 110 kV vodom pod 35 kV naponom. Time su prilike u mreži donekle poboljšane i prije priključka postrojenja 110 kV u tim stanicama.

Taj vremenski interval završava se pogonom TS 110/35/10 kV Beli Manastir 1974. godine. U tih nekoliko godina »izrasli« su krakovi iz osnovnog trokuta mreže 110 kV, »osvajajući« u dobroj mjeri rubove područja, no radijalnim vodovima 110 kV. Za vrijeme njihova kvara ili remonta pogon se morao zadovoljiti 35 kV vezama.

Od ukupno 8 trasformatorskih stanica 110/35 ili 110/35/10 kV u mreži polovica je priključena ra-

tervencija u poslu je malen, popravak se može obaviti mirnim radom, ponekad čak i odgoditi iz razdoblja noći, neradnog dana ili nevremena.

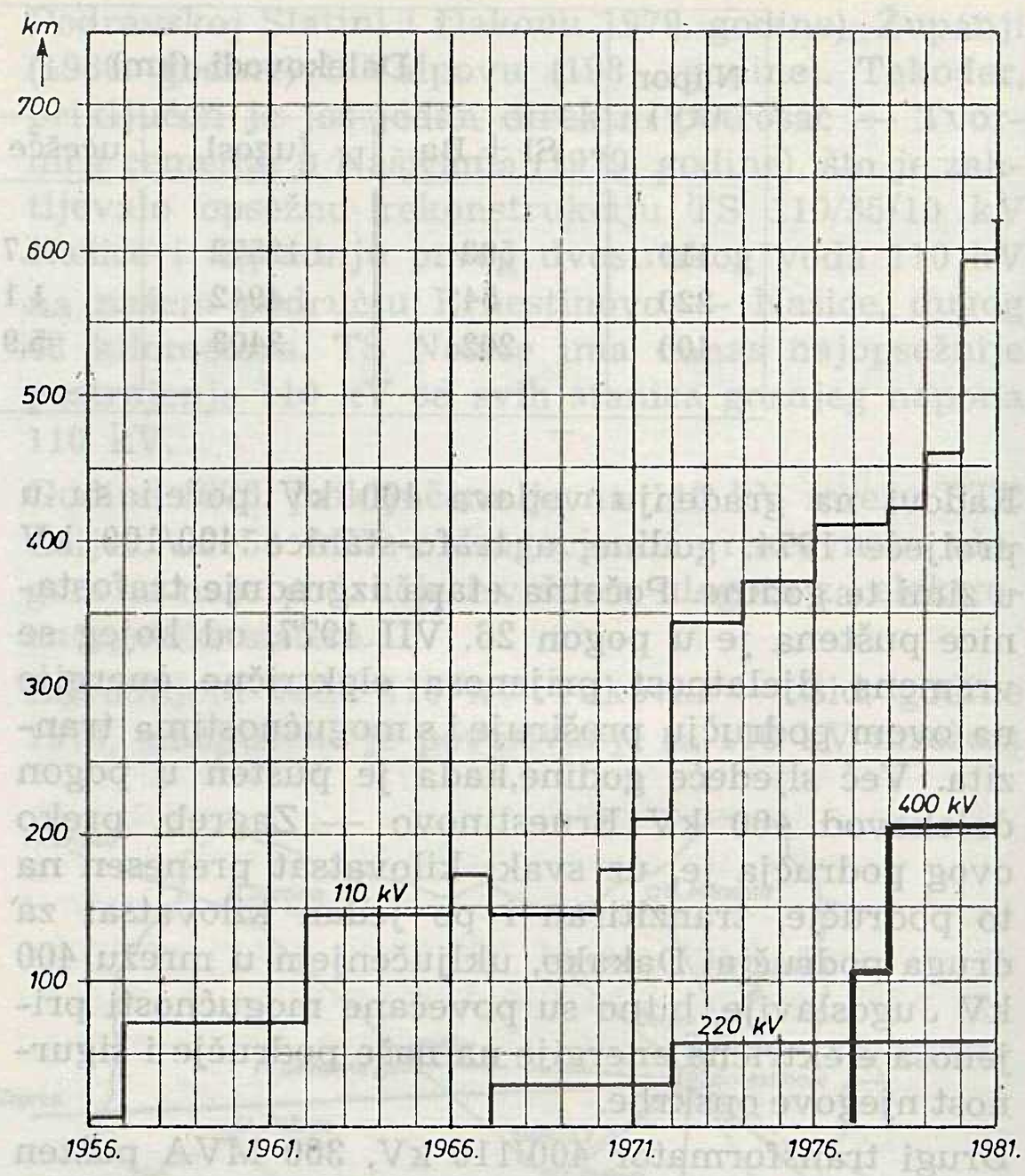
Održavanje se može planirati s dovoljno raspoloživog vremena u povoljnom trenutku, kada se mogu osigurati beznaponska stanja, bez ikakve redukcije potrošnje. Također se mogu planirati i izvoditi dugotrajniji zahvati na složenijim rekonstrukcijama pojedinih objekata. Konačno, na udobnost pogona i održavanja, odnosno učestalost intervencija utječe i činjenica da je polovica ukupne duljine dalekovoda i većina trafo-stanica stara manje od 10 godina. Nalazi se, dakle, u životnoj dobi kada su početni nedostaci uklonjeni, a kvarovi se zbog ubrzanog starenja još ne javljaju.

Oprema i izvedba postrojenja i dalekovoda u velikoj su mjeri u cijeloj mreži ujednačeni. Koriste se isključivo pneumatski prekidači visokog napona i malouljni prekidači srednjeg napona u malom asortimanu, kao i mjerni transformatori, odvodnici prenapona i rastavljači. Energetski transformatori 110/35 kV su 20 ili 40 MVA, iznimno 22 i 31,5 MVA. Dalekovodi 110 i 220 kV su na čelično-rešetkastim pocinčanim stupovima, tipa »jela«, a dvostruki tipa »bačva«. Tip stupova za 400 kV je »ipsilon«. Izolatori su gotovo u potpunosti stakleni kapasti. Nekoliko današnjih dionica nekadašnjeg jedinstvenog voda 110 kV Slavonski Brod — Osijek je na betonskim stupovima, tipa »šperac«, a samo dva voda imaju zaštitu stupova od korozije izvedenu ličenjem. Presjeci vodiča su ujednačeni: alučelik 150, 240 i, iznimno, 210 mm² (za 110 kV), 360 mm² (za 220 kV) i 2 × 490 mm² (za 400 kV).

Tako su pogon i održavanje postrojenja, osiguranje alata, opreme, rezervnih dijelova i materijala, te obučavanje ljudi za pogon i održavanje pojednostavnjeni i ekonomični.

Elektroenergetska mreža nadograđena je danas bogatim sistemom telekomunikacija, čime su omogućene tehnološke veze uklopničara i ekipa za održavanje i intervencije s dispečerom, ekipa među sobom, te veze za potrebe općeg poslovanja i — konačno — veze za automatski prijenos podataka iz postrojenja i, u okviru automatske obrade podataka, iz poslovnih jedinica. Izgrađen je sistem prijenosnih putova visokofrekventnim uređajima na dalekovodima, radio-mreža fiksnih i mobilnih radio-stanica, koriste se i usmjerene radio-veze, prijenos signalnim kabelima, te sistem veza PTT-a. Sve su trafo-stanice uključene u elektroprivredni sistem veza.

U ostvarenju je početnih koraka izgradnje, suvremeni sistem daljinskog vođenja iz regionalnog centra daljinskog upravljanja, kao izvršni dio sistema daljinskog vođenja elektroenergetskog sistema Hrvatske i Jugoslavije. Oslonjen je na suvremene uređaje za prikupljanje, prijenos, prikaz i evidentiranje informacija u sistemu, uz korištenje procesnog računala s obradama u stvarnom vremenu i naknadnim obradama. Za kratko vrijeme otpočet će daljinsko upravljanje TS 400/110 kV Ernestinovo iz centra daljinskog upravljanja »Elektroslavonije«.



Sl. 11. *Ukupna duljina dalekovoda 110, 220 i 400 kV u prijenosnoj mreži Slavonije i Baranje prema godini puštanja u pogon pod tim naponom*

Prijenosna djelatnost na području djelovanja »Elektroslavonije« danas je povjerena osnovnoj organizaciji udruženog rada »Elektroprijenos« — Osijek u sastavu radne organizacije za proizvodnju prijenos i distribuciju električne energije te proizvodnju toplinske energije i distribuciju plina »Elektroslavonija« — Osijek. Takva organizacijska situacija uspostavljena je 18. III 1975.

»Elektroprijenos« — Osijek tako je organizaciono uređen da može izvršavati vođenje pogona mreže 110 do 400 kV, te održavati glavno postrojenje (osnovna oprema i postrojenja, te postrojenja za napajanje komprimiranim zrakom i vlastitih potreba električnom energijom) trafo-stanica i dalekovode.

Neposredno održavanje uređaja zaštite i mjerenja, te telekomunikacionih uređaja u mreži obavljaju odgovarajuće jedinice Pomoćnih djelatnosti »Elektroslavonije« — Osijek, gdje su one organizirane i opremljene i za potrebe elektrane i distribucije »Elektrosalovnije«. Na jednak način organiziran je i auto-park (osobna, trenska vozila i kamioni, specijalna vozila: dizalice i radne platforme, te veća transportna vozila i mehanizacija). U Pomoćnim djelatnostima omogućen je i popravak elektroenergetske opreme srednjeg i visokog napona, te energetskih transformatora. Pomoćne djelatnosti izvode elektromontažne i građevinsko-montažne radove kod većih zahvata održavanja, zamjena i rekonstrukcija, te građevinsko održavanje. U ispitnoj sta-

nici obavljaju se određena električna, visokonaponska i kemijska ispitivanja (npr. ispitivanje izolacije i transformatorskog ulja). Pomoćne djelatnosti su često izvođači radova na izgradnji novih objekata u prijenosnoj mreži (djelomično projektiranje, montaža, transport, ispitivanje). Zasigurno, najveći je njihov dosadašnji pothvat cjelokupna montaža TS 400/110 kV Ernestinovo. Na taj način pouzdan su izvor upućenih ljudi i spremnih sredstava za nepredviđeno velike ili složene intervencije i popravke.

Dispečerska služba koja izdaje naloge za pogon prijenosne mreže u sastavu je Zajedničkih službi »Elektroslavonije« — Osijek. Tu je organizirano i neposredno izvršenje poslova na razmatranju i predlaganju razvoja prijenosne mreže, te neposredno izvršenje poslova na vođenju izgradnje objekata prijenosne mreže. Ostali poslovi koji se ovdje obavljaju i za »Elektroprijenos« — Osijek jesu: komercijalni poslovi i uskladištenje, kupoprodaja električne energije, zajednički opći i kadrovski, te ekonomsko-financijski poslovi, organizacija i automatska obrada podataka, te zajednički poslovi obrane i zaštite.

S distributivnim organizacijama unutar »Elektroslavonije« koordinira se pogon i održavanje, osobito zajedničkih objekata (trafo-stanice 110/35/10 kV), ali i ispomoć u izvanrednim prilikama na terenu. One su i značajan izvor za kadrove »Elektroprijenosa«, potrebne na području njihova djelovanja.

Plinsko-turbinskoj elektrani Osijek i direktnim potrošačima »Elektroprijenos« — Osijek obavlja održavanje rasklopnih visokonaponskih postrojenja i dalekovoda u njihovom vlasništvu, jer je neracionalno da raspolažu vlastitom opremljenošću za te poslove.

S drugim prijenosnim organizacijama, osobito elektroenergetskim susjedima, »Elektroprijenos« — Osijek koordinira pogon i održavanje, a razvija i razmjenu ispomoći u izvanrednim situacijama (osobito pomoć u rezervnim dijelovima i opremi).

Također, održava se dobra neposredna povezanost s odgovarajućim jedinicama proizvođača opreme i izvođača radova radi osiguranja rezervnih dijelova, većih i složenijih popravaka, razmatranja složenijih kvarova, te nadzora kod nekih složenijih zahvata na njihovoj opremi.

Konačno, razvijena je stalna suradnja i angažiranje organizacija koje se specijalistički bave određenim poslovima za prijenosnu mrežu: studije pogonske problematike (instituti) i specijalna ispitivanja (termovizija, kromatografija), ispitivanje odvodnika prenapona i mjernih transformatora).

Putem »Elektroslavonije« udružen je »Elektroprijenos« — Osijek u Zajednicu elektroprivrednih organizacija Hrvatske i u Zajednicu jugoslavenske elektroprivrede.

Unutrašnja organizacija »Elektroprijenosa« — Osijek podešena je takvoj raspodjeli poslova u radnoj organizaciji kako je izloženo, te geografskim osobitostima područja na kojem djeluje. Područje uz Dravu — Dunav i područje uz Savu ima uzdužne komunikacije i naseljenije je, a na zapadnom dijelu ta su dva područja donekle razdvojena Slavonskim gorjem. Stoga je pogon i održavanje podijeljeno na dva prijenosna područja: Osijek i Slavonski Brod u koja su organizirani uklopničari te ekipe za održavanje, uz objekte mreže na pojedinom području. Zajedničke stručne službe sadrže tehničku operativu, odjel za ekonomsko-financijske i komercijalne poslove, te odjel za općepravne i kadrovske poslove. Tehnička operativa organizirana je za poslove zaštite na radu i protupožarnu zaštitu, tehničku opremljenost rada, za tehničku, energetsku i pogonsku dokumentaciju, te za pogonske poslove (glavnog postrojenja, pomoćnog postrojenja, telekomunikacija i daljinskog vođenja pogona). Uz direktora su vezani poslovi obrane i zaštite.

Tehnička operativa koordinira potrebno tehnološko povezivanje jedinica u Zajedničkim službama (osobito razvoj i izgradnju) te u Pomoćnim djelatnostima (osobito održavanje zaštite, mjerenja i telekomunikacije) s prijenosnim područjima i prijenosna područja međusobno. Rješava i složenija pogonska pitanja koja prelaze mogućnosti prijenosnih područja, a ne traže vanjski angažman.

Uz takvu organizacijsku unutrašnju i vanjsku situaciju, u »Elektroprijenosu« — Osijek zaposleno je danas 167 radnika ove kvalifikacijske strukture:

NKV	PKV	KV	VKV	SSS	VISS	SS	ukupno
7%	4%	14%	38%	21%	8%	8%	100%

Dakle, vrlo je visoka kvalifikacijska struktura. Koeficijent kvalificiranosti je 1,290 (u »Elektroslavoniji« 1,139, u elektroprivredi Hrvatske 1,159 a u privredi Hrvatske je 1,000).

Broj radnika u pojedinim tehnološkim grupacijama je:

— uklopničari 43 %
— ekipe za održavanje 29 %
— tehnički poslovi 12 %
— ostali poslovi 16 %.

Broj radnika u posljednjih 5 godina rastao je po prosječnoj godišnjoj stopi od 8,9 %/god., a u istom razdoblju je duljina vodova rasla po prosječnoj stopi 14,3%/god., energije za konzum na području 9,5%/god., a ukupna energija (konzum + tranzit) u tom je razdoblju učetverostručena! Očito,. neprekidno je ostvarivano povoljno povećanje proizvodnosti rada.

Pri održavanju objekata materijalna ulaganja i organizacija teže povećanju preventive nad kurativom s krajnjim ciljem da se postigne pogon s doista samo iznimnim kvarovima, a rad da se

pretežno odvija na pravodobno planiranim zahvatima. U takvoj namjeri provode se mnoga suvremena preventivna ispitivanja kako bi se slaba mjesta pravodobno utvrdila i unaprijed spriječilo potpuno otkazivanje. Redovno se obavljaju termovizijska ispitivanja radi utvrđivanja pojačane zagrijanosti dijelova postrojenja, uključivši — od najnovijeg vremena — i termovizijska ispitivanja važnijih dalekovoda. Kromatografski se i konvencionalno ispituje izolacija energetskih transformatora.

U primjerenom ritmu provode se stalna ispitivanja izolacije mjernih transformatora i svojstava odvodnika prenapona. Prekidači i rastavljači revidiraju se najmanje jednom godišnje, a napon dodira i koraka kontrolira se jednom trogodišnje. Otpor uzemljenja mjeri se jednom godišnje.

Na najstarijem dalekovodu sistematski je kontroliran sav ugrađeni materijal, na temelju čega su donesene odluke o njegovoj sanaciji. Svake 3 godine obavlja se temeljiti remont svakog dalekovoda.

Uređaji mjerenja i zaštite održavaju se i baždare godišnjim zahvatima i nakon primijećenih neispravnosti, jednako kao i uređaji telekomunikacija.

Za održavanje šumskih trasa dalekovoda u propisanom stanju troše se sve veća sredstva, a efekti nisu zadovoljavajući. Stoga smo pred dugoročnijim rješenjem uz angažman odgovarajuće šumske radne organizacije. Zaštita protiv korozije izvodi se u zadovoljavajućim razmacima.

Radi sigurnosti ljudi i imovine redovito se obavlja:

— obnavljanje i provjeravanje znanja radnika,
— sistematski liječnički pregled radnika na mjestima s posebnim uvjetima rada
— pregled prostorija s opasnim radnim uvjetima
— pregled opreme zaštite na radu
— pregled opasnih oruđa za rad
— kontrola protupožarne opreme i automatske protupožarne zaštite
— kontrola posuda pod pritiskom,
— kontrola tehničke ispravnosti vozila.

Nastojimo uočiti rezerve za daljnje povećanje efikasnosti i ekonomičnosti pogona i održavanja prijenosne mreže, kroz bolju novu izgradnju i bolju organizaciju i vođenje pogona te mreže.

Svakako, ovaj je opis sadašnjega stanja prikazan donekle jednostrano. Naime, uz tu mrežu žive i rade radnici »Elektroprijenosa« — Osijek koji tim radom stvaraju i materijalne uvjete za sebe i svoje obitelji, pridonose zajedničkim i općim materijalnim uvjetima za funkcioniranje i razvoj društva, te razvijaju socijalističke i samoupravne društvene odnose.

Raditi u djelatnosti od posebnog društvenog interesa, s vrlo skupocjenim osnovnim i velikim obrtnim sredstvima* i na velikom geografskom području nije uvijek jednostavno. No, nedvojbeno je, a to potvrđuje i svaki ovdje izneseni podatak: iz godine u godinu radi se u sve boljim okolnostima i uza sve veću brzinu promjena.

* Radi ilustracije reda veličine: nabavna vrijednost osnovnih sredstava je 1980. godine bila viša od 1 milijarde starih dinara po radniku, a tržna vrijednost električne energije koja je prenesena samo za potrošače na našem području također je te godine bila oko 1 milijardu starih dinara po radniku!

Key words: Elektroslavonija, high voltage network, electrification, net operation

25 YEARS OF ELECTRICAL POWER TRANSMISSION IN REGION OF SLAVONIA AND BARANJA

Due to 25 anniversary of electrical power transmission in the region of Slavonia and Baranja in the article is given an review of development characteristics, present conditions and future possibilities for development of electrical power transmission in the region of »Elektroslavonija« Osijek.

25 JAHRE ELEKTRISCHE ENERGIEÜBERTRAGUNG IN SLAVONIEN UND DER BARANJA

Anlässlich der 25-Jahrfeier des Anschlussen von Slavonien und der Baranja an das 110 kV Überlandnetz erflogt ein Rückblick an die seinerzeitigen Bedingungen und Entwicklungskennzeichen, den derzeitigen Zustand und die zukünftigen Aussichten für die Stromübertragung im Stromversorgungsgebiet des Unternehmens »Elektroslavonija« Osijek.

25-ЛЕТИЕ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЛАВОНИИ И ВАРАНЬИ

По стучаю 25-летия подсоединения Славонии и Бараньи к сети 110 кВ составлено обозрение объема и значения развития, нынешнего состояния, как и видов на будущее повышение числа ЛЭП на территории »Электрославонии«, г. Осиек.

Naslov pisca:

Marijan Kalea, dipl. inž.
Elektroslavonija, Osijek

Uredništvo primilo rukopis
5. II 1982.

Energija God. 31 (1982) br. 5—6, 193—202

OSVRT NA ISPITIVANJA ENERGETSKIH KARAKTERISTIKA BLOKOVA TE KOSOVO

Berislav N a d i n i ć, Zagreb

UDK 621.311.22.005
STRUČNI RAD

U članku je dan skraćen prikaz ispitivanja energetskih karakteristika blokova TE Kosovo, provedenih nakon dugogodišnje eksploatacije, da bi se ocijenio utjecaj promjene stanja opreme i analize rezultata mjerenja. Rezultati ispitivanja pokazuju znatna pogoršanja ukupnog stupnja djelovanja postrojenja koja nameću potrebu detaljnijih ispitivanja kako bi se utvrdili uzroci i poduzele konkretne akcije da se uzroci uklone.

Ključne riječi: TE Kosovo, energetske karakteristike, ispitivanja

1. UVOD

U današnje vrijeme energija je osnovni uvjet daljnjeg razvoja cijelog tehnički visoko razvijenog svijeta, pa tako i naše zemlje. U energetici, koja je temelj i naše privrede, postoje znatne mogućnosti za smanjenje troškova proizvodnje, koje u sadašnjoj situaciji otežane opskrbe energijom ne bi smjele ostati neiskorištene. Važnost smanjenja troškova u području energetike utoliko je veća što se kod nas i bez naročitih investicijskih ulaganja može jednim dijelom osigurati smanjenje troškova poduzimanjem tehničkih i organizacijsko-tehničkih mjera kod postojećih energetskih kapaciteta. Osnovu za to daju rezerve koje su prikrivene u pretjeranom a često i rasipničkom trošenju energije i energetskih nosilaca kao posljedica tehničke degradacije mnogih energetskih postrojenja i njihovih pomoćnih uređaja u proizvodnji, razvodu i korišenju energije, kao i posljedica vrlo često neodgovarajućeg održavanja i vođenja procesa proizvodnje od osoblja koje rukuje ili održava ova postrojenja. Razvoj suvremene energetike, koji se očituje u kvaliteti opreme i načinu korištenja nosilaca energije, omogućio je povećanje iskoristivosti energetskih izvora (npr. smanjuju se gubici konverzije toplinske u električnu energiju). Promatrajući ovaj problem u cjelini, ovo poboljšanje ovisi u prvom redu o tome kako se u oblasti energetike provode osnovni tehnički principi i u kojem se opsegu i kojim tempom se u ovo područje unose nova tehnika i novi postupci.

Poboljšanje iskoristivosti energetskih izvora ne mora, međutim, uvijek biti vezano za uvođenje najnovijih tekovina tehnike, što obično zahtijeva velike investicije, već, naprotiv, treba nastojati da se iskoriste prikrivene rezerve, i tako da se uklone tehnički nedostaci postojećih energetskih postrojenja, propusti i nepravilnosti u rukovanju i upravljanju njima, a također treba veću pažnju posvetiti i njihovu održavanju.

Da bi se na postojećim energetskim objektima otkrili i lokalizirali mogući nepotrebni gubici, a time i utvrdile mjere za njihovo smanjenje, potrebno je provesti mjerenja koja daju uvid u sva zbivanja (prvenstveno toplinska i količinska) pri procesu pretvorbe energije iz energetskih izvora (npr. ugljena, nafte) do korisne energije (npr. električne energije). Ovakvim ispitivanjima se, između ostalog, već dugi niz godina bavi vrlo uspješno Institut za elektroprivredu — Zagreb, koji je i u TE Kosovo proveo ispitivanja sličnog tipa.

Provedena ispitivanja na postrojenjima TE Kosovo trebala su utvrditi energetske karakteristike postrojenja u izmijenjenim uvjetima. Iz njihovih rezultata mogu se uočiti veličine povećanih specifičnih potrošaka topline, ali ne uvijek i njihovi uzroci. Za utvrđivanje ovih posljednjih trebalo bi provesti niz dodatnih ispitivanja na pojedinim dijelovima opreme (kotlu, turbini, kondenzatoru, regenerativnim zagrijačima kondenzata i napojne vode, rashladnim tornjevima) da bi se mogle dati odgovarajuće preciznije preporuke za nužne korektivne akcije.

2. OPSEG IZVRŠENIH ISPITIVANJA

Na osnovi ugovora sa TE Kosovo, Institut za elektroprivredu — Zagreb proveo je niz pogonskih kompleksnih i kontrolnih ispitivanja osnovnih energetskih postrojenja blokova prema slijedećoj tablici:

Blok 1 — dvije serije kompleksnih ispitivanja
Blok 2 — jedna serija kompleksnih ispitivanja
Blok 3 — jedno kontrolno ispitivanje
Blok 4 — jedno kontrolno ispitivanje
Blok 5 — dvije serije kompleksnih ispitivanja, jedna prije, a druga poslije remonta.

Ispitivanja su provedena na kotlovskim postrojenjima i turboagregatima paralelno, a rezultati su dani za svako postrojenje (turbinsko i kotlovsko) posebno, kao i za svaki blok u cjelini. Navest ćemo i opseg izvršenih ispitivanja kod kotlovskih postrojenja i turboagregata.

Kotlovska postrojenja

— Kompleksna ispitivanja

Ispitivanja i mjereńja provedena su radi utvrđivanja stupnjeva djelovanja i parametara svih glavnih tokova pare i vode. Ispitivanja su obavljena u normalnom režimu pogona uz četiri različita opterećenja, na svakom ispitivanom kotlovskom postrojenju.

— Kontrolna ispitivanja

Izvršena su pri jednom opterećenju zbog mogućnosti usporedbe s referentnim kotlom (kotao bloka 5).

Postrojenja turboagregata

— Kompleksna ispitivanja

Ispitivanja i mjerenja provedena su radi utvrđivanja specifičnog potroška topline i parametara svih glavnih tokova pare, kondenzata i napojne vode za kompletan turbinski ciklus. Ispitivanja su ostvarena uz normalne režime pogona za četiri različita opterećenja.

— Kontrolna ispitivanja

Izvršena su radi utvrđivanja specifičnog potroška topline i parametara samo onih tokova pare i napojne vode koji su određeni metodom bilance ulaz — izlaz. Ispitivanja su obavljena uz normalne režime, a pri jednom opterećenju na svakom ispitivanom postrojenju turboagregata.

Osim ispitivanja kotlovskih i turbopostrojenja, obavljena su ispitivanja i mjerenja vlastitog potroška električne energije blokova ukupno, te pojedinih glavnih potrošača.

3. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE TE KOSOVO

Da bi se bolje procijenila veličina i složenost provedenih ispitivanja, potrebno je dati neke osnovne podatke o TE Kosovo. TE Kosovo je jedna od naših najvećih termoelektrana u čijem sklopu radi 5 blokova čije su nazivne snage sljedeće:

Tablica 1.

Tehničke karakteristike TE KOSOVO

Komponenta	Karakteristični parametri	Blok 1	Blok 2	Blok 3, 4, 5
kotao	nazivni učin (t/h)	220	496	550
	maksimalni trajni učin (t/h)	280	536	650
	maksimalni kratkotrajni učin (t/h)	295	563	700
	minimalni učin (t/h)	125	363	—
	tlak u bubnju pri nazivnom opterećenju (bar)	117,68	132,39	149,06
	tlak pregrijane pare (bar)	107,87	109,83	135,33
	temperatura pregrijane pare (°C)	525	540	540
	temperatura međupregrijane pare (°C)	—	—	540
turbina	maksimalna trajna snaga (MW)	66	130	210
	tlak pare ispred turbine (bar)	86,19	110,325	127,49
	temperatura pare ispred turbine (°C)	510	538	535
	broj okretaja turbine (min^{-1})	3 000	3 000	3 000
	broj nereguliranih oduzimanja	5	5	7
generator	nazivna snaga (MW)	64	130	210
	broj okretaja (min^{-1})	3 000	3 000	3 000
	frekvencija (Hz)	50	50	50
	faktor snage	0,8	0,8	0,8
	vrsta hlađenja	vodikom	vodikom	vodikom

blok 1	60 MW
blok 2	120 MW
blok 3	210 MW
blok 4	210 MW
blok 5	210 MW

Svi blokovi su kondenzacioni s nereguliranim oduzimanjima. Osnovne tehničke karakteristike glavnih komponenata energetske opreme kotla, turbine, generatora električne energije) dane su u tablici 1. Blokovi 3, 4, 5 zbog identične izvedbe dani su zajedno.

TE Kosovo za svoj normalni rad upotrebljava lignit, čija je analiza provedena kod svakog pojedinog ispitivanja, tako da sada možemo reći u kojim se okvirima kreću vrijednosti sastojaka značajnih za procese izgaranja u kotlovima.

Područja u kojima su se kretale vrijednosti dobivene pri analizama ugljena dana su u tablici 2.

Tablica 2.

Sastav ugljena kojim se koristi TE KOSOVO

Sastojci ugljena	Jedinica	
ukupna vlaga	%	42,24 — 48
pepeo	%	11,7 — 19,8
sumpor gorivi	%	0,2 — 0,95
vodik	%	2,4 — 2,5
ugljik	%	22 — 27
kisik + dušik	%	8,35 — 13,1
donja ogrjevna vrijednost	kJ/kg	6586,4 — 8415,7

4. NAČINI BILANSIRANJA I ODREĐIVANJA ENERGETSKIH KARAKTERISTIKA BLOKOVA TE KOSOVO

Osnovni energetsko-ekonomski pokazatelj neke termoelektrane jest njezina potrošnja topline, gdje su sadržati svi utjecaji višestrukih procesa pretvorbe od energije goriva do električne energije. Ova karakteristika termoelektrane prikazuje se u nekoliko osnovnih oblika, ali uvijek u ovisnosti o opterećenju.

Najuobičajeni oblici (korišteni u studijama o pojedinim blokovima TE Kosovo) jesu:

— energetska karakteristika
— specifična potrošnja
— stupanj djelovanja.

Energetska karakteristika dana je u obliku:

$$E_u = f(E_i).$$

Specifična potrošnja:

$$S = \frac{E_u}{E_i} = g(E_i).$$

Stupanj djelovanja:

$$\eta = \frac{E_i}{E_u} = h(E_i),$$

dok je suma svih gubitaka:

$$X = E_u - E_i,$$

pri čemu je:

E_u — količina energije na ulazu u postrojenje

E_i — količina energije na izlazu iz postrojenja.

Svi navedeni odnosi vrijede kako za cijelo postrojenje, odnosno kompleks termoelektrane, tako i za pojedine dijelove. Prema tome, karakteristika kompleksnog postrojenja zapravo je skup karakteristika pojedinih procesa koji se odvijaju na pojedinim dijelovima postrojenja, te se jedan na drugoga nadovezuju. Usporedo s glavnim procesom odvijaju se i mnogobrojni pomoćni procesi koji iz glavnog toka energije oduzimaju stanovite količine energije te ih jednim dijelom ponovno vraćaju u glavni tok. Potrošak topline pomoćnih procesa pretežno ovisi o glavnom procesu, a ovaj nije konstantan. Svaki proces je vezan uz gubitke koji se ne mogu izbjeći, ali i uz gubitke koji se mogu izbjeći. Prvi karakteriziraju teoretske idealne prilike koje se u praksi ne ostvaruju, a drugi su odraz mnogobrojnih objektivnih i subjektivnih utjecaja, od kojih su glavni stupanj tehničke razvijenosti opreme pojedinačno i u kompleksnom rješenju, veličina jedinice, vrsta goriva, vrijeme korištenja, pogonske prilike, vanjski utjecaji, način rukovanja i održavanja postrojenja itd. Iz navedenog proizlazi da je određivanje jedne od karakterističnih veličina termoelektrane zapravo energetsko bilanciranje i da je to složen zadatak za čije je rješenje potrebno poznavati mnogobrojne faktore, od kojih se neki ne mogu obuhvatiti ni mjerenjem ni proračunima.

Prema stupnju opremljenosti termoenergetskih postrojenja u pojedinim su zemljama različiti zahtjevi na način energetskog bilanciranja. Što je tehnički sustav postrojenja na višem stupnju razvijenosti, postupak je jednostavniji, jer su subjektivni utjecaji svedeni na najmanju mjeru, te se pogon vrši u optimalnim tehničkim i ekonomskim uvjetima. Tu se energetsko bilanciranje svodi na naknadnu kalkulaciju, tj. kontrolu prethodno postavljenih optimalnih uvjeta u odnosu na ostvarene rezultate. Međutim, u zemljama među koje i mi pripadamo, a u kojima su termoenergetski izvori raznovrsni, tj. sastavljeni od termoelektrana starijeg tipa sa slobodnim povezivanjem jedinica, pa i raznih veličina i porijekla na jednoj strani, a postojanjem jačih dispečerskih utjecaja elektroprivrednog sistema na drugoj strani, potrebno je polagati veliku pažnju na korektnost i unapređenje metoda energetskog bilanciranja. To je potrebno jer se u praksi pokazalo da je metoda bilanciranja to bolja što se vjernije pomoću nje

daju analitički rekonstruirati energetska zbivanja u kompleksnom procesu.

Budući da se prilikom ovakvog bilanciranja raščlanjuju i analiziraju pojedini procesi, ove metode omogućavaju i utvrđivanje optimalnih uvjeta, odstupanja od optimalnih uvjeta i pronalaženje glavnih izvora gubitaka. Dakle, dobivaju se i osnovne informacije za vođenje postrojenja po principima optimalne ekonomije. Izbor postupaka za određivanje karakterističnih veličina termoelektrane ovisi o točnosti koja se zahtijeva.

Što se zahtijeva veća točnost, to je složeniji sam postupak bilanciranja. U pogledu točnosti ne treba postavljati pretjerane zahtjeve, jer je kod tako složenog procesa pretvaranja energije nemoguće s krajnjom točnošću ustanoviti sve varijacije unutar procesa. Kako je već prije napomenuto, karakteristika kompleksa termoelektrane sastoji se od skupa karakteristika pojedinih dijelova postrojenja, te je prema tome i ovisna o tim pojedinačnim karakteristikama. Međutim, ni ove pojedinačne karakteristike (na primjer kolta ili turboagregata) nisu jednoznačne, već ovise o nizu raznih faktora. Da bi se mogla postaviti jedna karakteristika, moraju se unaprijed fiksirati i pretpostaviti pojedine osnove i faktori. Promjenom tih pretpostavljenih osnova i faktora iz bilo kojih uzroka mijenja se i vrijednost karakteristika.

U praksi, u principu, te osnove i faktore daje proizvođač pojedinog dijela opreme koji određenu energetsku karakteristiku svojeg proizvoda garantira uz uvjet da određeni parametri imaju određenu vrijednost. U slučaju da ti parametri odstupaju od uvjetnih vrijednosti potrebno ih je preračunati. Za preračunavanje obično postoje korekturni izrazi ili relacije što ih daje proizvođač, kako bi se stvarni parametri preračunali na uvjetne. Svrha takvih preračunavanja na uvjetne vrijednosti jest mogućnost kasnijeg uspoređivanja energetskih karakteristika. Drugim riječima, to znači da se ovdje radi zapravo o praćenju, uspoređivanju i kontroli raznih gubitaka na postrojenju, te njihovom kvantitativnom utjecaju na rezultirajuću potrošnju topline.

Praćenje i kontrola svih gubitaka koji dolaze do izražaja u jednoj termoelektrani, odnosno njihovih mjesta, uzroka i posljedica bilo bi vrlo složeno, čak u potpunosti i nemoguće, jer se radi o praćenju i obračunavanju velikog broja raznih veličina i njihovih utjecaja. Zbog toga se u samom praćenju gubitaka obuhvaćaju samo ključna mjesta, i to ona na kojima se može pojaviti osjetna promjena gubitaka.

U nastavku je dan primjer izbora elemenata koji su bili uključeni u bilancu. Kao primjer odabran je blok 1 TE Kosovo snage 60 MW koji se sastoji od jednog kotla i jednog turboagregata. Razmatranje ćemo provesti posebno za kotlovsko, a posebno za turbinsko postrojenje.

Kotao

Za kontrolu rada kotla odabrani su ovi elementi:

— gubici osjetne topline dimnih plinova
— gubici osjetne topline u letećem pepelu
— gubici topline zbog neizgorenog u šljaci
— gubici topline zbog neizgorenog u letećem pepelu
— utjecaj promjene parametara pare
— utjecaj promjene parametara napojne vode.

Za praćenje navedenih elemenata potrebno je bilo raspolagati ovim mjernim podacima:

— parametrima pare (pritisak, temperatura, količina)
— parametrima napojne vode (pritisak, temperatura, količina)
— sadržajem CO_2, odnosno O_2 u dimnim plinovima
— temperaturom dimnih plinova na izlazu kotla
— temperaturom zraka na usisu ventilatora
— izgorivim u šljaci i pepelu
— sadržajem pepela i vlage u ugljenu

Turboagregat

Za kontrolu rada turbinskog ciklusa odabrani su ovi elementi:

— zagrijavanje kondenzata, odnosno napojne vode u regenerativnom ciklusu
— rad kondenzatora
— utjecaj promjene parametara svježe pare
— proizvodnja električne energije.

Za praćenje navedenih elemenata potrebno je bilo raspolagati ovim mjernim podacima:

— temperaturom kondenzata na izmjenjivačima u toku regenerativnog ciklusa
— parametrima svježe pare (količina, pritisak, temperatura)
— parametrima oduzimanja (pritisci, temperature)
— parametrima napojne vode (količina, pritisak, temperatura)
— temperaturama pare na izlazu iz turbine (vakuum)
— temperaturom rashladne vode na ulazu i izlazu iz kondenzatora
— snagom na stezaljkama generatora.

Do sada izneseni elementi čine osnovu za bilanciranje ne samo bloka 1, već i svih ostalih blokova TE Kosovo. Naravno, osim ovih glavnih elemenata postoji i niz drugih čije je značenje sekundarnog karaktera, a mijenjaju se ovisno o izvedbi promatranog postrojenja. Kod stvaranja koncepcije mjerenja svakog pojedinog postrojenja nastojalo se u

skladu s objektivnim mogućnostima zahvatiti što više takvih sekundarnih elemenata kako bi dobivena slika o radu postrojenja što više odgovarala istini.

Osim do sada rečenog, potrebno je napomenuti da su svi proračuni provedeni u studijama o blokovima TE Kosovo rađeni na bazi određenih standarda (DIN i ASME). Ti standardi su sljedeći:

»VDI Abnachmeversuche an Dampferzeugern« DIN 1943

»VDI Temperaturmessregein« DIN 1953

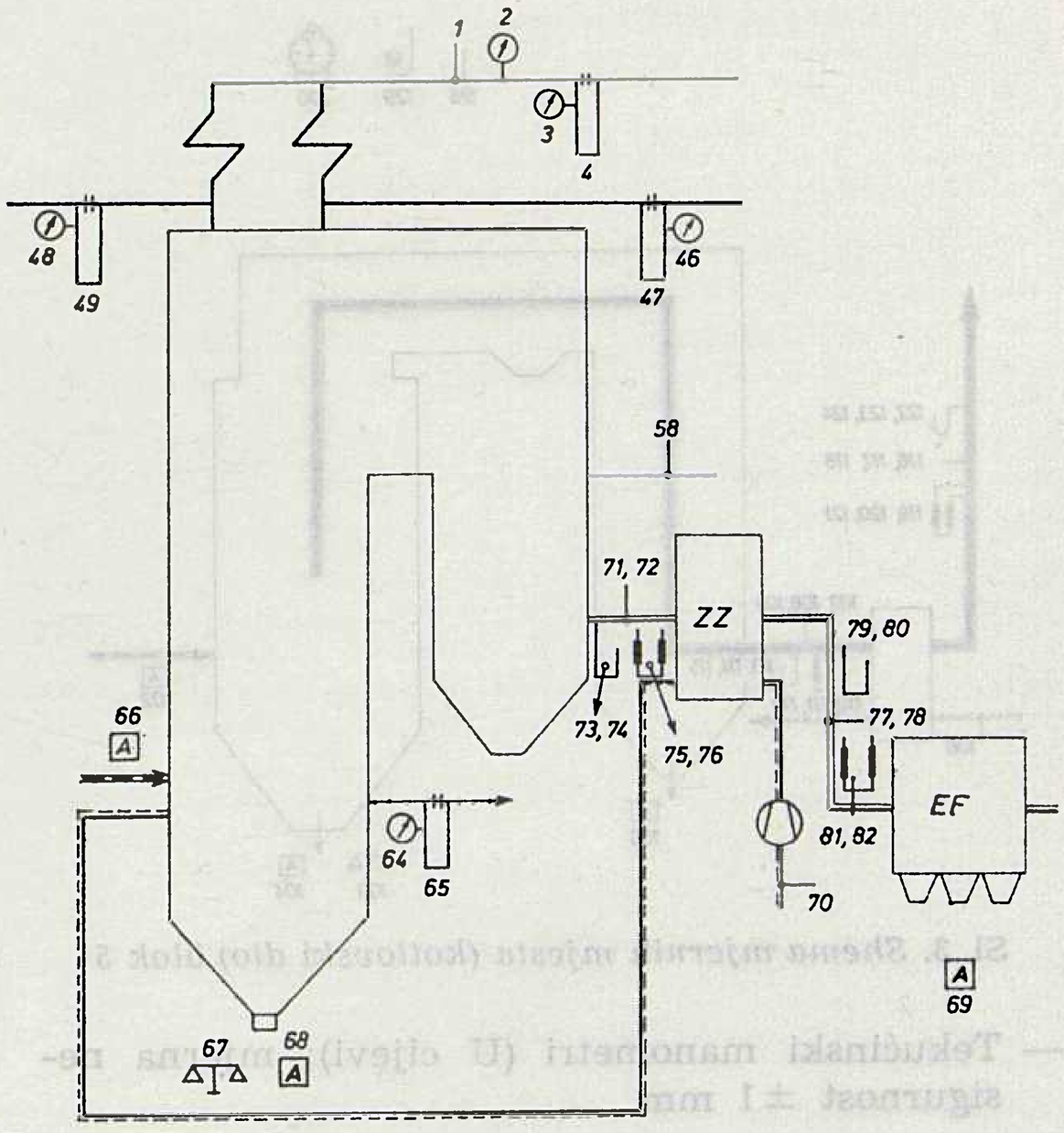
»VDI Durchflussmessregeln« DIN 1952

»Flow Meassurement« ASME 1952

Stanja pare i vode određena su prema ovim tablicama:

»VDI Wasserdampftafeln« 1968.

»Properties of Water and Steam in SI Units« 1979.



Sl. 1. *Shema mjernih mjesta (kotlovski dio) blok 1*

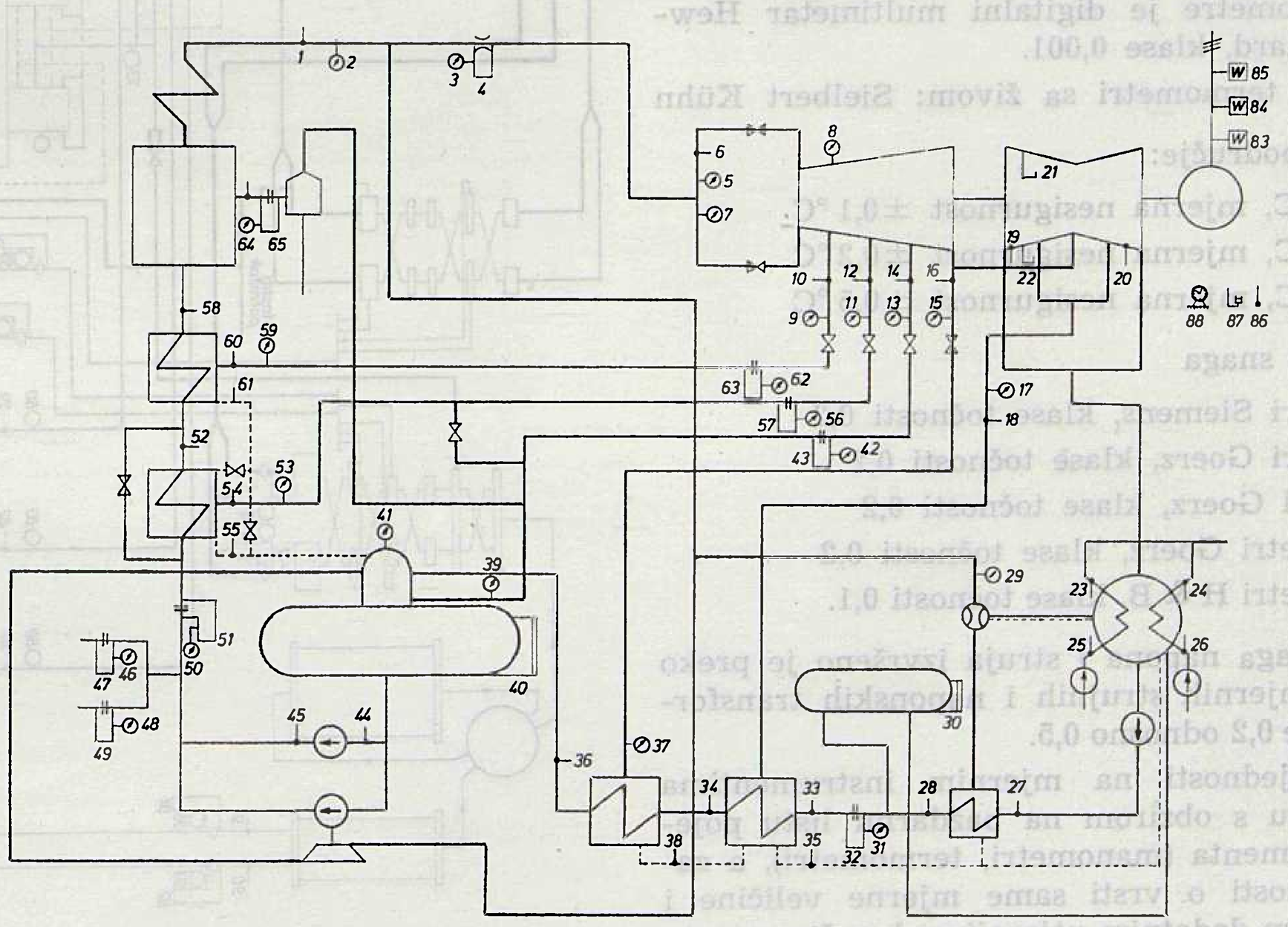
5. SHEME MJERNIH MJESTA I UPOTRIJEBLJENI INSTRUMENTI

U skladu s iznesenim u poglavlju 4. izrađeni su prije provedbi ispitivanja programi ispitivanja iz kojih su rezultirale sheme mjernih mjesta potrebnih za dobivanje zadanih energetskih karakteristika. Primjeri shema mjernih mjesta dani su za blok 1 i 5 na slikama 1. i 2, odnosno 3. i 4.

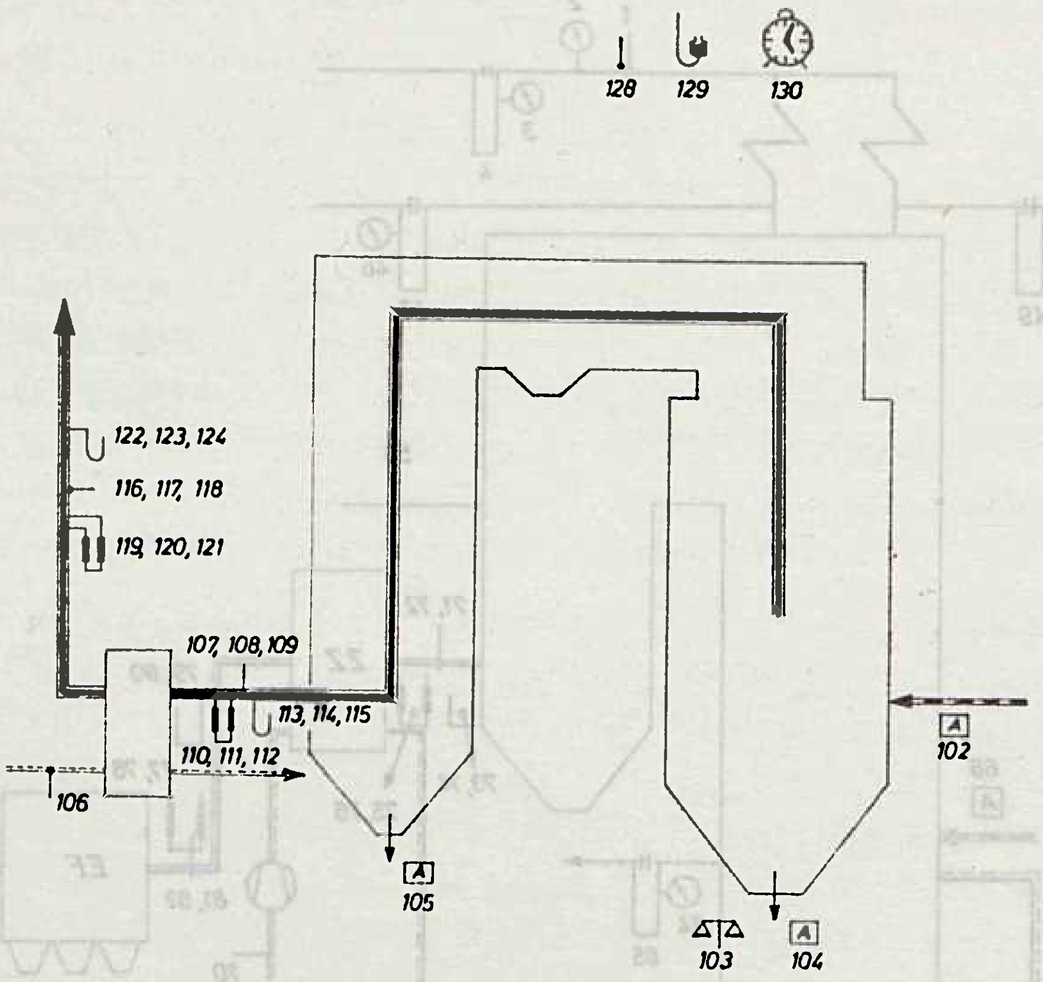
Sva provedena ispitivanja obavljena su koliko su to objektivne mogućnosti dopuštale, instrumentima Instituta za elektroprivredu — Zagreb. Klase točnosti primijenjenih kontrolnih mjernih instrumenata bile su kako slijedi:

Mjerenje tlaka

— Precizni kontrolni manometri s Bourdonovom cijevi (baždareni prije i poslije ispitivanja); klasa točnosti 0,6



Sl. 2. *Shema mjernih mjesta (turbinski dio) blok 1*



Sl. 3. *Shema mjernih mjesta (kotlovski dio) blok 5*

— Tekućinski manometri (U cijevi); mjerna nesigurnost ±1 mm

Mjerenje temperatura

— Termoelementi Fe-Ko
mjerna nesigurnost ±3 °C za temperature do 400°
mjerna nesigurnost ±0,75% za temperature iznad 400 °C

— Otporni termometri Pt 100, ATM, klasa točnosti 0,5
Mjerni instrument za termoelemente i otporne termometre je digitalni multimetar Hewlett-Packard, klase 0,001.

— Stakleni termometri sa živom: Sielbert Kühn

Mjerno područje:

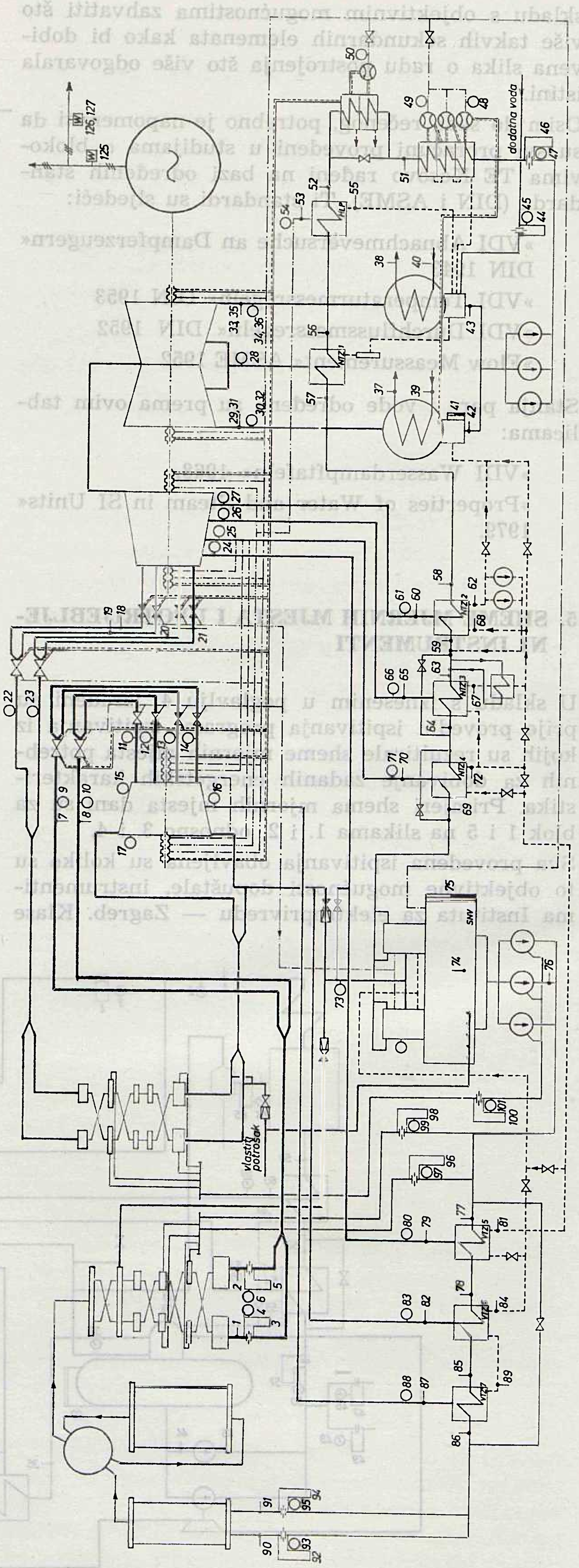
0 ÷ 50 °C, mjerna nesigurnost ±0,1 °C
0 ÷ 150 °C, mjerna nesigurnost ±0,2 °C
0 ÷ 250 °C, mjerna nesigurnost ±0,5 °C

— Mjerenje snaga

Wattmetri Siemens, klase točnosti 0,2
Wattmetri Goerz, klase točnosti 0,2
Voltmetri Goerz, klase točnosti 0,2
Ampermetri Goerz, klase točnosti 0,2
Ampermetri H & B, klase točnosti 0,1.

Mjerenje snaga napona i struja izvršeno je preko pogonskih mjernih strujnih i naponskih transformatora klase 0,2 odnosno 0,5.

Očitane vrijednosti na mjernim instrumentima korigirane su s obzirom na baždarnu listu pojedinog instrumenta (manometri, termometri), a zatim u ovisnosti o vrsti same mjerne veličine i prema ostalim dodatnim utjecajima kao što su npr. dubina uranjanja kod mjerenja temperature sta-



Sl. 4. *Shema mjernih mjesta (turbinski dio) blok 5*

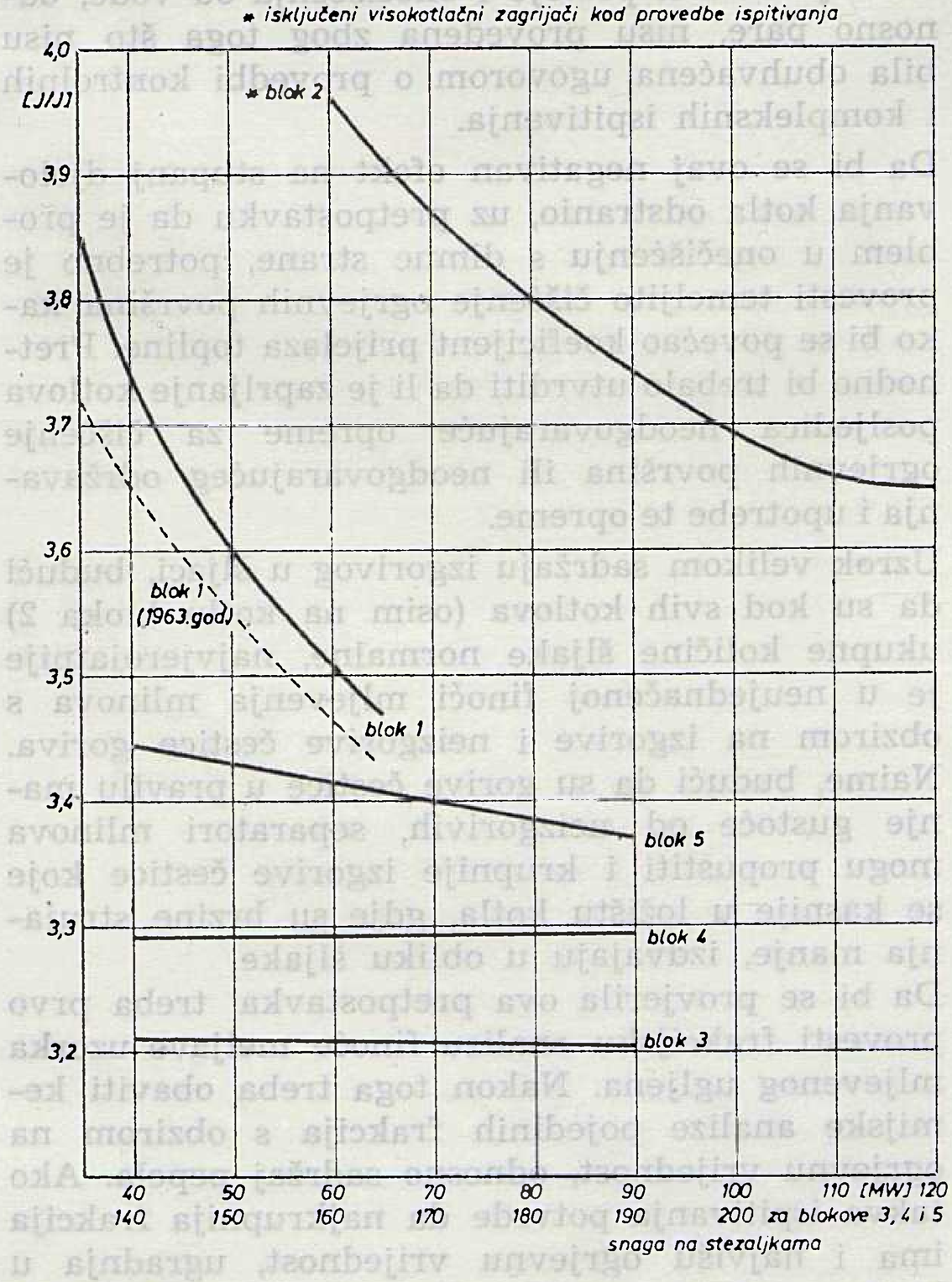
klenim termometrom, geodetska visina kod mjerenja tlaka manometrom, otpor voda i unutrašnji otpor kod mjerenja temperature otpornim termometrom itd. Mjerni instrumenti su očitavani svake tri minute za protočne količine i snage, a za ostala mjerna mjesta svakih deset minuta.

6. PREGLED REZULTATA ISPITIVANJA

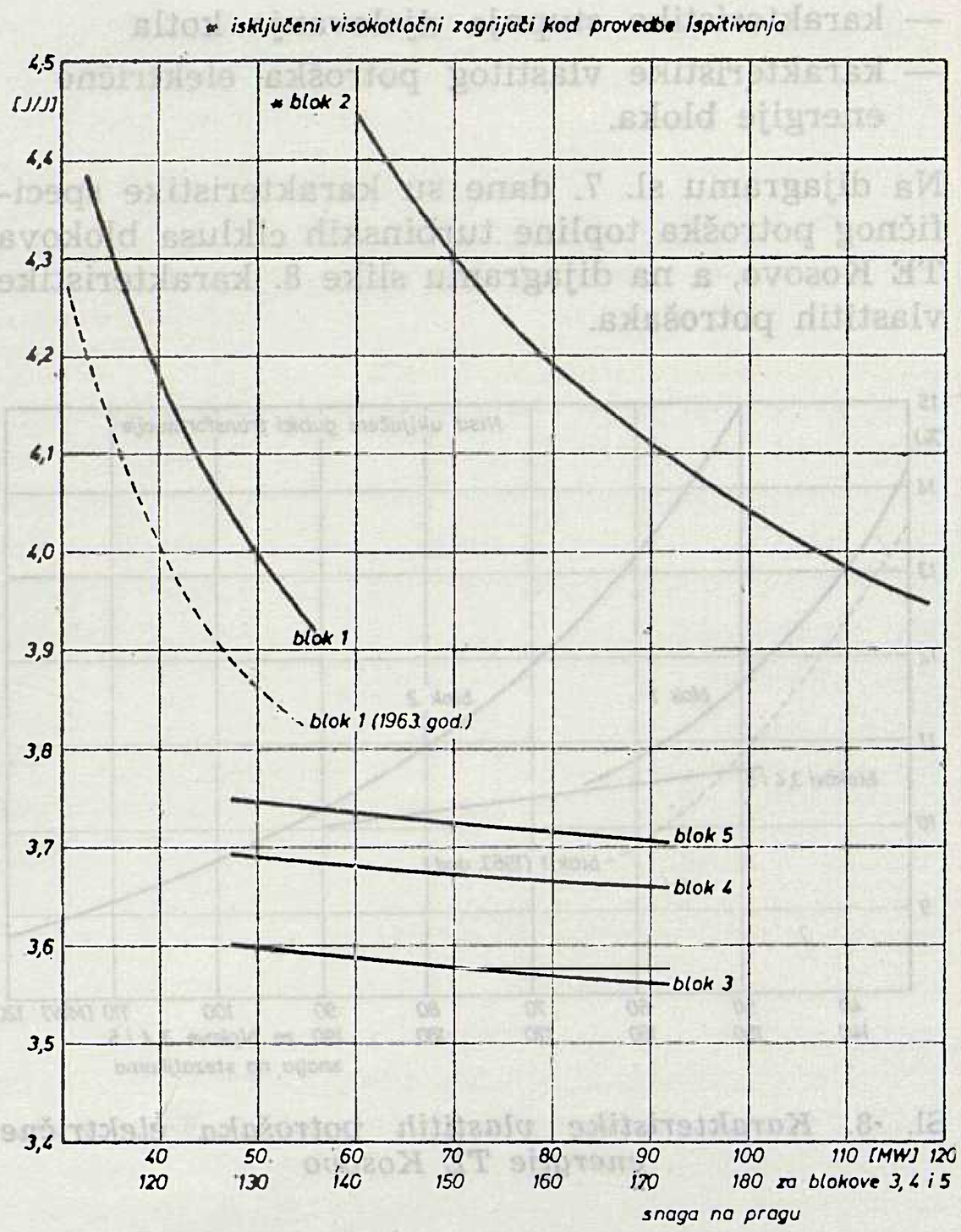
Rezultati bilanci i proračuna, kao što smo već prije ustanovili, mogu poslužiti za izradu energetskih karakteristika pojedinih blokova na osnovi kojih bi se mogao ocijeniti rad cijele termoelektrane u nekom periodu.

Na dijagramu sl. 5. i sl. 6. dani su grafički prikazi specifične bruto potrošnje blokova (potrošci topline blokova svedeni na snagu na stezaljkama generatora) kao i specifični neto potrošci blokova (potrošci topline svedeni na snagu na pragu bloka). Za reprezentativne karakteristike bloka 5 uzete su karakteristike tog bloka iz druge serije ispitivanja, tj. nakon provedenih remontnih radova. Karakteristika specifičnog potroška topline bloka jest zapravo superpozicija triju karakteristika pojedinih elemenata bloka, a to su:

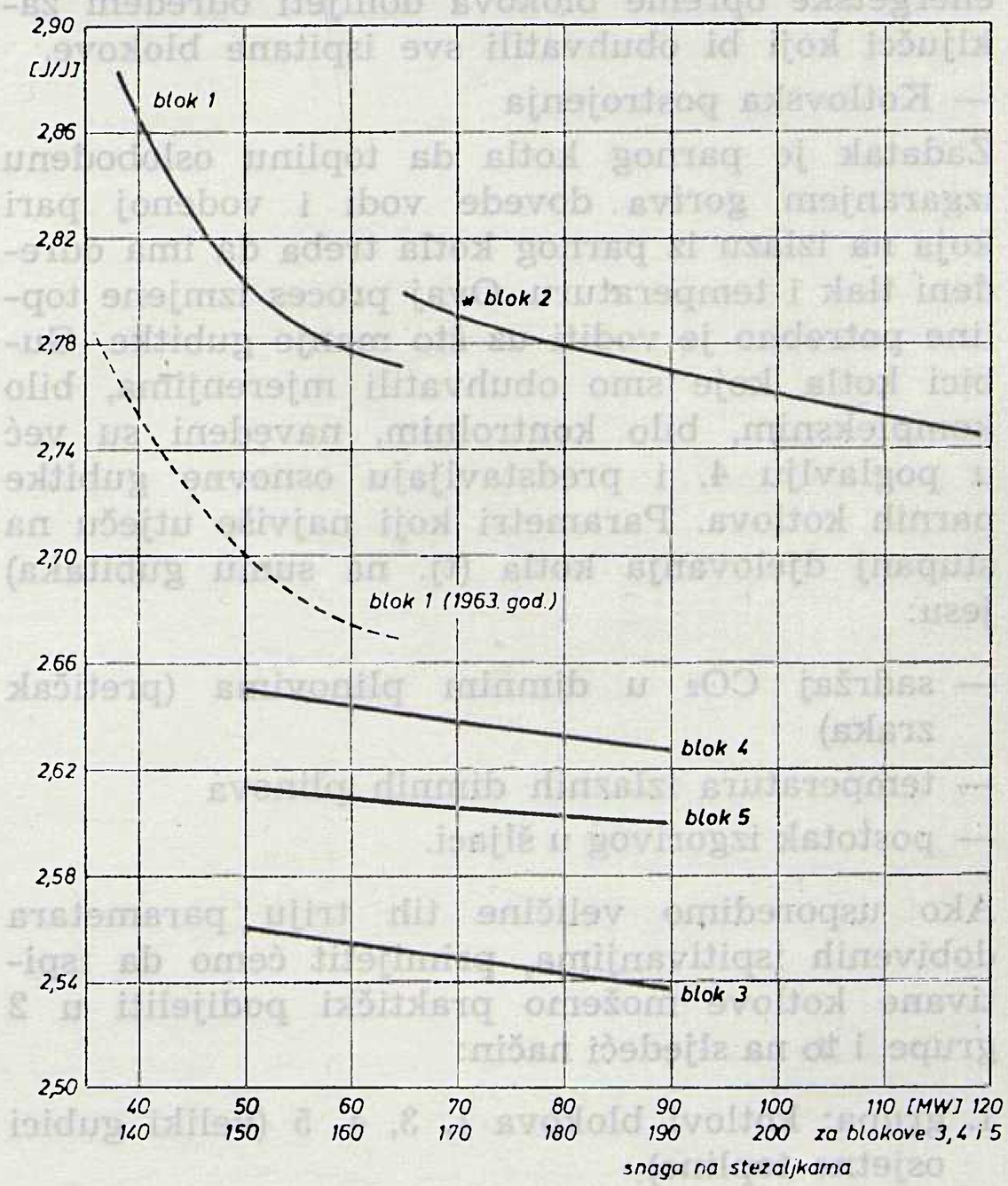
— karakteristike specifičnog potroška topline turbinskog ciklusa



Sl. 5. *Karakteristike specifičnih bruto-potrošaka blokova TE Kosovo*



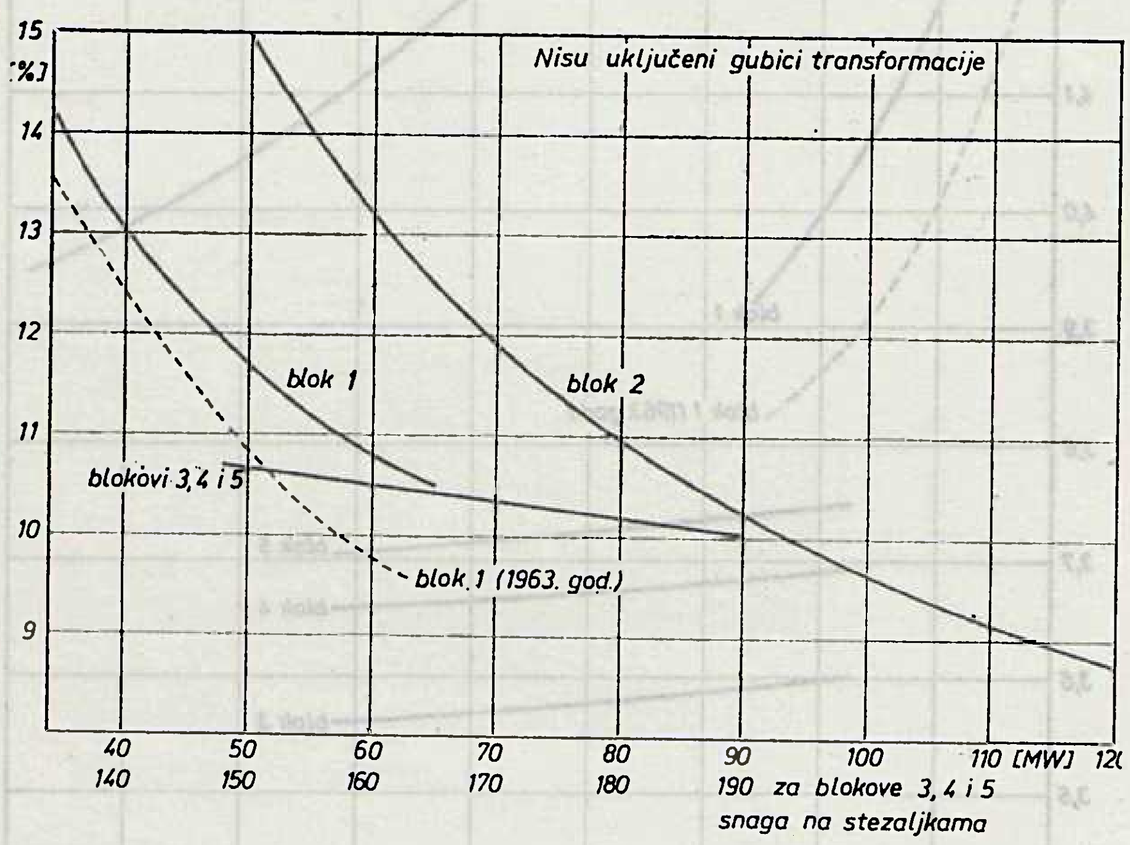
Sl. 6. *Karakteristike specifičnih neto-potrošaka blokova TE Kosovo*



Sl. 7. *Karakteristike specifičnih potrošaka turbinskih ciklusa*

— karakteristike stupnja djelovanja kotla
— karakteristike vlastitog potroška električne energije bloka.

Na dijagramu sl. 7. dane su karakteristike specifičnog potroška topline turbinskih ciklusa blokova TE Kosovo, a na dijagramu slike 8. karakteristike vlastitih potrošaka.



Sl. 8. *Karakteristike vlastitih potrošaka električne energije TE Kosovo*

7. ZAKLJUČAK

Na osnovi analiza rezultata provedenih kompleksnih i kontrolnih ispitivanja blokova TE Kosovo mogu se u vezi s pojedinim osnovnim dijelovima energetske opreme blokova donijeti određeni zaključci koji bi obuhvatili sve ispitane blokove.

— Kotlovska postrojenja

Zadatak je parnog kotla da toplinu oslobođenu izgaranjem goriva dovede vodi i vodenoj pari koja na izlazu iz parnog kotla treba da ima određeni tlak i temperaturu. Ovaj proces izmjene topline potrebno je voditi uz što manje gubitke. Gubici kotla koje smo obuhvatili mjerenjima, bilo kompleksnim, bilo kontrolnim, navedeni su već u poglavlju 4. i predstavljaju osnovne gubitke parnih kotlova. Parametri koji najviše utječu na stupanj djelovanja kotla (tj. na sumu gubitaka) jesu:

— sadržaj CO_2 u dimnim plinovima (pretičak zraka)
— temperatura izlaznih dimnih plinova
— postotak izgorivog u šljaci.

Ako usporedimo veličine tih triju parametara dobivenih ispitivanjima, primijetit ćemo da ispitivane kotlove možemo praktički podijeliti u 2 grupe, i to na sljedeći način:

1. grupa: kotlovi blokova 1, 3, 4, 5 (veliki gubici osjetne topline)
2. grupa: kotao bloka 2 (veliki gubici neizgorenog u šljaci).

Sadržaj CO_2 u dimnim plinovima je za vrijeme svih ispitivanja za obadvije grupe bio u okvirima vrijednosti normalnih za kotlove ložene ugljenom prašinom. Temperature izlaznih dimnih plinova bile su kod prve grupe kotlova u rasponu od 200 do 250 °C, a kod druge grupe od 160 do 180 C°. Postotak izgorive materije u šljaci bio je kod svih ispitivanja veći od 60% kod prve grupe, odnosno 90% kod druge grupe kotlova, ali je količina šljake kod druge grupe bila proporcionalno znatno veća nego kod prve grupe. To je rezultiralo gubicima topline zbog neizgorenog u šljaci od 0,3 do 1,4% za prvu grupu kotlova, odnosno oko 10% za drugu grupu. Tako veliki gubici zbog visokog postotka neizgorenog u šljaci upućuju na krajnje loše stanje mlinova ili separatora mlinova na kotlu bloka 2.

Iz prethodnog slijedi da su glavni uzroci nižeg stupnja djelovanja promatranih kotlova od projektnih vrijednosti prevelika izlazna temperatura dimnih plinova (gubici osjetne topline dimnih plinova za 1. grupu kretali su se od 15,5—17,5%, odnosno 9,5—10,5 za drugu grupu kotlova) i velik postotak neizgorene materije u šljaci (grupa 2). Razlog prevelikih temperatura dimnih plinova na izlazu iz kotla vrlo je jednostavan: zaprljanje ogrjevnih površina kotla, tj. ložišta, pregrijača pare, zagrijača vode i zagrijača zraka. Na žalost, dodatna mjerenja koja bi ustanovila na kojim izmjenjivačkim površinama postoje najveća onečišćenja i da li postoje i onečišćenja od vode, odnosno pare, nisu provedena zbog toga što nisu bila obuhvaćena ugovorom o provedbi kontrolnih i kompleksnih ispitivanja.

Da bi se ovaj negativan efekt na stupanj djelovanja kotla odstranio, uz pretpostavku da je problem u onečišćenju s dimne strane, potrebno je provesti temeljito čišćenje ogrjevnih površina kako bi se povećao koeficijent prijelaza topline. Prethodno bi trebalo utvrditi da li je zaprljanje kotlova posljedica neodgovarajuće opreme za čišćenje ogrjevnih površina ili neodgovarajućeg održavanja i upotrebe te opreme.

Uzrok velikom sadržaju izgorivog u šljaci, budući da su kod svih kotlova (osim na kotlu bloka 2) ukupne količine šljake normalne, najvjerojatnije je u neujednačenoj finoći mljevenja mlinova s obzirom na izgorive i neizgorive čestice goriva. Naime, budući da su gorive čestice u pravilu manje gustoće od neizgorivih, separatori mlinova mogu propustiti i krupnije izgorive čestice koje se kasnije u ložištu kotla, gdje su brzine strujanja manje, izdvajaju u obliku šljake.

Da bi se provjerila ova pretpostavka, treba prvo provesti frakcijsku analizu finoće meljave uzorka mljevenog ugljena. Nakon toga treba obaviti kemijske analize pojedinih frakcija s obzirom na ogrjevnu vrijednost, odnosno sadržaj pepela. Ako takva ispitivanja potvrde da najkrupnija frakcija ima i najvišu ogrjevnu vrijednost, ugradnja u kotlove rešetke za dogrijevanje šljake dala bi osjetnije poboljšanje ekonomičnosti pogona kotla.

— Turboagregati

Mjerenjem utvrđeni specifični potrošci toplina turbinskih ciklusa kod različitih uvjeta (s uključenim i isključenim visokotlačnim zagrijačima zbog različitih razloga) pokazali su negativan utjecaj rada s neispravnim, odnosno isključenim visokotlačnim zagrijačima.

Utjecaj isključenih visokotlačnih zagrijača posebno je očit kod turbinskog ciklusa bloka 2, gdje su bila isključena dva postojeća visokotlačna zagrijača, što je imalo za posljedicu povećanje specifičnog potroška turbinskog ciklusa iznad očekivanih vrijednosti. Blok 1 također je radio bez jednog visokotlačnog zagrijača u prvoj seriji ispitivanja (zbog kvara ventila kroz by-pass oko predzadnjeg VTZ prolazilo je oko 70% ukupnog toka napojne vode). Ovaj slučaj je, međutim, bitno različit od prethodnog, jer se radilo o predzadnjem zagrijaču čiji je rad uspješno nadoknađivao ($\approx$ 80%) zadnji zagrijač, tako da možemo smatrati da je blok 1 radio praktični s kompletnim brojem zagrijača.

Osim navedenog, izrazito negativan utjecaj na rad turbinskih ciklusa imao je kod većine ispitivanih blokova rad kondenzatora.

Ta činjenica utvrđena je mjerenjem temperaturnih karakteristika kondenzatora čije su se vrijednosti kretale od 4 do 7 °C za kondenzatore blokova 1, 3, 4, 5 a 10—12 °C za kondenzator bloka 2. Napomenimo samo radi usporedbe da se kod evropskih postrojenja temperaturne karakteristike kondenzatora kreću od 2,5 do 3,5 °C.

Kod bloka 2 glavni problem pri radu kondenzatora bio je loš vakuum (0,11 bar) nastao kao posljedica propuštanja zraka, te bi kod ovog bloka prvenstveno bilo potrebno poboljšati brtvljenje kondenzatora.

Razlog slabe efikasnosti kondenzatora jest znatno onečišćenje površina (kondenzatorskih cijevi) preko kojih se vrši izmjena topline. Pomoću bilanci kondenzatora proračunate su količine rashladne vode čije su se vrijednosti kretale u okviru projektnih, tako da se moguća sumnja da je smanjena količina raslhadne vode uzrok slabog rada kondenzatora ne može uzeti u obzir.

Na bloku 5, da bi se dokazalo da je uzrok slabog rada kondenzatora onečišćenje površina, provedeno je dodatno ispitivanje propusnosti vakuumske instalacije. Ovo ispitivanje provedeno je pri opterećenju na stezaljkama generatora od oko 155 MW i dalo je prosječni pad vakuuma u oba kondenzatora od oko 5,2 mmHg/min, što predstavlja normalno dobru pogonsku vrijednost.

Mjere koje bi trebalo poduzeti radi poboljšanja ekonomičnosti rada turboagregata vrlo su jasne. Kao prvo potrebno je osposobiti visokotlačne zagrijače na blokovima kod kojih ne rade, a kao drugo potrebno bi bilo otkloniti uzroke onečišćenja rashladnih površina kondenzatora. Uzroci onečišćenja mogu biti u neadekvatnoj pripremi dodatne vode za rashladne tornjeve, neodgovarajućoj količini odmuljenja rashladnog sistema, unošenju ostalih nečistoća u rashladni sistem, a mogli bi se utvrditi posebnim ispitivanjima.

Ako ne postoje objektivni uvjeti za relativno brzo otklanjanje uzroka, treba ekonomski razmotriti učestalost, kao i metode čišćenja kondenzatora (npr. Taprogge).

Promatrajući pojedine energetske karakteristike ispitivanih blokova na slikama 5, 6, 7. i 8, uočava se da blokovi 3, 4 i 5, iako su praktički identične izvedbe, nemaju i identične energetske karakteristike. To je posljedica različitosti u radu kondenzatora, regenerativnog ciklusa i kotlova (razlika u kvaliteti goriva, pretičcima zraka, propuštanja regenerativnih zagrijača zraka i oplata kotlova itd.). Osim navedenog potrebno je napomenuti da je energetska karakteristika bloka 5 temeljena na rezultatima 4 ispitivanja pri 4 različita opterećenja, dok su energetske karakteristike bloka 3 i 4 utvrđene na bazi samo jednog kontrolnog ispitivanja i analogija blokom 5, što može biti također značajan razlog razlika energetskih karakteristika.

Zbog usporedbe na slikama 5, 6, 7. i 8. isprekidanom crtom dane su energetske karakteristike bloka 1, dobivene na normativnim ispitivanjina 1963. god. (za druge blokove nisam posjedovao sličnu dokumentaciju), kada je dotično postrojenje imalo oko 4 000 h pogona. Vidljiva su znatna pogoršanja svih prikazanih karakteristika u toku 17 godina eksploatacije, koja bi se poduzimanjem određenih tehničko-organizacijskih mjera zasnovanih na mjerenjima mogla uveliko smanjiti.

Key words: TPP Kosovo, performance characteristics, examination

REVIEW OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS EXAMINATIONS OF BLOCKS IN TPP KOSOVO

In the article is given an review of block performance characteristics examination in TPP Kosovo, which has been in operation for many years, the purpose of examinations was estimation of changed condition of equipment and analysis of measured results. The results of measurement indicate worse condition of overall efficiency of equipment and call for detailed examinations of causes as well as necessary corrective actions.

RÜCKBLICK AUF UNTERSUCHUNGEN DER ENERGETISCHEN KENNWERTE DER BLOCKEINHEITEN IM WÄRMEKRAFTWERK KOSOVO

In einer Kurzfassung werden die Ergebniss energetischer Untersuchungen an den Stromerzeugereinheiten im Wärmekraftwerk Kosovo dargestellt. Diese Untersuchungen erfolgten nach mehrjähriger Betriebszeit, um den Einfluss der Zustandsänderungen der Anlage zu ermitteln. Die Untersuchungen zeitgen eine wesentliche Abnahme des Gesamtwirkungsgrades. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit weiterer eingehender Untersuchungen und Überprüfungen, um die Ursachen festzustellen und die erforderlichen Massnahmen zur Behebung jener zu treffen.

КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОБЛОКОВ НА ТЭС »КОСОВО«

Инж. Берислав Надинич
Институт электрохозяйства, г. Загреб, СФРЮ
Инж. Берислав Надинич
Институт электрохозяйства, г. Загреб, СФРЮ

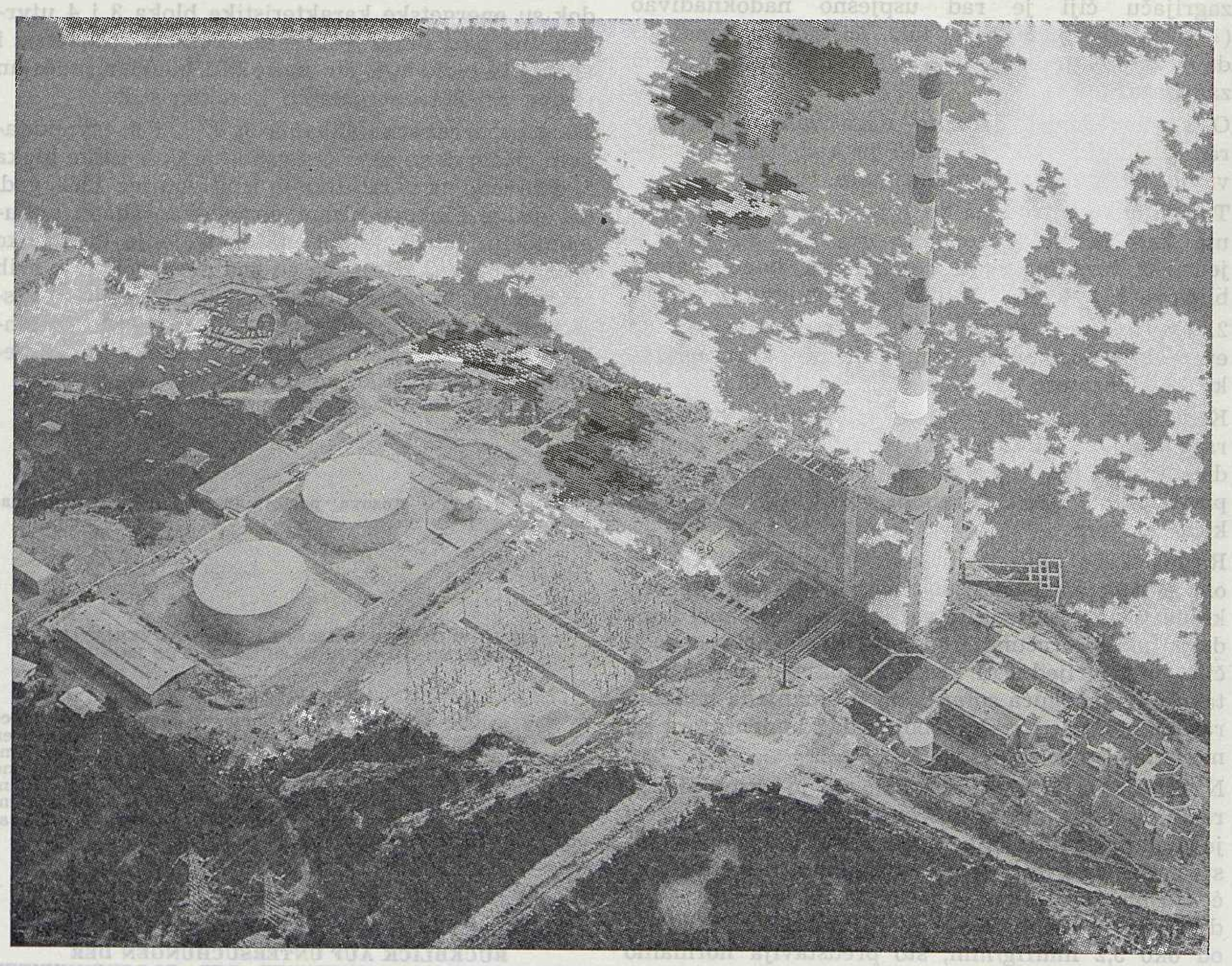
В статье приводится краткое обозрение исследования силовых характеристик энергоблоков на ТЭС »Косово«, выполненных после многолетней эксплуатации в целях оценки изменения состояния оборудования. Приводится анализ результатов измерений. Исследования показали значительное снижение общего кпд ТЭС, что принуждает к проведению более тщательных исследований и коррекционных мероприятий по устранению выявленных причин ухудшения кпд ТЭС.

Naslov pisca:

Berislav Nadinić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
2. II 1982.

TERMOELEKTRANA »RIJEKA 1«



INSTALIRANA SNAGA
1 × 320 MW

GORIVO
teško loživo ulje
koksni plin

U 1978. GODINI
OTPOČELA
S
PROIZVODNJOM
ELEKTRIČNE
ENERGIJE

51221 KOSTRENA
telefon: 424-222,
424-647
telex: 24413 YU INATER

Energija God. 31 (1982) br. 5—6, 203—211

POTREBA I PRIJEDLOG KATEGORIZACIJE DISTRIBUTIVNIH POTROŠAČA U NAŠIM MREŽAMA S OBZIROM NA POGONSKU SIGURNOST OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

mr Ernest Mihalek, Zagreb

UDK 621.316.1
PRETHODNO SAOPĆENJE

Kategorizacija s obzirom na pogonsku sigurnost opskrbe električnom energijom jest postupak kojim se istovrsnim potrošačima dodjeljuje određeni stupanj rezerve napajanja. U radu su opisani potreba i kriteriji provedbe kategorizacije a predloženo je i izdavanje Tehničkog propisa o kategorizaciji distributivnih potrošača.

Ključne riječi: kategorija potrošača, prekid napajanja, potrošač el. energije, pogonska sigurnost

UVOD

Pomanjkanje kategorizacije potrošača u našim elektroenergetskim mrežama dovelo je do toga da se ne zna kako treba napajati određene potrošače ili dijelove mreže. Tome je uvelike pridonijelo i naše zaostajanje u proučavanju i efikasnoj uporabi mjera sigurnosti te kvalitete napajanja. Štete od toga su mnogostruke — od enormnih šteta zbog prekida proizvodnje do šteta na repromaterijalu, komercijalnih i ostalih šteta.

Zbog toga treba, analogno kao u nekim drugim zemljama, uvesti kategorizaciju potrošača kojom će se odrediti način njihova napajanja. Time se ulazi u postupak koji će se opravdati visinom ušteda zbog veće kontinuiranosti pogona mreže.

1. Općenito o potrebi i kriterijima kategorizacije

Kad se planira elektroenergetska mreža, nastoji se da ona bude jednostavna, elastična i sposobna distribuirati snagu u različitim pogonskim stanjima koja nastaju promjenama opterećenja potrošača, no ostaje pitanje njezina rada kada dođe do zastoja pojedinih dijelova mreže. Zastoji mogu nastati zbog kvarova ili preopterećenja dijelova mreže, dok se također neki dijelovi mreže moraju u pravilnim vremenskim razmacima servisirati, kako bi se umanjila njihova mogućnost kvarenja.

Pravilno dimenzionirana mreža za razvod električne energije zadovoljavat će u pogonu kriterij dozvoljene opteretivosti, smanjena na minimum jalovih tokova snaga, kao i racionalno dozvoljenih padova napona.

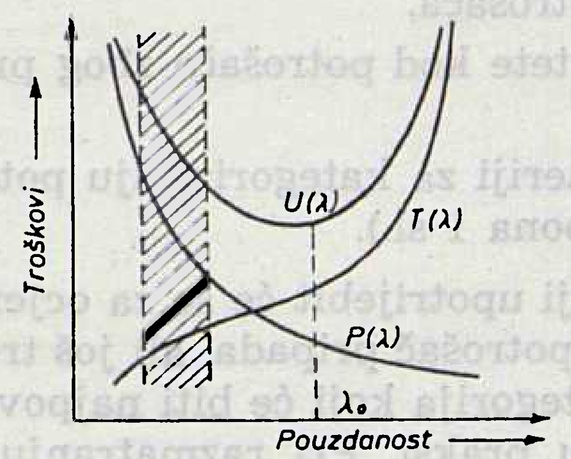
Suviše dimenzionirana mreža će, dapače, također zadovoljavati naređene kriterije planiranja, ali će se pokazati da zahtijeva suviše velike investicije. Za takvu mrežu se kaže da ima preveliku »redundanciju« (ili zalihnost). Sigurno je, međutim, da današnje planirane mreže moraju imati nešto veću zalihost od uobičajene zbog naglog porasta cijene energije (gubitaka). U tom smislu se nove mreže moraju planirati sa što nižim vlastitim gubicima, a to znači veću zalihost u svim elementima, osim onih koji svojom veličinom ne pridonose manjim gubicima (npr. transformatori).

Dobar dio pouzdanosti mreže može proizaći iz umješnog planiranja jednostavne, pregledne i robusne mreže koja nema suvišnih elemenata — potencijalnih karika za prekid napajanja potrošača.

U krajnjem slučaju može se zamisliti mreža koja ni u jednom svom elementu nema rezervu. Ovakva do kraja pojednostavnjena mreža očito će biti izložena mnogim prekidima napajanja potrošača, ali će, zauzvrat, biti vrlo jeftina. Primjer takve mreže bila bi mreža svedena samo na radijalne grane od najvišeg do najnižeg napona.

Međutim, ekonomika pogona mreža a i neki ostali faktori traže da se mreža planira tako da svaki potrošač dobije onu pouzdanost napajanja koja mu je potrebna. Time se nekim potrošačima može osigurati velika pouzdanost napajanja a drugima manja — ovisno o veličini i značaju potrošača.

Na taj se način optimiziraju troškovi za izgradnju mreže, tj. ne može se tražiti ni prevelika ni prema-



Sl. 1

la pouzdanost napajanja. Kod male pouzdanosti jako rastu troškovi neisporučene električne energije a kod velike pouzdanosti troškovi investicija u mreži. Taj odnos pokazuje sljedeća slika (kvalitativno):

Ovdje pojedine veličine znače:

U (λ) — ukupne troškove ovisne o pouzdanosti
T (λ) — troškove mreže za postizanje pouzdanosti
P (λ) — troškove nastale zbog prekida napajanja
λ_o — optimalnu pouzdanost.

Tu obično vrijedi proporcionalnost

$$P(\lambda) \mathrel{\widehat{=}} 1/\lambda.$$

Šrafirano područje pokazuje stanje naših mreža, gdje visoki troškovi nastaju zbog niske pouzdanosti napajanja potrošača.

Krivulja P (λ) iznosi zapravo »teorem o sigurnosti sistema« koji kaže da se općenito, neovisno o konfiguraciji sistema, specifični kvar pravilno projektiranog sistema s povećanjem troškova smanjuje po eksponencijalnoj krivulji.

Iako se kategorizacija potrošača uvodi zbog smanjivanja šteta zbog zastoja u mreži, ipak se mora istaknuti da se u funkciji s ovim nalaze i drugi kriteriji kojim će se moći regulirati položaj pojedinih potrošača u mreži. Mnogi od takvih kriterija već su intuitivno primjenjivani u našim mrežama zahvaljujući i iskustvima i propisima stranih elektroprivreda. Tako je izvjesno da je uvijek viša naponska razina potrošača ili elektroprivrednog objekta, kao i njegova snaga, makar i nehotice, zahtijevala veću sigurnost napajanja od adekvatnih na nižem naponu i manje snage.

Istovremeno se veća sigurnost pridavala i specijalnim objektima kao što su bolnice, telefonske centrale ili vojni objekti Pri tome je ostalo nejasno kako tretirati ostale objekte kojima se, bez obzira na priključenu naponsku razinu i snagu, nije moglo zanemariti značenje. Konačno, s razvojem tehnike pojavili su se potrošači koji imaju posebne zahtjeve i u vezi s kvalitetom naponskog vala i slično. Uzevši u obzir sve spomenuto, morat će se pri kategorizaciji uzeti u ocjenu sljedeće kriterije za način napajanja potrošača:

A. naponska razina priključka potrošača,
B. snaga (opterećenja) i potrošnja električne energije pojedinih (ili grupe) potrošača,
C. značaj potrošača,
D. veličina štete kod potrošača zbog prekida napajanja,
E. ostali kriteriji za kategorizaciju potrošača (kvaliteta napona i sl.).

Svi ti kriteriji upotrijebit će se za ocjenu kojoj kategoriji koji potrošač pripada, ali još treba odabrati onaj broj kategorija koji će biti najpovoljniji i najpregledniji u praksi. Pri razmatranju načina napajanja potrošača možemo imati ove slučajeve:

1. jednostrano napajanje,
2. dvostrano napajanje iz istog izvora,
3. dvostrano napajanje iz dva različita izvora, tj. napajanje iz dva nezavisna izvora. Pod nezavisnim izvorima **u mreži** podrazumijevaju se dijelovi mreže međusobno odvojeni na višem naponu; ne smije postojati mogućnost da isti uzrok onesposobi glavno i rezervno napajanje. Nezavisni rezervni izvori su i **vlastiti** izvori (aku-baterija, dizel-agregat itd.).

Pogon rezervnog napajanja mora se računati na toliko vremena za koliko se može ukloniti kvar na glavnom pojnom sustavu ili koliko je potrebno da potrošač izvede sve radnje koje su nužne da se spriječe štete, uklone opasnosti za ljudske živote i zdravlje i sl.

Prema ovome moglo bi se još stupnjevati dopušteno vrijeme prekida, i to

za 1. do 12^h
za 2. do 2^h
za 3. od do nekoliko sekundi ili minuta što ovisi o samoj specifičnosti potrošača i postrojenju koje osigurava povratak napajanja.

Ako sve potrošače razdijelimo u samo dvije kategorije (jednostruko i dvostruko napajanje), onda gubimo mogućnost razlikovanja napajanja iz istog ili različitih izvora. Nasuprot tome, ako se uvede veći broj kategorija od 3, dolazi do ponavljanja načina napajanja. Upravo sa tri kategorije dobiva se vrlo mnogo na jednostavnosti primjene i preglednosti, što je vrlo važno u praksi pri projektiranju i izgradnji mreže.

2. Prijedlog kategorizacije potrošača u našim mrežama

Uzevši u obzir već spomenute kriterije po kojima razabiremo razne potrošače, predlaže se sljedeća kategorizacija (po svakom od tih kriterija može neki potrošač ili dio mreže biti svrstan u jednu od kategorija) (vidi: /2/).

I kategorija — u koju se svrstavaju ovi potrošači:

a) na naponskom nivou 110 i više kV.
b) čija snaga prelazi 15 MW ili iznad 75 GWh/god.
c) čiji prekid napajanja dovodi u opasnost ljudske živote, ili raspad sistema javnog prometa, vojni objekti i objekti teritorijalne obrane i sl. Ovamo spadaju još i zgrade više od 16 katova radio-stanice i TV-stanice, telefonske centrale, pumpne stanice vodovoda i kanalizacije, kirurške klinike i stanice hitne pomoći. Prvoj kategoriji pripadaju i manji potrošači kao što su operacione dvorane, dvorane kina i kazališta samo što se njihova sigurnosna rasvjeta i nužni pogon, mogu osigurati ne samo iz mreže, već i iz posebnih sigurnosnih izvora (akumulatorska baterija ili Diesel-generatorski agregat).

d) čiji prekid napajanja izaziva velike štete u privredi, raspade složenih tehnoloških procesa i sl. (npr. kompjutorski centri). Za takve veće potrošače mogu se na licu mjesta postaviti agregati ili plinske turbine koje nemaju velikih početnih gubitaka, mogu se brzo uključiti u rad, ali imaju slabe eksploatacione karakteristike.

Prekid napajanja za prvu kategoriju smije iznositi **od nula do nekoliko sekundi ili minuta,** koliko je potrebno za automatsko preklapanje na drugi izvor napajanja, a ovisno o vrsti potrošača. Zbog toga potrošači I kategorije moraju imati najmanje **dva nezavisna izvora napajanja** koji se moraju osigurati već pri gradnji objekta, tj. u adekvatnom investicionom planu. Ako bi se i dva izvora pokazala nedovoljnim, u posebnim se slučajevima može izvršiti i višestruko osiguranje (tri izvora napajanja).

II kategorija

a) potrošači napona 35 (30) kV.

b) čija snaga prelazi 5 MW ne zadirući u I kategoriju ili iznad 20 GWh/god.

c) čiji prekid napajanja dovodi do poremećaja života i rada većeg broja građana.

   Ovoj kategoriji pripadaju i kompleksi potrošača u zgradama višim od 4 kata, zatim poslovne zgrade, zdravstvene i dječje ustanove, škole i grupe potrošača na mreži s opterećenjem većim od 1 000 kVA u nadzemnoj meži odnosno 300 kVA u kabelskoj mreži.

d) čiji prekid napajanja dovodi do većih zastoja proizvodnje, strojeva i transporta, što dovodi do šteta koje su mjerljive s investicijama u rezervno napajanje.

Prekid napajanja potrošača II kategorije smije trajati **2 sata** dok se ne uključi rezervno napajanje, tj. dok ne stigne dežurna brigada ili obavi zamjena oštećenog elementa postrojenja.

U principu, dakle, potrošači II kategorije također imaju **rezervno napajanje,** samo što ono **smije biti spojeno na isti izvor kao i glavno napajanje.** S druge srtane, zadano vrijeme prekida može se osigurati i dobrom organizacijom rada distributivnog poduzeća ili elektroenergetske službe u industriji.

Ako se potrošači II kategorije napajaju nadzemnim vodovima srednjeg napona, čiji je rad relativno pouzdan, a mogući kvarovi pronalaze brzo, može se primijeniti i samo jedan pojni vod bez rezerve. Isto je moguće i za druge vrste napajanja ako se pokaže da neće biti ugroženo maksimalno vrijeme prekida.

Prekid smije trajati u pravilu 2 sata.

III kategorija

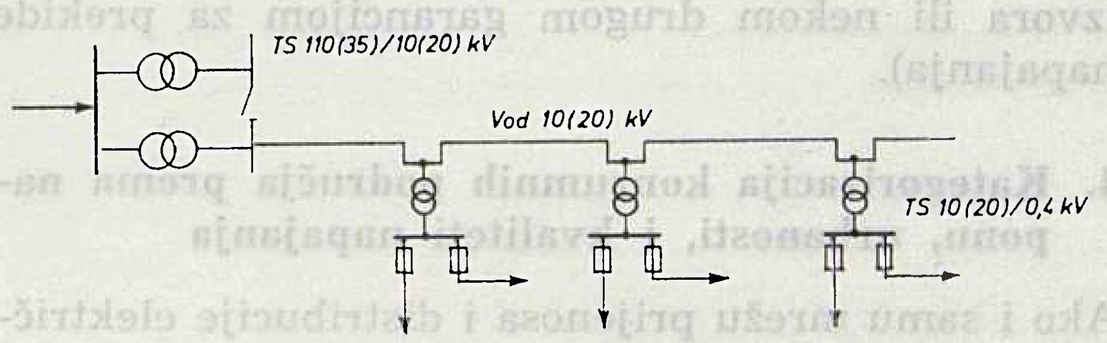
Ovoj kategoriji pripadaju svi ostali potrošači na srednjem i niskom naponu koji imaju manje značenje, a dopuštaju se prekidi napajanja zbog remonta (najavljeni) ili zbog zamjene oštećenog elementa mreže, no ne više od dvanaest sati.

3. Način napajanja potrošača pojedinih kategorija

Kao što je u kategorizaciji zatraženo, treba u mreži rangirati potrošače raznim nivoom stupnja sigurnosti napajanja.

Svi potrošači III kategorije mogu se napajati serijskim lancem električne mreže, tj. radijalnom mrežom, što se odnosi na srednjonaponsku i niskonaponsku mrežu.

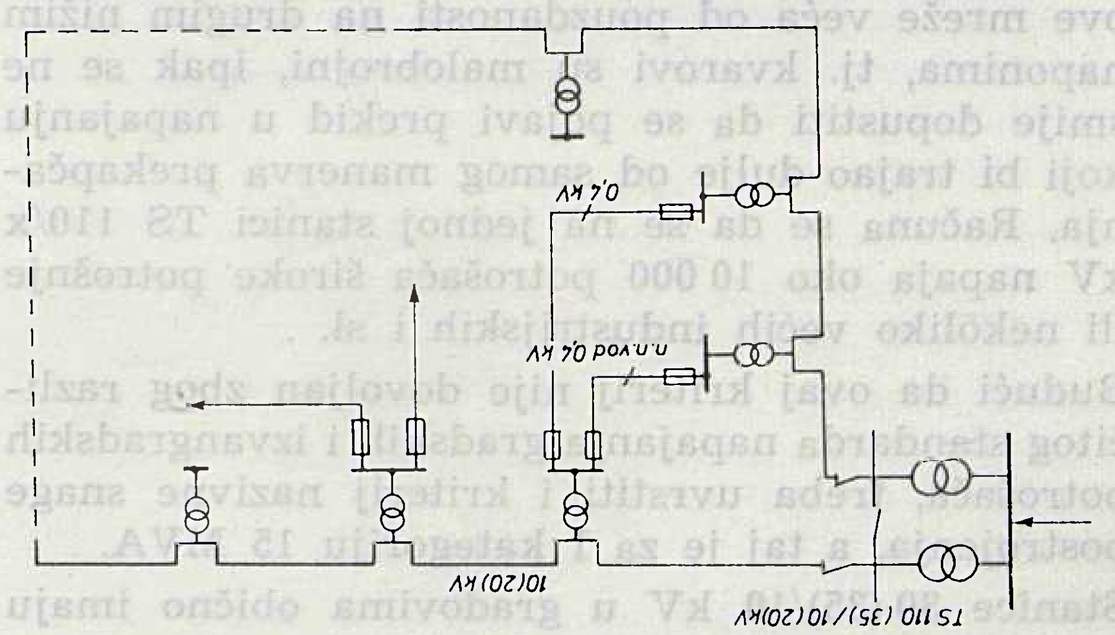
Principijelnu shemu napajanja potrošača III kategorije prikazuje slika 2.



Sl. 2

Za razliku od ovoga, svi potrošači II kategorije moraju imati rezervno napajanje pri čemu je dovoljno da to bude iz istog izvora napajanja kao što pokazuje slika 3.

Ova mreža ima na strani 10 (20) kV petlju koja je u normalnom pogonu otvorena. Opterećenje izvoda dimenzionira se mogućnošću napajanja svih stanica u petlji kad se ova napaja samo s jedne strane.

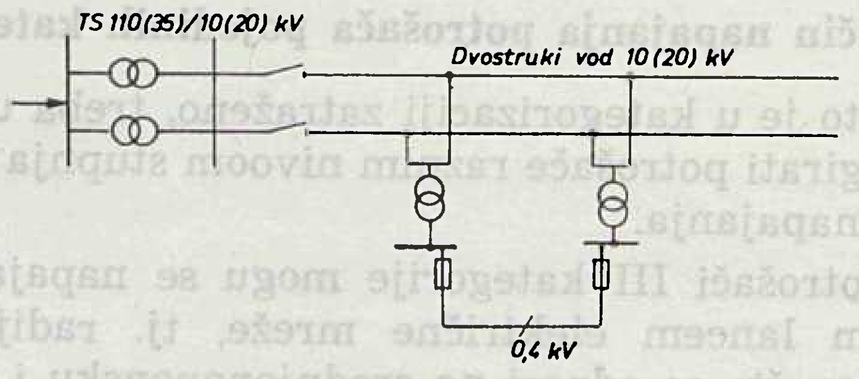


Sl. 3

Ako se na mreži nalaze potrošači II kategorije na niskom naponu, onda se i oni napajaju obostrano, kako je pokazano na istoj slici. Na taj način trebaju se napajati i potrošači u gradovima jer se tako dobiva dobra pouzdanost za veliku većinu gradskih potrošača.

U područnim mrežama može se kao i za III kategoriju raditi i s radijalnim mrežama koje, međutim, moraju biti opremljene APU zaštitom ili APU zaštitom i isklapanjem sekcija voda u beznaponskoj pauzi. U tom slučaju mora i dežurna ekipa tako funkcionirati da i u teškim uvjetima bude zadovoljeno trajanje pojedinog prekida od 2 sata.

Napajanje II kategorije može biti ostvareno i shemom kao na sljedećoj slici.



Sl. 4

Ako se radi i o višem naponu, treba računati s istim načinom napajanja (tj. dvostrano iz istog izvora ili nekom drugom garancijom za prekide napajanja).

4. Kategorizacija konzumnih područja prema naponu, urbanosti, i kvaliteti napajanja

Ako i samu mrežu prijenosa i distribucije električne energije shvatimo kao svojevrsne »potrošače« jer primaju energiju od proizvodnje ili prijenosa, onda će se pojedine kategorije morati odnositi i na taj aspekt. Zbog toga će biti uzeto slično da

I kategoriji pripadaju najprije sva postrojenja od 110 kV naviše.

Ovakav raspored znači da će postrojenje morati imati rezervnu vezu s nezavisnim izvorom napajanja. Već dosadašnje iskustvo pokazuje da je većina mreže 110 kV »zatvorena«, tj. ne grade se radijalni vodovi. Iako je pouzdanost elemenata ove mreže veća od pouzdanosti na drugim nižim naponima, tj. kvarovi su malobrojni, ipak se ne smije dopustiti da se pojavi prekid u napajanju koji bi trajao dulje od samog manerva prekapčanja. Računa se da se na jednoj stanici TS 110/x kV napaja oko 10 000 potrošača široke potrošnje ili nekoliko većih industrijskih i sl.

Budući da ovaj kriterij nije dovoljan zbog različitog standarda napajanja gradskih i izvangradskih potrošača, treba uvrstiti i kriterij nazivne snage postrojenja, a taj je za I kategoriju 15 MVA.

Stanice 30 (35)/10 kV u gradovima obično imaju nazivnu snagu 2 × 8 MVA ili više, te se tako i one uvrštavaju u ovu kategoriju. Ako se, međutim, i na nekom »nižem« nivou nalaze važni potrošači (stanica za hitnu pomoć i sl.), onda će i taj nivo trebati osigurati brzom rezervom iz nezavisnog izvora.

U II kategoriju svrstavaju se sva postrojenja 35 (30) kV koja nisu veća od 15 MVA. Postrojenja od nazivne snage 2 × 2,5 MVA do 2 × 4 MVA (pa i miješane snage 8 + 4 MVA) koja uglavnom dolaze u pokrajinskim mrežama ili manjim gradovima mogu se napajati rezervom iz istog izvora napajanja.

S obzirom na urbanost, tj. standard potrošača, potrebno je u ovu kategoriju uvrstiti i sva postrojenja iznad 300 kVA u kabelskoj mreži i 1 000 kVA u nadzemnoj mreži. To obavezuje na oblikovanje mreža u petlji u gradovima. Ovamo bi dakle, pripadale sve transformatorske stanice 1 × 400 kVA kabelske i stanice 35 (30)/10 kV od najmanje 1 × 1 MVA.

Ovdje se mogu pojaviti i industrijske stanice 1 × 1 000 kVA ili 2 × 630 kVA i sl. na nadzemnoj mreži pa ih treba jednako tretirati.

U III kategoriju spadaju ostala postrojenja kao što su manje transformatorske stanice u područnim mrežama i nekim prigradskim područjima (snage do 1 × 250 kVA).

S obzirom na kvalitetu napona u svim kategorijama traži se da pad napona na kraju mreže smije iznositi najviše 5% (što je jasno i iz »Općih uvjeta . . .«). Ako napajanje nekog područja (bilo koje kategorije) ne zadovoljava po ovom kriteriju, morat će mu se **bez obzira na kategoriju** poboljšati napajanje na bilo koji način koji je u danim prilikama najdostupniji:

— povlačenjem novog voda do područja
— izgradnjom neke nove transformatorske stanice ili
— povećanjem presjeka postojećeg voda isl.

Ako se nekvalitetno napajanje odnosi na učestalost prekida na tom području koje prelazi »standardna« vremena, moguće je:

— povući novi vod (drugi kao rezervu)
— uvesti APU zaštitu od prolaznih kvarova ili
— poboljšati organizaciju uklanjanja kvarova.

U svakom slučaju racionalno je najprije u oba ova slučaja težiti boljoj organizaciji isporuke električne energije, a kad se to iscrpi, nastaviti s provedbom tehničkih rješenja.

5. Uklapanje napona 20 kV u kategorizaciju

Posebno je pitanje kako će se u predloženu kategorizaciju uklopiti perspektivni naponski nivo od 20 kV o kojem se do sada ovdje, nije podrobnije govorilo.

Budući da se na naponu 20 kV može prenijeti znatno veća snaga nego na 10 kV morat ćemo, zbog same te činjenice, ovakvom vodu osigurati dvostrano napajanje (gdje je prenosna snaga veća od 5 MVA) a to je u gradskim uvjetima i nekim područnim.

Naime, u područnoj mreži, gdje bi duljine vodova napona 20 kV iznosile 15-ak i više km, to još ne bi bilo potrebno. Ali s porastom gustoće opterećenja ili ako su priključeni veći potrošači smanjuje se radijus napajanja i povećanja opterećenja pojedinog voda 20 kV; time potreba dvostranog napajanja postaje i ovdje aktualna.

Za kontinuirano opterećeni vod (95 mm² AlČe) ova je granica na oko 15 km, a za opterećenje na kraju voda na oko 7,5 km. Ovakav razvoj se u

mreži 10 kV, koja opskrbljuje niz malih naselja, ne može tako brzo očekivati (granične duljine ispod, analogno, 3 i 1,5 km u područnoj mreži računajući s presjekom vodiča 70 mm² AlČe).

S tog aspekta **uvođenje napona 20 kV u područnu mrežu donosi veću siguraost napajanja svim priključenim potrošačima** (kao grupi), a ne samo onima koji su pojedinačno svrstani u neku višu kategoriju. Samo je po sebi jasno da stanice koje napajaju mrežu 20 kV moraju imati vrlo sigurno napajanje s obzirom na to da su na naponu 110 kV. U prijelaznom razdoblju pojavljivat će se i rješenja stanica s naponskim odnosom 35 (30)/20 kV koje su po naponskom nivou u II kategoriji, pa će morati imati rezervno napajanje na 35 kV.

Omogućavanje dvostranog napajanja vodovima 20 kV vodi i u područnoj mreži na oblik mreže u »petlji« (sl. 3). Ako se »petlja« napaja iz dvije stanice 110/20 kV, onda je razmak stanica određen na oko 30-ak kilometara (pad napona u izvanrednom pogonu $\Delta u = 10\%$ i opterećenje 10 MW koje vod s vodičem AlČe 95 mm² može normalno izdržati).

6. Izdavanje tehničkog propisa o kategorizaciji distributivnih potrošača i dopuna »općih uvjeta . . . «

Ako želimo imati racionalno vođenu elektroprivredu, što znači i određeni stupanj sigurnosti napajanja, izvjesno je da moramo znati kako se to postiže u uobičajenoj praksi planiranja (projektiranja), izgradnje i pogona naših mreža. Zbog takvih razloga, kao i za mnoge druge aspekte (zaštita ljudi i materijalnih dobara), stupaju na snagu tehnički propisi. Ako nije udovoljeno ovim propisima, objekti se ne mogu predati naručiocima. Provedbu tehničkih propisa kontroliraju inspektorati za pojedina područja (za mreže i instalacije — inspektorati za energetiku). Budući da kategorizacija potrošača ima svrhu da povećanom sigurnošću napajanja dovede do zaštite ljudi i imovine, onda se i ona treba provesti »Tehničkim propisom o kategorizaciji distributivnih potrošača el. energije s obzirom na stupanj sigurnosti opskrbe«.

Važenje predloženog propisa moralo bi se obavezno odnositi na sve nove potrošače. Postojeći potrošači trebali bi biti pregledani i kategorizirani. Za najvažnije (I kategorije) bi trebalo dati rokove za prijelaz na adekvatni stupanj sigurnosti napajanja. To se odnosi i na elektroenergetske objekte, kako je opisano u ovom radu. U projektima elektroenergetike novih potrošača morao bi biti dan poseban osvrt na značenje potrošača kojim bi se opravdao rezervni priključak ili drugi izvor napajanja električnom energijom, ovisno o značenju te snazi i potrošnji dotičnog objekta, a u skladu sa preporukama »Tehničkog propisa o kategorizaciji«.

Uvođenje definiranih kategorija potrošača morat će imati odraza i u »Općim uvjetima o isporuci električne energije«, i to utoliko što će se morati precizirati tzv. standardni uvjeti napajanja. Dosad su bili tu samo neodređeno spomenuti, a kategorizacija je ključ kako da oni budu ujednačeni s obzirom na istovrsne potrošače u mreži.

7. Prijedlog konkretne kategorizacije potrošača električne energije

Bazirajući se na klasifikaciji koja je opisana u (4), može se predložiti kategorizacija objekata društvene važnosti, ne uzimajući u obzir industrijske i neke druge objekte čija kategorizacija se može izvršiti po kriterijima priključenog napona, snage i potrošnje te šteta zbog prekida u napajanju, kao i kvalitete naponskog vala koju potrošač traži.

Važnost pojedinog objekta ovisi o tome što on znači za zdravlje, prehranu, informiranost i sl. građana, a što se može rangirati i po tome koliko područje određeni objekt pokriva. Pridržavanje spomenute klasifikacije ovdje znači to da se pojedini objekti ujedno svrstavaju pod propisanu podjelu po djelatnostima i po područjima za koja imaju značenje, a što se vidi iz daljnjeg prijedloga. Za neke značajnije objekte, gdje se okuplja mnogo ljudi, uzet će se u obzir da oni moraju biti opremljeni uređajima za nužnu i paničnu rasvjetu, što dopušta prekid napajanja koji odgovara II kategoriji.

Iako neki objekti nemaju šire značenje, ipak će se u gradovima naći u II kategoriji jer su priključeni na kabelsku mrežu koja sadrži mnoštvo gradskih potrošača i gdje same stanice 10(20)/0,4 kV imaju više od 300 kVA.

Umjesto zaključka

Treba na kraju istaći da je, evidentno, kategorizacija nužan postupak za ujednačavanje sigurnosti napajanja istovrsnih potrošača u mreži. Isto tako je nužno u daljem postupku izdati »Tehnički propis o kategorizaciji distributivnih potrošača električne energije s obzirom na stupanj sigurnosti opskrbe« kojim će se konkretno provesti obavezna kategorizacija.

Kategorija većih objekata u industriji i ostaloj privredi ovisi o naponu priključka, potrošnji (snazi), kao i štetama koje oni trpe zbog nenajavljenih zastoja u napajanju. Međutim, od općeg je interesa da i drugi objekti budu kategorizirani, i to prema svom značenju za život građana.

Dok veći objekti mogu svoje rezerve napajanja »pokriti« smanjenjem šteta u proizvodnji i sl. pitanje je kako financirati rezerve napajanja za značajne objekte koji ne trpe materijalne štete a prekidi napajanja dovode do opasnosti za ljudske živote i poremećaje u životu ljudi?

Postoji nekoliko prijedloga za rješenje ovog problema a to je:

Kategorizacija potrošača električne energije pratećih rudarstva, poljoprivrede i ribarstva te šumarstva, sadržaja u gradovima i izvan njih (bez industrije i vodoprivrede i građevinarstva)

	Kategorije značajnih objekata na području			
	mjesne zajednice	općine	grada	šireg područja
PROMET I VEZE				
Željeznički promet				
— stanice za vuču vlakova i ost. postrojenja za promet	—	—	—	I
— željeznički kolodvori	—	—	II	—
— objekti za održavanje voznog parka željeznice	—	—	II	—
— ostali objekti	—	—	III	III
Pomorski, riječni i jezerski promet				
— luke i pristanišna mehanizacija	—	—	II	—
— svjetionici, obalna i lučka svjetla te obalne radio-stanice	—	—	I	I
— ostali objekti	—	—	III	—
Zračni promet				
— aerodromi	—	—	I	I
— uređaji za navođenje i kontrolu leta i ostalo	—	—	I	I
— uređaji i postrojenja privredne avijacije	—	—	—	I
Cestovni promet				
— autobusni kolodvori	—	—	II	—
— kamionski kolodvori	—	—	III	—
— agencije za zakup automobila i sl.	—	—	III	—
Gradski i lokalni promet				
— stanice za vuču metroa, tramvaja i trolejbusa	—	—	I	—
— stanice za vuču gradske željeznice	—	—	I	—
— uspinjače, žičare	—	—	I	I
Cjevovodni prijevoz				
— cjevovodne instalacije za prijevoz nafte, plina i dr.	—	—	—	I
Pretovarne usluge				
— objekti u lukama, željezničkim kolodvorima i sl. za pretovar i čuvanje robe	—	—	II	—
PTT usluge				
— telefonske i telegrafske centrale	—	—	I	—
— pošte	—	—	II	—
— poštanski uredi	—	III	—	—
TRGOVINA				
Trgovina na malo				
— trgovina na malo	III	III	—	—
— važnije robne kuće	—	II	II	—
— specijalizirane trgovine	—	—	II	—
Trgovina na veliko				
— trgovina na veliko	—	—	II	II
Vanjska trgovina				
— vanjskotrgovinske agencije	—	—	III	III
UGOSTITELJSTVO I TURIZAM				
Ugostiteljstvo				
— hoteli, moteli, turistička naselja	—	II	I	I
— odmarališta, kampovi, prenoćišta, planinski domovi i turizam u domaćoj radinosti	—	III	III	III
— restorani	III	III	III	III
— restorani sa samoposluživanjem	III	III	II	—
— ostali ugostiteljski objekti	III	III	III	III
Turističko posredovanje				
— turističke agencije i uredi	—	—	III	III
OBRTNIŠTVO I OSOBNE USLUGE				
Obrtničke usluge i popravci				
— obrtničke usluge i popravci	III	III	II	II

	Kategorije značajnih objekata na području			
	mjesne zajednice	općine	grada	šireg područja
— izrada prehrambenih proizvoda (male pekare, prerada mesa i ostalo)	—	III	II	—
Osobne usluge i usluge kućanstvima				
— osobne usluge i usluge kućanstvima (brijačke usluge, pranje i ostalo)	III	III	III	—
STAMBENO-KOMUNALNE DJELATNOSTI I UREĐENJE NASELJA I PROSTORA				
Uređenje naselja i prostora				
— uređenja građevinskog zemljišta	—	III	III	—
— parkovi, rekreacione površine i sl.	—	III	III	—
Komunalne djelatnosti				
— postrojenja za crpljenje i pročišćavanje vode	—	—	I	I
— postrojenja za odvod i pročišćavanje otpadnih voda	—	—	I	I
— postrojenja za prijenos, preradu i distribuciju plina	—	I	I	I
— postrojenja i uređaji za proizvodnju i distribuciju topline za grijanje	II	I	I	—
— postrojenje za preradu otpadaka	—	—	II	—
— ostale komunalne djelatnosti				
— javne garaže	—	III	III	—
— groblja	—	—	III	—
— vatrogasna služba	—	—	II	—
— ostalo	—	III	III	—
FINANCIJSKE, TEHNIČKE I POSLOVNE USLUGE				
Bankarstvo				
— narodna banka	—	—	—	II
— poslovne banke	—	—	III	III
Osiguranje imovine i osoba				
— osiguravajući zavodi	—	—	III	III

	Kategorije značajnih objekata na području			
	mjesne zajednice	općine	grada	šireg područja
Usluge na području prometa				
— javna skladišta i tržnice				
— silosi	—	—	II	II
— javna skladišta	—	III	III	—
— hladnjače	—	—	I	I
— tržnice	—	III	II	—
— bescarinske zone	—	—	—	III
— reklamne i propagandne agencije	—	—	III	III
— posredničke agencije	—	—	III	III
Projektiranje i srodne teh. usluge				
— projektni i urbanistički biroi (i inženjering)	—	III	III	III
— geodetski biroi i ispit. građ. materij.	—	—	III	—
Istraživačko-razvojni rad				
— istraživačko-razvojni zavodi i consulting	—	—	III	III
— laboratoriji za kontrolu i ispitivanje kakvoće i količine robe	—	—	II	II
Poslovne usluge				
— sajmovi	—	—	II	—
— međunarodni sajmovi	—	—	II	II
— velesajmovi	—	—	—	I
— obrada podataka (kompjutorski centri)	—	III	II	I
— ostale uslužne djelatnosti	III	III	III	—
PROSVJETA, ZNANOST, KULTURA I INFORMACIJE				
Prosvjeta				
— osnovne škole	III	—	—	—
— specijalne škole	—	—	III	—
— srednje škole	—	III	II	II
— više škole	—	—	II	II
— fakulteti	—	—	II	II
— ostale ustanove za obrazovanje	—	—	III	III
Znanstveno-istraž. djelatnost				
— instituti i zavodi (s laboratorijima)	—	—	II	II
— isto bez laboratorija	—	—	III	III

	Kategorije značajnih objekata na području			
	mjesne zajednice	općine	grada	šireg područja
Kultura, umjetnost i informacije				
— tiskare knjiga i ploča	—	—	III	III
— tiskare dnevnih listova	—	—	II	I
— muzeji, galerije, zbirke	—	—	III	III
— knjižnice, arhivi	—	III	III	III
— radn. sveučilišta, domovi kulture, kulturno-prosvjetni centri	—	III	III	—
— zoološki, botanički vrtovi akvariji i sl.	—	—	III	III
— kazališne, konc. dvorane	—	III	II	I
— radio-stanice TV-stanice studiji i postrojenja	—	III	II	I
— kinematografi	—	III	II	—
— filmski studiji	—	—	III	II
— laboratorij za razvijanje, kopiranje filmova	—	—	I	I
Tjelesna kultura i sport				
— sportski klubovi	—	III	III	III
— sportski stadioni	—	III	I	I
— sportske dvorane i bazeni	III	III	I	I
— rekreativni klubovi i centri (amaterski)	III	III	II	—
ZDRAVSTVENA I SOCIJALNA ZAŠTITA				
Zdravstvena zaštita				
— epidemiološki i higijenski zavodi	—	—	II	I
— ambulante i poliklinike	III	III	II	—
— stanice hitne pomoći	—	—	I	I
— bolnice, medicinski centri	—	II	I	I
— kirurške i druge važne klinike	—	—	I	I
— rehabilitacioni centri	—	—	II	II
— stomatološke ambulante i poliklinike	III	III	II	I
— zavodi za transfuziju krvi	—	—	II	II
— zavodi za kontrolu lijekova, imunobiologiju i sl.	—	—	III	II
— zavodi za kontrolu zagađenja okolice i sl.	—	—	III	II
— ljekarne	III	II	II	—
Društvena zaštita djece i omladine i socijalna zaštita				
— jaslice i vrtići i sl.	II	II	—	—
— đački i studentski domovi	—	III	II	—
— domovi za socijalnu zaštitu djece i omladine i sl.	—	III	III	—
— domovi za retardiranu i invalidnu djecu i omladinu	—	—	II	II
— domovi umirovljenika i sl.	—	III	III	—
— ustanove za duševno bolesne i asocijalne odrasle osobe	—	—	III	II
— centri za socijalni rad	—	III	III	III
DRUŠTVENO-POLITIČKE ZAJEDNICE, SIZ-ovi i DRUŠT.-POLIT. ORGANIZACIJE				
Organi društv.-polit. zajednica				
— skupština SFRJ	—	—	—	I
— organi federacije, ustavni sud, SIV i dr.	—	—	—	I
— skupština republike	—	—	—	I
— organi republike, republički ustavni sud, izvršno vijeće	—	—	—	II
— skupštine AP	—	—	—	II
— organi AP, ustavni sud, izvršni organi	—	—	—	II
— skupštine gradova	—	—	II	—
— organi grada i sl.	—	—	III	—
— općinske skupštine	—	III	—	—
— skupštine mjesnih zajednica	III	—	—	—
— savezni upravni organi	—	—	—	II
— republički upravni organi	—	—	—	II
— pokrajinski upravni organi	—	—	—	III
— gradski i međuopćinski upravni organi	—	—	III	—
— sudovi, palače pravde	—	III	II	II
— javna tužilaštva i pravobranilaštva	—	—	III	II
— služba društvenog knjigovodstva	—	—	III	II
Samoupravne interesne zajednice				
— samoupravne interesne zajednice i društveni fondovi	III	III	III	II

	Kategorije značajnih objekata na području			
	mjesne zajednice	općine	grada	šireg područja
Udruženja organizacija udruženog rada				
— opća i posebna privr. udruženja, privredne komore i sl.	—	III	III	II
Društveno-političke i društvene organizacije i društva građana				
— društveno-političke organizacije	III	III	III	II
— društvene organizacije i strukovna udruženja	III	III	III	III
— udruženja građana	III	III	III	III
— crkve	III	III	III	III
— ostale organizacije (diplomatska predstavništva, strane čitaonice i sl.)	—	—	—	II

— zajedničko planiranje OSIZ-a ili RSIZ-a potrošača i odgovarajuće elektroprivredne organizacije

— uvođenje posebnih stavki u tarifni sistem (ovisno o kategoriji) kojima će elektroprivredno poduzeće kroz potrošnju potrošača naplatiti izvedbu i pogon adekvatne rezerve

— uvođenje »standardizacije« napajanja u »Opće uvjete o ispruci . . .«; elektroprivredno poduzeće gradi priključak i naplaćuje adekvatnu naknadu analogno sadašnjem stanju (ali uvećano zbog obavezne rezerve za neke potrošače).

Očito je da bi predložene mjere lakše prošle kod novih potrošača nego kod postojećih. Zbog toga se za postojeće mora odrediti rok za postupno (i prioritetno) dovođenje u određenu kategoriju sigurnosti opskrbe električnom energijom.

Pokretanjem prijedloga kategorizacije potrošača željelo se započeti s detaljnijim određivanjem tzv. standardnih uvjeta napajanja koji su potrebni zbog jasnijeg definiranja međusobne odgovornosti elektroprivrede i potrošača. Daljnji razlog je racionalizacija investicija i povećanje pouzdanosti napajanja koje može proizaći samo iz sistematskog planiranja i izgradnje mreže.

Stoga neka ovaj prijedlog posluži kao osnova za rješavanje ovih problema i za diskusije koje se moraju povesti u stručnim krugovima, zajednicama potrošača, komitetima za energetiku, stručnim odborima elektroprivrede i drugdje.

LITERATURA:

[1] E. MIHALEK: »Racionalizacija potrošnje električne energije — podloge za provedbu racionalizacije u području razdiobe i potrošnju električne energije« Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1979. g.

[2] Pravila ustroistva elektrostanovok Moskva, »Energija«, 1965.

[3] E. MIHALEK: »Kategorizacija distributivnih potrošača s obzirom na kriterij pogonske sigurnosti opskrbe električnom energijom«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1981.

[4] Dr B. MARKOVIĆ: »Jedinstvena klasifikacija djelatnosti«, Informator, Zagreb, 1977.

Key words: Transformer station, cables, grounding potential, transferred potential, high-voltage, technical guide

NECESSITY AND SUGESTION FOR CATEGORISATION OF DISTRIBUTION CONSUMERS IN OUR NETS CONCERNING RELIABILITY OF ELECTRIC POWER SUPPLY

Categorisation concerning reliability of electric power supply is a procedure by which consumers of same kind are given determined degree of spare supply. In the article are described necessity and criteria for categorisation as well as is suggested issuing of technical standard for categorisation of distribution consumers.

NOTWENDIGKEIT UND VORSCHLAG EINER KATEGORISIERUNG DER STROMVERTEILUNGSUNTERNEHMUNGEN IM JUGOSLAWISCHEN ENERGIEVERTEILUNGSSYSTEM UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT DER STROMVERSORGUNG

Eine Kategorisierung unter Berücksichtigung der Betriebszuverlässigkeit bedeutet in der elektrischen Energieversorgung eine Massnahme, durch die (gleichartigen) Stromverbrauchern eine entsprechende Stromlieferungsreserve zuerkannt wird. Die vorliegende Arbeit behandelt die Aufstellung technischer Vorschriften zur Kategorisierung der Verteilungsunternehmungen vorgeschlagen wird.

НЕОБХОДИМОСТЬ И ПРЕДЛОЖЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО КАТЕГОРИЯМ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, ПИТАЕМЫХ ИЗ НАШИХ РАСПРЕДСЕТЕЙ, ПО СТЕПЕНИ НАДЕЖНОСТИ СНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ

Распределение потребителей по категориям согласно степени надежности снабжения этектроэнергией является мероприятием, обеспечивающим потребителям определенный уровень резерва питания. В работе подчеркивается необходимость и описаны критерии распределения потребителей по категориям; вносится предложение издания технических правил по распределению по категориям потребителей, питаемых из распредсетей.

Naslov pisca:

mr Ernest Mihalek, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu
Zagreb

Uredništvo primilo rukopis 9. II 1982.

ASTRA

OOUR MAŠINOIMPEX ■ ZAGREB, VARŠAVSKA 9

Telef. centrala: 417-011

Telegrami: MAŠINOIMPEX ZAGREB

Teleprinter: MASEK 21-177, 21-254

- **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 ze 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.**

REDUKCIJA BUKE U HIDROELEKTRANI SENJ

Radivoj Bošnjaković, Branko Gostović, i Ratko Komadina, Senj

UDK 621.311.21.005
STRUČNI RAD

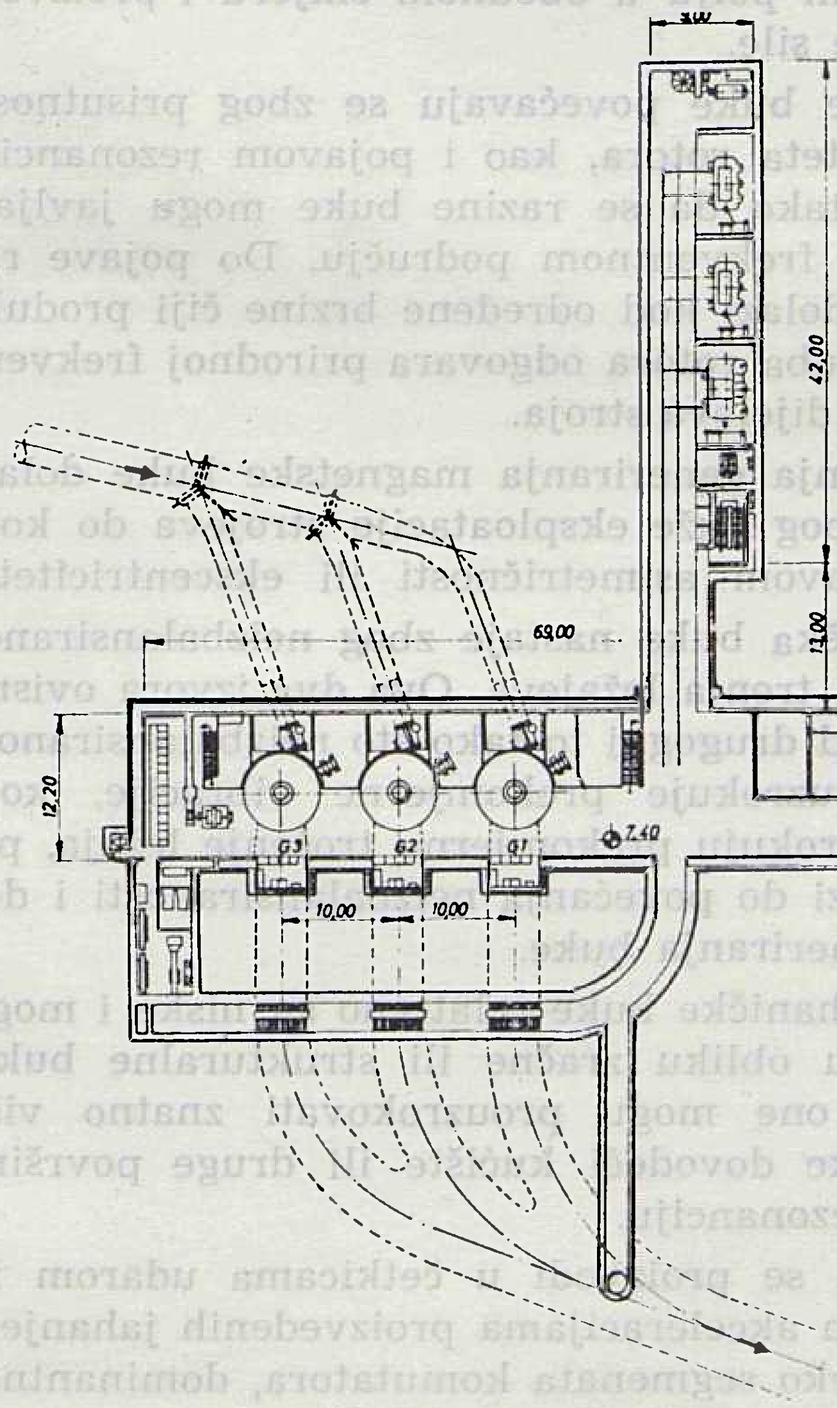
Buka u strojarnici HE Senj, od glavnih i pomoćnih strojeva, prelazila je sve dopuštene normative. Potanko su analizirani izvori buke i dana je akustička dijagnostika prostora strojarnice, a zatim su prikazani zahvati na izvorima buke i akustičnim karakteristikama prostora čime se buka svela na dopuštenu jačinu.

Ključne riječi: Hidroelektrana, buka strojeva, akustička analiza, broba protiv buke

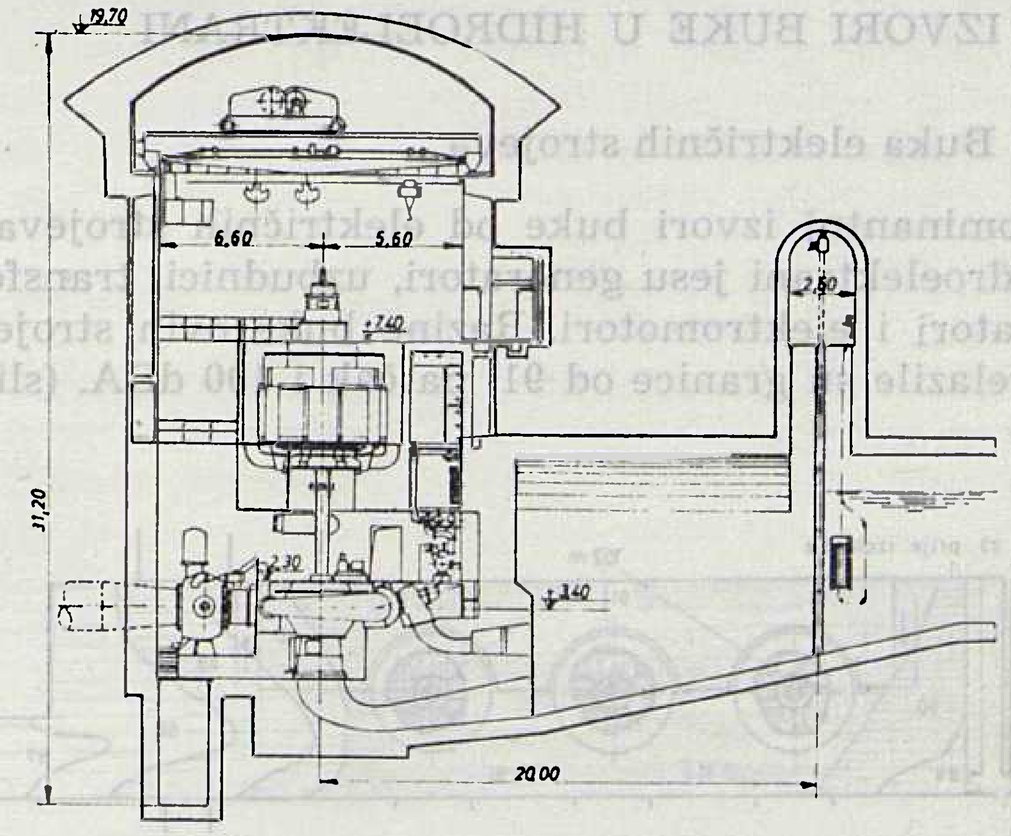
1. UVOD

Strojarnica Hidroelektrane Senj smještena je u podzemnoj kaverni dužine oko 75 m, širine 15 m i visine 30 m, na podzemnoj dubini većoj od 150 m. Okomito na prostoriju strojarnice smještena je na uzvodnoj strani transformatorska kavrena dužine 45 m i širine 10 m (slika 1).

Strop strojarnice kupolastog oblika izveden je kao nosiva obloga s petama oslonjenim u stijenama. Obložen je valovitim eloksiranim aluminijem. Na oblogu svoda ovješena je konzolna staza za kransku dizalicu. Na vertikalnim stijenama strojarnice izveden je zaštitni torkret koji je maskiran laganom armiranobetonskom konstrukcijom. Donji dio stijena, od ulaza u difuzorsku galeriju pa do ploče vlastite potrošnje, obložen je brušenim kamenom. Pod strojarnice obložen je protukliznim keramičkim pločicama (slika 2).



Slika 1. *Tlocrt strojarnice*



Slika 2. *Strojarnica*

Ugrađene su tri Francisove turbine, koje pokreće pojedinačno instalirani protok od 20 m³/sek na konstruktivnom padu od 410 m. Snaga turbine je 72 030 kW pri 600 o/min.

Turbine pokreću tri sinhrona generatora snage po 80 MVA, nazivnog napona 10,5 kV za cos = 0,9 i 50 Hz. Generatori su spojeni na tri blok-transformatora nazivne snage 80 MVA. Prijenosni omjer dvaju blok-transformatora je 10,5/121 kV, a jednog 10,5/245 kV. Kao pomoćni strojevi za poslu-

živanje agregata instalirano je više vrsta pumpi, i to prema namjeni: pumpe rashladne vode, drenažne i uljne, te prema konstrukciji: centrifugalne, klipne, vijčane i zupčaste.

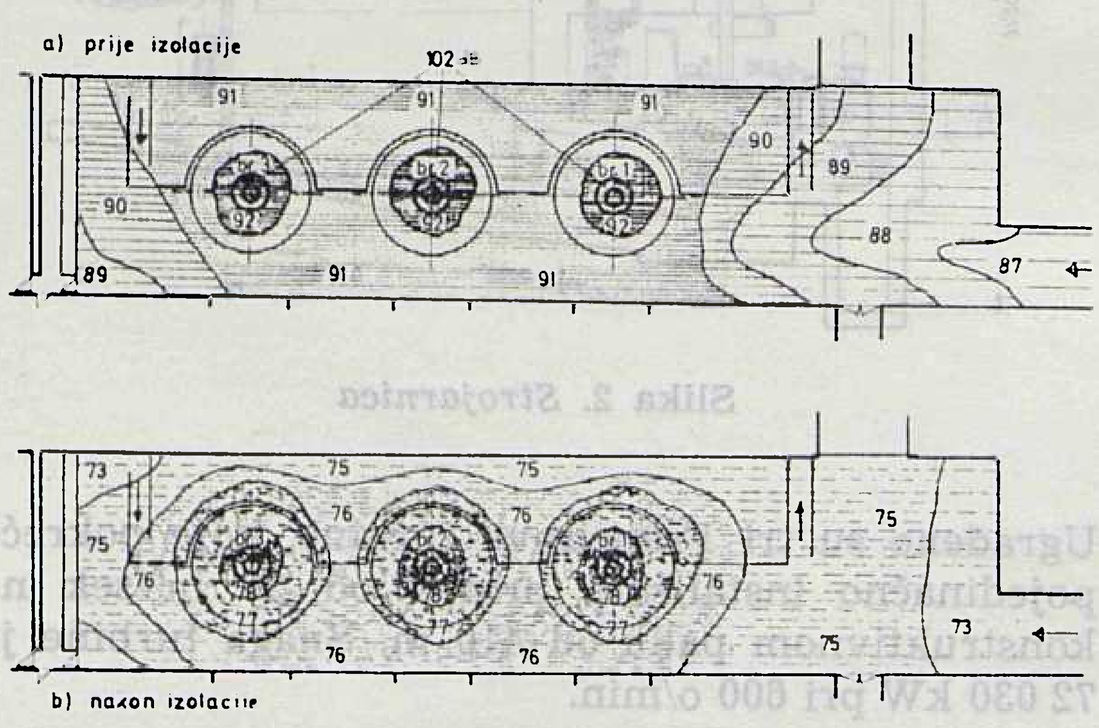
Hidroelektrana je osposobljena da sudjeluje u sekundarnoj regulaciji snage — razmjene elektroenergetskog sistema Jugoslavije. Ostvaruje u prosjeku »T« = 5 300 h uz oko 6 000 sati rada. Komunikacija s centralom osigurana je prometnim pristupnim tunelom dužine oko 600 m.

Odmah nakon puštanja elektrane u eksploataciju uočeno je da su razine buke iznad dopuštenih granica. Radi zaštite zdravlja strojara postavljena je u strojarnici zvučnoizolirana kontrolna kabina u kojoj je razina buke bila reducirana na 70 dBA. Prilikom prvog atestiranja buke 1968. godine koji je proveo Zavod za zaštitu zdravlja iz Zagreba dobijen je kvalitetan uvid u razinu buke na pojedinim mjestima u strojarnici, gdje borave radnici s različitim intenzitetom vremena boravka. Od tog momenta organiziraju se mjere radi zaštite zdravlja radnika od štetnih posljedica buke i vibracija koje poduzima OOUR Hidroelektrane »Senj i Sklope«. Tako se nakon toga redovito sistematski pregledavaju radnici izloženi buci, nastoje se poboljšati uvjeti rada i primjenjuju se individualne mjere za zaštitu od buke. Do radikalnog rješenja i redukcije buke na samim izvorima došlo je kad su za to sazreli uvjeti razvojem tehničkih rješenja i većim financijskim mogućnostima u 1981. godini.

2. IZVORI BUKE U HIDROELEKTRANI

a) Buka električnih strojeva

Dominantni izvori buke od električnih strojeva u hidroelektrani jesu generatori, uzbudnici, transformatori i elektromotori. Razine buke ovih strojeva prelazile su granice od 91, pa čak i 100 dBA. (slika 3).



Sl. 3. *Izobelna karta buke — strojarnica HE »Senj« na koti +7,40*

Istraživanja pokazuju da postoji razmjerni odnos između razine buke, broja okretaja i snage električnih okretnih strojeva. Tako npr. za svaku snagu i broj okretaja postoji neka »odgovarajuća« razina buke.

Glavni izvori buke ovih strojeva jesu aerodinamička buka prouzrokovana ponajviše zračnim hlađenjem, magnetska buka izazvana magnetostrikcijom, mehanička buka od kugličnih ležajeva, neuravnoteženosti i trenja čestica

— Aerodinamička buka pretežno se javlja kod strojeva većih snaga, od kojih se zahtijeva kontinuirani rad i to zbog turbulencije rashladnog zraka koji treba da osigura maksimalno hlađenje rotora i statora.

Potrebna količina zraka osigurava se ventilatorima koji stvaraju turbulentni protok kroz rotorske žljebove i raspore. Stupanj stvorene turbulencije direktno ovisi o količini i jačini struje zraka kroz stroj, tako da je razina buke modulirana na frekvenciju koja odgovara broju lopatica i rotacionoj brzini ventilatora, a kreće se u niskofrekventnom i srednjefrekventnom području.

Ton ventilatora također se može znatno pojačati »presijecanjem« fiksnih izbočenih dijelova statora s turbulentnim zračnim tokom. Osim navedenih izvora, pri rotaciji dolazi i do efekta sirene čije su razine buke izrazite na karakterističnoj frekvenciji, a nastaju zbog turbulentnog toka protoka koji se presijeca rotorskim trakama i promjenljivim rasporima, posebno kod konstrukcija s radijalnim kanalima zraka.

— Magnetska buka nastaje u zračnom rasporu između rotora i statora kao rezultat promjena u magnetskom polju u obodnom smjeru i proizvodi pulzirajuće sile.

Ove razine buke povećavaju se zbog prisutnosti ekscentriciteta rotora, kao i pojavom rezonancije u stroju, tako da se razine buke mogu javljati u širokom frekventnom području. Do pojave rezonancije dolazi kod određene brzine čiji produkt s brojem zuba rotora odgovara prirodnoj frekvenciji ostalih dijelova stroja.

Do povećanja generiranja magnetske buke dolazi redovito zbog duže eksploatacije strojeva do koje dolazi pojavom asimetričnosti ili ekscentriciteta.

— Mehanička buka nastaje zbog neizbalansiranosti rotora i trenja ležajeva. Ova dva izvora ovisna su jedan od drugog, i to tako što neizbalansiranost ležaja prouzrokuje prekomjerne vibracije, koje opet prouzrokuju prekomjerno trošenje ležaja, pri čemu dolazi do povećanja neizbalansiranosti i dodatnog generiranja buke.

Razine mehaničke buke relativno su niske i mogu se javiti u obliku zračne ili strukturalne buke. Međutim, one mogu prouzrokovati znatno više razine buke dovodeći kućište ili druge površine stroja u rezonanciju.

Buka koja se proizvodi u četkicama udarom ili vertikalnim akceleracijama proizvedenih jahanjem četkica preko segmenata komutatora, dominantnih frekvencija na područja produkta broja segmenata i broja okretaja rotora obično je niskih razina.

Međutim, ona može biti povećana rezonancijom držača i tako prouzrokovati određene probleme na visokofrekventnom području.

— Buka transformatora ovisi od više faktora kao što su snaga, magnetna indukcija jezgre, kemijski sastav transformatorskih limova, konstrukcijska izvedba, tehnologija izrade itd.

Buka transformatora je magnetskog porjekla i nastaje zbog magnetostrikcije magnetskog kola, elektromagnetnih sila u namotajima i magnetnih sila između limova. Dominantno frekventno područje nalazi se na dvostrukoj pobudnoj frekvenciji, i to na 100 Hz pri uzbudi od 50 Hz.

b) Buka hidrauličnih strojeva

Među grupu ovih izvora buke od hidrauličnih strojeva prisutnih u hidroelektrani pripadaju turbine i pumpe.

Buka turbine ima dva porijekla, i to:

hidraulično i

mehaničko.

— Hidraulična buka kod turbina prvenstveno nastaje zbog turbulentnog protoka vode kroz turbinu s osnovnom frekvencijom koja odgovara frekvenciji lopatice turbine. Spektar buke turbine, čiji izlazni tlak varira oko jedne srednje vrijednosti, ovisan je o količini vode, tlaku, protutlaku u cjevovodu, te o proizvedenom opsegu pulzacije u sistemu i frekvencije rotacije turbine.

Promjene opterećenja, kao i tlaka vode unutar kućišta, što se javljaju na frekvenciji koja je jednaka produktu rotacijske brzine i broja stacionarnih lopatica, također djeluju na povećanje razine buke.

— Mehanička buka turbina nastaje zbog mehaničkih vibracija rotirajućih masa s osnovnom frekvencijom koja odgovara frekvenciji osovine turbine. Vibracije rotora turbine pojavljuju se zbog torzionog prijenosa okretaja, pri čemu dolazi do promjenljivosti sila koje prouzrokuju torzione vibracije osovine čiji rezultat je isijavanje buke širokog spektra.

— Razine buke većine pumpi znatno su niže od ukupne razine buke ostalih elektrostrojeva. Međutim, neke od njih, npr. pumpe rashladne vode i drenažne, mogu pričinjavati određene probleme. Buka koju proizvode pumpe također su hidrauličkog i mehaničkog porijekla.

3. REDUKCIJA BUKE

Na osnovi analize prethodnih rezultata mjerenja, koju je proveo Zavod za zaštitu zdravlja, moglo se zaključiti sljedeće:

— Razine buke u strojarnici kretale su se u granicama od 90 do 106 dBA.

— Dominantne su bile razine buke srednjih i visokih frekvencija, upravo one koje su neugodnije za sporazumijevanje i štetnije za zdravlje radnika.

— Kupolasti strop strojarnice površine oko 800 m² od valovitog aluminijskog lima fokusirao je buku upravo na glavna radna mjesta, pri čemu je dolazilo do pojave stojnih valova, odnosno do stvaranja zona s povišenim zvučnim tlakom i djelovanja »vertikalne« buke na tjemena glava radnika, što je neugodnije.

— Otkrivene su i pojave vibracija i infrazvuka, koje su također štetne za zdravlje radnika, posebno onda ako djeluju zajedno s visokim razinama buke.

Ovako teški radni uvjeti imali su posljedice na zdravlje radnika u obliku:

— neugodnosti stalnom bukom
— oštećenja sluha
— poremećaja na središnjem živčanom sustavu
— ometanja usmenog sporazumijevanja i
— smanjenja radne sposobnosti.

Zbog tih posljedica došlo je do zahtjeva da se buka reducira.

Da bi se postavila što preciznija akustička dijagnoza, s obzirom na to što se radilo o veoma složenom akustičkom objektu i s obzirom na to da se metode redukcije buke primjenjuju prvi put a veliki su materijalni troškovi, težište problema upravo je usmjereno na prethodne radnje. Obavljeno je više serija iscrpnih akustičkih mjerenja u raznim režimima rada: od maksimalnog opterećenja turbinskih agregata, postepenog smanjenja opterećenja, pa do stajanja svih triju agregata.

Na osnovi analiza akustičkih mjerenja dobivene su spektralne analize (tercne) glavnih izvora, putovi širenja zvuka od izvora, određene su komponente zračne, strukturalne i površinske buke (putem određivanja aksijalnih, radijalnih i vertikalnih zvučnih akceleracija), te određene akustičke karakteristike strojarnica (»najaktivnije« površine uz impulsnu uzbudu tongeneratorom i korištenje uskopojasnih mikrofona).

Nakon određivanja ulaznih podataka obavljeni su akustički proračuni s varijantnim akustičkim intervencijama i konačnim proračunskim rezultatima za redukciju buke.

Na osnovi konačnih teoretskih rezultata metodološki je pristupljeno izradi tehničke dokumentacije. Osnovna koncepcija bila je primarna redukcija buke na samim izvorima i sekundarna na akustičkoj obradi strojarnice, uz princip vertikalne izolacije pojedinih agregata.

Za vrijeme izvođenja radova obavljena su periodična akustička mjerenja radi kontrole postupne redukcije buke.

4. ZAKLJUČAK

Nakon zvučne izolacije obavljena su akustička mjerenja radi izrade konačne izobelne karte buke (slika 3b).

Usporedbom prethodnih i konačnih rezultata može se zaključiti sljedeće:

— Razine buke su reducirane u prosjeku za 18 dBA, pri čemu je osjećajna čujnost smanjena za 70%.
— Reducirane su pretežno srednjofrekventne i visokofrekventne razine buke, upravo one koje su štetnije za zdravlje radnika.
— Akustičkom obradom strojarnice povećana je gluhost prostora i uklonjena pojava fokusiranja, pri čemu je postignut postupni pad razina buke od turbinskih agregata prema većoj udaljenosti.

Zaključak atesta Zavoda za zaštitu zdravlja je glasio: »Može se zaključiti da su zvučno izolirani radovi veoma uspješno izvedeni, tako da razine buke u hidroelektrani više ne ugrožavaju zdravlje odnosno sluh radnika.«

LITERATURA:

[1] R. Warring, Handbook of noise control, Washington
[2] F. Mamre, A. Hagen, J. Manum, Noise control in ships, Oslo
[3] R. Bošnjaković, Redukcija buke, Ljubljana
[4] J. Nemec, Hluk a jeho snižovani v technicke, Praha
[5] Harris, C. K. Shock and Vibration Handbook, New York
[6] T. A. Orlova, problemi sprečavanja buke u industriji, Moskva
[7] J. J. Slawin, Industrielarm und siene Bakampfung, Berlin

Key words: Hydropower plant, machine noise, acustic analysis, reduction of noise

THE NOISE REDUCTION IN HPP SENJ

The noise in machine hall of HPP Senj from main and auxiliary machines exeded all allowable limits. Sources of noise were carefully analyzed and acoustic diagnose of machine hall, acoustic characteristics of space and corrective actions for decreasing of noise below allowable limits are given.

VERMINDERUNG DER MASCHINENGERÄUSCHE IM WASSERKRAFTWERK SENJ

Die Maschinengeräusche der Haupt-Antriebs-und Hilfsmaschinen im Wasserkraftwerk Senj überstiegen alle zulässigen Grenzhöchkstwerte. Eingehend wurden die Geräuschquellen untersucht und erforscht, um einen »akustische Plan« der Maschinenhalle zusammenzustellen. In dieser Arbeit werden die durchgeführten Massnahmen gezeigt und am Entstehengsort erläutert, wie auch die akustischen Kenndaten des Raums aufgestellt, anhand derer die Maschinengeräusche auf zulässige Werte herabgesetzt werden konnten.

БОРЛБА С ШУМОМ НА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ »СЕНЬ«

Шум в машинном зале ГЭС »Сень«, вызываемый главным и вспомогательным оборудованием, превосходил все допустимые нормативы. Тщательно проанализированы источники шума и приводится акустическая диагностика машинного зала; изложены мероприятия, предпринятые нт источниках шумт и в отношении акустических характеристик помещения, благодаря которым шум был сведен на допустимый уровень.

Naslov pisca:

Radivoj Bošnjaković, dipl. ing.
Branko Gostović, dipl. ing.
Ratko Komadina, dipl. ing.

Uredništvo primilo rukopis
13. IV 1982.

PROIZVODNJA NAFTE U SVIJETU U 1981. GODINI

Svjetska proizvodnja nafte u 1981. godini iznosila je — prema prvim procjenama — gotovo 2859 mln. tona, što je za 200 mln. tona ili za 6,5% manje nego u prethodnoj godini. To je smanjenje veće od onog od 1979. na 1980. godinu, kad je pad proizvodnje bio 130 mln. tona.

Razlog tom smanjenju je općenito štednja sve skuplje energije, a nafte naročito, kao i postepena zamjena ulja za loženje drugim izvorima energije, prvenstveno ugljenom. Odnosno, ponuda nafte na svjetskom tržištu bila je iznad potražnje.

U sljedećoj tablici iskazana je svjetska proizvodnja nafte u posljednje tri godine raspoređena prema područjima proizvodnje.

Kako se iz tablice vidi, proizvodnja nafte u 1981. godini iznosila je na istočnoj hemisferi gotovo dvije milijarde tona, ali prema ostvarenju u prethodnoj godini to je manje za 203,5 mln. tona ili za 10,2%. Na zapadnoj hemisferi proizvodnja nafte u 1981. godini bila je gotovo 864 mln. tona, približno kao i u 1980. godini, kad je proizvodnja bila nešto iznad 860 mln. tona. Povećanje u 1981. godini iznosilo je samo 3,4 mln. tona ili 0,4%. Situacija u pojedinim područjima je sljedeća:

Zapadna Evropa imala je u 1981. godini proizvodnju nafte od 124,7 mln. tona ili 4,4% od ukupne svjetske proizvodnje nafte. Prema 1980. godini proizvodnja je porasla za 6,0% ili za sedam milijuna tona. To povećanje je posljedica povećanja proizvodnje u Velikoj Britaniji — u Sjevernom moru — (8,5 mln. tona), te u Francuskoj (oko 300 000 tona) i u danskom dijelu Sjevernog mora (oko 500 000). U svim ostalim zemljama proizvodnja je u 1981. godini bila manja od one u prethodnoj godini. Najveći proizvođač nafte u Zapadnoj Evropi je Velika Britanija — u 1981. godini 89 mln. tona — a slijedi je Norveška s 23 mln. tona.

Osim SR Njemačke (4,5 mln. tona) u svim ostalim zemljama proizvodnja se je kretala oko 1,5 mln. tona. Proizvodnja nafte u **Sovjetskom Savezu i zemljama istočne Evrope bila** je u 1981. godini gotovo 631 mln. tona, što je bilo za 0,9% više nego u prethodnoj godini, kad je bilo proizvedeno 625 mln. tona. U svjetskoj proizvodnji udio te proizvodnje je 22,1%. Pretežni dio proizvodnje nafte otpada na Sovjetski Savez, gdje je u 1981. godini bilo proizvedeno 609 mln. tona, dok su sve ostale zemlje dale samo 21,8 mln. tona, od čega na Rumunjsku otpada 11,0 mln. tona i na Jugoslaviju 4,3 mln. tona. Albanija je dala 3,8 mln. tona i Madžarska 2,0 mln. tona.

U Sovjetskom Savezu proizvodnja u 1981. godini bila je za 1,0% veća nego u 1980. godini, a pretežni dio dolazi iz Sibira.

Afrika je u 1981. godini imala proizvodnju nafte od 192,7 mln. tona, što je za 75 mln. tona ili za 28% manje nego u 1980. godini, kad je proizvodnja dosegla gotovo 270 mln. tona. U svjetskoj proizvodnji u 1981. godini udio Afrike bio je 6,7%.

Najveći proizvođač nafte u Africi je Nigerija, gdje je u 1981. godini bilo proizvedeno 68 mln. tona, što je za 33,2% manje nego u 1980. godini. Slijedi je Libija s 55 mln. tona i smanjenjem od 35,9% te Alžir s 40 mln. tona i smanjenjem od 22,4%. Ostale zemlje imale su proizvodnju nafte znatno ispod 10 mln. tona i uz to manju proizvodnju. Jedino je Kamerun povećao proizvodnju od 2,75 mln. tona na 4,0 mln. tona, te Kongo od 2,6 mln. tona na 3,5 mln. tona.

Bliski istok je u cjelini najveći svjetski proizvođač nafte s učešćem u 1981. godini od 28,4%. Kako je proizvodnja u toj godini bila za 14,3% manja nego u prethodnoj godini, to je i udio pao od 30% na spomenutih 28,4%.

Proizvodnja nafte na Bliskom istoku iznosila je u 1981. godini 811,8 mln. tona prema 947,5 mln. tona u 1980. godini. Najveći proizvođač nafte je Saudijska Arabija sa 490 mln. tona, ali i sa smanjenom proizvodnjom za 1,3%. No, gotovo sve zemlje Bliskog istoka imale su u 1981. godini smanjenu proizvodnju, osim razmjerno gotovo neznatnog povećanja u Dubaiju, Egiptu i Omanu.

Količinski i postotno najveće smanjenje bilo je u Iraku: za 86 mln. tona ili za 66,1% pa je proizvodnja iznosila 44 mln. tona. Zbog ratnih zapleta i Iran je imao proizvodnju manju za 15,1%, te je u 1981. godini proizveo 65 mln. tona.

Manju proizvodnju nafte imao je i **Daleki istok,** jer je u 1981. godini proizvodnja dosegla 235,3 mln. tona,

Svjetska proizvodnja nafte u 1981. godini

10^3 tona

Područje	1979.	1980.	1981.	%	Prosječna u 1981./%
Zapadna Evropa	108 887	117 656	124 670	4,4	+ 6,0
SSSR i Istočna Evropa	608 251	625 032	630 850	22,1	+ 0,9
Afrika	293 310	267 798	192 740	6,7	—28,0
Bliski istok	1 091 858	947 455	811 800	28,4	—14,3
Daleki istok	248 880	240 867	235 285	8,2	— 2,3
Istočna hemisfera	2 351 186	2 198 808	1 995 345	69,8	—10,2
Sjeverna Amerika	642 660	671 930	672 000	23,5	+ 0,1
Karipsko područje	140 583	130 707	132 850	4,6	+ 1,2
Južna Amerika	54 625	57 615	58 800	2,1	+ 2,1
Zapadna hemisfera	837 868	860 252	863 650	30,2	+ 0,4
Ukupno — svijet	3 189 054	3 059 060	2 858 995	100,0	— 6,5

što je za 2,3% manje nego u prethodnoj godini kad je bio proizveo gotovo 241 mln. tona. U svjetskoj proizvodnji nafte udio je bio 8,2%. Najveći proizvođač nafte na Dalekom istoku je Kina s proizvodnjom od 100 mln. tona, ali sa smanjenjem od 5,6%. Slijedi je Indonezija s proizvodnjom od 79 mln. tona i smanjenjem od samo 0,6%. Ostali veći proizvođači su Australija (18 mln. tona), Indija (15 mln. tona, ali s povećanjem od gotovo 60%) i Malezija (11 mln. tona).

Sjeverna Amerika imala je u 1981. godini proizvodnju nafte od 672 mln. tona, što je neznatno iznad proizvodnje u prethodnoj godini, uz učešće u svjetskim razmjerima od 23,5%. Najveći proizvođač su SAD, gdje je u 1981. godini proizvodnja bila od 477 mln. tona, ali to je za 1,1% manje nego u 1980. godini. Meksiko je povećao proizvodnju za 12,4% na 120 mln. tona, a Kanada smanjila za 9,6% na 75 mln. tona.

Za nešto iznad 1% povećana je proizvodnja nafte u 1981. godini na **karipskom području.** Naime, u toj je godini bilo proizvedeno oko 132,8 mln. tona, a u svjetskim razmjerima učešće je bilo 4,6%. Najveći je proizvođač (s 115 mln. tona) Venezuela, gdje je proizvodnja bila za 1,9% veća.

Proizvodnja nafte u **Južnoj Americi** bila je u 1981. godini doduše za 2,1% veća, ali to je samo 2,1% od svjetske proizvodnje. Naime, u 1981. godini bilo je proizvedeno 58,8 mln. tona, a najveći je proizvođač sa 25,5 mln. tona bila Argentina. Oko 10 mln. tona proizveli su Brazil, Ekvador i Peru.

Deset najvećih proizvođača nafte u svijetu dalo je u 1981. godini 2 222 mln. tona nafte ili gotovo 68% od svjetske proizvodnje. Ta je proizvodnja bila za 1,6% manja nego u 1980. godini.

Na prva četiri mjesta su i u 1981. godini Sovjetski Savez (609 mln. tona), Saudijska Arabija (490 mln. tona), SAD (477 mln. tona), te Meksiko (120 mln. tona). Te su zemlje ukupno dale gotovo 1,7 mlrd. tona nafte ili približno 60% svjetske proizvodnje.

Ostalih šest proizvođača nafte su Venezuela (115 mln. tona), Kina (100 mln. tona), Velika Britanija (89 mln. tona), Indonezija (79 mln. tona), Kanada (75 mln. tona) i Nigerija (68 mln. tona). No, s obzirom na različitu dinamiku proizvodnje nafte u tim zemljama njihov se je redoslijed prema 1980. godini nešto izmijenio.

Od spomenutih deset zemalja pet ih pripada organizaciji OPEC, dok SSSR, SAD, Kanada i Meksiko ne pripadaju toj organizaciji.

Dakle, od deset najvećih svjetskih proizvođača nafte pet ih pripada organizaciji OPEC, koju čini 15 zemalja izvoznica nafte. Toj grupaciji pripada osam zemalja na Bliskom istoku, četiri iz Afrike, te Indonezija, Ekvador i Venezuela.

Zemlje OPEC-a imale su u 1981. godini proizvodnju nafte od nešto preko 1,1 mlrd. tona ili za 19,1% manje nego u prethodnoj godini. Udio u svjetskoj proizvodnji bio je 39,4% prema 43,0% u 1980. godini i 47,8% u 1979. godini.

Konačno, treba spomenuti da je proizvodnja nafte u Jugoslaviji u 1981. godini iznosila 4,3 mln. tona, što je za 1,3% više nego u prethodnoj godini. Tom je proizvodnjom Jugoslavija (ne računajući SSSR) na petom mjestu u Evropi — iza Velike Britanije, Norveške, Rumunjske i SR Njemačke.

V. Boranić

ULAGANJA U DISTRIBUTIVNU MREŽU

Planom razvoja elektroprivrede Hrvatske za 1981. godinu predviđena su ulaganja za izgradnju distributivne mreže u ukupnom iznosu od 3.050 milijuna dinara. Od planiranih sredstava najveći dio otpada za nove investicije (oko 2.413 milijuna), a iznos od 637 milijuna dinara namijenjen je zamjeni opreme i rekonstrukciji postojeće mreže. Najveći dio sredstava koristila je »Elektra« Zagreb (936,5 milijuna), zatim »Elektrodalmacija« Split (540 milijuna), »Elektroslavonija« Osijek (377 milijuna dinara). Ostatak je podijeljen drugim distributivnim organizacijama u republici.

Posebno je predviđeno 512,5 milijuna dinara za elektrifikaciju nerazvijenih krajeva.

Izgradnja većeg broja prijenosnih distributivnih objekata započeta u 1981. godini bit će završena u toku 1982. godine.

I. R.

ISTRAŽIVANJE URANA

Program istraživanja nuklearnih sirovina u SR Hrvatskoj organizirano je otpočeo 1978. godine na više mjesta, a nastavlja se i u srednjoročnom planu 1981—1985. U dosadašnjim istraživanjima uključeno je područje Gorskog Kotara, Like i dijela Slavonije. Početni radovi dali su zadovoljavajuće rezultate.

Velika pažnja je poklonjena istraživanju potencijala Istarskih ugljenokopa Raša i pepela TE Plomin, kao sirovina za dobivanje urana. Izrađena je kritička procjena dosadašnjih radova na tim istraživanjima. Ocijenjena je vrijednost svih dosadašnjih radova uključivši i radove Instituta za medicinska istraživanja iz Zagreba. Da bi se utvrdile količine urana u pepelu TE Plomin, obavljena su mjerenja koncentracije urana u pepelu. To su radili stručnjaci Instituta za medicinska istraživanja i Instituta »Ruđer Bošković« iz Zagreba. Na osnovi tih istraživanja izradit će se elaborat koji će biti temelj daljnjih istraživanja.

URAN IZ FOSFATA

Naši stručnjaci su nakon izvršenih priprema pristupili organiziranom ispitivanju dobivanja urana iz fosfata pri proizvodnji fosforne kiseline. Prva ispitivanja počela su u Tvornici umjetnih gnojiva »INA — Petrokemija« u Kutini. Obavljena su laboratorijska i poluindustrijska istraživanja i riješeni brojni problemi ekstrakcije uranovog oksida iz fosforne kiseline u procesu proizvodnje umjetnih gnojiva.

Laboratorijski dio priprema za tu proizvodnju uspješno je završen, te se na osnovi dobivenih rezultata radi na projektiranju i izradi poluindustrijskih postrojenja i industrijskih proizvodnih kapaciteta za izdvajanje uranovog oksida iz fosforne kiseline. Slična proizvodnja uranovog oksida priprema se i u drugim našim tvornicama umjetnih gnojiva, u Prahovu, Titovoj Mitrovici i Šapcu. U Istraživački rad uključeni su: Institut »Ruđer Bošković« Zagreb, Nuklearni inštitut »Jože Štefan« Ljubljana, Institut za nuklearnu nauku »Boris Kidrič« Vinča, zatim elektroprivreda SR Hrvatske, kombinat »INA — Naftaplin« i dr.

I. R.

PROBIJEN DOVODNI TUNEL RHE OBROVAC

Graditelji reverzibilne HE Obrovac, snage 272 MW, završili su krajem veljače ove godine probijanje dovodnog tunela kroz masiv Velebita, dužine 8.190 metara. To je jedan od najtežih i najsloženijih radova na izgradnji RHE Obrovac. Uslijed nepredviđenih geoloških uvjeta došlo je do izmjene trase, što se odrazilo na dinamiku radova.

Izvedbene radove na probijanju tunela izvršili su radnici RO »Hidroelektra« iz Zagreba. Radovi na ovom objektu trajali su četiri godine.

Na drugim dijelovima gradilišta intenzivno se radi na gradnji ostalih objekata. Opsežan je zahvat gradnja strojarnice, locirane u Muškovcima, nedaleko Obrovca. Uz građevne radove otpočela je i djelomična montaža u budućoj strojarnici. Postavlja se metalna konstrukcija krana, a u toku je i montaža aspiratora prve turbine koju isporučuje Litostroj. Druga turbina ugovorena je s tvrtkom »VOITH« iz Austrije. Montira se i tlačni cjevovod, dužine 2.175 m. S RO »Rade Končar« potpisan je ugovor o isporuci generatora i transformatora. Priprema se početak gradnje akumulacijskog bazena Šikada kapaciteta 13,6 milijuna m^3 vode i drugog bazena Opsjenica od 2,7 milijuna m^3 vode.

Programirano je da potpuna izgradnja RHE Obrovac bude završena krajem 1983. godine. Ova hidroelektrana davat će elektroenergetskom sistemu Hrvatske godišnje oko 450 GWh električne energije i oko 225 GWh iz tzv. »reverzibilnog dijela«.

I. R.

HE ĐERDAP II

Plan radova

Radovi na izgradnji HE »Đerdap II« — snage 8 × 27 MW, s mogućom proizvodnjom 1.260 GWh (Jugoslavenski dio) izvode se u predviđenim rokovima. Građevinske radove na glavnom sistemu »Đerdap II« i za jugoslavenski dio izvodi rumunjski investitor. Završen je zagat I faze, izvršeno crpljenje vode iz ovog dijela korita rijeke i iskopan temelj za strojarnice obe elektrane s montažnim blokovima i za prelivnu branu na glavnom toku Dunava. Ovih dana je na rumunjskoj strani počela montaža prvog hidroagregata snage 28 MW.

Prema sporazumu i usaglašenom dinamičkom planu izgradnje s rumunjskim investitorom, probni pogon prvih dvaju agregata planira se krajem ožujka 1983. a ostalih agregata postupno do kraja lipnja 1948. Prema ovom planu izgradnje završetak svih radova na HE »Đerdap II« predviđen je tek za kraj 1985. godine.

I. R.

ELEKTROPRENOS ZAGREB

Plan II faze 400 kV mreže

Program izgradnje II faze kV mreže na području RO »Elektroprivreda« — OOUR »Elektroprenos-a« Zagreb sastavni je dio Programa razvoja Osnovne 400 kV mreže Jugoslavije što je izgrađen u JUGEL-u u lipnju 1976. godine. Za taj program odobren je kredit Međunarodne banke. Program II faze nastavak je cjelokupnog programa I faze izgradnje.

U I fazi izgradnje 400 kV mreže na području »Elektroprenosa« Zagreb izgrađeni su ovi objekti:

— jednostruki DV 400 kV Zagreb-Ernestinovo, dionica Zagreb-Kamensko, dužine oko 80 km,
— dvostruki DV Zagreb-Krško, dionica Zagreb-Sutla, dužine 32 km, te
— TS 400/100 kV Zagreb I, transformatori 400/100/30 kV, 2 × 300 MVA.

U srpnju 1979. godine usvojen je investicijski program II faze 400 kV mreže na području »Elektroprenosa« Zagreb i uključuje:

— DV 400 kV Zagreb-Rijeka, dionicu Zagreb-Vrbovsko, dužine 80 km, s ukupnim financijskim ulaganjima 343,5 milijuna dinara i
— TS 400/110 kV Zagreb I, proširenje, s opsegom izgradnje: produženje glavnih i pomoćnih sabirnica 400 kV sa 4 raspona — 2 DV polja 400 kV (NE Krško I i II), te odgovarajući građevinski radovi. Potrebne investicije 74 milijuna dinara.

Tokom izrade srednjoročnog plana razvoja elektroprivrede Hrvatske od 1981. godine, dalekovod 400 kV Zagreb-Rijeka nije uvršten u plan, iako je za dionicu Zagreb-Vrbovsko izrađena kompletna projektna dokumentacija, utvrđena trasa, riješeni imovinsko-pravni odnosi i izvršeni drugi pripremni radovi.
Isključenje ovog objekta iz srednjoročnog plana učinjeno je zbog ograničenih financijskih sredstava za razvoj elektroprivrede Hrvatske u planu 1981—1985. godine.

Proširenje transformatorske stanice 400/110 kV Zagreb I

U pripreme proširenja TS 400/110 kV Zagreb I spadala je i izrada glavnog projekta i ugovaranje krupne opreme i što je završeno na vrijeme, no početak glavnih radova otpočeo je tek u ožujku 1981. godine. Poteškoće su se javljale zbog financijskih sredstava što se nisu osigurale na vrijeme a zakasnila je i isporuka opreme. No, i pored svih tih poteškoća radovi su izvedeni u planiranim rokovima.

Dva nova polja za NE Krško s pripadajućim postrojenjima 400 kV stavljena su upogon početkom četvrtog tromjesječja prošle godine. Izgrađen je novi krajnji stup preko kojeg je dvostruki dalekovod za NE Krško definitivno priključen na svoja dalekovodna polja u postrojenju 400 kV. Aktivirani su svi potrebni uređaji za funkcioniranje postrojenja: signalizacija, upravljanje, mjerni uređaji, zaštita, uključivši i zaštitu sabirnica postrojenja 400 kV.
Treba naglasiti da je osim ovih radova ugrađena prošle godine i aktivirana kompletna naponska zaštita tercijara na oba transformatora u skladu s preporukama »Rade Končara« i »JUGEL-a«, i da je izgrađen antenski stup visine 50 m za potrebe centra daljinskog upravljanja koji se ugrađuje u komandnu zgradu ove transformatorske stanice.
Projektnu dokumentaciju za ovaj dio II faze izradili su: »Elektroprojekt« Zagreb, građevinski i elektromontažni dio, IPZ Zagreb, projekt portala i »Elektroprenos« Zagreb, Sektor izgradnje, projekt strujnih shema i priključne planove.
Opremu su isporučili: RO »Rade Končar«, TLM Šibenik, Fabrika elektroporculana, Aranđelovac, ELKA Zagreb, ISKRA Kranj, Energoinvest Sarajevo, »Nikola Tesla« Zagreb, RIZ Zagreb i dr.
U isporuci opreme sudjelovale su i inozemne tvrtke: ASEA — Švedska, zaštitne uređaje, BBC — Švicarska, zaštitne uređaje i L et G — Švicarska, mjerne uređaje.
U izvedbi građevnih i montažnih radova sudjelovala su zagrebačka poduzeća »Gramont« i »Dalekovod«.

I. Radman

DALEKOVODNI BETONSKI STUPOVI

Tvornica za proizvodnju betonskih prerađevina u Buzetu planirala je u srednjoročnom razdoblju 1981. do 1985. godine proširiti proizvodnju. Prema utvrđenom planu nova tvornica bi proizvodila godišnje 9000 stupova, visine 12 metara, a s proizvodnjom bi počela 1983. godine.
Za proizvodnju dalekovodnih betonskih stupova, što će ih izrađivati tvornica u Buzetu, zainteresirane su elektroprivreda SR Hrvatske i SR Slovenije, a sudjelovat će i u financiranju njezine izgradnje. Zaključeno je da se osigura oprema iz Italije, i domaćih proizvođača.

I. R.

ELEKTRA ČAKOVEC

Program investicija

Radnički savjet OOUR-a »Elektra« Čakovec odobrio je plan investicija u 1982. godini s ulaganjima od 144 milijuna dinara. Najveći dio investicija odnosi se na 35 kV prijenosne uređaje. Programirana je gradnja triju novih transformatorskih stanica 35/10/0,4 kV, te rekonstrukcija i proširenje postojećih, kao i uvođenje suvremene signalizacije. U 10 kV postrojenjima izvest će se proširenje kabelske mreže u skladu sa srednjoročnim planom 1981—1985. godine. Izgradit će se 17 konzumnih transformatorskih stanica na području Međimurja. Obuhvaćena je i rekonstrukcija postojeće 10 kV mreže.
Projektna grupa »Elektre« Čakovec nastavit će izradu glavnih projekata daljinskog upravljanja i uređaje signalizacije i mjerenja za veći broj prijenosnih objekata na području čakovečke »Elektre«.

I. R.

HE »NIKOLA TESLA«

Izgradnja akumulacijskog sistema

Po programu razvoja RO »Elektroprivreda« Rijeka u 1981. godini predviđeni su i radovi na izgradnji akumulacijskog sistema »Tribalj« za izlazne vode HE »Nikola Tesla«, kao i za potrebe industrijskog vodovoda Triblja — Petrokemije — Omišalj na Krku. Nadalje, proširenje akumulacije ima veliku važnost za potrebe rekonstrukcije rashladnog sistema HE »Nikola Tesla«. Ovim sistemom rashladna voda će se crpsti iz donjeg bazena akumulacijskog sistema »Tribalj« čime će se uštedjeti 5 do 6 milijuna kWh godišnje.
Crpna stanica za rashladnu vodu, kao i za dodatno crpljenje akumulacije, smještena je nizvodno od nasute pregrade akumulacije »Tribalj«. U crpnoj stanici su ugrađene crpke za crpljenje 2 × 1000 lit./s. za punjenje akumulacije »Tribalj« i dvije crpke za rashladnu vodu HE »Vinodol«, kapaciteta po 70 lit./s.
Cjevovod za crpljenje u akumulaciju promjera 800 i 500 mm imat će dvostruku namjenu, punjenje akumulacije crpkama i ispuštanje vode iz akumulacije u dnevni bazen industrijskog vodovoda. Poseban cjevovod profila 300 mm dovodit će vodu za rashladni sistem HE »Nikola Tesla«.
Radovi su uglavnom završeni, a u financiranju je osim glavnog investitora OOUR HE »Nikola Tesla« sudjelovala i »INA — Rafinerija nafte« Rijeka.
Osim ovog opsežnog zahvata u HE »Nikola Tesla« u 1981. godini su obavljani i neki drugi radovi. Uz redovni i temeljiti godišnji remont izmijenjeni su svi signalni, mjerni i komandi kabeli, kao i automatizacija elektrane. Izmijenjena je i izolacija statora jednog generatora. Uspješno je obavljena i revizija mjernih transformatora 110 kV. Treba naglasiti da su sve ove poslove izveli radnici HE »Nikola Tesla« u suradnji sa stručnjacima tvornice »Rade Končar«.

I. R.

Razvodni ormari od izolacijskog materijala

TEP

Nagli razvoj gradskih naselja uvjetovao je sve veću primjenu kabela u distributivnim elektroenergetskim mrežama. Pri izgradnji tih mreža nužan je određen broj tipova ormara za rješavanje:

— čvornih točaka u kabelskoj mreži

— kabelskog razvoda i upravljanja javnom rasvjetom.

U praksi se to rješava ormarima, različitih tipova i izvedaba. Svaka distributivna organizacija ima svoje rješenje a posljedica je ta da proizvođači opreme izrađuju male serije i nemaju mogućnost da postignu kvalitetnija tehnička rješenja. Sagledavajući sve to, TEP je izradio tri osnovna tipa slobodnostojećih ormara od poliestera ojačanog staklenim vlaknima koji mogu zadovoljiti sve uvjete da se ugradi oprema koja se koristi u elektrodistribuciji.

Materijal za izradu ormara

U posljednjih nekoliko godina sve veću primjenu u elektrotehnici ima poliester ojačan staklenim vlaknima. To je materijal s dobrim električnim i mehaničkim karakteristikama, veoma otporan na atmosferske utjecaje i na ultravioletne zrake. Te osobine omogućuju da uspješno zamjenjuje metale, čelični lim i silumin kao materijale za izradu kućišta razvodnih ormara i ormarića.

Osobine poliestera ojačanog staklenim vlaknima jesu:

mala gustoća, postojanost na koroziju, veoma dobre mehaničke osobine te kao najvažnije dobre izolacione osobine čime se postiže dobra zaštita od previsokog napona dodira. Toplinska vodljivost poliestera je niska pa je on toplinski izolator, što može utjecati na smanjenje kondenzacije u ormarua a time i na manju koroziju ugrađene opreme.

Nedostatke ormara izrađenih od čeličnog lima u usporedbi s onima koji su izrađeni od poliestera ojačanog staklenim vlaknima možemo svesti na sljedeće:

— u određenim uvjetima može se na njima pojaviti opasan napon dodira

— potrebno je izraditi kvalitetno zaštitno uzemljenje

— potrebno je pravovremeno održavanje bojenjem.

Iz svega što je navedeno proizlazi da je primjena poliesterskog ormara tehnički opravdana.

Ako gledamo s ekonomskog stajališta, onda se cijena jednog uređaja u zaštiti »zaštitno izoliranje« može prikazati na ovaj način:

C_k zaš. izol. = $C_{kl} + C_{kzuz}$

C_k zaš. izol. = cijena uređaja u izvedbi zaštitno izoliranje

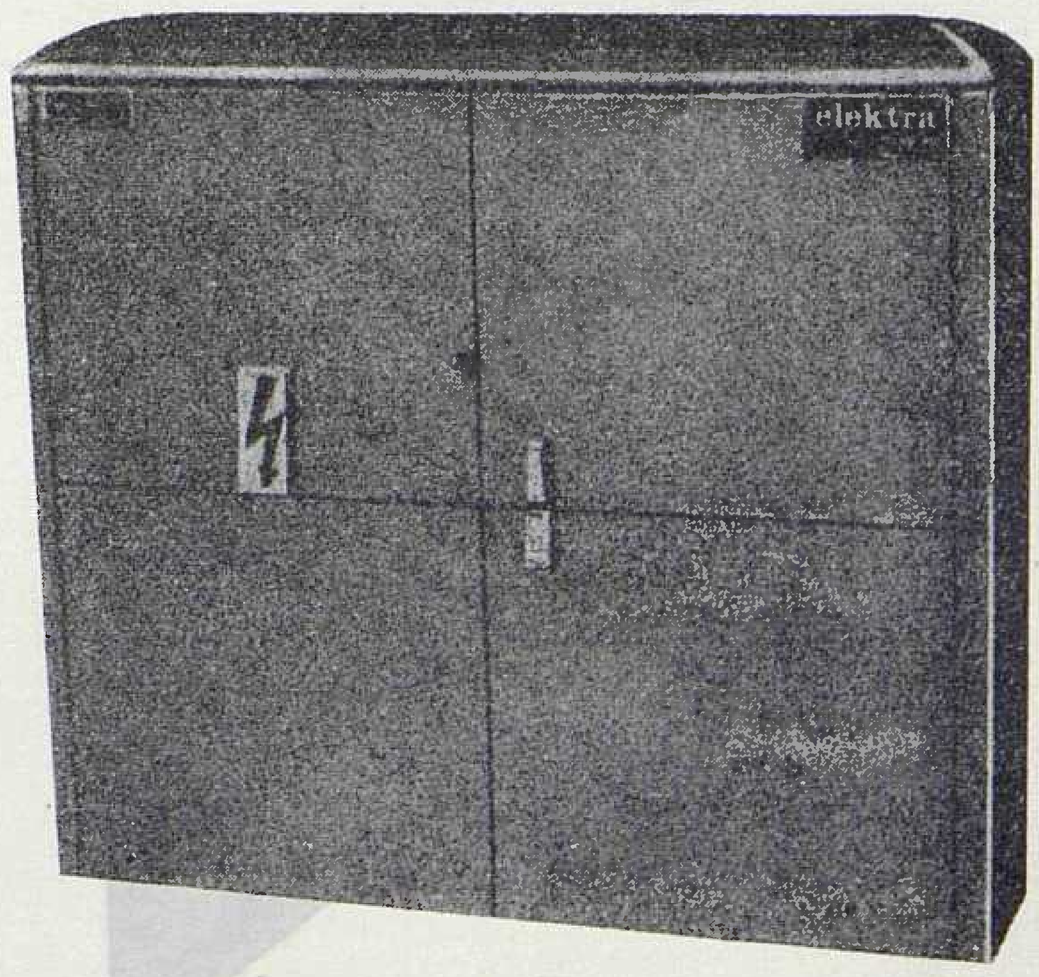
C_{kl} = cijena uređaja u izvedbi od lima ili silumina

C_{kzuz} = cijena izvedbe zaštitnog uzemljenja.

Moramo biti svjesni da svaka zaštita od previsokog napona dodira ima svoju cijenu.

Izvedba ormara s opremom

Ormari su konstrukcijski riješeni tako da ostvaruju stupanj zaštite od prodora stranih tijela i vode IP 43, a uz dodatno brtvljenje može se postići stupanj zaštite IP 54 (slika 1).



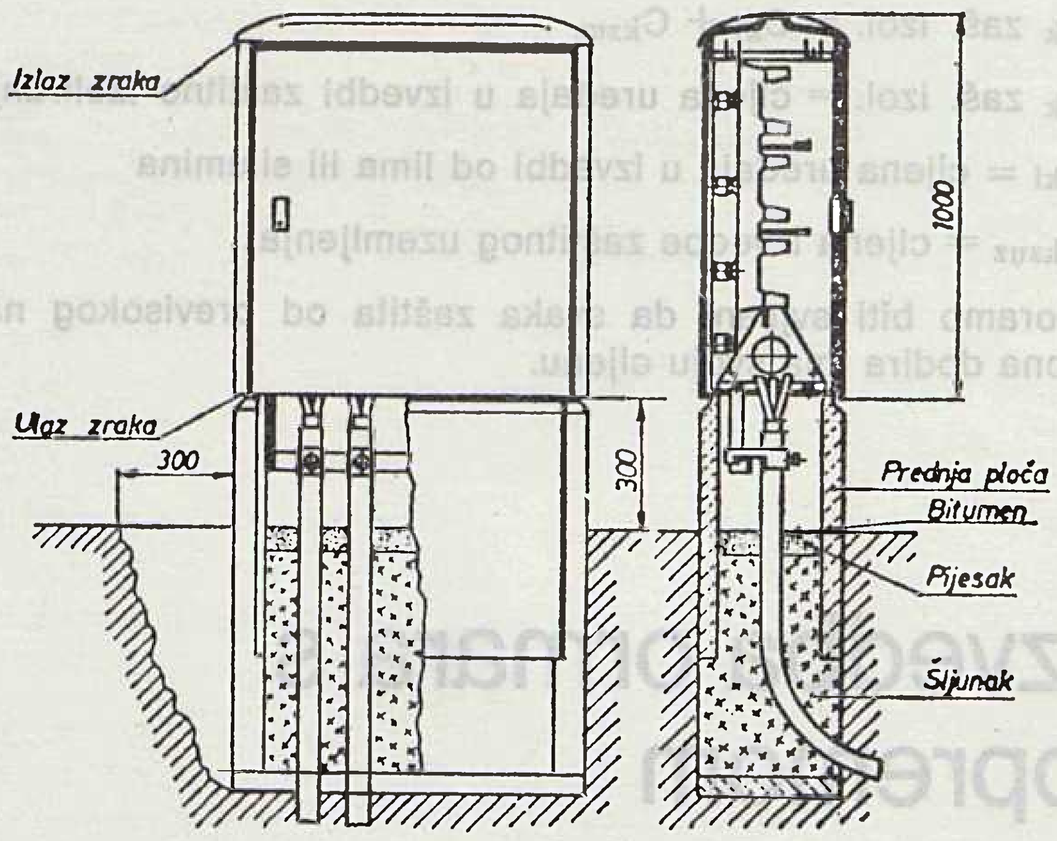
Sl. 1.

Ormar se montira na tvornički izrađen temelj koji se isporučuje u dijelovima, a izrađen je od armiranog betona. Kod spajanja kabela na opremu ormara prednja ploča te-

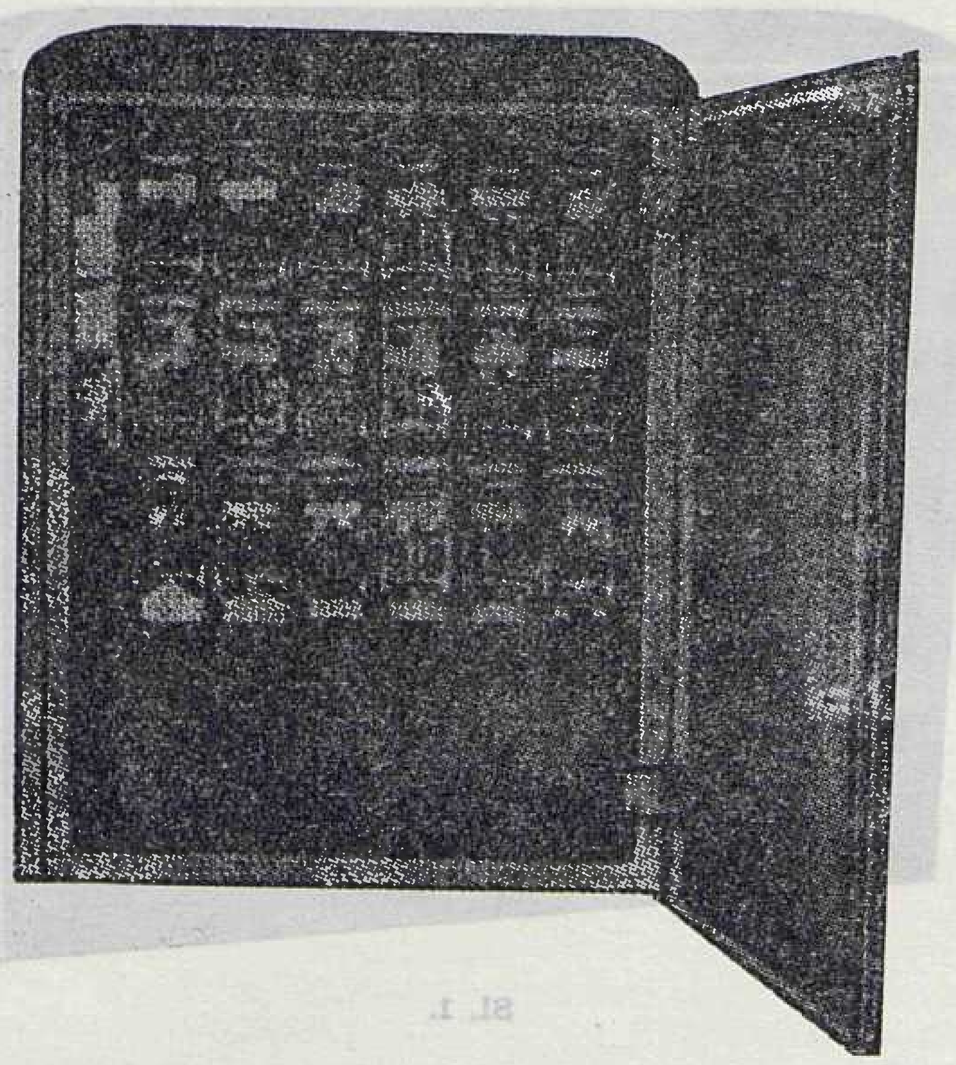
melja i prag ormara skidaju se, čime je olakšana montaža, te kabele nije potrebno uvlačiti u ormar.

Na dnu ormara je nosač za učvršćenje kabela. Prostor gdje ulaze kabeli u ormar potrebno je ispuniti zemljom ili pijeskom, a u nivou zemlje unutrašnjost temelja zabrtviti bitumenom ili tankim slojem betona da se spriječi isparavanje vlage iz zemlje i kondenziranje u unutrašnjosti ormara (slika 2).

Ormari su čvorne točke u kabelskoj mreži tipa KRO-01, KRO-02 i KRO-03, napona do 1 kV. Mogu biti opremljeni sa 4, 6 ili 8 (9) slogova osigurača nazivne struje 400 A (slika 3). Slog osigurača može biti izveden kao neoklopljen, pa se za umetanje i izvlačenje patrona treba koristiti nasadnom ručicom, ili kao izoliran, u kojem su slučaju osnove osigurača oklopljene a ručica je sastavni dio osnove osigurača.



Sl. 2.

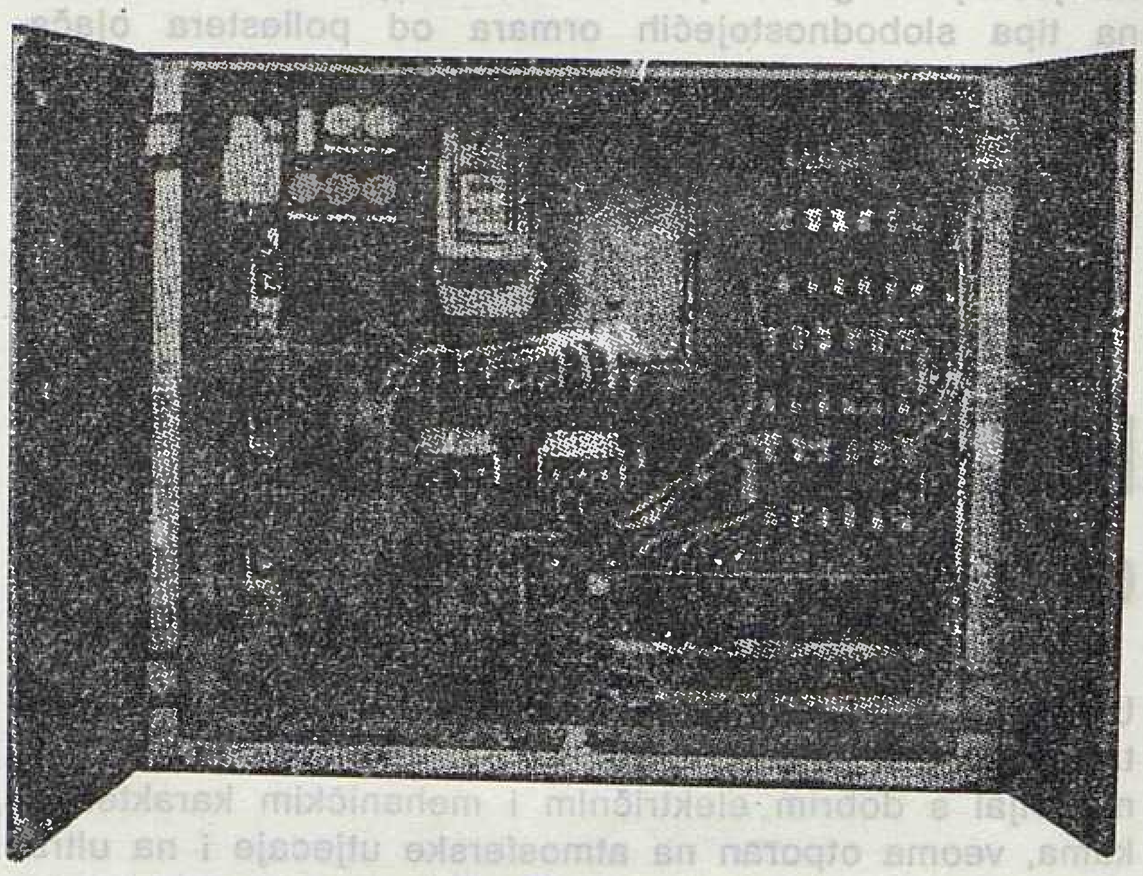


Sl. 3.

Rastavljajući slog osigurača ima ugrađenu lučnu komoru, pa je moguće vršiti prekopčanja i isklapanja pod opterećenjem, ali jednopolno. U ormar je ugrađena žarulja, koja se pali otvaranjem vrata ormara. Vrata se zatvaraju policilindarskom brtvom.

Na osnove osigurača moguće je priključiti kabel presjeka do 300 mm².

Ormari tipa KRO-JR namijenjeni su za uklapanje i isklapanje javne rasvjete (slika 4). Kod razrade električne sheme djelovanja obuhvaćene su sve mogućnosti koje se pojavljuju kod upravljanja javnom rasvjetom. Ormar se priključuje na pojni kabel koji može biti maksimalnog presjeka do 185 mm² sistema ulaz — izlaz. Kabeli koji vode do priključnice rasvjetnog stupa mogu imati maksimalni presjek 35 mm². Moguće je izvesti najviše 12 trofaznih izvoda kabela, a svaki je izvod osiguran visokoučinskim rastalnim osiguračem. Uklapanje i isklapanje rasvjete vrši se preko 2 sklopnika od 125 A. Kod uključenja obaju sklopnika svijetle sve svjetiljke, a kada je uključen jedan sklopnik, svijetli pola rasvjete, dakle obuhvaćen je sistem cjelonoćne i polunoćne rasvjete.



Sl. 4.

Upravljanje se vrši jednom od mogućnosti:

— tonfrekventno
— uklopnim satom
— luksomatom
— komandnim vodom
— ručno u ormaru.

Za biranje sistema služi grebenasta sklopka ugrađena u ormar. Za mjerenje potrošnje u ormar je ugrađeno kWh brojilo.

Ove kombinacije zadovoljavaju sve uvjete koji se postavljaju na moderno koncipiranu javnu rasvjetu i u pogledu štednje električne energije u periodu smanjenog prometa.

Marijan Jakovac dipl. inž.

RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

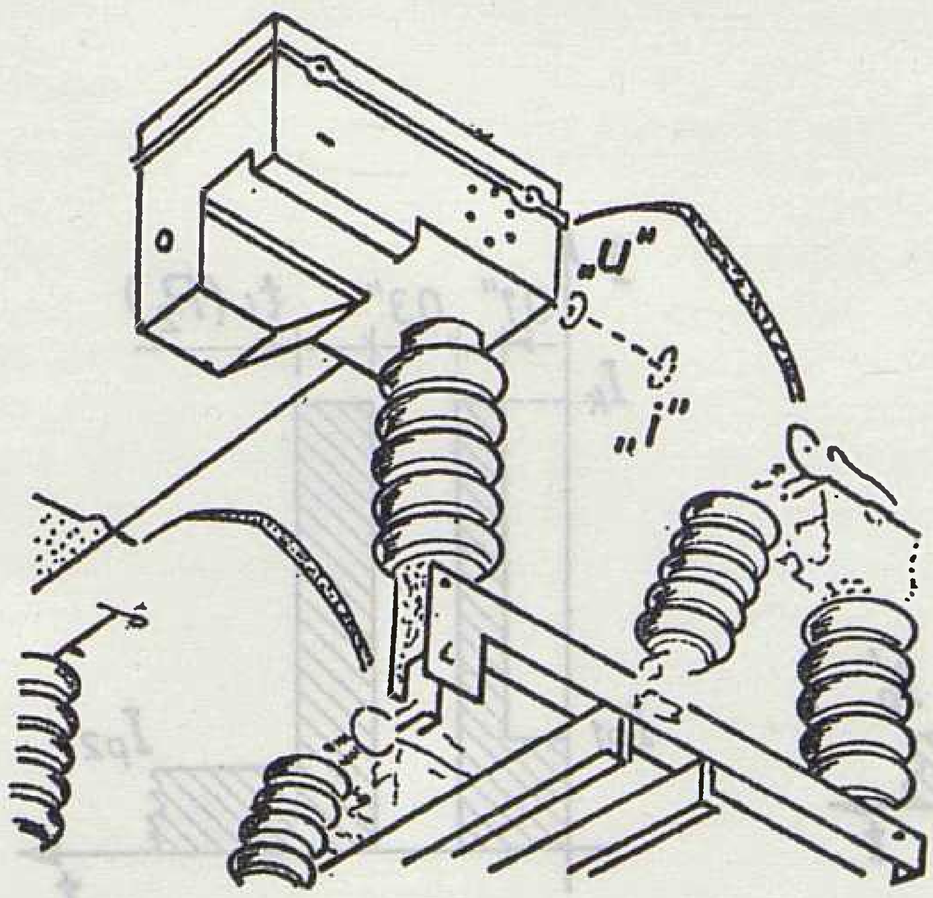
Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.



Sl. 1.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

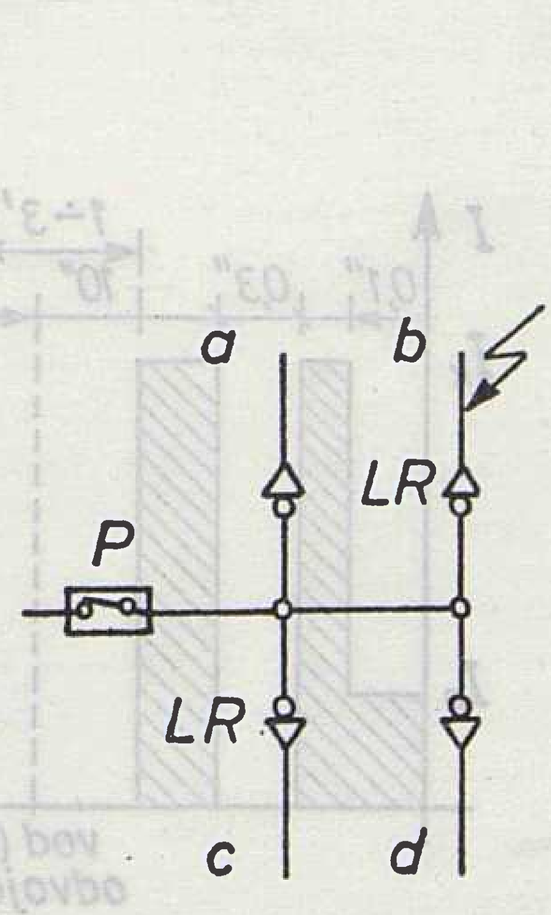
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

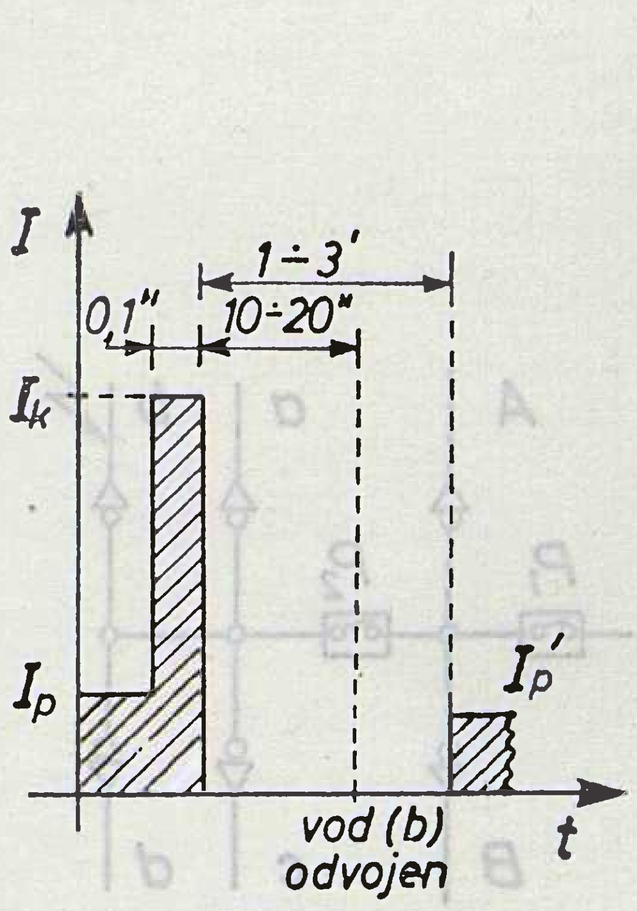
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

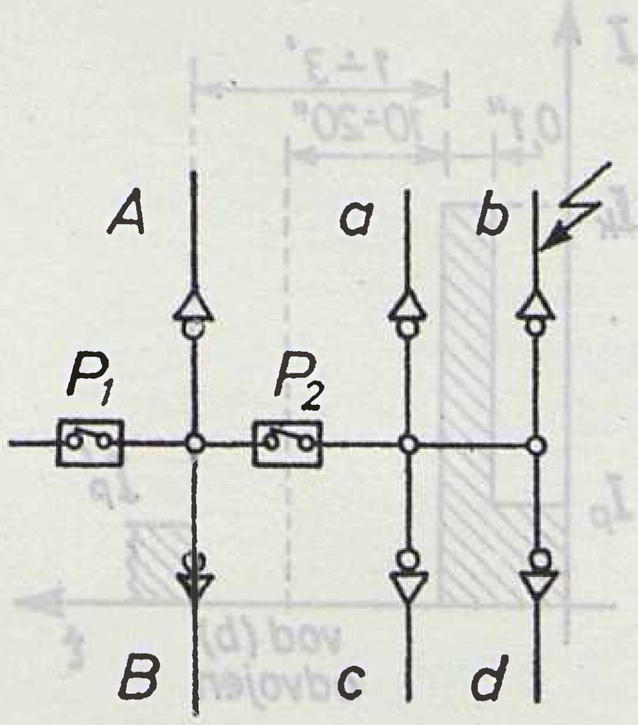
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

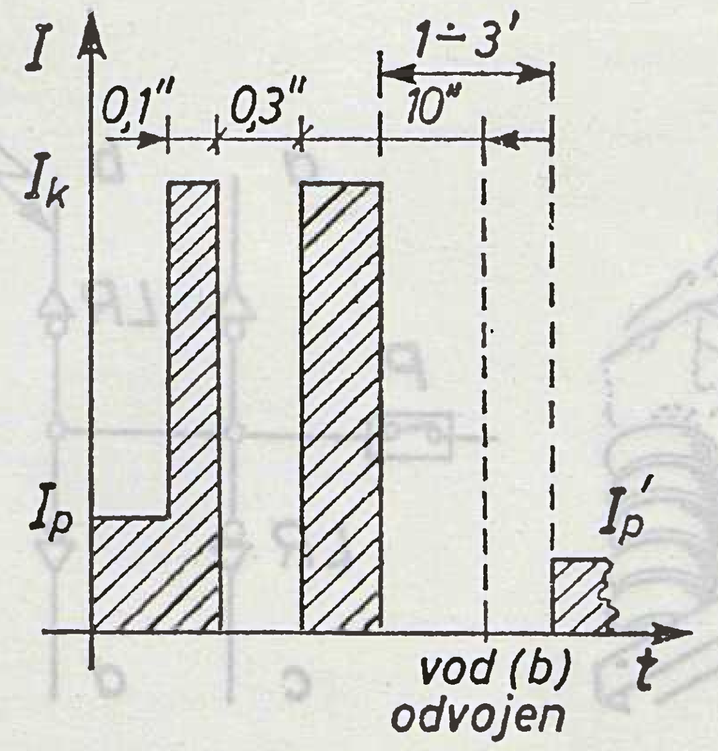
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

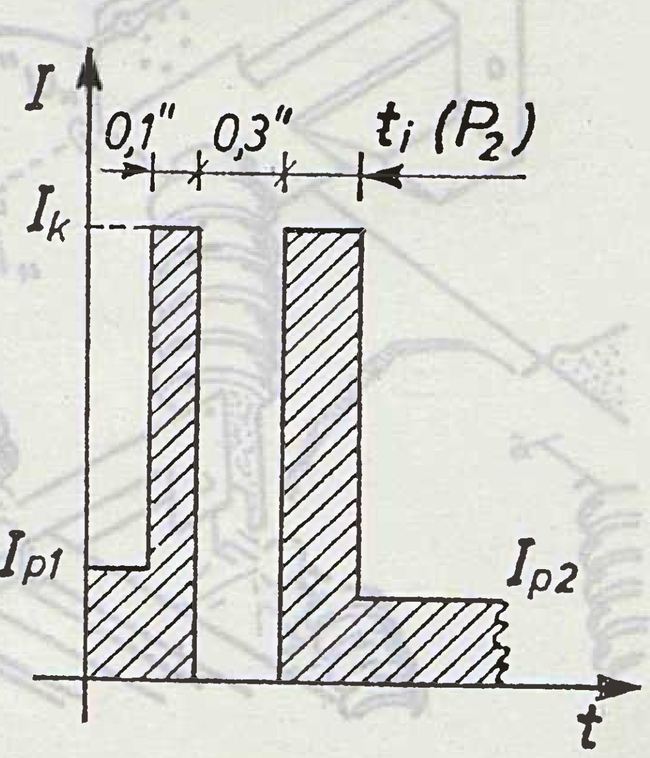
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

UDK 621.31 ENJAAC YU ISSN 0013-7448

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

energija

Izdavači:

Združeno poduzeće »Elektroprivreda«, Rijeka
Združeno poduzeće »Elektroprivreda Dalmacije«, Split
SIZ za znanstveni rad SR Hrvatske
Elektra, Karlovac
Elektroslavonija, Osijek
Elektroistra, Pula
Elektroprimorje, Rijeka
Elektra, Sisak
Elektrodalmacija, Split
Elektra, Zagreb
Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Godište 31 (1982) Zagreb 1982 Br. 7—8

SADRŽAJ

Mihalek, E.: Neki aspekti razvoja nadzemnih vodova niskog napona (PRETHODNO SAOPĆENJE) . 237

Kalea, M.: Pogon i održavanje prijenosne mreže u Slavoniji i Baranji, današnje stanje i značajni pogonski događaji (STRUČNI RAD) . . . 245

Tropin, K. A.: Osnovne sheme i opremanje pojednostavnjenih transformatorskih stanica (STRUČNI RAD) 255

Černohous, F.: Toplifikacijske turbine u nuklearnim elektranama (STRUČNI RAD) 265

Radovi instituta za elektroprivredu u 1981. godini 273

Vijesti iz elektroprivrede 293

Obavijesti proizvođača 296

Oglasi 301

IZDAVAČKI SAVJET

Dragutin *Stanić*, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Združeno poduzeće, Split — Enco *Tirelli* i Boris *Simončić*, dipl. ing. »Elektroprivreda« Rijeka — Josip *Brkljačić*, dipl. ing., HE Senj — Petar *Kuzele*, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb — Ivan *Cvitan*, dipl. ing., »Elektra«, Sisak — Ivo *Božin*, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Zorko *Cvetković*, Elektroprenos, Zagreb — Šimun *Šimundža*, dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split — Anđelko *Dujmović*, dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek — »Elektroistra«, Pula — Branko *Mrakovčić*, dipl. ing., »Elektroprimorje«, Rijeka — Marko *Šimunović*, dipl. ing., »Elektra«, Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris *Markovčić*, dipl. ing. — Urednik: Zdenka *Jelić*, dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola *Bilčar*, dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Đuro *Hatić*, dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen *Nadinić*, dipl. ing. — Prijenos električne energije, Zorko *Cvetković*, dipl. ing., Zagreb — Josip *Nevešćanin*, dipl. ing., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav *Balen*, dipl. ec., Jure *Šimović*, dipl. ec., Petar *Kuzele*, dipl. ing. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomsko-financijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik: Zlatko *Orban*.

Redakcija završena 20. lipnja 1982.

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 12 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300 novih dinara, a za poduzeća i ustanove 1200 novih dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 150 novih dinara.

Za inozemsvo $ 70 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-505

Tisak i klišeji: Grafički zavod Hrvatske, Zagreb
Frankopanska 26.

ELEKTROPRIVREDA ZAGREB

OOUR Elektroprenos

ZAGREB

Obavlja u okviru svoje osnovne djelatnosti:

prijenos električne energije, izrađuje studije,

razvoj i projektiranje, izgradnju i nadzor izgradnje

elektropriienosnih postrojenja i telekomunikacio-

nih uređaja.

OOUR ELEKTROPRENOS - ZAGREB

Proleterskih brigada 37 - Tel.: 513-822 i 511-455

Teleks: 21 681 YU — ELPREZ

Energija God. 31 (1982) br. 7—8, 237—244

NEKI ASPEKTI RAZVOJA NADZEMNIH VODOVA NISKOG NAPONA

Mr Ernest Mihalek, Zagreb

UDK 621.316.13
PRETHODNO SAOPĆENJE

Posljednja dva desetljeća donijela su Evropi sasvim nov tip niskonaponske nadzemne izolirane mreže. U radu se kritički promatraju neki aspekti razvoja klasične i izolirane nadzemne mreže niskog napona kod nas i u Evropi.

Ključne riječi: niski napon, nadzemni vod, izolirani samonosivi vod.

1. KRITIČKI OSVRT NA KLASIČNI NAČIN I POSLJEDICE IZGRADNJE NADZEMNIH VODOVA

Osnovna je činjenica u svakoj elektroprivredi da sa sniženjem napona raste broj elemenata mreže jer se električna energija treba razvesti do velikog broja potrošača u industriji, širokoj potrošnji i ostalom. Svaki niži naponski nivo ima veću ukupnu duljinu vodova i veći broj transformatorskih stanica putem kojih se energija predaje idućem nivou. U tom smislu niskonaponska mreža ima poziciju posljednje i najniže stepenice, tj, i najveću duljinu svojih vodova.

U elektroprivredi SRH niz se godina pratio odnos duljina pojedinih nivoa mreže 35, 10 i 0,4 kV i ustanovilo se da im se duljine odnose približno kao

10 : 50 : 100.

Niskonaponske mreže imaju, dakle, gotovo dvostruko veću duljinu od svih ostalih distributivnih mreža zajedno. S obzirom na investicije (samo za vodove) potrebna je u našim uvjetima jednaka suma za niski napon kao i za visoki. Ovisno o cijenama opreme i radova ove razlike mogu biti i veće u korist niskonaponskih mreža. U elektroprivredi Francuske (EdF) ova razlika iznosila je prema nekim autorima i do tri puta.

S druge strane, velika duljina niskonaponskih mreža odnosi se upravo većim dijelom na tzv. nadzemne mreže. Niskonaponske kabelske mreže u zemlji imaju mnogo prednosti pred nadzemnim, ali su dva do tri puta skuplje; stoga ih u mreži ima vrlo malo i protegnute su uglavnom u gradovima i industriji (ukupno ispod 10% duljine n.n. vodova u SRH).

Prema tome, logično je da se u elektroprivredi teži što nižim troškovima nadzemne mreže, kako bi one i s obzirom na investicije i troškove održavanja bile što prihvatljivije. Time se može objasniti zašto su građene vrlo jednostavno, obično s golim vodičima od bakra ili alučelika postavljenim na jeftinim drvenim stupovima.

Razmaci vodiča ovakvih zračnih vodova iznose obično 0,4 do 0,7 metara. Čitav vod time dobiva širinu 0,5 do 0,8 m. Osim toga, oko voda treba, zbog blizine golih vodiča, osigurati takve razmake od različitih objekata da u određenim okolnostima ne dođe do opasnosti od dodira ili kvara. Zbog toga su donesene posebne odredbe u Tehničkim propisima koje određuju tzv. sigurnosne udaljenosti i visine nad zemljom kao npr.:

— udaljenost vodiča od prozora i vrata	0,7 m	od gornjeg ruba
— udaljenost vodiča od dimnjaka	1,0 m	
— udaljenost od balkona i skela	1,25 m	
— udaljenost od stabala	1,0 m	

Visina voda nad zemljom je kod golih vodiča za razliku od izoliranih relativno povećana i radi sigurnosti, kako vodič pod naponom ne bi dodirnuo npr. cestovno vozilo, a ima različite iznose, ovisno o značenju objekta preko kojeg prelazi.

Zato ne postoji mogućnost vođenja ovakvog voda kroz uske ulice starih gradskih jezgri ili primorskih mjesta; u takvim uvjetima obično je primjerena zračna distributivna mreža (niska gustoća opterećenja), dok bi podzemna kabelska izvedba bila vrlo skupa zbog velikog broja odvojaka i iskopa rova u najčešće kamenoj podlozi. Velike poteškoće ovakvoj mreži čine i drvoredi uz koje se ona vodi ili usjeci u šumi načinjeni za vodove niskog napona. Ako se žele ukloniti stalne smetnje u radu, kao i opasnost za ljudsku sigurnost, potrebna je velika služba održavanja trasa i uklanjanja kvarova. Pri tome se kod rada u blizini ili na vodu obično isključuje vod za vrijeme radova, što evidentno utječe na standardne uvjete ispo-

ruke, pa smanjuje kvalitetu isporuke električne energije i pouzdanost mreže. Dakako da će troškovi ovakvog voda biti bitno povećani veličinom pogonskih troškova. Budući da se ovi troškovi pretežno sastoje od troškova rada, može se očekivati i daljnje relativno povećanje ove stavke u konačnoj cijeni voda (cijena rada povećava se brže nego cijena materijala).

Konačno i samo ljudstvo za održavanje često je žrtva električnog udara zbog slučajnog dodira neizoliranih dijelova pod naponom, kakav je upravo i goli klasični vod niskog napona. Realno se može očekivati da će baš mreža i uređaji niskog napona biti najčešći uzročnici ovakvih udesa.

Mnoge statistike u većoj ili manjoj mjeri potvrđuju ovakva očekivanja. Prema (1) razdoblju od 1953. do 1962. god. čak je 84% svih nesreća bilo na niskom naponu. Kasnije se broj nesreća brojčano smanjio, ali je prema (2) u razdoblju od 1972 do 1976. god. ovaj postotak porastao na 93%. Iz (1) proizlazi da je na samim niskonaponskim vodovima broj nesreća iznosio prosječno oko 6,5%, dok je na kraju iznosio 8,5%. Među nastradalima najviše je elektromontera, a zatim radnika na gradnjama i ostalih. Također i iz (3) proizlazi da su u Bavarskoj niskonaponski vodovi uzročnici oko 6% nesreća na niskom naponu. Za usporedbu sa stranim statistikama može se na temelju podataka iz (4) sastaviti sljedeća tablica nesreća na radu u elektroprivredi:

Tablica 1. Nesreće na radu od udara el. struje u razdoblju 1972—1977. god. u elektroprivredi SRH

	Vrsta ozljede				
	lake	teške	smrtne	ukupno	%
Niski napon 1 kV	51	2	2	55	57,9
Sred. napon (1—60 kV)	19	4	5	28	29,5
Visoki napon (110—220 kV)	1	1	1	3	3,2
Atmosf. prenapon	8	1		9	9,5
Ukupno	79	8	8	95	100,1
%	83,2	8,4	8,4	100	

U našim uvjetima, dakle, ima relativno manje nesreća na niskom naponu nego u stranim elektroprivredama, ali zato mnogo više na srednjem naponu. Iz tih podataka nije se moglo zaključiti koliko se nesreća događa na vodovima niskog napona koji nas ovdje interesiraju, ali je bitno upozoriti na činjenicu da se najviše nesreća i kod nas događa na niskom naponu, tj. na mreži i uređajima s kojima osoblje i ostali dolaze najčešće u dodir.

Iako broj nesreća na niskonaponskoj mreži ne mora biti veći od (prema procjeni) nekih 10% svih nesreća na niskom naponu, ipak se može očekivati da će se taj broj veoma smanjiti kad se s gole mreže prijeđe na izoliranu. Iskustva s uvođenjem izolirane mreže u Finskoj pokazala su da je broj nesreća na n.n. vodovima smanjen na samo 10% u razdoblju od 20 godina, otkako se u njihovim mrežama počelo s uvođenjem izoliranih samonosivih snopova koji danas pretežu u n.n. mreži (vidi 5).

Smatra se da su ovi navedeni argumenti najviše utjecali na težnju za usavršavanjem niskonaponske zračne mreže. Budući da se tzv. klasična i izolirana samonosiva mreža mogu uspoređivati po različitim kriterijima, koji se ne mogu svesti na ovo jedno poglavlje, to su ostali kritički zaključci ostavljeni za razmatranje u kasnijim pogljavljima, a na temelju određenih tehničkih ili ekonomskih usporedbi.

2. RAZVOJ I KONSTRUKCIJA IZOLIRANIH SAMONOSIVIH NISKONAPONSKIH VODOVA

Mnogi osnovni navedeni argumenti protiv klasičnog načina izgradnje n.n. mreže u prethodnom poglavlju potakli su u nekim razvijenim zemljama istraživanja radi pronalaženja najpogodnijeg izoliranog nadzemnog voda niskog napona. Ovaj razvoj potaknut je i širom primjenom plastičnih masa za izolaciju vodova u početku tog razvoja, tj. uskoro nakon rata, oko 1950. godine. Paralelno s tim razvojem započeo je i razvoj izoliranih nadzemnih vodova za srednjonaponske mreže.

Težilo se ka dobivanju takvog niskonaponskog voda koji će osim zahtjeva za sigurnošću biti jednostavan za montažu i održavanje.

U Finskoj je izveden nadzemni izolirani vod »AMKA« već 1961. god. Konstrukcija tog snopa sastojala se od četiri vodiča od aluminija, izolirana plastičnim polietilenom, omotana oko nosećeg čeličnog užeta. Prva pokusna instalacija realizirana je te iste godine i prema statistici već je 1963. god. u Finskoj bilo izgrađeno 700 km ovih vodova. Kako rješenje s nosivim čeličnim užetom nije zadovoljavalo (uže je pritiskivalo na izolaciju i znalo uzrokovati kvarove), započeo je već iduće godine (1964.) rad na razvoju novog tipa nadzemnog izoliranog snopa.

Nakon te faze pojavila se konačna *samonosiva* varijanta konstrukcije izoliranog snopa s debljim nosećim užetom (golim) koje je ujedno bilo i nul-vodič načinjen od aluminijske legure (0,5—0,6% Si i 0,4—0,5% Mg). Ispitivanja na mehaničku čvrstoću i zamor materijala pokazala su da snop zadovoljava. Danas je »AMKA« samonosivi snop od aluminija nominalnog napona 750 V. Vodiči su okrugli, s jednom ili sedam použenih žica, čime se postiže krutost u teškim uvjetima rada i smanjuju mehanička opterećenja (v. sl. 1). Kompaktiranjem použenih žica smanjuju se oštećenja koja nastaju na izolaciji, olakšava se uklanjanje izo-

lacije i spajanje vodiča gdje je to potrebno. Fazni vodiči identificiraju se oznakama 2, 3 i 4 napisanim uzduž izolacije. Neutralni vodič (nosivo uže) ima presjek uvijek za jednu standardnu veličinu veći od presjeka faznih vodiča.

Već prve primjene ovakvog voda pokazale su ove bitne prednosti pred klasičnim vodom s golim vodičima:

— mogućnost vođenja više vodova na istim stupovima
— niži noseći stupovi (i do dva metra), koji osim toga mogu biti i manjeg promjera jer su naprezanja kod ovog voda manja
— sve sigurnosne udaljenosti mogle su se gotovo sasvim reducirati osim visine nad zemljom koja ovisi o sasvim drugim kriterijima.

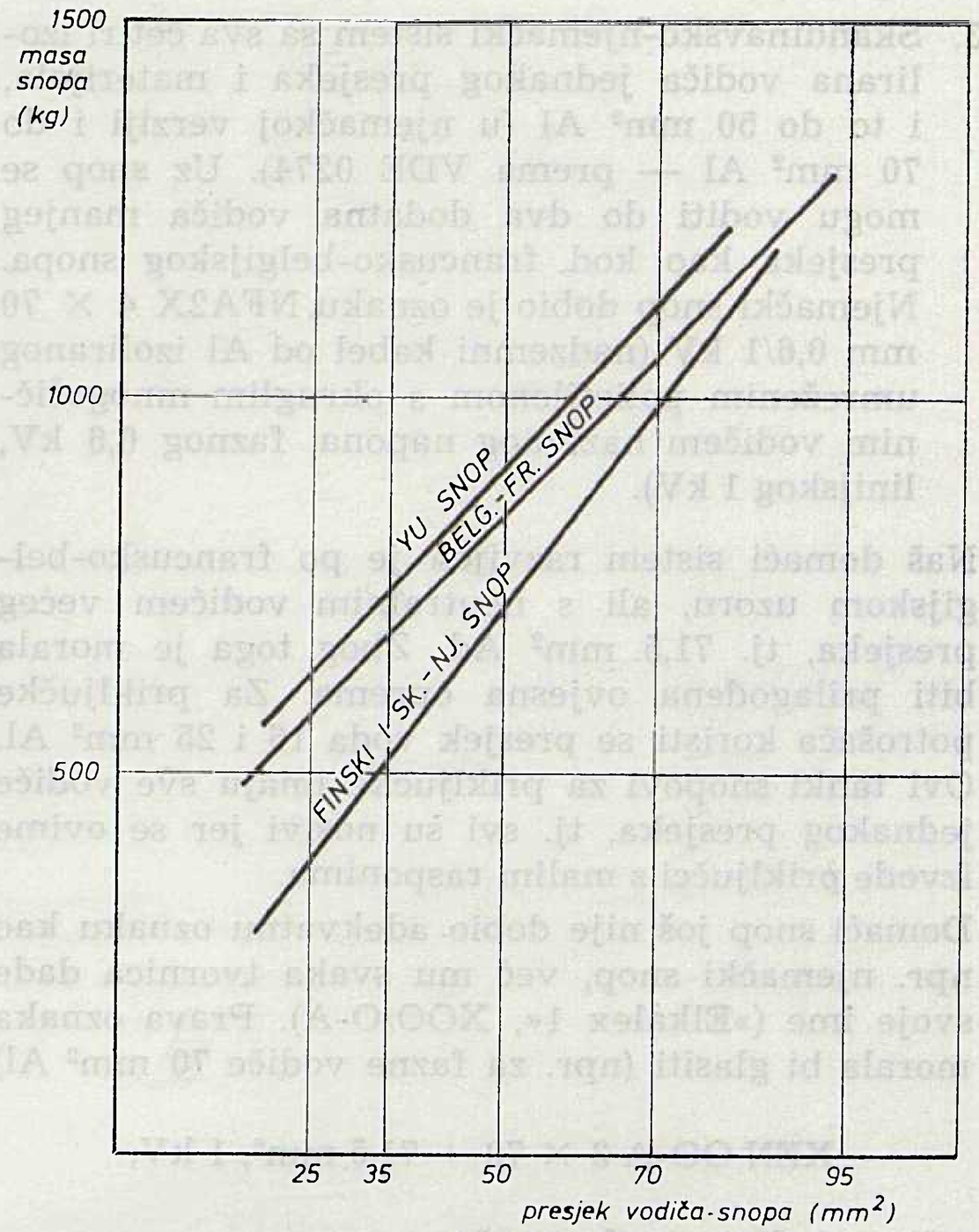
Nešto kasnije ovaj razvoj započeo je neovisno i u Francuskoj i SR Njemačkoj. Prve izolacije vodova bile su načinjene od PVC-a. Kada se pokazalo da ova izolacija ima nepovoljno temperaturno ponašanje i da je nepostojana prema ultravioletnom zračenju, počela se primjenjivati izolacija s umreženim polietilenom. Dodatkom čađe prvobitna je izolacija obojena crno, čime je postala neosjetljiva na UV-zračenje. Polietilen je kao izolacija počeo dobivati sve veću važnost, naročito otkad je proizveden spomenuti umreženi polietilen. Odlična svojstva polietilena dolaze do njegove nepolarnosti, koja rezultira vrlo malim dielektričnim gubicima. Dodavanjem umreživača i ozračivanjem polietilen postaje termoelastičan te toplinski postojniji i mehanički čvršći. Temperatura i vlaga ne utječu na njegovu dielektričnost i kut dielektričnih gubitaka. Prednosti polietilena u odnosu na PVC mogu se prikazati na pregledan način sljedećom tablicom:

Tablica 2. Usporedba električnih svojstava suhog PVC i polietilena (kod 20—25 °C i relativne vlage 65—75%)

Izolator	Probojna čvrstoća (kV/mm)	Specif. otpor (Ωcm)	Dielektričnost na 10^2 Hz	Dielektričnost na 10^6 Hz	Dielektričnost na 10^{10} Hz	Faktor gubitaka tg δ na 10^2 Hz	Faktor gubitaka tg δ na 10^6 Hz	Faktor gubitaka tg δ na 10^{10} Hz
PVC	10—20	10^{15}	3,3	3,0	2,8	150	160	70
polietilen	20	10^{17}	2,3	2,3	2,3	3	3	3

Naš domaći polietilen ima dobru sirovinsku bazu u zemlji. Prema podacima domaćih proizvođača naš polietilen ima termičku klasu 90 °C, što nadmašuje francuski koji ima 85 °C.

U razvoju niskonaponskih izoliranih vodova pokušali su se u SR Njemačkoj pojedini vodiči zatezati najprije nezavisno i odvojeno. Kao zatezna konzola služila je kružna konzola koja se koristila kao ekvivalent za tzv. »X« — konzolu prijašnjeg voda s golim vodičima. Tako je na mjestu zatezanja ovim načinom udaljenost pojedinih izoliranih vodiča iznosila oko 120 mm, dok su na nosećem stupu sve žile stegnute u jednoj ovjesnoj spojci.



Sl. 1. *Usporedba težine snopova ISV-a raznih izvedbi*

Na taj način rekonstruirana je 1972. god. mreža u staroj jezgri gradića Montabaur (kod Koblenza) koja je (jezgra) karakterizirana visokim, ali uskim zgradama; unutar njih je obnovljeni interijer zahtijevao znatno povećanje potražnje električne energije. Ali uskoro nakon toga, sredinom 1973. god., kada se uvidjelo da ovakva koncepcija nadzemnog voda zahtijeva skupu tehniku spajanja pojedinačno vođenih vodiča, uvodi se i na tom području znatno povoljniji sistem s vodičima u snopu.

Danas je sistem snopova usvojen u velikom broju zemalja, iako postoji više različitih konstrukcija od kojih su neke već spomenute. Najvažnji današnji sistemi samonosivih izoliranih snopova za niski napon jesu sljedeći:

1. Finski snop »AMKA« s izoliranim faznim vodičima presjeka 16 do 120 mm² Al i neutralnim nosivim golim vodičem; u principu je presjek neutralnog vodiča za jedan standardni presjek veći s maksimalno 95 mm² Ad (aldrey).
2. Francusko-belgijski sistem »TORSADES« ima sve vodiče izolirane: fazne s presjekom 16 do 70 mm² Al, dok neutralni vodič ima samo jedan presjek, i to 54,6 mm² Ad. Uz snop se mogu voditi do 3 vodiča za javnu rasvjetu, signalizaciju i sl., ali manjeg presjeka (16 ili 25 mm² Al).

3. Skandinavsko-njemački sistem sa sva četiri izolirana vodiča jednakog presjeka i materijala, i to do 50 mm² Al (u njemačkoj verziji i do 70 mm² Al — prema VDE 0274). Uz snop se mogu voditi do dva dodatna vodiča manjeg presjeka kao kod francusko-belgijskog snopa. Njemački snop dobio je oznaku NFA2X 4 × 70 mm 0,6/1 kV (nadzemni kabel od Al izoliranog umreženim polietilenom s okruglim mnogožičnim vodičem nazivnog napona, faznog 0,6 kV, linijskog 1 kV).

Naš domaći sistem razvijen je po francusko-belgijskom uzoru, ali s neutralnim vodičem većeg presjeka, tj. 71,5 mm² Ad. Zbog toga je morala biti prilagođena ovjesna oprema. Za priključke potrošača koristi se presjek voda 16 i 25 mm² Al. Ovi tanki snopovi za priključke imaju sve vodiče jednakog presjeka, tj. svi su nosivi jer se ovime izvode priključci s malim rasponima.

Domaći snop još nije dobio adekvatnu oznaku kao npr. njemački snop, već mu svaka tvornica dade svoje ime (»Elkalex 1«, XOO/O-A). Prava oznaka morala bi glasiti (npr. za fazne vodiče 70 mm² Al)

XEN OO-A 3 × 70 + 71,5 mm², 1 kV,

gdje pojedine oznake znače:

X — za nadzemni »samonosivi« vod; ovakva oznaka nije predviđena u JUS N. CO. 006/VIII-1961. Ovaj vod ne može se polagati u zemlju i zato treba naglasiti njegovo isključivo područje primjene — a to je nadzemna samonosiva izvedba;

EH — oznaka za umreženi polietilen što također još nije uvedeno u spomenutom JUS-u;

OO-A — je oznaka za kabel bez posebnog obilježja konstrukcija s vodičem od aluminija (nema nikakve dodatne mehaničke ili električke zaštite);

3 × 70 + 71,5 mm², 1 kV — što označuje da snop ima tri fazna vodiča presjeka 70 mm² i neutralni 71,5 mm² nazivnog napona od 1 kV. Ako su upletena još dva do tri vodiča za javnu rasvjetu ili sl., navodi se po redu i njihov presjek odijeljen znakom »+«.

Usporedba pojedinih detalja izvedbe nadzemnih izoliranih vodova najvažnijh evropskih sistema može se pratiti u tablicama I do VIII, a tu su i podaci o našem vodu.

Među faznim vodičima svih razmatranih izvedbi vrlo je malo razlika jer se svuda poštuje standardizacija presjeka vodiča u snopu, a vrlo je slično i s debljinom izolacije koja se ponegdje razlikuje za nekoliko desetinki milimetara.

Ukupni promjer snopa najviši je kod snopova s najdebljim neutralnim vodičem (Finska i Jugoslavija). Prema istim podacima jugoslavenski snop je najteži, a finski i skandinavsko-njemački najlakši (v. sl. 1), što će imati kasnije reperkusije na veličinu raspona i provjes voda.

Podaci o djelatnom istosmjernom otporu praktički su jednaki, dok neutralni vodič kod snopova gdje je nosiv ima nešto slabiju vodljivost kao legura aluminija, ali zato potrebnu mehaničku čvrstoću za nošenje čitavog snopa. Nasuprot klasičnim zračnim vodovima s golim vodičima, izolirani snop ima po vrijednosti indukatvnog otpora sve karakteristike kabela. Svi snopovi s neutralnim vodičem različitog presjeka od faznog imaju induktivni otpor u redu veličine 0,09—0,1 Ω/km, a simetrični skandinavsko-njemački čak 0,07 Ω/km. Klasični »goli« vod ima induktivni otpor oko 0,3 Ω/km, što je, dakle, 3 do 4 puta veća vrijednost.

Također se dosta razlikuju podaci o dopuštenim maksimalnim jakostima struje koje se u različitim zemljama, kao što pokazuju i tablice, daju uz različite uvjete okoline (temperatura okoline i brzina vjetra) te toplinsku klasu izolacije. Nastojalo se, koliko je bilo moguće, sve karakteristike prikazati na sličan način posebno u tablici za mehanička, kao i u tablici za električka svojstva određenog snopa.

3. MAKSIMALNI RASPON VODA

Jedan od načina da se usporede karakteristike različitih niskonaponskih sistema nadzemnih vodova svakako je mogućnost da se određeni vod izvede s više ili manje praktičnih ograničenja u rasponu među stupovima (potporama) voda. U principu se svaki niskonaponski vod može voditi slobodnim prostorom, kao i koridorom uz jednu stranu ulice, ceste ili sl. Ako se vodi slobodnim prostorom, onda će biti povoljno da vod ima mogućnost vođenja u što većim rasponima koji mu pojeftinjuju izvedbu. Međutim vod u naselju mora se prilagoditi potrošačima utoliko što mora omogućiti što kraći spoj priključka između glavnog voda i potrošača. Ovisno o gustoći potrošača mijenjat će se uglavnom i raspon voda, i to u jednakoj mjeri za sve vrste vodova, što su, dakle, vanjski faktori na koje se izvedbom voda ne može utjecati.

Kod klasičnog neizoliranog voda može se prema npr. (6) postići teoretski raspon voda od oko 100 m s provjesom od 2 m. Međutim, zbog neizoliranosti vodiča trebalo bi tom prilikom vrlo povećati duljinu konzole na stupu voda kao za vod 10 kV, što bi dalo povećanu glavu stupa s većim induktivitetom voda (a to znači i posebne konzole za velike i male raspone). Naime, nosna konzola klasičnog golog voda s čašastim izolatorom na kraju konzole ne odgovara velikim rasponima zbog opasnosti dodira među nedovoljno razmaknutim vodičima kad se ovi njišu oko svojih osi ovjesišta. Time je klasični vod praktički ograničen u rasponu na oko 40 m, što mu ne smeta pri vođenju u naseljima, ali mu nepotrebno povećava troškove pri vođenju na slobodnom.

Može se pretpostaviti da izolirani samonosivi vod ima nekoliko bitnih prednosti u mogućnostima većih raspona, a to je, prvo, nemogućnost međusobnog dodira vodiča dok ovjesni materijal u svakom slučaju ostaje isti itd.

Budući da imamo podatke o raznim izvedbama izoliranih samonosivih vodova (ISV-a), vrijedno bi bilo ustanoviti razlike među njima samima, kao i njih zajedno prema klasičnom vodu s golim vodičima.

Maksimalni raspon voda može se približno prema npr. (6) izraziti odnosom

$$a_m = \sqrt{\frac{8 f_m \sigma_d}{\gamma}} \quad (m), \qquad (1)$$

gdje je f_m — maksimalni dozvoljeni provjes (m)
σ_d — dozvoljeno maksimalno radno naprezanje (N/mm^2),
γ = 9,806 G/S — specifična težina voda ($N/m \cdot mm^2$).

Za paralelni prikaz računat će se rasponi koji se dobivaju kao rezultat uvjeta da je

— visina nosećih stupova h = 7 m

— maksimalni provjes voda rezultat opterećenja voda dodatnim mehaničkim teretom, pri čemu se mora održati sigurnosna visina voda iznad zemlje od 5 m, pa je dakle $f_m = 7 - 5 = 2$ m.

Dopuštena maksimalna radna naprezanja vodiča iznose prema podacima iz (5), (7) i (8) kako slijedi:

AMKA i TORSADES σ_d = 110 N/mm^2
SKAND. — NJEM. σ_d = 40 N/mm^2
JUGOSL. SNOP σ_d = 80 N/mm^2

Pri proračunu će se morati uzeti u obzir povećanje tereta voda zbog dodatnog tereta. Provjes koji se tako pojavljuje praktički je jednak provjesu pri temperaturi okoline od +40 °C. Prema našim Tehničkim propisima dodatni teret se određuje izrazom

$$\gamma_d = 9{,}806 \times 0{,}18 \times \sqrt{d} \quad (N/m), \qquad (2)$$

gdje je »d« promjer vodiča (snopa) u (mm).

U njemačkim propisima VDE 6211 dodatni teret se određuje izrazom koji se razlikuje od našeg, i to:

$$\gamma_d = 9{,}806 \times (0{,}5 + 0{,}01\ d) \quad (N/m) \qquad (3)$$

Osim razlike u izrazu, razlika je i u tome što je kod VDE 0211 izričito navedeno da izraz vrijedi i za (njemački) izolirani vod. Činjenica je da kod nas još nisu usvojene dodatne točke Tehničkog propisa za izvođenje nadzemnih vodova kojima bi se obuhvatili i naši izolirani samonosivi vodovi. Ako se usporede ova dva izraza za dodatni teret, dobiva se da naš izraz predviđa veći iznos, kao što pokazuje sljedeća tablica (vrijednosti »d« iz tablica I i VII u prilogu).

Navedeni dodatni tereti odnose se na očekivane terete koji se mogu pojaviti prosječno svakih 5 godina. Za dulja vremenska razdoblja propisi predviđaju proračun s još većim opterećenjem (2 × γ_d, 4 × γ_d itd.), no za ovu usporedbu nema se smisla na tome zadržavati.

Ako izračunamo raspone prema izrazu (1) (a dodatne terete odredimo prema našem Tehničkom propisu — izraz (2)), dobivamo za f_m = 2 m za sve razmatrane sisteme izoliranih samonosivih vodova ovu tablicu:

Tablica 3. Usporedba izraza za veličinu dodatnog tereta (leda i inja) iz našeg TP za nadzemne vodove i VDE 0211

Presjek vodiča u snopu mm^2 (1)	VDE 0211 (N/m) (2)	TP za izv. nadz. vod (N/m) (3)	Odnos (3) : (2) (4)
25	7,06	9,1	1,29
35	7,35	9,76	1,33
50	7,65	10,30	1,35
70	8,04	11,12	1,38

Tablica 4. Maksimalan raspon izoliranih samonosivih vodova raznih izvedbi uz 1 × γ_d

Presjek vodiča snopa (mm^2)	AMKA (m)	TORSADES (m)	SKAND.-NJEM. (m)	JUGOSL. (m)
25	58,6	54,7	72,7	45,7
35	64,6	61,0	80,2	50,8
50	71,3	69,6	88,2	58,0
70	76,6	75,8	95,4	63,5

Ovi odnosi prikazani su i na sl. 2.

Prema ovim rezultatima očito je da naš izolirani samonosivi snop ima najmanje mogućnosti većih raspona u odnosu na ostale evropske niskonaponske snopove. Tome je, s jedne strane, razlog manje dopušteno radno naprezanje prema prva dva sistema, dok s druge strane skandinavsko-njemački sistem ima velik nosivi presjek (sva četiri vodiča su nosiva) unatoč manjem dopuštenom radnom naprezanju. Jednim dijelom na to utječe i specifična težina našeg snopa koja je najveća od svih uspoređenih (v. sl. 1). Proizlazi da bi se za veće raspone kod našeg sistema moralo upotrijebiti više stupove, a to je u suprotnosti s prednostima koje je donio upravo izolirani samonosivi snop, dakle, manje visine nosećih i zateznih stupova.

Veličine raspona koje su prikazane upućuju na zaključak da su inozemni snopovi bolje prilagođeni za vođenje izvan naselja (slobodni prostor, šuma) što naročito vrijedi za skandinavsko-njemački snop. Pri velikim rasponima vod postaje mnogo ekonomičniji. Kod domaćeg snopa troškovi investicija za stupove mogu se smanjiti pri maksimalnom rasponu na oko 60% (16 umjesto

Tablica I. Struktura Skandinavsko-njemačkog sistema nadzemnog izoliranog snopa

SNOP, BROJ I PRESJEK VODIČA	FAZNI VODIČI				NEUTRALNI VODIČI		SNOP UKUPNO	
	Broj i presjek	maksim. promjer	debljina izolacije	masa metala	maksim. promjer	masa metala	maksim. promjer »d«	masa ukupno
mm^2	mm^2	mm	mm	kg/km	mm	kg/km	mm	kg/m
4×25	3×25	5,9	1,3	208	5,9	69	22	391
4×35	3×35	7,0	1,3	292	7,0	97	25	520
4×50	3×50	8,2	1,5	392	8,2	131	28	726
4×70	3×70	9,9	1,5	564	9,9	188	32	990

Tablica II. Električne karakteristike samonosivog izoliranog snopa Skandinavsko-njemačkog sistema

SNOP, BROJ I PRESJEK VODIČA	Djelatni otpor Ω/km				Induktivni otpor	Maks.* dopušt. struja	Maks. struja zaštite od preopteređ.	Maks. dopušt. struja kr. spoja 1 sek
	fazni vodiči		neutralni vodiči					
m^2	+20°C	+70°C	+20°C	+70°C	(Ω/km)	(A)	(A)	(kA)
4×25	1,20	1,442	1,20	1,442	0,073	107	63	1,3
4×35	0,876	1,051	0,876	1,051	0,072	132	80	1,9
4×50	0,641	0,770	0,641	0,770	0,070	165	100	2,7
4×70	0,443	0,532	0,443	0,532	0,069	205	125	3,8

Tablica III. Struktura samonosivog izoliranog snopa »Torades« (francusko-belgijski)

SNOP BROJ VODIČA I PRESJEK	FAZNI VODIČI				NEUTRALNI VODIČI		SNOP UKUPNO	
	broj i presjek	maksim. promjer vodiča	debljina izolacije	masa metala Al	maksim. promjer	masa metala	maksim. promjer »d)	masa ukupno
mm^2	mm^2	mm	mm	kg/km	mm	kg/km	mm	kg/km
TORSADES 1×16*+	1×16	4,6	1,2	43,3				
TORSADES 3×25 + 54,6	3×25	6,4	1,4	204,0			26	580
TORSADES 3×35 + 54,6	3×35	7,6	1,6	283,0	197,3	147!3	30	700
TORSADES 3×50 + 54,6	3+50	8,0	1,8	383,3			33	820
TORSADES 3×70 + 54,6	3×70	10,7	1,8	553,3			39	1060

Tablica IV. Električne karakteristike samonosivog izoliranog snopa »Torsades« (francusko-belgijski)

SNOP BROJ VODIČA I PRESJEK	Djelatni otpor vodiča Ω/km			Iduktivni otpor	Maksim. dopuštena struja (kod 40°C)
	fazni vodiči		neutralni vodič		
mm^2	+20°C	+75°C	+20°C	Ω/km	(A)
TORSADES 1×16	1,98	2,42		—	
TORSADES 3×25 + 54,6	1,20				
TORSADES 3×35 + 54,6	0,868	1,06	0,628	0,09	108
TORSADES 3×50 + 54,6	0,641	0,790		0,09	125
TORSADES 3×70 + 54,6	0,443	0,541		0,09	163

Tablica V. Struktura samonosivog izoliranog snopa »Amka« (Finska)

SNOP BROJ VODIČA I PRESJEK	FAZNI VODIČI			NEUTRALNI VODIČ ILI ČELIČ. NOSAČ		SNOP	UKUPNO
	broj i presjek	maksim. promjer vodiča	masa metala	maksim promjer	masa metala	maksim promjer »d«	masa ukupna
mm²	mm²	mm	kg/km	mm	kg/km	mm	kg/km
AMKA 1×16 + 25	1×16	4,6	50	6,1	70	14	140
AMKA 3×16 + 25	3×16	4,6	130	6,1	70	22	270
AMKA 3×25 + 35	3×25	6,1	210	7,2	100	26	390
AMKA 3×35 + 50	3×35	7,2	290	8,6	140	30	530
AMKA 3×50 + 70	3×50	8,6	410	10,4	190	35	700
AMKA 3×70 + 95	3×70	10,4	580	12,0	260	41	990
AMKA 3×120 + 95	3×120	13,0	990	12,0	260	47	1 150

Tablica VI. Električne karakteristike samonosivog izoliranog snopa »Amka« (Finska)

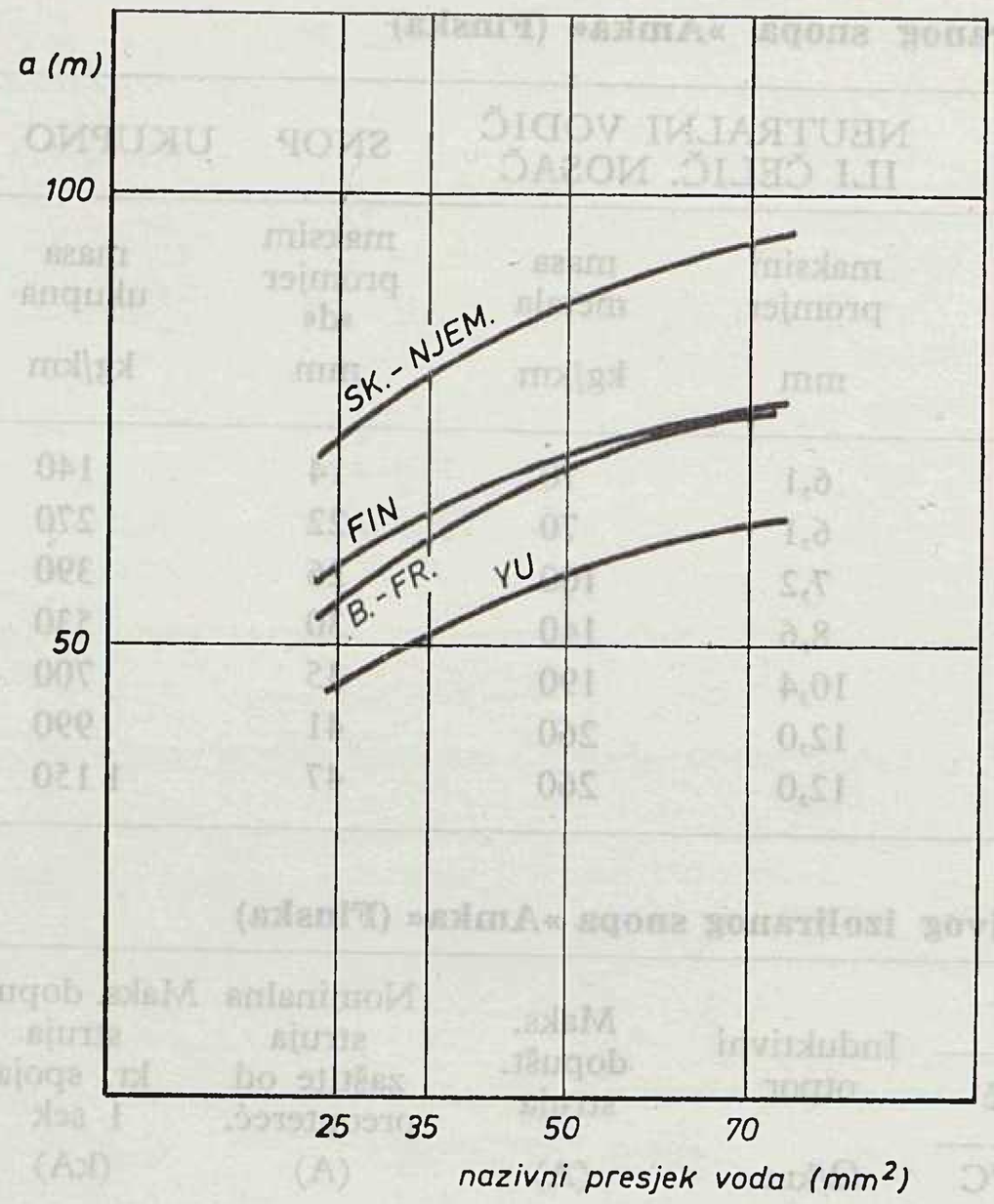
SNOP BROJ VODIČA I PRESJEK	Djelatni otpor				Induktivni otpor	Maks. dopušt. struja	Nominalna struja zaštite od preopteréć.	Maks. dopušt. struja kr. spoja 1 sek
	fazni vodiči		neutralni vodič					
mm²	+20°C	+70°C	+20°C	+70°C	Ω/km	(A)	(A)	(kA)
AMKA 1 × 16 + 25	1,91	2,295	1,380	1,622	0,090	75	63	1,0
AMKA 3 × 16 + 25	1,91	2,295	1,380	0,108	0,108	70	50	1,0
AMKA 3 × 25 + 35	1,20	1,442	0,986	1,159	0,106	95	63	1,5
AMKA 3 × 35 + 50	0,868	1,043	0,690	0,811	0,104	115	80	2,0
AMKA 3 × 50 + 70	0,641	0,770	0,493	0,579	0,101	140	100	3,0
AMKA 3 × 70 + 95	0,443	0,532	0,363	0,427	0,097	180	125	4,0
AMKA 3 × 120 + 95	0,253	0,304	0,363	0,427	0,092	250	200	7,5

Tablica VII. Struktura samonosivog izoliranog snopa (Jugoslavija) »Elkalex 1« I XOO/O-A-1 kV

SNOP BROJ I PRESJEK VODIČA	FAZNI VODIČI				NEUTRALNI VODIČ		SNOP UKUPNO	
	broj i presjek	maksim. promjer vodiča	debljina izolacije	masa metala	maksim. promjer	masa metala	maksim. promjer »d«	masa ukupno
mm²	mm²	mm	mm	kg/mk	mm	kg/km	mm	kg/km
2×16	1×16	4,9	1,2	88	4,9	44	15	152
4×16	3×16	4,9	1,2	176	4,9	44	18,6	305
3×25 + 71,5	3×25	6,0	1,4	411	10,8	203	26,6	631
3×35 + 71,5	3×35	7,2	1,6	495			30,6	773
3×50 + 71,5	3×50	8,4	1,6	595			34,0	890
3×70 + 71,5	3×70	10,2	1,8	767			39,7	1 132

Tablica VIII. Električne karakteristike samonosivog izoliranog snopa »Elkalex 1« I XOO/O-A-1 kV

SNOP BROJ I PRESJEK VODIČA	Djelatni otpor Ω/km				Induktivni otpor	Maks. dopušt. struja	Maks. struja zaštite od preopteréć.	Maks. dopušt. struja kr. spoja 1 sek
	fazni vodiči		neutralni vodič					
mm²	+20°C	+70°C	+20°C	+70°C	(Ω/km)	(A)	(A)	(kA)
2×16	1,91	2,292	1,91	2,292				
4×16	1,91	2,292	1,91	2,292		81	50	
3×25 + 71,5	1,20	1,44			0,084	108	63	
3×35 + 71,5	0,868	1,042	0,47	0,544	0,083	131	80	
3×50 + 71,5	0,641	0,769			0,081	154	100	4,45
3×70 + 71,5	0,443	0,532			0,077	198	125	



Sl. 2. *Maksimalni dozvoljeni raspon ISV-a raznih izvedbi (uz provjes f_m = 2 m)*

25 stupova po km voda), čime troškovi voda padaju za oko 10%, ali opadaju i troškovi transporta i montaže što pojeftinjuje vod za daljnjih 20-ak procenata. Time bi vod pojeftinio za oko 30%, čime je veličina investicionih troškova već za 20% niža od one za klasični vod. Ako se pretpostavi da vod treba voditi dijelom kroz slobodni prostor a dijelom kroz naselje koristeći prednosti većeg raspona ISV-a u prvom dijelu moguće je znatno sniženje razlika između klasičnog voda i ISV-a, koje će onda ovisiti o omjeru jednog i drugog načina vođenja. Ako se pri tome koriste i neke druge mogućnosti, npr. vođenje na stupovima srednjonaponskog voda, razlike mogu biti znatne. Troškovi voda na »tuđim« stupovima opadaju za čitavih 40 posto jer otpadaju troškovi za stupove te troškovi za njihov transport i montažu, a preostaju samo troškovi snopa, ovjesne opreme, transporta i montaže snopa (to se odnosi i na vođenje dvaju vodova na istim stupovima, što je vrlo velika prednost ISV-a).

Vrijedno je načas se vratiti na rezultate iz tablice 4, gdje se vidi da su ostali snopovi još pogodniji jer dopuštaju vrlo velike raspone sa samo 10-ak stupova po km voda. Tu je još zanemarena činjenica da se računalo s većim iznosom dodatnog tereta nego u njemačkim propisima. Ako se i to uzme u obzir, mogu se rasponi kod njemačkog snopa povećati za daljnjih 15 do 18%, pri čemu veći postotak odgovara najdebljem snopu. Naš vod će pri velikom rasponu, ako je vođen zajedno sa srednjonaponskim vodom, morati imati veći provjes nego npr. njemački ISV, a morat će se u nekim prilikama postaviti i dodatni stupovi za »podizanje« ISV-a.

Druga je mogućnost za povećanje mogućih raspona da se poveća dopušteno naprezanje našeg domaćeg nosivog vodiča sa σ_d = 80 N/mm² na σ_d = 110 N/mm², kao kod francusko-belgijskog i finskog sistema. Time bi se dopušteni rasponi povećali za 17% i približili vrijednostima spomenutih snopova. Ova promjena u nul-vodiču dovela bi do malog poskupljenja, ali bi se isplatila u primjeni (kod vodova na »slobodnom«).

Baš nemogućnost izvedbe nul-vodiča s čvršćim materijalom dovela je do sadašnjeg rješenja s debljim nul-vodičem (71,5 mm² prema 54,6 mm² kod francuskog sistema) ali jednake prekidne sile (~ 18 000 N).

Literatura

[1] Homberger E.: »Unfälle an elektrischen Starkstromanlagen in der Schweiz in den Jahren 1961 und 1962«, Bull. SEV 55 (1964) 4, 22 fevirer
[2] Büchler O.: »Unfälle an elektrischen Starkstromanlagen in der Schweiz in den Jahren 1972 bis 1976«, Bull. SEV/VSE 70(1979)1, 13. Januar
[3] Jugoslavenska i inostrana dokumentacija zaštite na radu, časopis 11/1970.
[4] Statistički godišnjak elektroprivrede SRH, izd. 1967. do 1977. god.
[5] Kuuisto O.: »Experiences avec les cables aeriens isoles et nouvelles idees sur la structure des lignes du reseau de distribution d' electricite finlandais«, ref. 34, Seance 4, CIRED 1979, Liege.
[6] Kaiser: »Elektrotehnički priručnik«, Tehnička knjiga, Zagreb 1971.
[7] Kuhnert E.: »Luftkabel im Ortsnetz«, Elektrizitätswirtschaft Jg. 79 (1972), H. 22
[8] Haslauer U. Schütz: »Erfahrungen mit UPE-isolierten Bündelleitern beim Ortsnetzbau und wirtschaftliche Auswirkungen dieser Bauweise« Elektrizitätswirtschaft Jg. 73 (1974), H. 18
[9] Mihalek E.: »Samonosivi izolirani vodovi niskog napona«, magistarski rad, ETF Zagreb, 1981.

SOME ASPECTS OF ABOVEGROUND LOW VOLTAGE LINES DEVELOPMENT

In last two decades it is used in Europe thoroughly new type of the low voltage aboveground isolated lines. In the article are discused some aspects of development of classical and isolated aboveground low voltage lines by us and in Europe.

BETRACHTUNGEN ZUR ENTWICKLUNG VON NIEDERSPANNUNGSLEITUNGEN

In den letzten zwei Jahrzehnten entwickelte sich in Europa eine ganz besondere Bauart von isolierten Niederspannungsleitungen. Die vorliegende Arbeit behandelt kritisch verschiedene Gesichtspunkte dieser Entwicklung der klassischen und isolierten Niederspannungsfreileitungsnetze im Inland und in Europa.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Последние два десятилетия принесли Европе современно новый тип воздушной изолированной сети низкого напряжения. В работе критически рассматриваются некоторые аспекты развития традиционной и изолированной воздушной сети низкого напряжения в СФРЮ и в Европе.

Naslov pisca:
mr Ernest Mihalek, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu
Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
15. II 1982.

Energija God. 31 (1982) br. 7—8, 245—254

POGON I ODRŽAVANJE PRIJENOSNE MREŽE U SLAVONIJI I BARANJI, DANAŠNJE STANJE I ZNAČAJNIJI POGONSKI DOGAĐAJI

Marijan K a l e a, Osijek

UDK 621.316.1
STRUČNI RAD

U 25-godišnjem razdoblju postrojenja prijenosne električne mreže u Slavoniji i Baranji bilo je niz zanimljivih pogonskih događaja. U prvom dijelu članka izloženo je postojeće stanje elektrosistema Slavonije i Baranje, a zatim su opisani značajniji pogonski događaji.

Ključne riječi: Slavonija i Baranja, 25 godina elektrosistema, pogonski događaji.

UVOD

Nastavljajući opis razvoja prijenosa električne energije u Slavoniji i Baranji u povodu obilježavanja 25-godišnjice priključka na 110 kV mrežu Jugoslavije, iznosi se prikaz današnjeg stanja prijenosne mreže u Slavoniji i Baranji, te današnje organizacije njezina pogona i održavanja.

Ukratko se, u nastavku, opisuju najkrupniji pogonski događaji što su se zbili tokom 25-godišnjeg rada i daju se neke zajedničke značajke posljednjeg razdoblja pogona prijenosne mreže u Slavoniji i Baranji.

NEKE ZNAČAJKE POGONA I ODRŽAVANJA

Prijenosnom mrežom Elektroprijenosa — Osijek, čiji su razvoj i sadašnje stanje upravo prikazani, posljednjih su godina prerađene sljedeće količine električne energije (GHh/god.):

	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.
Sveukupni prijenos/[1]/	981	1 026	1 669	2 455	2 957	3 866	3 520
Tranzit	—	7	568	1 240	1 662	2 415	1 967
Gubici u prijen. mreži	9	13	23	34	36	43	4 2
Direktni potrošači	64	63	71	78	84	111	129
Distribucija/[2]/	908	943	1 007	1 103	1 175	1 297	1 382

[1] iz elektroenergetskog sistema + PTE Osijek
[2] uključen saldo distributivne razmjene

Distribucija je posljednjih godina ostvarila rast bez osobitih skokova, a potrošnja direktnih potrošača rasla je naglo zbog priključka Tvornice cementa u Našicama.

Tranzit preko ovog područja je, uključenjem u mrežu 400 kV, postao znatan — u svakoj godini nakon 1977. bio je veći od ukupne potrošnje na području! U ukupno prenesenoj energiji od 1976. godine sudjeluje i proizvodnja PTE Osijek sa 50 do 150 GWh/god.

Prijenosna mreža Elektroprijenosa — Osijek tih je godina imala sljedeću ukupnu instalaciju u pogonu (stanje krajem godine):

	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.
400 kV							
— dalekovodi km)	—	—	104	202	202	202	202
— trafostanice (MVA)	—	—	300	300	600	600	600
220 kV							
— dalekovodi (km)	54	54	54	53	54	54	54
— trafo-stanice (MVA)	300	300	300	300	300	300	300
110 kV							
— dalekovodi (km)	372	413	413	423	508	593	624
— trafo-stanice (MVA)	349	369	407	427	549	629	709

Ukupna duljina svih dalekovoda za održavanje udvostručena je u tom prikazanom razdoblju. Jednako tako udvostručena je i instalirana snaga u trafo-stanicama gornjeg napona 110 kV. Danas je u pogonu 12 tih trafo-stanica. Od 1977/78. godine u pogonu su i svi sadašnji objekti mreže 400 kV na ovom području.

Prikazane količine električne energije prerađene su opisanom prijenosnom mrežom uz stanovit način njezina pogona i održavanja. On je bio uvjetovan strukturom mreže, svojstvima izgrađenih objekata i ugrađenih elemenata, utjecajima okoline, obučenošću i opremljenošću radnika, te opterećenjem mreže u tom razdoblju. Pokušat ćemo to ilustrirati iznošenjem i komentiranjem podataka o:

— pogonskim događajima u mreži
— štetama na elektroprijenosnim objektima
— ostvarenim gubicima električne energije u prijenosnoj mreži
— ostvarenom pogonskom spremnošću mreže

iz posljednjih godina pogona prijenosne mreže Elektroprijenosa — Osijek za koje se raspolaže tim podacima.

Pregled nekih značajki pogona i održavanja prijenosne mreže započnimo na osnovi regionalne statistike pogonskih događaja[1] obrađene za četiri godine: od 1977. do 1980. godine Tu se pod pogonskim događajem razumijevaju:

— ispad (ispravnim ili pogrešnim djelovanjem zaštite)
— prinudni zastoj (djelovanjem čovjeka radi sprečavanja kvara ili štete)
— neplanirani zastoj (radi neplaniranih radova, ekonomičnog prilagođenja opterećenju, redukcije)
— planirani zastoj (radi planiranog održavanja)
— smanjenje sposobnosti (radi djelomičnog nedostatka)
— stavljanje u rezervu.

Obuhvaćena su, dakle, sva zbivanja koja u svakodnevnom korištenju prijenosne mreže predstavljaju promjenu: od stanja pune uključenosti svih objekata i svih njihovih vitalnih dijelova — u pogon sa stanjem stanovite neuključenosti objekata ili njihovih dijelova.

Takvih pogonskih događaja u posljednjoj godini promatranja bilo je više od tisuću; točnije, tri svakoga dana prosječno. Prosječno jedan događaj dnevno zbio se u trafo-stanicama, a dva događaja dnevno na dalekovodima.

Približno 2/3 svih događaja su planirani zastoji radi održavanja, dakle — u prosjeku — svakoga dana obavljena su dva zahvata održavanja u mreži. Kako je većina mogla biti obavljena za povoljnijih vremenskih uvjeta i radnim danom, to je stvarno obavljeno i više zahvata održavanja u prosječnom radnom danu.

Samo 1/10 svih dagađaja predstavlja prekid pogona ispadom ili prinudom, dakle takav zastoj dogodio se prosječno svakog trećega dana. U tome na tri takva prekida pogona dalekovoda dolazi jedan takav zastoj u trafo-stanicama. Uzroci tim prekidima po svojem trajanju u 75% slučajeva su prolazni (u sve četiri godine promatranja), a trajni ili uzastopni u 25% događaja. Zanimljivo je da je kod dalekovoda učešće prolaznih uzroka samo neznatno veće od prosjeka (77%), a kod trafostanica nešto manje od prosjeka (70%). (To upućuje na opravdanost razmatranja svih mogućnosti za primjenu lokalne automatizacije — povrh, dakako, instaliranog automatskog ponovnog pogona nakon ispada, radi skraćenja trajanja zastoja, osobito u toku šireg uključenja objekata u centralizirani sistem daljinskog vođenja.)

Što sumarno proizlazi iz pregleda svih pogonskih događaja u mreži posljednjih godina? Visoko učešće preventivnih zahvata koji nemaju za sobom kao posljedicu poremećaje u prijenosu električne energije, te uobičajeno učešće prolaznih uzroka kod kvarova i smetnji. Tek svaki 40. događaj uzrokovan je trajnim ili uzastopnim kvarom, za uklanjanje čijih posljedica je najvjerojatnije bila potrebna (neplanirana ili, čak, hitna) intervencija ekipa za održavanje.

Za razdoblje između početka 1975. godine i kraja 1981. godine, dakle za posljednjih 7 godina pogona, raspolaže se i s analizom svih šteta nastalih na objektima prijenosne mreže Elektroprijenosa — Osijek.

Štetom se ovdje razumijeva pogonski događaj koji se prema pravilima osiguranja smatrao osiguranim slučajem, dakle kojemu je bio uzrok:

— požar, udar groma i eksplozija
— oluja, tuča, poplava, bujica, visoka i podzemna voda, snježne lavine
— izlijevanje vode iz instalacija i istjecanje tekućina
— udar vlastitog vozila ili pokretnog stroja u građevinski objekt, pad zračne letjelice
— klizanje, slijeganje i odronjavanje tla
— potres
— lom strojeva i nezgode u pogonu kao: greške u konstrukciji, izravno djelovanje električne struje i prenapona, centrifugalne sile, nedostatak pogonske vode, pritisak mraza, leda ili snijega, natpritisak i potpritisak, zatajenje zaštite i automatike, pad ili udar, ispitivanje radi puštanja u pogon, nespretnost, nemar ili zlonamjernost radnika ili koje druge osobe.

Dodajmo da je za slučaj loma strojeva i nezgode u pogonu ugovorom osiguranika i zajednice osiguranja utvrđen samopridržaj (franšiza) u današnjem iznosu od 10 000 dinara. Stoga događaji u povodu kojih su troškovi uklanjanja njihovih posljedica bili manji od tog iznosa nisu u nastavku obuhvaćeni.

Uz takve pretpostavke u sedmogodišnjem razdoblju bilo je u prijenosnoj mreži Slavonije i Baranje ukupno 89 šteta. Godišnji broj šteta postupno raste, od približno 1 štete/mjesečno (1975), narastao je na približno 2 štete/mjesečno (1981).

[1] Prema: Željko Zlatar, *Regionalna statistika događaja*, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1978/79. i Hebel, Obelić, Kljajić, Bobetko, *Republička statistika događaja u elektroenergetskom sistemu SR Hrvatske*, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1980.

Struktura tih 89 nastalih šteta po objektima i (gornjem) naponu jest:

	400 kV	220 kV	110 kV	Ukupno
DV	1	1	19	22
TS	16	9	42	67
DV + TS	18	10	62	89

Približno 3/4 šteta nastalo je na trafo-stanicama, a 1/5 šteta nastalo je na objektima mreže 400 kV (razdoblje početnog pogona tih objekata i velik broj ugrađenih elemenata u trafo-stanici!).

Prema neposredno pogođenom elementu mreže, štetama su najizloženiji bili — kod dalekovoda:

— stupovi 59%
— izolatori 23%
— ostalo 18%

a kod transformatorskih stanica:

— prekidači 24%
— transformatori 16%
— rastavljači 13%
— postrojenje 35 kV 13%
— mjerni transformatori 10%
— odvodnici prenapona 9%
— ostalo 15%

U pogledu trenutka nastanka šteta one su analirane prema sezoni (učestalost pojave po mjesecima u godini), prema danu u tjednu i prema dnevnom satu nastanka.

Po prilici, dvostruko više šteta nastalo je u lipnju, srpnju i kolovozu nego u drugim mjesecima u godini, u kojima su štete raspoređene dosta ravnomjerno. Na tih 7 godina promatranja nije moguće izdvojiti dane u tjednu koji bi bili izloženiji nastanku šteta.

Prema dnevnom rasporedu nastanka štete, u noćnom razdoblju između 22 sata i 4. sata gotovo da nije bilo šteta. Jače opterećeno razdoblje jest ono između 5 i 7 sati, te između 11 i 15 sati. U preostalim dnevnim razdobljima štete su bile ravnomjerno raspoređene.

Kako su lipanj, srpanj i kolovoz najmanje opterećeni mjeseci u elektroenergetskom sistemu Slavonije i Baranje, a dnevni vrh nastupa između 18 sati (zimi) i 21 sata (ljeti), to je ustanovljena povećana vjerojatnost nastanka štete u pogledu sezone i u pogledu dnevnog rasporeda relativno povoljna. Ostaje podnevno razdoblje pojačane vjerojatnosti nastanka štete koje, premda izvan ukupnog vršnog opterećenja mreže, nastupa ipak u doba kada je rad proizvodnih organizacija intenzivan, te posredne posljedice šteta mogu biti velike.

U pojedinim slučajevima kao uzrok štete utvrđeni su ovi razlozi:

— atmosferski razlozi 35%
— greška u materijalu 22%
— krađa i ostale štete od drugih 16%
— neprimjeren postupak našeg radnika 9%
— ostalo 18%

Što je, dakle, karakteristično za štete nastale u pogonu prijenosne mreže Elektroprijenosa — Osijek, u posljednjim godinama?

Štete (veće od 10 000 dinara) nisu pretjerano učestale. Danas mjesečno nastaju oko dvije štete. Kritičniji su ljetni mjeseci, a kritičnije dnevno razdoblje je ujutro i oko podne. Tri četvrtine šteta nastupilo je na transformatorskim stanicama, i to svaka četvrta na prekidačima. Podjednako — a nešto rjeđe — slijede energetski transformatori, rastavljači i postrojenja srednjeg napona kao cjeline. Trećina uzroka okarakterizirana je atmosferskim, a nešto manje od četvrtine greškama u materijalu koje nije bilo moguće predvidjeti i unaprednim zahvatom spriječiti.

Usporede li se troškovi nastali radi sanacije »redovnih« (nazovimo to tako) šteta s nabavnom vrijednošću osiguranih osnovnih sredstava, oni imaju dosta ujednačenu godišnju veličinu: kreću se negdje ispod jednog promila nabavne vrijednosti osnovnih sredstava. Ako se tome dodaju neuobičajeno velike štete — čija je vjerojatnost nastanka manja (kod nas u tih 7 posljednjih godina dva požara energetskih transformatora) — onda se dođe na prosječno znatno veći iznos troškova. Objavljivanje točnih podataka o tome ne bi bilo poslovno opravdano. Istaknimo samo da se iz usporedbe isplaćenih naknada za sve nastale štete i uplaćenih premija osiguranja u tom razdoblju može zaključiti kako je s naše strane opravdano u svakom novom pogonskom događaju pažljivo utvrđivati ima li elemenata kakva osiguranog slučaja u njemu i — ako ima — formulirati zahtjev za naknadu štete i založiti se na njegovu priznavanju, koristeći pri tome dobro poznavanje svih ugovorenih uvjeta osiguranja. U Elektroslavoniji—Osijek postoji referada koja o tome brine ujedinjeno za sve udružene organizacije.

Detaljniji prikaz podataka o pogonskim događajima i štetama, te njihova pomnija analiza prelazili bi okvire ovog — prvenstveno prigodnog — članka.

Ako se gubici u prijenosnoj mreži na području Elektroprijenosa—Osijek definiraju razlikom nabavljene električne energije i prodane električne energije direktnim potrošačima i distribuciji, ti su gubici posljednjih godina ustaljeni na veličini koja je ispod 3% nabavljene električne energije.

Ako se pogonskom spremnošću mreže definira omjer ostvarenih zastoja u mreži i normiranih zastoja, prema kriterijima koji se posljednjih godina primjenjuju u elektroenergetskom sistemu

Hrvatske (svaki objekt ima karakterističnu snagu i normirano trajanje zastoja tokom mjeseca ili godine, a u ostvarenju utvrđuje se ostvareno trajanje zastoja, osim onih uzrokovanih višom silom), tako iskazana godišnja spremnost prijenosne mreže Elektroprijenosa—Osijek kretala se između 10 i 30%. Na nestabilnost tog podatka — za sada — još veoma djeluje nedovoljno ujednačen sistem njegova iskazivanja i tretiranja više sile, te se čini da utemeljenije uspoređivanje još nije moguće (kako između pojedinih godina, tako i između pojedinih prijenosnih organizacija).

Na kraju jedan dojam, dosta čvrsto utemeljen na većem broju proteklih pogonskih događaja. Mreža — u cjelini — instalirana je danas dosta bogato; rezervni vodovi, rezervni transformatori i višestruke sabirnice. Rješenja — u detaljima — također: višestruko napajanje istosmjernim i izmjeničnim naponom, višestruke telekomunikacijske veze, višestruka mogućnost manipuliranja aparatima itd. Međutim, kada se zbude pogonski događaj, zna doći do **nedovoljno efektnog korištenja trenutno raspoloživih rezervi.** Djeluje da su oni koji su koncipirali, projektirali, gradili i opremali mrežu malo »pobjegli« onima koji vode njezin pogon. Zna, naime, doći do ustezanja oko uključenja rezervnog transformatora ili prelaska na ispravni sistem sabirnica, preko zanemarivanja mogućnosti posrednog pomoćnog napajanja kakva uređaja putem za tu svrhu instaliranog okolnog puta, pa do nekorištenja (doduše suptilnijih) mogućnosti kratkotrajnih preopterećenja pojedinih elemenata mreže, u ovisnosti od prethodnih opterećenja i temperature okoline.

Uza sve ograničenija sredstva za izgradnju, treba da se sve naglašenije okrećemo, traženju i iskorištavanju rezervi u postojećoj mreži, te smišljenim dogradnjama i preuređenjima, kako bi se za što manje uloženog novca ostvarila što veća raspoloživost mreže.

DANAŠNJE STANJE

Godine 1980. je prijenosnom mrežom za konzum na području »Elektroslavonije« preneseno oko 1,4 TWh (milijardi kilovatsati), a tranzitirano k tome još i oko 2,4 TWh, dakle ukupni je prijenos iznosio 3,8 TWh električne energije.

Kako je već rečeno, udio tog konzuma u potrošnji Hrvatske (12,7%) i Jugoslavije (2,7%) čini oko 2/3 udjela našeg područja u stanovništvu odnosno površini Hrvatske i Jugoslavije. Ovdje je utrošeno oko 1 700 kWh po stanovniku, prema 2 450 kWh u Hrvatskoj i 2 290 kWh u Jugoslaviji.

Učešće potrošnje električne energije u kućanstvima prema ukupnoj potrošnji električne energije vrlo je visoko (45%, prema 32% u Hrvatskoj i 31% u Jugoslaviji, 1980. godine).

Prijenosna mreža na području Slavonije i Baranje imala je 1980. godine sljedeću instalaciju (u usporedbi s mrežom Jugoslavije):

Napon (kV)	Dalekovodi (km)			Trafo-stanice (MVA)		
	Sl + Ba	Jugosl.	učešće (%)	Sl + Ba	Jugosl.	učešće (4)
110	593	12 572	4,7	629	13 981	4,5
220	54	4 942	1,1	300	9 031	3,3
400	202	3 403	5,9	600	11 000	5,5

Učešće veličine prijenosne mreže u Jugoslaviji veće je od učešća konzuma, što je, dakako, posljedica položaja na izrazitom tranzitnom pravcu, geografske dislociranosti potrošnje i koncentracije u pojedinim čvorovima, ali i znak postignute pogonske sigurnosti i stanovite podloge za ubrzani razvoj materijalne proizvodnje i društvenih djelatnosti, potreban na ovom području.

Istaknimo: gotovo svi čvorovi u mreži 110 kV dvostruko su ili dvostrano napajani, a instalirani transformatori 110/35 kV gotovo u svim trafo-stanicama imaju potpunu rezervu. Instalacija transformatora 400/110 kV i 220/110 kV takva je da jedna jedinica, uz sadašnje opterećenje, može biti izvan pogona, a u razdobljima izvan vršnog opterećenja čak i po jedna u svakom čvoru: Ernestinovo i Đakovo. Jasno da se ovo stanje svake iduće godine postupno iscrpljuje; sve brže nadolazi vrijeme kada instalacije treba povećavati. Za manje od 10 godina, opterećenja će vjerojatno biti dvostruko veća od današnjih!

Uz takvu izgrađenost mreže, svoju današnju brigu o vođenju pogona i održavanja radnici obavljaju u doista povoljnim okolnostima. Zbog dobre rezerve u vodovima i transformatorima udio hitnih intervencija u poslu je malen, popravak se može obaviti mirnim radom, ponekad čak i odgoditi iz razdoblja noći, neradnog dana ili nevremena.

Održavanje se može planirati s dovoljno raspoloživog vremena u povoljnom trenutku, kada se mogu osigurati beznaponska stanja, bez ikakve redukcije potrošnje. Također, mogu se planirati i izvoditi dugotrajniji zahvati na složenijim rekonstrukcijama pojedinih objekata. Konačno, na udobnost pogona i održavanja odnosno učestalost intervencija utječe i činjenica da je polovica ukupne duljine dalekovoda i većina trafo-stanica stara manje od 10 godina; nalazi se, dakle, u životnoj dobi kada su početni nedostaci uklonjeni, a kvarovi se zbog ubrzanog starenja još ne javljaju.

Otprema i izvedba postrojenja i dalekovoda u velikoj su mjeri u cijeloj mreži ujednačeni. Koriste se isključivo pneumatski prekidači visokog napona i malouljni prekidači srednjeg napona u malom asortimanu, kao i mjerni transformatori, odvodnici prenapona i rastavljači. Energetski transformatori 110/35 kV su 20 ili 40 MVA, iznimno 22 i 31,5 MVA.

Dalekovodi 110 i 220 kV su na čelično-rešetkastim pocinčanim stupovima, tipa »jela« a dvostruki tipa »bačva«. Tip stupova za 400 kV je »ipsilon«. Izolatori su gotovo u potpunosti stakleni kapasti. Nekoliko današnjih dionica nekadašnjeg jedinstvenog voda 110 kV Sl. Brod—Osijek je na betonskim stupovima, tipa »šperac«, a samo dva voda imaju zaštitu stupova od korozije izvedenu ličenjem. Presjeci vodiča su ujednačeni: alučelik 150, 240 i iznimno 210 mm² (za 110 kV), 360 mm² (za 220 kV) i 2 × 490 mm² (za 400 kV).

Tako su pogon i održavanje postrojenja, osiguranje alata, opreme, rezervnih dielova i materijala, te obučavanje ljudi za pogon i održavanje pojednostavnjeni i ekonomični.

Elektroenergetska mreža nadograđena je danas bogatim sistemom telekomunikacija, čime su omogućene tehnološke veze uklopničara i ekipa za održavanje i intervencije s dispečerom, ekipa među sobom, te veza za potrebe općeg poslovanja i — konačno — veze za automatski prijenos podataka iz postrojenja i, u okviru automatske obrade podataka, iz poslovnih jedinica. Izgrađen je sistem prijenosnih putova visokofrekventnim uređajima na dalekovodima, radio-mreža fiksnih i mobilnih radio-stanica, koriste se i usmjerene radio-veze, prijenos signalnim kabelima i sistem veza PTT-a. Sve su trafo-stanice uključene u elektroprivredni sistem veza.

U početnoj je fazi i izgradnja suvremenog sistema daljinskog vođenja iz regionalnog centra daljinskog upravljanja, kao izvršni dio sistema daljinskog vođenja elektroenergetskog sistema SR Hrvatske i Jugoslavije. Oslonjen je na suvremene uređaje za prikupljanje, prijenos, prikaz i evidentiranje informacija u sistemu, uz korištenje procesnog računala s obradama u stvarnom vremenu i naknadnim obradama. Za kratko vrijeme otpočet će daljinsko upravljanje TS 400/110 kV Ernestinovo iz centra daljinskog upravljanja »Elektroslavonije.«

Prijenosna djelatnost na području djelovanja »Elektroslavonije« danas je povjerena osnovnoj organizaciji udruženog rada »Elektroprijenosu« — Osijek, u sastavu radne organizacije za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije te proizvodnju toplinske energije i distribuciju plina »Elektroslavonija« — Osijek. Takva organizacijska situacija uspostavljena je 18. III 1975.

»Elektroprijenos« — Osijek tako je organizaciono uređen da može voditi pogon mreže 110 do 400 kV, održavati glavno postrojenje (osnovna oprema i postrojenja, te postrojenja za napajanje komprimiranih zrakom i vlastitih potreba električnom energijom) trafo-stanica i dalekovode.

Neposredno održavanje uređaja zaštite i mjerenja te telekomunikacionih uređaja u mreži obavljaju odgovarajuće jedinice. Pomoćnih djelatnosti »Elektroslavonije« — Osijek, gdje su one organizirane i opremljene i za potrebe elektrane i distribucije »Elektroslavonije«. Na jednak način organiziran je i auto-park (osobna, terenska vozila i kamioni, specijalna vozila: dizalice i radne platforme te veća transportna vozila i mehanizacija). U Pomoćnim djelatnostima omogućen je i popravak elektroenergetske opreme srednjeg i visokog napona, te energetskih transformatora. Pomoćne djelatnosti izvode elektromontažne i građevinske montažne radove kod većih zahvata održavanja, zamjena i rekonstrukcija, te građevinsko održavanje. U ispitnoj stanici obavljaju se određena električna, visokonaponska i kemijska ispitivanja (npr. ispitivanje izolacije i transformatorskog ulja). Pomoćne djelatnosti su često izvođači radova na izgradnji novih objekata u prijenosnoj mreži (djelomično projektiranje, montaža, transport, ispitivanje). Zasigurno, najveći je njihov dosadašnji pothvat cjelokupna montaža TS 400/110 kV Ernestinovo. Na taj način pouzdan su izvor upućenih ljudi i spremnih sredstava za nepredviđeno velike ili složene intervencije i popravke.

Dispečerska služba koja izdaje naloge za pogon prijenosne mreže u sastavu je Zajedničkih službi »Elektroslavonije« — Osijek. Tu je organizirano i neposredno izvršenje poslova na razmatranju i predlaganju razvoja prijenosne mreže, te neposredno izvršenje poslova na vođenju izgradnje objekata prijenosne mreže. Ostali poslovi koji se ovdje obavljaju i za »Elektroprijenos« — Osijek jesu: komercijalni poslovi i skladište, kupoprodaja električne energije, zajednički opći i kadrovski, te ekonomsko-financijski poslovi, organizacija i automatska obrada podataka, te zajednički poslovi obrane i zaštite.

S distributivnim organizacijama unutar »Elektroslavonije« koordinira se pogon i održavanje, osobito zajedničkih objekata (trafo-stanice 110/35/10 kV), ali i ispomoć u izvanrednim prilikama na terenu. One su i značajan izvor za kadrove »Elektroprijenosa« potrebne na području njihova djelovanja.

Plinskoturbinskoj elektrani Osijek, kao i direktnim potrošačima, »Elektroprijenos« — Osijek održava rasklopna visokonaponska postrojenja i dalekovode u njihovom vlasništvu, jer je neracionalno da sami obavljaju te poslove. S drugim prijenosnim organizacijama, osobito elektroenergetskim susjedima, »Elektroprijenos« — Osijek koordinira pogon i održavanje, a razvija i razmjenu ispomoći u izvanrednim situacijama (osobito pomoć u rezervnim dijelovima i opremi).

Također, održava se dobra neposredna povezanost s odgovarajućim jedinicama proizvođača opreme i izvođača radova radi osiguranja rezervnih dijelova, većih i složenijih popravaka, razmatranja složenijih kvarova, i nadzora kod nekih složenijih zahvata na njihovoj opremi.

Konačno, razvijena je stalna suradnja i angažiranje organizacija koje se specijalistički bave određenim poslovima za prijenosnu mrežu: studije pogonske problematike (instituti) i specijalna ispitivanja (termovizija, kromatografija, ispitivanje

odvodnika prenapona i mjernih transformatora). Putem »Elektroslavonije« udružen je »Elektroprijenos« — Osijek u zajednicu elektroprivrednih organizacija Hrvatske i u Zajednicu jugoslavenske elektroprivrede.

Unutrašnja organizacija »Elektroprijenosa« — Osijek podešena je takvoj raspodjeli poslova u radnoj organizaciji kako je izloženo, te geografskim osobitostima područja na kojem djeluje. Područje uz Dravu i Dunav i područje uz Savu ima uzdužne komunikacije i naseljenije je, a na zapadnom dijelu ta su dva područja donekle razdvojena Slavonskim gorjem. Stoga je pogon i održavanje podijeljeno na dva prijenosna područja: Osijek i Slavonski Brod, u koja su organizirani uklopničari te ekipe za održavanje uz objekte mreže na pojedinom području. Zajedničke stručne službe sadrže tehničku operativu, odjel za ekonomsko-financijske i komercijalne poslove, te odjel za opće-pravne i kadrovske poslove. Tehnička operativa organizirana je za poslove zaštite na radu i protupožarnu zaštitu, tehničku opremljenost rada, za tehničku, energetsku i pogonsku dokumentaciju, te za pogonske poslove (glavnog postrojenja, pomoćnog postrojenja, telekomunikacija i daljinskog vođenja pogona). Uz direktora su poslovi obrane i zaštite. Tehnička operativa koordinira potrebno tehnološko povezivanje jedinica u Zajedničkim službama (osobito razvoj i izgradnju) te u Pomoćnim djelatnostima (osobito održavanje zaštite, mjerenja i telekomunikacije) s prijenosnim područjima i prijenosna područja međusobno. Rješava i složenija pogonska pitanja koja prelaze mogućnosti prijenosnih područja a ne traže vanjski angažman.

Uz takvu organizacijsku unutrašnju i vanjsku situaciju, u »Elektroprijenosu« — Osijek zaposleno je danas 167 radnika kvalifikacijske strukture:

NKV	PKV	KV	VKV	SSS	VISS	VSS	Ukupno
7%	4%	14%	38%	21%	8%	8%	100%

Vrlo je, dakle, visoka kvalifikacijska struktura. Koeficijent kvalificiranosti je 1,290 (u »Elektroslavoniji« 1,139, u elektroprivredi Republike 1,159 a u privredi Republike je 1,000).

Postotak broja radnika u pojedinim tehnološkim grupacijama iznosi:

— uklopničari 43%
— ekipe za održavanje 29%
— tehnički poslovi 12%
— ostali poslovi 16%.

Rast broja radnika u posljednjih 5 godina bio je po prosječnoj godišnjoj stopi od 8,9% god., a u istom razdoblju duljina vodovo rasla je po prosječnoj stopi 14,3% god., a ukupna energija za konzum na području 9,5%/god., a ukupna energija (konzum + tranzit) u tom je razdoblju učetverostručena! Očito, neprekidno se povećavala proizvodnost rada.

Pri održavanju objekata materijalna ulaganja i organizacija teže neprekidno povećanju preventive nad kurativom kako bi se postigao pogon s doista samo iznimnim kvarovima, a rad da se pretežno odvija na pravodobno planiranim zahvatima. U takvoj namjeri provode se mnoga suvremena preventivna ispitivanja kako bi se slaba mjesta pravodobno utvrdila i potpuno otkazivanje unaprijed spriječilo. Redovno se obavljaju termovizijska ispitivanja radi utvrđivanja pojačane zagrijanosti dijelova postrojenja, uključivši — od najnovijeg vremena — i termovizijska ispitivanja važnijih dalekovoda. Kromatografski se i konvencionalno ispituje izolacija energetskih transformatora.

U primjerenom ritmu provode se stalna ispitivanja izolacije mjernih transformatora i svojstava odvodnika prenapona. Prekidači i rastavljači revidiraju se najmanje jednom godišnje, a napon dodira i koraka kontrolira se jednom trogodišnje. Otpor uzemljenja mjeri se jednom godišnje.

Na najstarijem dalekovodu sistematski je kontroliran sav ugrađeni materijal, na temelju čega su donesene odluke o njegovoj sanaciji. Svake 3 godine obavlja se temeljiti remont svakog dalekovoda.

Uređaje mjerenja i zaštite održavamo i baždarimo godišnjim zahvatima i nakon opaženih neispravnosti, jednako kao i uređaje telekomunikacija. Za održavanje šumskih trasa dalekovoda u propisanom stanju troše se sve veća sredstva, a efekti nisu zadovoljavajući. Stoga smo pred dugoročnijim rješenjem uz angažman odgovarajuće šumske radne organizacije. Zaštita protiv korozije izvodi se u zadovoljavajućim razmacima.

Radi sigurnosti ljudi i imovine obavljamo redovito:

— obnavljane i provjeravanje znanja radnika
— sistematske liječničke preglede radnika na mjestima s posebnim uvjetima rada
— preglede prostorija s opasnim radnim uvjetima
— preglede opreme zaštite na radu
— preglede opasnih oruđa za rad
— kontrolu protupožarne opreme i automatske protupožarne zaštite
— kontrolu posuda pod pritiskom
— kontrolu tehničke ispravnosti vozila.

Nastojimo uočiti rezerve za dalje povećanje efikasnosti i ekonomičnosti pogona i održavanje prijenosne mreže putem bolje nove izgradnje i bolje organizacije i vođenja pogona te mreže.

Svakako, ovaj je opis sadašnjeg stanja prikazan donekle jednostrano. Naime, uz tu mrežu žive i rade radnici »Elektroprijenosa« — Osijek koji tim radom stvaraju i materijalne uvjete za sebe i svoje obitelji, pridonose zajedničkim i općim materijalnim uvjetima za funkcioniranje i razvoj društva, te razvijaju socijalističke i samoupravne društvene odnose.

Raditi u djelatnosti od posebnog društvenog interesa, s vrlo skupocjenim osnovnim i velikim obrtnim sredstvima* i na velikom geografskom području nije uvijek jednostavno. No, nedvojbeno je, a to potvrđuje svaki ovdje iznesen podatak, da se iz godine u godinu radi u sve boljim okolnostima i uz sve veću brzinu promjena.

ZNAČAJNIJI POGONSKI DOGAĐAJI

U toku dvadesetpetogodišnjeg pogona prijenosne mreže u Slavoniji i Baranji zbio se stanovit niz pogonskih događaja koji izlaze iz okvira redovnih stanja mreže, te se i danas pamte zbog veličine posljedica. Uzroci takvim događajima bili su: fizička naprezanja unutar elektroenergetskog sistema, utjecaji okoline, a i pogreške ljudi.

Od karakterističnih neprilika koje prate život svake prijenosne mreže zbivali su se na ovome području uobičajeni događaji, ne pretjerane učestalosti. Možda, jedna osobitost (uvjetovana povoljnim klimatskim prilikama): nije se dogodio ni jedan slučaj rušenja dalekovodnih stupova.

Nešto više od mjesec dana nakon puštanja u pogon TS 110/30 kV Slavonski Brod probio je naponski mjerni transformator 110 kV. Slični događaji (proboji mjernih transformatora i kabelskih glava, eksplozija odvodnika prenapona, prekidača i sl.) sežu sve do danas.

U prvim godinama pogona DV 110 kV Sl. Brod — Osijek, za dugotrajnijih kvarova u 110 kV postrojenju ili na transformatoru 110/30 kV u Osijeku, taj se vod privremeno spajao sa 30 kV postrojenjima u Sl. Brodu i Osijeku, te se uspostavljao prijenos pod naponom 30 kV u više navrata! Noć se znala provesti u takvom poslu, a jutro bi bilo dočekano s pogonom — bilo uz 30 kV, bilo uz 110 kV napon. Danas je teško vjerovati da se tada tako moralo i moglo živjeti!

Polovicom 1957. godine prvi je put pogrešno isključen rastavljač pod opterećenjem u 30 kV postrojenju trafo-stanice Brijest (Osijek 1). U tu vrstu događaja spadaju i pogrešna uključenja napona na dio postrojenja koji je zabunom ostao uzemljen. Ritam takvih događaja godinama se ne ubrzava zahvaljujući sve obrazovanijim ljudima i sve boljim tehničkim rješenjima, no ipak se u jednoj ne pretjeranoj mjeri, izgleda, ne može izbjeći.

Nabrojimo još neke uobičajenije pogonske neprilike: pogrešna signalizacija ili mjerenje, te zatajenje električne ili pneumatske komande u trafo-stanicama. Zatim slijede smetnje ili kvarovi uzrokovani nevremenom (kišom, ledom, snijegom, vjetrom) ili atmosferskim električnim pražnjenjima u postrojenjima ili na dalekovodima, te smetnje od ptica, glodavaca i insekata. Padovi vodiča i dozemne užadi nisu bili tako česti, kao ni proboji kompletnih izolatorskih lanaca, već samo pojedinačnih članaka. Bilo je premalenog razmaka vodiča na mjestima križanja s vodom nižeg napona ili na mjestima približavanja drveću ili šumi. Avion poljoprivredne avijacije znao je zapeti za vodiče dalekovoda. Bilo je nesporazuma s mještanima oko sječe kakva drveta, ima krađa donjih dijelova čelično-rešetkastih stupova, zabilježen je i dječji zmaj kao uzrok isključenja dalekovoda 110 kV iz pogona!

Naši radnici najčešće su stradavali u prometu, ozljeđivali se teže ili lakše padom ili pokliznućem, te primjenom opasnih oruđa za rad. Dalekovodne ekipe znale su raditi po vjetru i uz led takav da se ruke »lijepe« uz konstrukciju stupa, a bilo je i upada u snijegom zametene neravnine na terenu ili u kanale. Nije se dogodio pad s velike visine.

Najtragičniji događaj zbio se 1979. godine u TS 220/110 kV Đakovo, kada se u neisključenom dijelu postrojenja 110 kV našao jedan radnik, zadobio udar električnog luka i od posljedica umro nekoliko dana kasnije. Teška nesreća dogodila se i 1959. godine u TS 110/30 kV Brijest (Osijek 1), kada je, prilikom gašenja požara u jednoj ćeliji, 30 kV, nastradao službujući uklopničar, zadobivši vrlo velike opekotine s trajnim posljedicama. Prilikom atmosferskog električnog pražnjenja 1969. godine u TS 110/35 kV Vinkovci došlo je do velike eksplozije u postrojenju 35 kV, pri čemu je službujući uklopničar zadobio dosta teške ozljede, a zgrada postrojenja i oprema u njoj znatno oštećena.

U proljeće 1964. godine Slavoniju je zadesio katastrofalni potres, kojem je epicentar bio u blizini TS 110/30 kV Podvinje (Sl. Brod). U cijeloj Slavoniji je uništeno 1 500, a oštećeno 5 500 kuća. Posljedice u TS Podvinje bile su brojne: razbijena stakla i pukotine u zidovima, lom nekoliko odvodnika prenapona, izvrtanje posuda akumulatora, mehanički ispadi 30 kV prekidača.

Zanimljivo: proradili su bili Buchholz-releji transformatora u Podvinju i Vinkovcima i time — u početnim trenucima potresa — prekinuli dovod električne energije na pogođena područja! Zapamćena je požrtvovnost naših radnika. Premda su im kuće stradale, došli su u trafo-stanicu Podvinje i za manje od 2 sata uspostavili nužni pogon! Velika havarija zbila se 1969. godine u TS 220/110 kV Đakovo kada je došlo do električnog luka i požara u postrojenju 10 kV kojim je bio priključen sinhroni kompenzator 50 Mvar i kućni transformator 10/0,4 kV na tercijaru transformatora 150 MVA. Posljedice te havarije znatno su se osjećale u mreži, a ni danas nisu potpuno uklonjene (kompenzator nije osposobljen za ponovni pogon).

U TS 220/110 kV Đakovo se 1977. godine zbio događaj koji ima karakterističnu poruku. Nekoliko dana nakon što je termovizijskim ispitivanjem utvrđeno toplo mjesto u postrojenju 110 kV,

* Radi ilustracije reda veličine: nabavna vrijednost osnovnih sredstava bila je 1980. godine viša od 1 milijarde starih dinara/radniku, a tržna vrijednost električne energije koja je prenesena samo za potrošače na našem području također je te godine bila oko 1 milijardu starih dinara po radniku.

pukao je sabirnički vodič na tom mjestu i izazvao gotovo jednodnevni zastoj. Popravak mjesta zagrijanja inače se odgađao jer se očekivao zamjenski dio opreme i tražilo povoljno vrijeme isključenja postrojenja.

Zapamćen je i proboj mjernog transformatora 110 kV, pošto je ispitivanjem tzv. U-I metodom utvrđena visoka ostarjelost njegove izolacije. Oba događaja opravdavaju primjenu suvremenih metoda prevencije u mreži i nalažu ozbiljno i neodložno uvažavanje njihovih rezultata.

Posljednjih godina dogodila su se i dva velika požara energetskih transformatora, jednog starog i jednog veoma novog. Godine 1977. izgorio je transformator 110/35 kV od 31,5 MVA u TS 110/35 Osijek 1 od posljedica električnog luka što se pojavio na unutrašnjoj strani priključnoga svornjaka 35 kV. Godine 1980. izgorio je transformator 400/110 kV od 300 MVA u TS 400/110 kV Ernestinovo pošto je došlo do proboja unutrašnjih prigušnica u krugu tercijarnih namota transformatora i nakon što je eksplodirao jedan malouljni prekidač 30 kV prilikom isključenja prigušnice 50 Mvar. Znatna je bila šteta na postrojenju 30 kV, pored uništenja transformatora 300 MWA, a službujući uklopničar je u havariji zadobio lakše ozljede.

Ta dva požara karakteristična su po tome što, usprkos velikim neposrednim štetama, nisu izazvali velike posredne posljedice. Zbili su se, naime, u vrijeme povoljnije kapacitiranosti prijenosne mreže, te su preostali objekti i postrojenja u mreži mogli preuzeti opterećenja. S druge strane, veliko razumijevanje »Minela«, u prvom slučaju, te »Elektroprenosa« — Titograd, »Elektroprenosa« — Novi Sad i »Rade Končara« oko dobave zamjenskog transformatora, u drugom slučaju, omogućili su efektnu zamjenu uništenih transformatora.

U današnje vrijeme sve se veće značenje pridaje što stručnijem rješavanju pogonskih problema. Naime, u prijašnjim razdobljima težište je bilo na studiranju i dokazivanju potreba i na iznalaženjnu mogućnosti za izgradnju novih objekata mreža jer je stanje izgrađenosti prema elementarnim potrebama bilo nedovoljno.

Današnje je stanje bitno drugačije, te se okrećemo u većoj mjeri pogonu i kvalitetnom održavanju onoga što imamo. Osim već spomenutih suvremenih metoda prevencije kojima se koristimo, istaknimo još neke primjere iz tog područja.

Studirane su pojave prečestih isključenja radijalnog voda 110 kV Osijek 2 — Beli Manastir i utvrđen je kao vjerojatan uzrok zagađenja izolacije, te su određene kratkoročne i dugoročne mjere za poboljšanje prilika. Detaljno je ispitano stanje uzemljivača, izolatora, vodiča, zemnog užeta, nosne i spojne opreme na sadašnjim dionicama najstarijeg voda 110 kV na potezu Sl. Brod — Osijek. Utvrđena je potreba i prioritet sanacije pojedinih dijelova tog voda, kako bi mu se održala pogonska spremnost usprkos visokoj životnoj dobi i predznacima ostarjelosti.

Za pogon TS 400/110 kV Ernestinovo studirane su sve okolnosti u kojima bi se mogle naći stambene zgrade pogonskog osoblja u blizini tog postrojenja, a obavljena su i mjerenja u pogonu kako bi se sve instalacije tih zgrada izvele i dotjerale tako da budu neopasne za njihove stanare. U razumnoj mjeri obavljaju se i primarna ispitivanja zaštite izazivanjem lažnih kvarova u stvarnim pogonskim uvjetima. Također, mjere se i utjecaji na telekomunikacijske instalacije.

Uvedena je registracija i obrada prenapona u 400 kV čvoru Ernestinovo, a već nekoliko godina se obavlja i regionalna obrada pogonskih događaja u prenosnoj mreži na vlastitom računalu. Svake jeseni analizira se stvarno stanje glavnih elemenata mreže te uz procijenjeno opterećenje, ocjenjuje očekivana pogonska spremnost u kritičnom razdoblju. Ustanovljavaju se uska grla i donose operativne odluke o poboljšanjima i postupcima u zamislivim težim situacijama.

Još jedan primjer kompleksnijeg pristupanja problematici pogona mreže: radi utvrđivanja svih okolnosti u kojima bi se mogla naći prijenosna mreža 110 kV Slavonije i Baranje, napajanja paralelno iz TS 400/110 kV Ernestinovo i TS 220/110 kV Đakovo, radi određivanja pogona koji bi bio najekonomičniji i najpovoljniji, te izbora načina regulacije 110 kV napona s regulacionim transformatorima u TS Đakovo, obavljena su ispitivanja na računskom i analognom modelu mreže.

U takvom smjeru razvijat će se daljnje aktivnosti u nastojanjima za povećanjem sigurnosti, efikasnosti i ekonomičnosti vođenja pogona i održavanja mreže, te takve njezine dogradnje da se omogući neprestano poboljšavanje tih svojstava.

DALJNJI RAZVOJ

Kakav je daljnji razvoj elektroprijenosne mreže na ovom području opravdano očekivati u bližem razdoblju, u duljem razdoblju i općenito prema sada dostignutom stanju mreže, prema energetskim i elektroenergetskim značajkama područja i današnjim mogućnostima takva sagledavanja?

Pravac istok — zapad, osnovne 400 kV mreže Jugoslavije »Nikola Tesla«, dograđivat će se u bližem razdoblju po južnijoj trasi od Slavonije, točkama: Obrenovac — Tuzla — Banja Luka — Zagreb — Meline (već je u pogonu vod Tuzla — Banja Luka). Energetska orijentacija Jugoslavije na vlastite energetske sirovine, u mogućoj mjeri, vodit će povećanju proizvodnje u »ugljenom trokutu« Kosovo — Kolubara — Tuzla. Moguće je da daljnje pojačanje mreže 400 kV ili prijenos vodom još višeg napona (750 ili preko 1000 kV) odatle prema sjeverozapadu (središnja Hrvatska i Slovenija) bude usmjeren ravničarskom i klimatski nešto povoljnijom trasom, kroz Slavoniju.

Stalni paralelni rad s istočnoevropskom interkonekcijom OES SEV moguć je samo korištenjem pretvaračkih stanica, istosmjernog napona za posredovanje, velike snage. To je potrebno zbog toga što regulacija frekvencije u našem sistemu (ujednačeno s regulacijom frekvencije u zapadnoevropskoj interkonekciji UCPTE s kojom možemo raditi neposredno paralelno, kako već više godina i radimo) nije ujednačena s regulacijom u interkonekciji OES SEV. Jedna od potencijalnih točaka takva povezivanja jest čvor Ernestinovo, te je zamislivo očekivati izgradnju takve pretvaračke (vrlo složene i skupocjene) stanice na našem području i, eventualno, drugog 400 kV voda prema Tuzli.

Slavonija i Baranja sudjeluje s manje (do sada utvrđenih) rezervi energetskih sirovina u Hrvatskoj i Jugoslaviji no što je učešće njezina stanovništva i površine. To ovo područje usmjerava na razvoj takve materijalne proizvodnje i usluge koji će osigurati poželjno povećanje nacionalnog dohotka i opći društveni razvoj uz štedljivo trošenje energije. S druge strane, područje će uvijek morati da bude oslonjeno i na dobavu energije potrebnih oblika, a svakako i električne. Oko 2000. godine treba očekivati potrebe od oko 6 TWh/godišnje, uz vršno opterećenje od oko 1200 MW. Time će značenje prijenosa električne energije i dalje rasti.

Stoga će, radi osiguranja povećane potrošnje električne energije u međupodručjima trafo-stanica 400 kV Obrenovac — Ernestinovo i Ernestinovo — Zagreb, trebati u određenom trenutku izgraditi između tih stanica po jedan novi čvor 400 kV s transformacijom. Prethodno će najvjerojatnije biti instaliran treći energetski transformator 400/110 kV u TS Ernestinovo. U vod 400 kV Tuzla — Ernestinovo uključit će se TE Ugljevik, a u vod 220 kV Tuzla — Đakovo upravo je ovih dana uključna trafo-stanica Gradačac.

U ukupnom rješavanju energetske opskrbe raste danas i značenje (sve ograničenijih) područja koja imaju velike prirodne rashladne potencijale.

Veliki termoenergetski izvori (klasične ili nuklearne elektrane), naime, zahtijevaju za ekonomičnu izgradnju mnogo vode za prirodno hlađenje (oko 2/3 topline proizvedene gorivom u toplinskom procesu mora se odvesti hlađenjem, a 1/3 se iskorištava pretvorbom u električnu energiju). Tu je Dunav velik potencijal, te je na našem području vrlo vjerojatna gradnja nuklearne elektrane i do nekoliko tisuća megavata. Njezin priključak, kao i priključak hidroelektrana, čiji niz postupno napreduje Dravom i, nešto kasnije na Savi, tražit će odgovarajuće dogradnje prijenosne mreže 400 kV, odnosno 110 kV na našem području. Konačno, zamisliva je mogućnost izgradnje pumpno-akumulacione hidroelektrane radi međusobne kooperacije sa snažnom nuklearnom elektranom (pumpanje vode u doba nižeg sistema i korištenje time akumulirane energije u doba višeg opterećenja), a i izgradnja termoelektrana na ugljen srednjih snaga uz transportiranje ugljena riječnim putem ili uz eksploataciju eventualno ustanovljenog ugljena na našem području. Spomenimo da su trase sadašnjih vodova i čvorišta u mreži postavljene uz uvažavanje potencijalnih lokacija tih objekata.

Kada jednom bude značajnije proizvodnje i na našem području, to će tek dovesti našu mrežu i vođenje njezina pogona u sve okolnosti koje se uopće mogu zamišljati i postavljati pred nas zahtjeve koje danas u potpunosti nemamo.

U bližem razdoblju dogradnja mreže ići će nešto drugačijim putem no do sada. Mreža osnovnih pravaca i glavnih čvorova mreže 110 kV je danas tu. Slijedit će ugradnja novih trafo-stanica jednostavnijih shema, prolaznog tipa u postojeće vodove, čak i u relativnoj blizini postojećih stanica, te dodavanje novih vodova, manjih duljina, uz postojeće. Instalirani kapaciteti u mreži trebaju se u sljedećih desetak godina gotovo udvostručiti želi li se očuvati postignuta sigurnost.

Pothvati koji nas u najskorije vrijeme očekuju jesu: osiguranje dvostranog napajanja TS Beli Manastir vodom prema Šiklošu u NR Mađarskoj, odnosno prema TS Valpovo te isto takvo napajanje TS Slavonska Požega vodom prema Tvornici cementa Našice, odnosno aktiviranjem poteza 110 kV: Međurić — Nova Gradiška — Slavonska Požega. Rekonstruirat će se i postrojenje 110 kV u TS 220/110 kV Đakovo, kako bi se ta stanica — u razdoblju njezina slabijeg opterećenja — podigla na bolju opremljenost. Također, upotpunit će se i postrojenje 30 kV u TS 400/110 kV Ernestinovo, radi ponovnog omogućenja rada prigušnica za smanjenje napona u mreži 400 kV u doba malih opterećenja. Kada bude dovršena njezina izgradnja, nova TE-TO Osijek 45 MW priključit će se na mrežu 110 kV.

Najkrupniji pothvat, čije je ostvarenje već u toku i u koji će se u prethodnom i tekućem petogodišnjem razdoblju uložiti oko 10% svih sredstava za razvoj prijenosne mreže, jest izgradnja sistema daljinskog vođenja, s centrom daljinskog upravljanja »Elektroslavonije« u Osijeku.

To će omogućiti sigurnije, kvalitetnije i ekonomičnije vođenje proizvodnje i prijenosa električne energije iz dispečerskog centra Republike, odnosno saveznog dispečerskog centra, što se koordinirano ostvaruje u elektroenergetskom sistemu zemlje, u kojem će za oko deset godina proizvodnja električne energije biti 100 TWh/godišnje uz vršno opterećenje od oko 20 GW.

I taj razvojni korak razlikuje se od dosadašnjih; namjesto za nove kilometre vodova i nove megavoltampere transformatora dio sredstava usmjerava se na gradnju (složenog i skupocjenog) sistema koji treba da omogući bolje korištenje izgrađene mreže.

Dakle radi se o jednoj kvalitetnoj a ne količinskoj nadogradnji mreže. Svojstveno tom sistemu je da se povrh opreme telekomunikacija i opreme

za daljinsko vođenje u njega »ugrađuje« i osmišljena programska podrška. Ona obuhvaća veliku količinu nakupljenog iskustva i do danas savladanog znanja o dobrom pogonu mreže. U vremenu koje je neprimjetno udaljeno od trenutka nastanka novih pogonskih prilika osigurat će — ljudima koji vode pogon mreže — mogućnost najboljeg odgovora na takve promjene odgovora koji će se protegnuti u neznatnom vremenu od bilo koje željene točke obuhvaćenog elektroenergetskog sistema.

S druge strane takvi sistemi omogućuju unaprijed automatizirano sagledavanje tekuće sigurnosti mreže i optimalnog rasporeda proizvodnje i rezervi u mreži te daju upute za najekonomičniji ukupni pogon uz povoljnu sigurnost i potrebnu kvalitetu električne energije. Napokon njihovo uvođenje zahtijeva i stanovito pojačanje lokalne automatiziranosti postrojenja kako bi se više razine upravljanja rasteretile rutinskih zahvata a sistem elementarno očuvao i pri djelomičnim ispadima daljinskog upravljanja.

Uvođenje tog sistema teći će uz strpljivo uhodavanje i dogradnju postojeće tehnike i učenja (postojećih) ljudi. To je svakako najzanimljivije, ali i nezaobilazno područje kojim ćemo se dosta godina u razdoblju koje je pred nama vrlo neposredno baviti.

OPERATION AND MAINTENANCE OF TRANSMISSION NET IN SLAVONIA AND BARANJA, NOW-A-DAY CONDITION AND SIGNIFICANT OPERATIONAL EVENTS

During 25' year operation of transmission net in Slavonia and Baranja, numerous interesting operation al events occured. In the first part of the article is presented now-a-day condition of electrical net in Slavonia and Baranja, and in the second part are described significant operational events.

BETRIEB UND INSTANDHALTUNG DES ELEKTRISCHEN ÜBERTRAGUNGSNETZES IN SLAWONIEN UND DER BARANJA, DESSEN DERZEITIGER ZUSTAND UND BERICHT ÜBER ERWÄHNENSWERTE BETRIEBSEREIGNISSE

Während des 25-jährigen Betriebes der elektrischen Verteilungsanlagen im Versorgungsnetz von Slawonien und der Baranja gab es eine Reihe von Betriebsausfällen. Diese Veröffentlichung behandelt den derzeitigen Zustand des Uberlandnetzes in Slawonien und der Baranja mit einer anschliessenden Darstellung von bemerkenswerteren Betriebsereignissen.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ СЕТИ СЛАВОНИИ И БАРАНЬИ. СОСТОЯНИЕ И ВАЖНЕЙШИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СОБЫТИЯ

За 25-летний период на установках высоковольтной сети Славонии и Бараньи отмечается целых ряд интересных эксплуатационных событий. В первой расти статьи описано нынешнее состояние энергосистемы Славонии и Бараньи, а затем описываются важнейшие эксплуатационные события.

Naslov pisca:

Marijan Kalea, dipl. ing
»Elektroslavonija«, Osijek

Uredništvo primilo rukopis
5. II 1982.

Energija God. 31 (1982) br. 7—8, 255—264

OSNOVNE SHEME I OPREMANJE POJEDNOSTAVNJENIH TRANSFORMATORSKIH STANICA

Kiril A. Tropin, Beograd

UDK 621.311.42
STRUČNI RAD

Opisane su pojednostavnjene transformatorske stanice i njihove osnovne sheme. One su podijelene u tri grupe prema načinu na koji se zamenjuju prekidači na strani višeg napona.

Svaka od grupa razmatra se s obzirom na položaj u mreži, broj i snagu transformatora, nivo višeg napona i dr.
Na kraju su iznesena neka naša iskustva u korištenju pojednostavnjenih transformatorskih stanica prve i treće grupe.

Ključne riječi: transformatorske stanice, električka mreža, pogon trafostanica.

1. Vrste transformatorskih stanica

Lokacija transformatorske stanice u mreži, njena namena, snaga i tipovi transformatora, osnovna shema električnih veza određuje se kompleksno s obzirom na razvoj elektroenergetskog sistema i shemu napajanja dotičnog područja električnom energijom. Dalekovodi koji napajaju pojednostavljene transformatorske stanice mogu da budu jednostruki ili paralelni, da obavljaju jednostrano ili dvostrano napajanje.

Pri dvostranom napajanju transformatorske stanice preko jednostrukih dalekovoda i pri napajanju preko dvostrukog voda povećava se pouzdanost snadbevanja električnom energijom. Korištenjem relativno jednostavnih sredstava relejne zaštite i automatike postiže se pouzdano napajanje električnom energijom i u havarijskim režimima bez operativnih zahvata pogonskog osoblja.

Prema broju transformatora pojednostavnjene transformatorske stanice dele se na transformatorske stanice sa jednim ili sa dva transformatora. Prema načinu povezivanja sa mrežom pojednostavnjene transformatorske stanice mogu da budu:

a) krajnje transformatorske stanice sa transformatorom u bol-vezi sa dalekovodom;

b transformatorske stanice na otcepu, koje se napajaju iz dalekovoda preko otcepa;

c) čvorišne (prolazne) transformatorske stanice, koje se obično napajaju dvostrano koristeći rastavljač snage. U izvesnim slučajevima čvorišne transformatorske stanice imaju sabirnice na strani višeg napona, na koje se priključuju napojni izlazni vodovi.

Sheme transformatorskih stanica sa transformatorima u blok-vezi sa dalekovodima su jednostavnije i ekonomičnije. One mogu uglavnom da se koriste za transformatorske stanice 110—220 kV i većih napona i prvenstveno za duboko uvođenje vodova visokih napona u područja na teritoriji industrijskih preduzeća i u pojedine stambene četvrti velikih gradova. Za duboko uvođenje visokog napona mogu da se koriste transformatorske stanice na otcepima, napajanje jednim vodom ili dvama vodovima. Sve pomenute sheme transformatorskih stanica omogućavaju da se ispune važni zahtevi koje postavljaju tehnički propisi (L. 1, čl. I-2-31).

Prema konstrukciji pojednostavnjene transformatorske stanice dele se na transformatorske stanice potpuno fabričke izrade i na montažne transformatorske stanice, koje se sastavljaju na licu mesta od građevinskih i montažnih sklopova fabričke izrade.

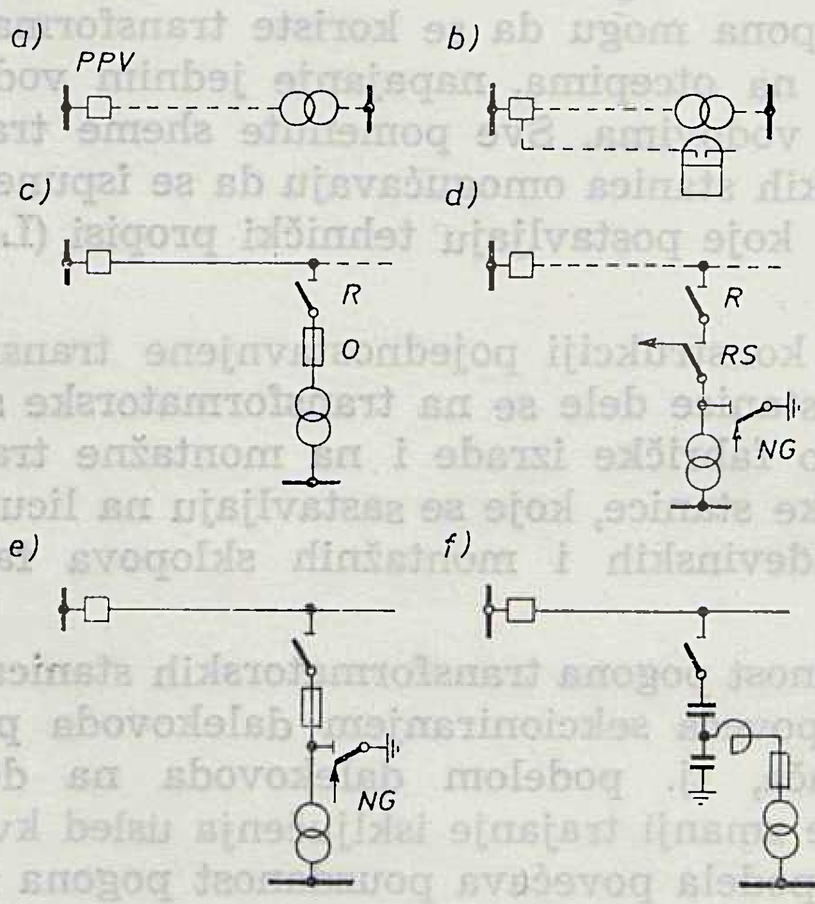
Pouzdanost pogona transformatorskih stanica može da se poveća sekcioniranjem dalekovoda pomoću prekidača, tj. podelom dalekovoda na deonice, čime se smanji trajanje isključenja usled kvarova. Takva podela povećava pouzdanost pogona i omogućava da se remont dalekovoda obavlja po deonicama. Najveća dužina deonice između prekidača pri sekcioniranju se određuje pogonskim naponom, brojem i trajanjem isključenja usled kvarova i iznosi približno za napone 35, 110 i 220 kV respektivno 60, 150 i 250 km.

Za napajanje potrošača električne energije prvog prioriteta, tj. potrošača za koje poremećaj u snabdevanju električnom energijom može da izazove opasnost po život ljudi, osetnu štetu u privredi zemlje, oštećenja opreme, masovni škart proizvoda, poremećaj komplikovanog tehnološkog postupka i poremećaj naročito važnih elemenata gradskih komunalija predviđaju se transformatorske stanice sa dva transformatora vezane na dva napojna dalekovoda ili na jedan dalekovod napajan sa dve strane.

Napajanje potrošača električne energije drugog prioriteta, tj. potrošača za koje prekid u snabdevanju električnom energijom izaziva masovno smanjenje proizvodnje, stajanje radnih mehanizama i industrijskog transporta, poremećaj normalne aktivnosti znatnog broja stanovnika grada, može da se obavlja preko jednog dalekovoda. Ukoliko postoji pokretna centralizovana rezerva, potrošači druge kategorije snabdevanja električnom energijom mogu da se napajaju iz transformatorske stanice sa jednim transformatorom (L. 1 čl. I-2-29). Prekidi u napajanju potrošača električne energije, neobuhvaćenih definicija prve i druge kategorije (npr. potrošača u pogonima neserijske proizvodnje, pomoćni pogoni, manja naselja i sl.) mogu da se dozvole za vreme potrebno za remont ili zamenu oštećenog elementa, ali najviše do 24 časa (L. 1, čl. I-2-30).

Transformatorske stanice bez prekidača na strani višeg napona se klasificiraju prema načinu i sredstvima isključenja oštećenog transformatora (L. 1, čl. III-2-54) na sledeći način:

1. Transformatorske stanice sa isključenjem oštećenog transformatora samo pomoću prekidača na početku voda (PPV, sl 1.a i 1.b);



Sl. 1. *Osnovne sheme pojednostavnjenih transformatorskih stanica jednim transformatorom, napajanih jednim vodom: PPV — prekidač na početku voda; NG — nabacivač greške; RS — rastavljač snage; R — rastavljač; O — osigurači ili topljivi umeci*

2. Transformatorske stanice sa osiguračima na strani višeg napona (sl. 1.c.). Ovamo spadaju takođe transformatorske stanice, u koji automatsko ponovno uključenje (APU) prekidača na početku voda vezano je s automatskim postavljanjem rezervnog uloška osigurača, kao i transformatorske stanice s otvorenim topljivim umecima;

3. Transformatorske stanice sa nabacivačem greške i rastavljačem snage; isključenje transformatora obavlja rastavljač snage u toku beznaponske pauze pri APU prekidača na početku voda (sl. 1.d).

Sem prikazanih shema postoje i druge sheme pojednostavnjenih transformatorskih stanica sa osiguračima na strani višeg napona u kombinaciji sa nabacivačem greške (sl. 1.e). Ovde se pri uključenju nabacivača greške ne isključuje prekidač na početak dalekovoda, već pregorevaju ulošci osigurača. Međutim, snagu transformatora u takvim transformatorskim stanicama ograničava moć isključenja osigurača. Sem toga koriste se transformatorske stanice sa kapacitivnim (ili induktivnim) oduzimanjem (sl. 1.f), koje omogućavaju da se napon napajanja transformatorske stanice smanji na 6—20 kV.

Odgovarajuća varijanta sheme transformatorske stanice se usvaja prema rezultatima tehničko-ekonomskog obrazloženja s obzirom na razvoj transformatorskih stanica i mreža.

2. Transformatorske stanice koje se isključuju samo prekidačem na početku voda

Najjednostavnije transformatorske stanice bez prekidača na strani višeg napona su transformatorske stanice sa prekidačem na početku napojnog voda (PPV). One mogu da se koriste samo u blok-vezi sa vodom. Isključenje prekidača na početku voda usled oštećenja transformatora izvodi se na dva načina:

1. relejnom zaštitom napojnog voda koja deluje na prekidač na početku voda (sl. 1.a) ili
2. impulsom — telesignalom za isključenje, koji se prenosi od zaštite transformatora (sl. 1. b).

U prvom slučaju međufazna zaštita sa odvajanjem na početku voda može da bude neosetljiva na male struje kvara transformatora, koji će se izložiti naknadnom oštećenju usled delovanja uređaja APU.

Transformatorske stanice sa prenošenjem impulsa za i isključenje na prekidač na početku voda nemaju ovu manu. Postoje dva načina prenošenja impulsa:

a) direktno preko provodnika napojnog voda, tj. preko visokofrekventnog kanala određenog za telekomunikacije i daljinsko upravljanje i
b) preko kanala specijalnih kablovskih telekomunikacija.

Sada postoji specijalna aparatura za visokofrekventno daljinsko upravljanje.

Kriterijum opravdanosti korišćenja drugog načina, koji je za sada našao širu primenu, predstavlja minimalna cena visokofrekventnog kanala i uređaja za kontrolu ispravnosti provodnika kanala. Ovo sredstvo je naročito efikasno ako se kablovi

koriste za telekomunikacije ili daljinsko upravljanje. Pri rešavanju pitanja dužine jednog takvog kabla dužina kontrolnog kabla ne sme da prelazi 5—7 km. Za veće dužine prenošenja impulsa opravdano je koristiti visokofrekventni kanal napojnog voda.

Prenošenje impulsa za isključivanje prekidača na početku voda koristi se na primjer u transformatorskim stanicama napajanim iz duboko uvedenog voda 110 kV u centralne stambene reone Moskve. U tu svrhu koriste se uređaji za kontrolu ispravnosti provodnika, preko kojih se prenosi impuls za isključenje. Takva kontrola je nužna s obzirom na veliku odgovornost kola za isključenje.

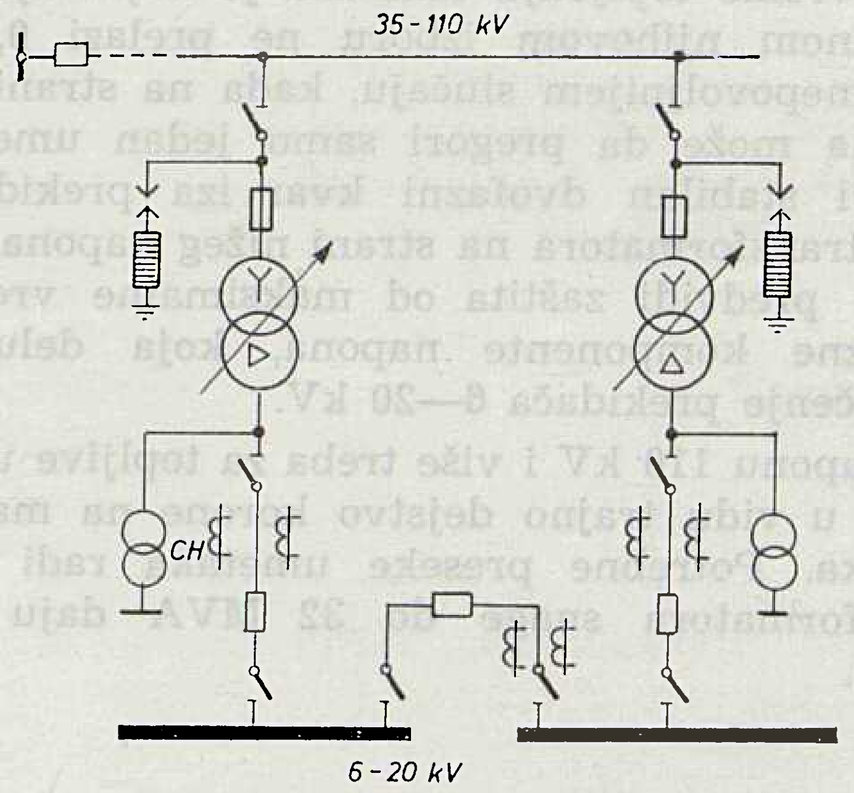
Osetan porast snaga elektroenergetskih sistema prouzrokovalo je naglo povećanje brzine uspostavljanja napona posle isključenja kratkih spojeva. Tako, na primer, za prekidače 110 kV brzina često prelazi 2—2,5,5 kV/μs. Usled toga neki prekidači ne isključuju struje kratkog spoja (čak i kada su one osetno manje od nazivnih struja), te se dešavaju teške havarije. Naročito velike brzine uspostavljanja napona javljaju se onda kada kratki spojevi nastaju u blizini izvora napajanja. Slučajevi razaranja prekidača već su zabeleženi u pogonskoj praksi niza elektroenergetskih sistema (L. 2). Ovo se tumači takozvanim »kilometričkim efektom«, koji bi bilo pravilnije nazvati efektom blizine kratkih spojeva u snažnim elektroenergetskim sistemima.

Korišćenje nabacivača greške u izvesnim slučajevima takođe izaziva kratke spojeve u blizini. Da bi se kasnije izbegla razaranja prekidača treba prilikom stavljanja transformatorske stanice pod napon obavezno proveriti sposobnost prekidača na početku voda da isključe trajne kratke spojeve, ako se nabacivači greške postavljaju na rastojanju manjem od 12 km od izvornih transformatorskih stanica.

Pitanje efekta blizine koji izaziva nabacivač greške otpada ako umesto nabacivača greške može da se primeni prenošenje impulsa za isključenje prekidača na početku voda.

3. Transformatorske stanice sa osiguračima i sa otvorenim topljivim umecima na strani višeg napona

Transformatorske stanice sa osiguračima na strani višeg napona zauzimaju posebno mesto između pojednostavljenih transformatorskih stanica. Transformatorske stanice sa otvorenim topljivim umecima predstavljaju modifikaciju transformatorskih stanica sa osiguračima na strani višeg napona. Ove transformatorske stanice su jednostavne, pa ipak kvar na transformatoru ne izbacuje iz pogona napojni vod, jer pri kratkom spoju otvoreni umeci i ulošci osigurača pregorevaju u delovima sekunda i odvajaju oštećeni transformator. Zbog toga ove transformatorske stanice, za razliku od transformatorskih stanica sa prenošenjem impulsa za isključenje prekidača na početku voda, mogu da budu ne samo krajnje, sa transformatorima u blok vezi sa prekidačem na početku voda, već i transformatorske stanice na otcepu (sl. 2). U



Sl. 2. *Transformatorske stanice sa osiguračima ili sa otvorenim topljivim umecima na strani višeg napona: SP — sopstvene potrebe*

transformatorskim stanicama sa jednim transformatorom ne postavlja se prekidač za sekcioniranje. Pri tom transformatorski prekidač na strani 6—20 kV može da se izostavi (u krajnjoj transformatorskoj stanici, koja neće da se proširuje), dok se transformator sopstvenih potreba može priključiti direktno na sabirnice 6—20 kV.

U krajnjoj transformatorskoj stanici sa jednim transformatorom prekidač se ne postavlja jer njegove funkcije obavljaju prekidači na izlaznim vodovima 6—20 kV. Za takve transformatorske stanice transformator sopstvenih potreba može da se priključi ne na izvode glavnog transformatora, već na sabirnice 6—20 kV jer se napon dovodi neposredno na sabirnice, jer nema transformatorskog prekidača. Ako se očekuje postavljanje i drugog transformatora, predviđaju se prekidači na izvodima i za sekcioniranje razvodnog postrojenja 6—20 kV.

Transformatorske stanice sa otvorenim topljivim umecima (L. 3), kao i transformatorske stanice sa osiguračima na strani višeg napona, imaju jednostavnu konstrukciju, jevtine su, imaju dovoljno pouzdanu zaštitu transformatora i nalaze široku primenu, naročito ako se uspeva da se transformator isključuje topljivim ulošcima pri delovanju Buholcovog relea, što se preporučuje (L. 1, čl. III-2-54).

Otvoreni umeci imaju iste prednosti i mane, kao i osigurači. Ipak otvoreni umeci i njihove noseće konstrukcije toliko su jednostavni da se mogu bez teškoća izraditi na licu mesta. U takvim transformatorskim stanicama topljivi umeci u kombinaciji sa APU na početku voda zamenjuju nabacivač greške i rastavljač snage.

Da bi se obezbedio selektivni rad zaštite pri kvarovima na mreži iza transformatora, vreme topljenja umetaka mora biti veće od vremena potrebnog za delovanje preko strujnih zaštita izlaznih vodova 6—20 kV.

Pri oštećenju transformatora na strani višeg napona vreme topljenja umetaka je najmanje i pri pravilnom njihovom izboru ne prelazi 0,2 sek. U najnepovoljnijem slučaju, kada na strani višeg napona može da pregori samo jedan umetak, a postoji stabilan dvofazni kvar iza prekidača u kolu transformatora na strani nižeg napona, može da se predvidi zaštita od maksimalne vrednosti inverzne komponente napona, koja deluje na isključenje prekidača 6—20 kV.

Pri naponu 110 kV i više treba za topljive umetke imati u vidu trajno dejstvo korone na materijal umetka. Potrebne preseke umetaka radi zaštite transformatora snage do 32 MVA daju se u (L. 3).

4. Transformatorske stanice sa nabacivačima greške i rastavljačima snage

Zadatak nabacivača greške je da pri unutarnjem kvaru transformatora ili na njegovim izvodima izazove veštački kratak spoj na napojnom vodu da bi se postiglo isključenje prekidača na početku voda.

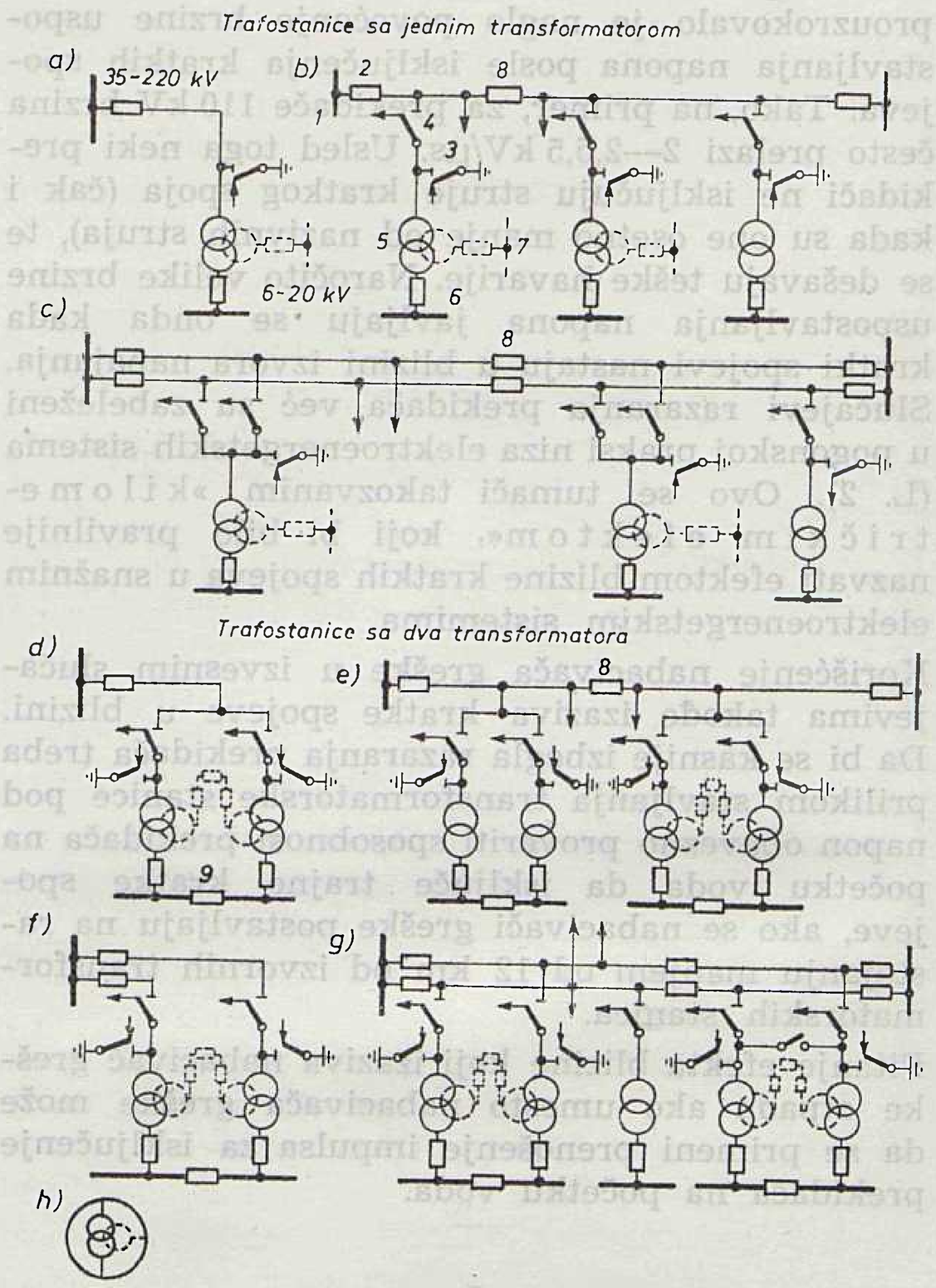
Za vreme beznaponske pauze APU rastavljač snage odvaja oštećeni transformator od voda koji napaja druge transformatore. Napon u vodu se uspostavlja posle ponovnog uključenja prekidača na početku voda. Da bi se obezbedio opisani redosled operacija, primenjuju se razne sheme relejne automatike sa korišćenjem strujnih transformatora u kolu nabacivača greške.

U dobre strane takvih transformatorskih stanica spadaju:

1. pojednostavnjenje i pojevtinjenje transformatorskih stanica, pošto nabacivači greške i rastavljači snage predstavljaju jednostavne aparate;
2. dovoljno brzo isključenje oštećenog transformatora;
3. izostavlja se telekomunikacijski uređaj za prenošenje impulsa za isključenje prekidača na početku voda;
4. moguće je korišćenje transformatorskih stanica 220 kV i viših napona (za transformatorske stanice sa osiguračima radni napon za sada ne prelazi 110 kV) sa transformatorima praktično svih snaga. Treba napomenuti da granična snaga priključenih transformatora u transformatorskim stanicama 35 i 110 kV sa osiguračima ne prelazi 6,3 odnosno 25 MVA.

Transformatorske stanice sa nabacivačima greške i rastavljačima snage pored ovih važnih prednosti imaju i mane, u koje spadaju:

1. potreba da se izvede veštački kratak spoj na vodu koji napaja niz transformatorskih stanica pri oštećenju transformatora u jednoj od transformatorskih stanica.
2. verovatnoća da će se povećati obim oštećenja transformatora usled velikog ukupnog vremena do potpunog isključenja oštećenog transformatora uglavnom usled vremena uključenja nabacivača greške. Ovo vreme za nabacivače greške postojećih konstrukcija iznosi 0,5—0,7 sek.



Sl. 3. *Karakteristične principijelne sheme mrežnih transformatorskih stanica sa nabacivačima greške i rastavljačima snage, vezanih na mreže 35 kV i viših napona: a, d — transformatorske stanice napajane jednim radijalnim vodom (krajnje transformatorske stanice u blok-vezi sa vodom); b, e — transformatorske stanice na otcepu, priključene na jedan vod i napajane sa jedne ili sa dve strane; c, f — transformatorske stanice na otcepu, priključene na dva paralelna voda; g — krajnja transformatorska stanica u blok vezi sa dva napojna voda; h — pokretni (centralizovani) rezervni transformator elektroenergetskog sistema; 1 i 2 — izvor napajanja i prekidač na početku voda; 3 i 4 — nabacivač greške i rastavljač snage; 5 — energetski transformator; 6 i 7 — sabirnice nižeg i srednjeg napona i njihovi prekidači u kolu transformatora; 8 i 9 — prekidači za sekcioniranje u napojnom vodu i u sabirnicama nižeg i srednjeg napona transformatorske stanice*

Korišćenjem spocijalne sheme automatike za nabacivače greške i rastavljače snage oštećeni transformator može da se odvoji od sistema pomoću nabacivača greške, koji ima čak i relativno veliko vreme uključenja. Razrađene su konstrukcije nabacivača greške i sa malim vremenom uključenja reda nekoliko perioda.

Svetsko iskustvo eksploatacije energetskih sistema pokazuje da veštački kratak spoj u transformatorskim stanicama može da se dozvoli jer oštećenja transformatora dešavaju se znatno ređe nego kvarovi vodova. Ako se u skladu sa (L. 1, čl. III-3-23) koristi uređaj APU na oštećenim transformatorima, onda će pri njegovom uspešnom delovanju moći da se transformatorska stanica održi u pogonu. Pri trajnom oštećenju transformatora i ponovnom isključenju prekidača na početku voda transformator se isključuje rastavljačem snage. Pri tom se potrošači napajaju iz drugog transformatora.

Razne principijelne sheme takvih transformatorskih stanica i napojnih vodova grupisane su na sl. 3. Na shemi nisu prikazani rastavljači, koji se postavljaju pored prekidača i rastavljača snage, a koji se koriste pri remontima istih.

Tačkasto su prikazana dodatna kola za slučaj kada se vodovi napajaju sa dve strane ili su u transformatorskim stanicama predviđeni tronamotajni transformatori.

Prekidači, koji se koriste u kolima srednjeg i nižeg napona transformatora, omogućavaju da se transformatori rasterećuju. Ovo omogućava da se transformatori uključuju (isključuju) u praznom hodu pomoću rastavljača snage, tj. kada se napojni vod nalazi pod naponom. Ovo je važno radi obezbeđenja pouzdanosti napajanja ostalih transformatorskih stanica, priključenih na vod.

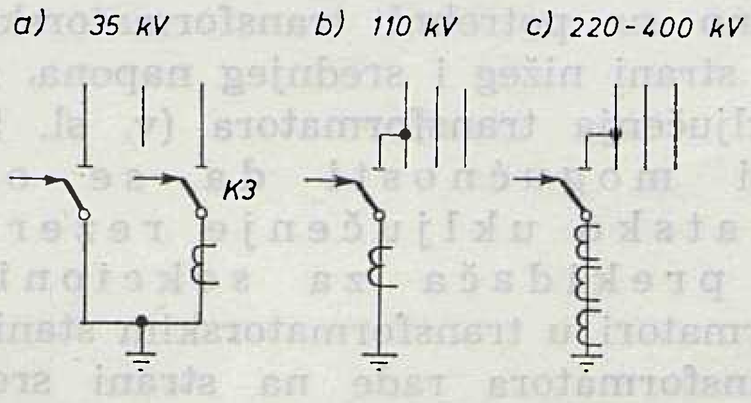
Ako mreže 35 kV rade sa izolovanom neutralnom tačkom, nije moguće ostvariti jednopolni kratak spoj sa jakom strujom kratkog spoja. Da bi se dobio dvopolan i kratak spoj postavljaju se dva nabacivača greške koji se uključuju na linijski napon (sl. 4a). U mrežama 110 kV i većih napona sa direktno uzemljenom neutralnom tačkom svih transformatora dovoljan je jedan nabacivač greške (sl. 4.b).

Snaga strujnih transformatora treba da bude dovoljna za napajanje samo releja za blokiranje, smeštenog u pogonu rastavljača snage. Budući da svaki pol rastavljača snage 220 kV i većih napona ima svoj pogon, to u kolu nabacivača greške treba postaviti tri strujna transformatora (sl. 4.c). U ovom slučaju broj strujnih transformatora može de bude čak i šest ako se predvidi automatizacija rastavljača snage u poprečnoj vezi.

Iz ekonomskih razloga izolacija namotaja transformatora 110 i 220 kV izvodi se sa strane neutralne tačke respektivno za klasu izolacije 35 i 110 kV pod uslovom da transformatori rade sa kruto uzemljenom neutralnom tačkom. U shemama transformatorskih stanica za napred navedene napone pored transformatora predviđeni su rastavljači koji omogućavaju da se selektivno razemljuju neutralne tačke radi ograničenja struja zemljospoja i obezbeđenja rada relejne zaštite. Takva razemljenja su dozvoljena ako se neutralna tačka uzemlji preko odvodnika prenapona (L. 1, čl. IV-2-173). Radi uključenja odvodnika prenapona predviđa se otočno vezani rastavljač ili nabacivač greške. Odvodnike prenapona treba odabirati imajući u vidu mogućnost pogona na dve faze i jednopolne zemljespojeve. Na primer za 110 kV napon u neutralnoj tački iznosi $\frac{126}{\sqrt{3}} = 73$ kV. (L. 4).

Važno je pravilno odabrati odvodnike prenapona jer se broj razemljenih neutralnih tačaka povećava uporedo sa povećanjem elektroenergetskih sistema i sa povećanjem korišćenja autotransformatora. Odvodnik prenapona može da se sačuva od razaranja automatskim uključenjem nabacivača greške koji premošćuje odvodnik prenapona. Zbog toga je jasno da se razemljenje neutralnih tačaka transformatora pre svega obavlja u onih transformatora koji imaju punu izolaciju neutralne tačke.

Rečeno se ne odnosi na transformatore napona iznad 220 kV, kao i na sve autotransformatore, jer se oni izrađuju sa klasom izolacije neutralne tačke za 35 kV i mogu da rade samo sa direktno uzemljenom neutralnom tačkom. Prema tome, pomenuti odvodnici prenapona štite izolaciju regulacione sklopke i oslabljenu izolaciju neutralne tačke transformatora.



Sl. 4. *Sheme veza nabacivača greške i pripadajućih strujnih transformatora: NG — nabacivač greške*

4.1. Transformatorske stanice sa jednim transformatorom

Transformatorske stanice sa jednim transformatorom se koriste za napajanje manje odgovornih potrošača ako u energetskom području postoji pokretna rezerva u transformatorima (L. 1, čl. I-2-29).

Ako postoji rezervni izvor napajanja i ako je to ekonomski opravdano, transformatorska stanica sa jednim transformatorom može da se gradi relativno velike snage.

Pri izgradnji transformatorskih stanica sa dva transformatora u prvoj etapi stavlja se u pogon

transformatorska stanica sa jednim transformatorom (krajnja transformatorska stanica u blok-vezi sa dalekovodom ili transformatorska stanica na otcepu) ako se prema uslovima porasta opterećenja potreba u drugom transformatoru javlja nekoliko godina kasnije. Razvoj transformatorske stanice po etapama veoma je efikasan sa gledišta ekonomike, jer bez ikakve štete pomera za kasnije investicije i isporuku opreme.

Najjednostavniju shemu transformatorske stanice predstavlja blok-veza transformatora sa dalekovodom. Iz slike 5a vidi se da se u takvoj transformatorskoj stanici sa jednim dvonamotajnim transformatorom ne moraju da se predvide:

a) rastavljač snage, jer se iz dalekovoda napaja samo jedan transformator, koji se u slučaju potrebe isključuje prekidačem na početku voda;

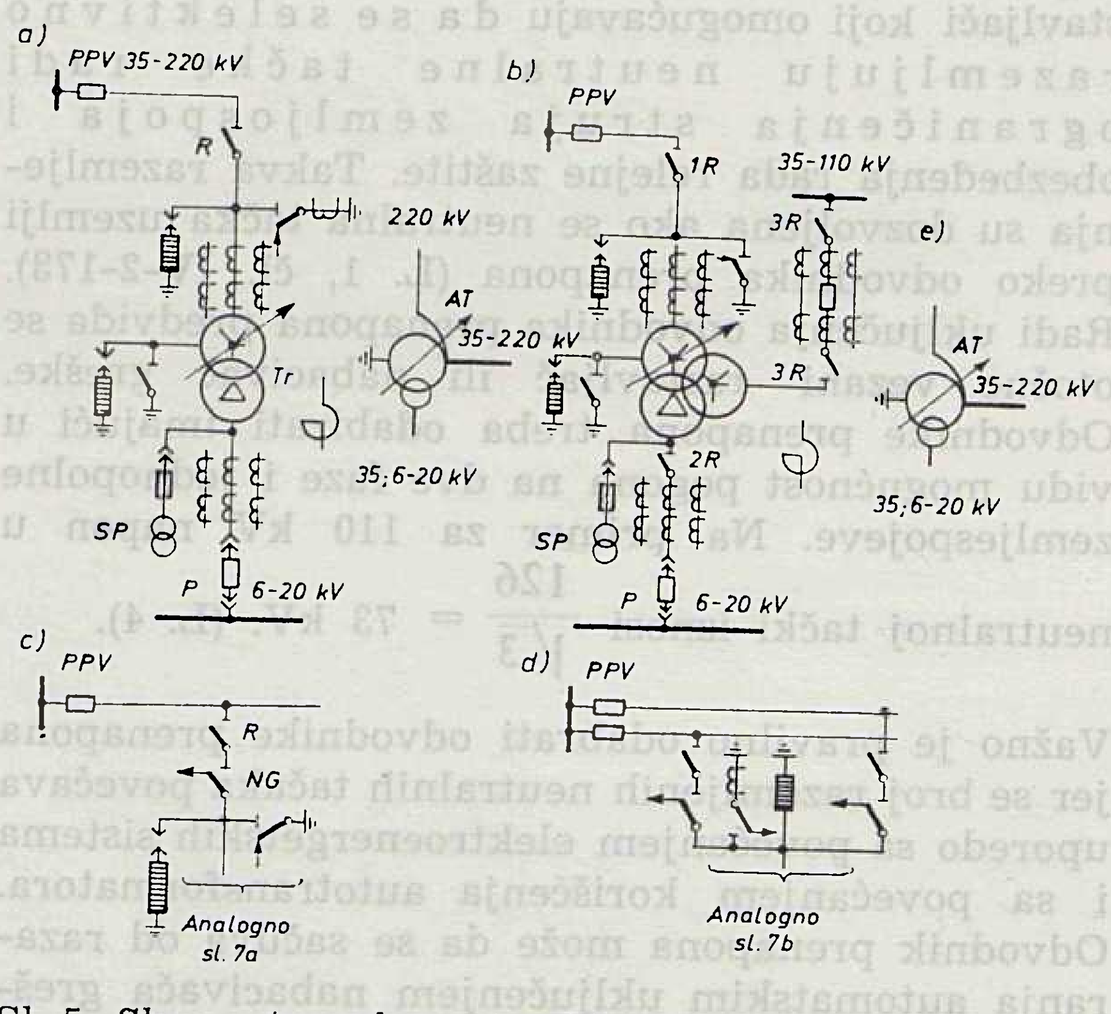
b) uređaj automatskog blokiranja u kolu rastavljača snage, a prema tome i strujni transformator nabacivača greške;

c) prekidač 6—20 kV dvonamotajnog transformatora, jer napon i opterećenje na sabirnicama 6—20 kV mogu da se isključe prekidačem na početku visokonaponskog napojnog voda.

U transformatorskim stanicama sa jednim tronamotajnim transformatorom u blok-vezi sa napojnim dalekovodom (sl. 5.b) na strani nižeg i srednjeg napona postavljaju se prekidači da bi se mogle isključivati sabirnice jednog od naponskih nivoa kada su sabirnice drugog nivoa pod naponom. Da bi se dobio vizuelni prekid kola za vreme remonta prekidača, kada je tronamotajni transformator u pogonu, predviđaju se remontni rastavljači 2R i 3R. Prigušnice se postavljaju u kolima 6—20 kV snažnih transformatora da bi se smanjile struje kratkog spoja na dozvoljene vrednosti za prekidače postavljene u razvodnom postrojenju 6—20 kV.

Iz sl. 5.c vidi se da je za razliku od transformatorskih stanica sa transmatorom u blok-vezi sa prekidačem na početku voda, kao i transformatorskim stanicama na otcepu, rastavljač snage RS postavlja se na strani višeg napona da bi se u slučaju kvara odvojio oštećeni transformator i da bi se uspostavio pogon drugih transformatora. Sem toga na strani 6—20 kV predviđa se prekidač, čiji je zadatak malopre objašnjen.

Transformatorske stanice na otcepu sa jednim transformatorom mogu da se napajaju iz dva paralelna voda (sl. 5.d). Shema takvog načina napajanja transformatorske stanice razlikuje se od razmatranih shema po račvi sastavljenoj od rastavljača snage i »remontnih« rastavljača na strani višeg napona. Normalno, transformatorska stanica napaja se iz jednog od vodova. U slučaju trajnog kvara voda rastavljači snage automatski prebacuju transformator na drugi vod.

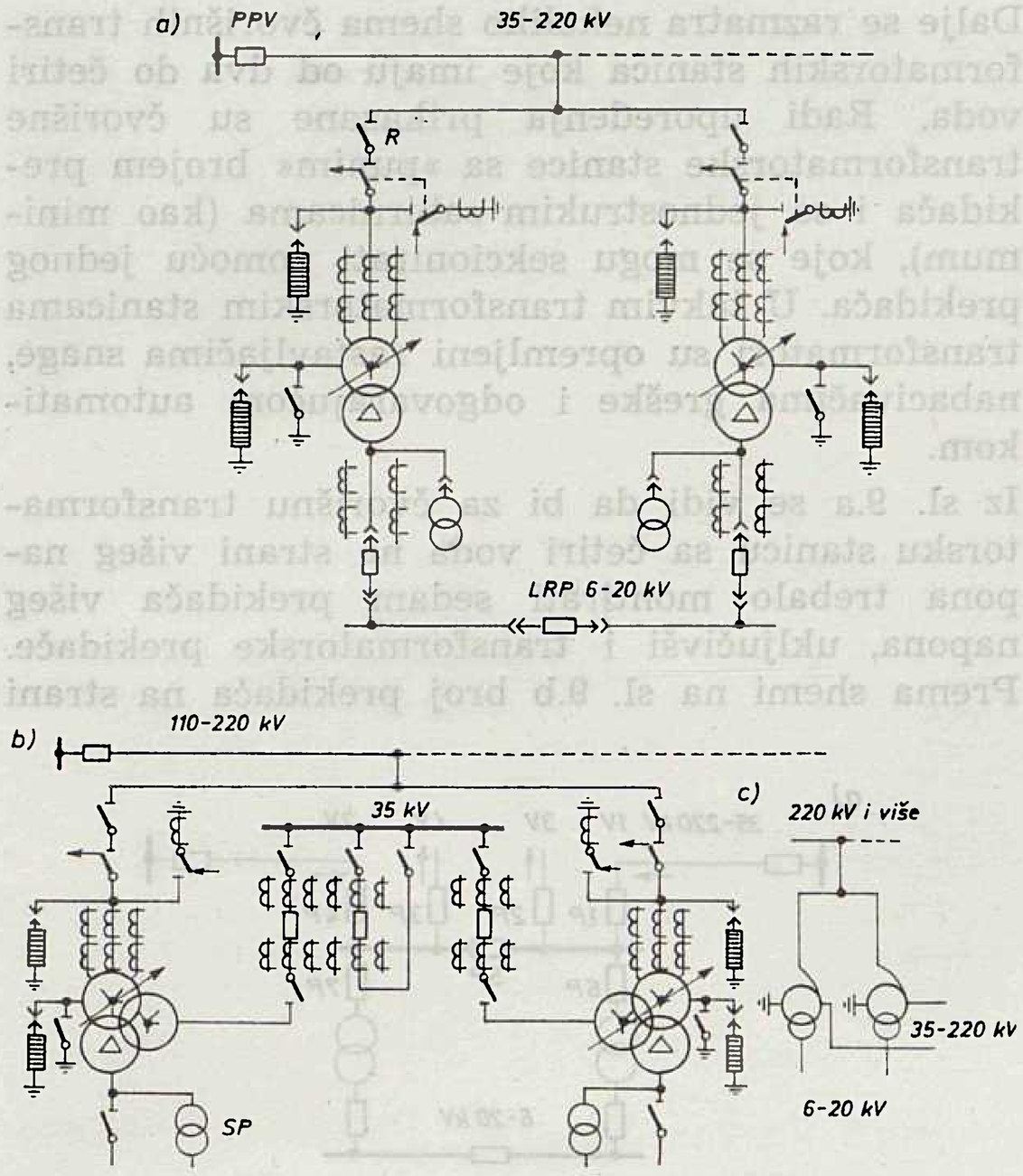


Sl. 5. *Sheme transformatorskih stanica sa jednim dvonamotajnim ili tronamotajnim transformatorom: a, b — krajnje transformatorske stanice, napajane preko jednog voda; c, d — transformatorske stanice na otcepima, napajane preko jednog ili dva voda; e — varijante sa autotransformatorima; RR — remontni rastavljač; PPV — prekidač na početku voda; SP — sopstvene potrebe; RS — rastavljač snage*

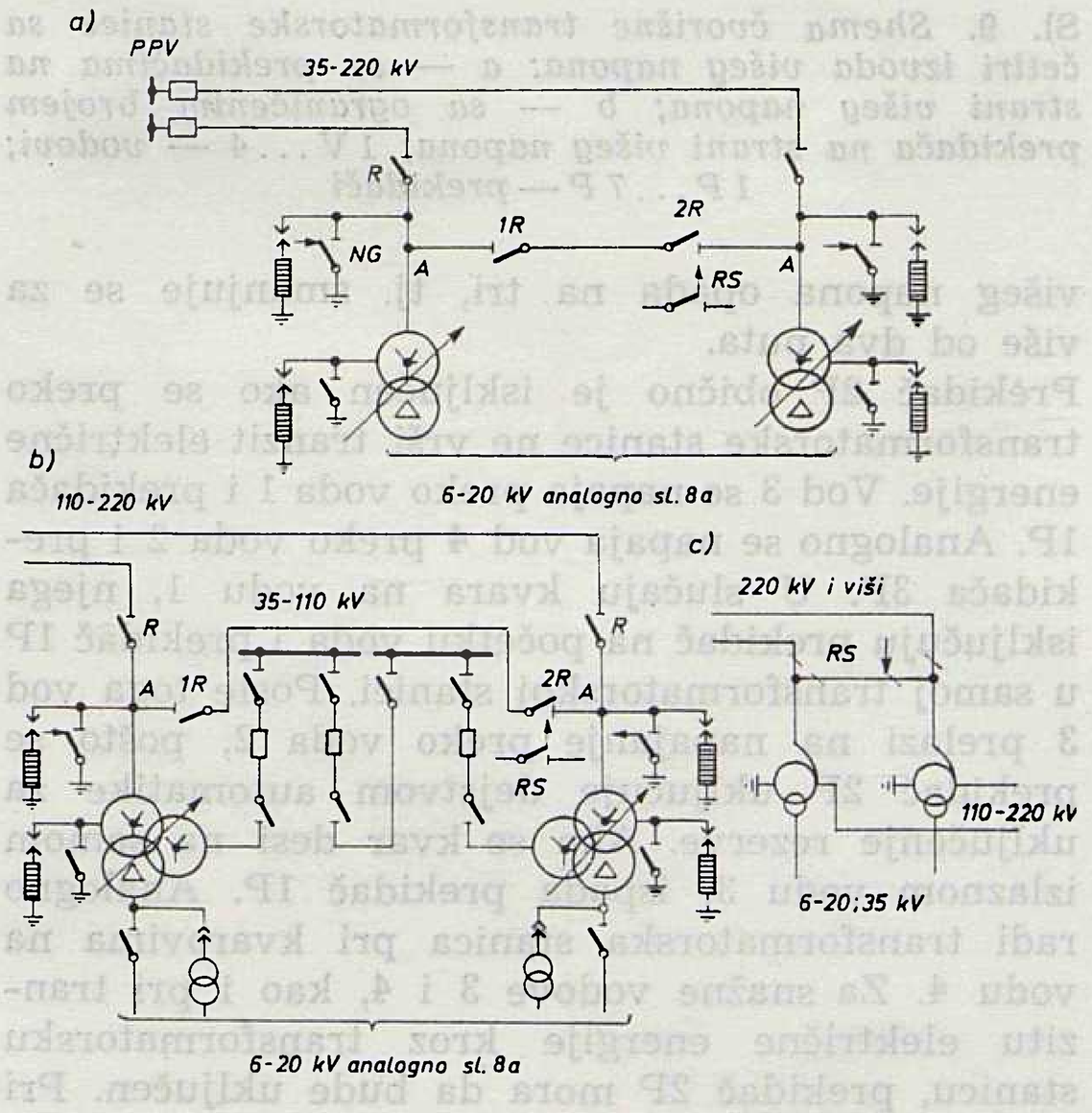
4.2. Transformatorske stanice sa dva transformatora

Transformatorske stanice sa dva transformatora veoma su mnogobrojne jer često treba obezbediti snabdevanje električnom energijom vrlo odgovornih potrošača kojima ne sme da se prekida napajanje (L. 1, čl. I-2-27). Pouzdanost pogona transformatorskih stanica sa dva transformatora povećava se usled elastičnosti shema i uređaja za automatsko uključenje rezervi (AUR), koji omogućavaju da se automatski na drugi transformator priključi opterećenje 6—20 i 35 kV.

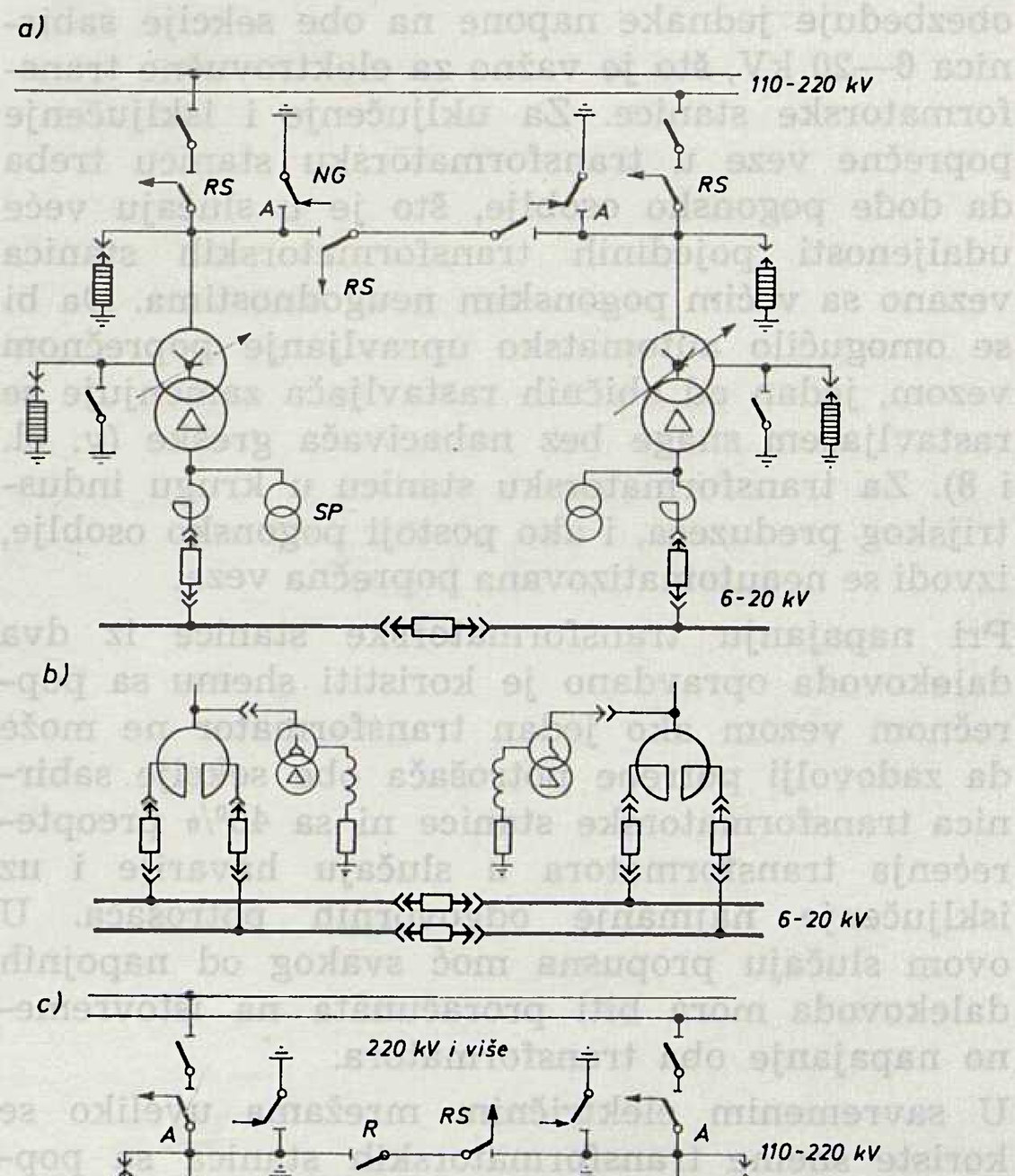
Transformatorske stanice sa dva transformatora, koje su u blok-vezi sa vodom ili su na otcepu, analogno istim transformatorskim stanicama sa jednim transformatorom, mogu da se priključuju na jedan vod (sl. 6) ili na dva voda (sl. 7. i 8). Za transformatorske stanice u blok-vezi sa vodom predviđa se rastavljač snage (sl. 7), a, prema tome, i uređaj vezan sa automatikom između nabacivača greške i rastavljača snage. U transformatorskim stanicama sa dva transformatora neophodno su potrebni transformatorski prekidači na strani nižeg i srednjeg napona, ne samo radi isključenja transformatora (v. sl. 5.a), već i radi mogućnosti da se ostvari automatsko uključenje rezerve pomoću prekidača za sekcioniranje. Transformatori u transformatorskim stanicama sa dva transformatora rade na strani srednjeg i nižeg napona paralelno ili sa razdvojenim sabirnicama. Da bi se na strani 6—20 kV ograničila



Sl. 6. *Sheme krajnjih transformatorskih stanica sa dva transformatora, napajanih preko jednog voda (tačkaste linije se odnose na slučaj transformatorskih stanica na otcepu): a, b — sa dvonamotajnim ili tronamotajnim transformatorima; c — varijanta sa autotransformatorima; PPV — prekidač na početku voda; R — rastavljač; LRP — limom oklopljeno razvodno postrojenje fabričke izrade; SP — sopstvene potrebe*



Sl. 7. *Sheme krajnih transformatorskih stanica sa dva transformatora, napajane preko dva voda; a, b — sa dvonamotajnim i tronamotajnim transformatorima; c — varijanta sa autotransformatorima; R, 1R, 2R — rastavljači u napojnom vodu i kolu poprečne veze; RS — rastavljač snage*



Sl. 8. *Sheme transformatorskih stanica na otcepu sa dva transformatora, napajanih preko dva voda: a — sa dvonamotajnim transformatorima; b — sa razdvojenim prigušnicama na strani 6 — 20 kV; c — sa tronamotajnim transformatorima; RS — rastavljač snage; NG — nabacivač greške; SP — sopstvene potrebe; NT — naponski transformator; LRP — limom oklopljeno razvodno postrojenje fabričke izrade*

struja kratkog spoja i da se ne bi povećavali preseci žila u kablovskoj mreži, obično se koristi rad transformatora sa razdvojenim sabirnicama i uređajem za automatsko uključenje rezervi na prekidaču za sekcioniranje. Na strani 35 kV prednost se daje paralelnom radu, ako to dozvoljava snaga isključenja prekidača.

Da bi se povećala elastičnost pogona transformatorskih stanica sa dva transformatora koji su napajani iz dva voda, na strani višeg napona koristi se shema poprečne veze, koja se sastoji od veze za slučaj kvara i rastavljača 1R i 2R, kako je to prikazano na sl. 7. Analogna poprečna veza izvodi se i u transformatorskim stanicama na otcepu koji se napajaju iz dva voda (sl. 8). Shema poprečne veze omogućava da se oba transformatora napajaju samo iz jednog dalekovoda kada je drugi dalekovod isključen iz nekih razloga. Takav rad

obezbeđuje jednake napone na obe sekcije sabirnica 6—20 kV, što je važno za elektrovučne transformatorske stanice. Za uključenje i isključenje poprečne veze u transformatorsku stanicu treba da dođe pogonsko osoblje, što je u slučaju veće udaljenosti pojedinih transformatorskih stanica vezano sa većim pogonskim neugodnostima. Da bi se omogućilo automatsko upravljanje poprečnom vezom, jedan od običnih rastavljača zamenjuje se rastavljačem snage bez nabacivača greške (v. sl. i 8). Za transformatorsku stanicu u krugu industrijskog preduzeća, i ako postoji pogonsko osoblje, izvodi se neautomatizovana poprečna veza.

Pri napajanju transformatorske stanice iz dva dalekovoda opravdano je koristiti shemu sa poprečnom vezom ako jedan transformator ne može da zadovolji potrebe potrošača obe sekcije sabirnica transformatorske stanice ni sa 40% preopterećenja transformatora u slučaju havarije i uz isključenje najmanje odgovornih potrošača. U ovom slučaju propusna moć svakog od napojnih dalekovoda mora biti proračunata na istovremeno napajanje oba transformatora.

U savremenim električnim mrežama uveliko se koriste sheme transformatorskih stanica sa poprečnim vezama, naročito automatizovanim, bez obzira na dodatne troškove i izvesno povećanje površine koju zauzima transformatorska stanica. U transformatorskim stanicama sa transformatorima od po 31,5 MVA i većih snaga u mreži 6—20 kV postavljaju se po potrebi grupne prigušnice radi ograničenja snage isključenja kratkog spoja na 200—300 MVA, kako bi se za razvodno postrojenje 6—200 kV mogli koristiti prekidači malih spoljnih dimenzija.

Pod takvim okolnostima sistem jednostrukih sabirnica 6—20 kV izvodi se u obliku četiri sekcije, od kojih se svaka priključuje na transformator preko grupne prigušnice (sl. 10.b). Takve transformatorske stanice mogu da imaju veći broj (do 60) izvoda 6—20 kV.

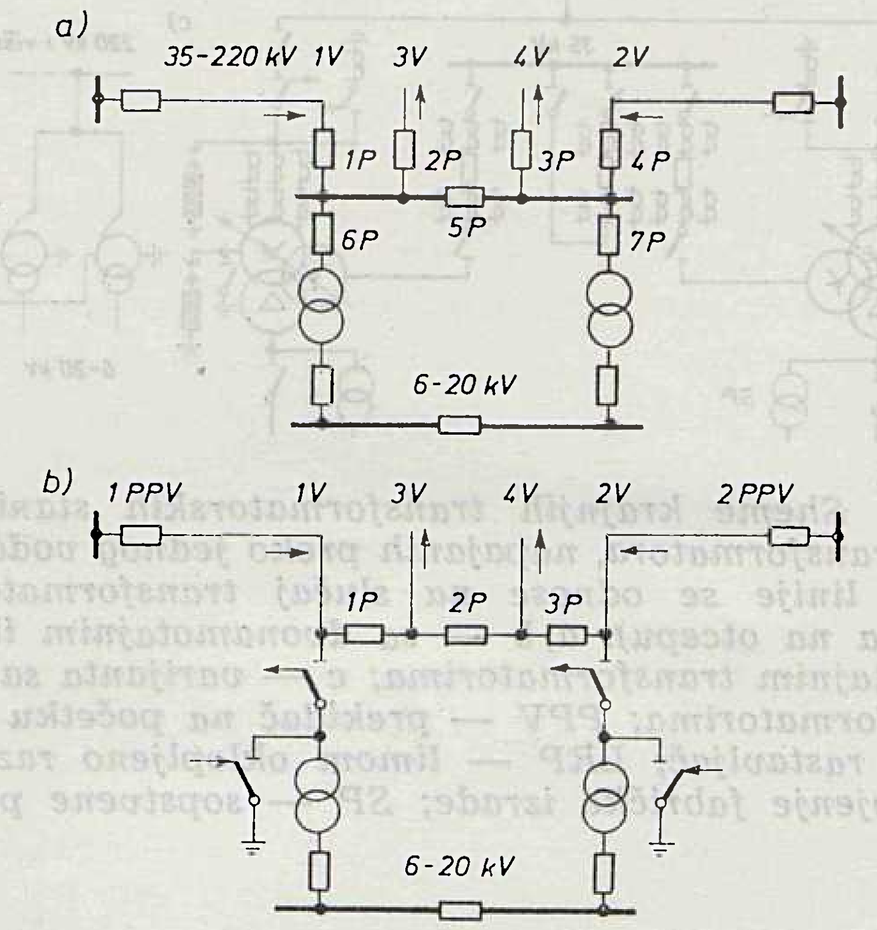
Ako se transformatorska stanica napaja iz mreže 110—400 kV i ako postoji postrojenje srednjeg napona od 35 do 220 kV, tj. ako jedinična snaga transformatora iznosi 400 MVA ili više, onda se koriste autotransformatori. Kao primer transformatorske stanice sa autotransformatorima može da posluži transformatorska stanica prema shemi prikazanoj na sl. 10.c.

5. Čvorišne (prolazne) transformatorske stanice

Koristeći velike mogućnosti automatike i daljinskog upravljanja, u izvesnim slučajevima mogu da se izostave skupi prekidači na strani višeg napona (35—400 kV) ne samo u jednostavnim postrojenjima (krajnje transformatorske stanice i transformatorske stanice na otcepima), već i u čvorišnim (prolaznim) transformatorskim stanicama.

Dalje se razmatra nekoliko shema čvorišnih transformatorskih stanica koje imaju od dva do četiri voda. Radi upoređenja prikazane su čvorišne transformatorske stanice sa »punim« brojem prekidača i sa jednostrukim sabirnicama (kao minimum), koje se mogu sekcionirati pomoću jednog prekidača. U takvim transformatorskim stanicama transformatori su opremljeni rastavljačima snage, nabacivačima greške i odgovarajućom automatikom.

Iz sl. 9.a se vidi da bi za čvorišnu transformatorsku stanicu sa četiri voda na strani višeg napona trebalo montirati sedam prekidača višeg napona, uključivši i transformatorske prekidače. Prema shemi na sl. 9.b broj prekidača na strani



Sl. 9. *Shema čvorišne transformatorske stanice sa četiri izvoda višeg napona: a — sa prekidačima na strani višeg napona; b — sa ograničenim brojem prekidača na strani višeg napona; 1 V . . . 4 — vodovi; 1 P . . . 7 P — prekidači*

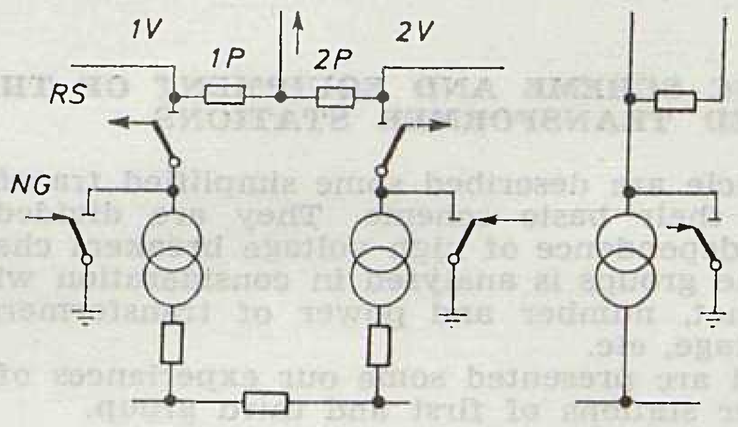
višeg napona opada na tri, tj. smanjuje se za više od dva puta.

Prekidač 2P obično je isključen ako se preko transformatorske stanice ne vrši tranzit električne energije. Vod 3 se napaja preko voda 1 i prekidača 1P. Analogno se napaja vod 4 preko voda 2 i prekidača 3P. U slučaju kvara na vodu 1, njega isključuju prekidač na početku voda i prekidač 1P u samoj transformatorskoj stanici. Posle toga vod 3 prelazi na napajanje preko voda 2, pošto se prekidač 2P uključuje dejstvom automatike za uključenje rezerve. Ako se kvar desi na samom izlaznom vodu 3, ispada prekidač 1P. Analogno radi transformatorska stanica pri kvarovima na vodu 4. Za snažne vodove 3 i 4, kao i pri tranzitu električne energije kroz transformatorsku stanicu, prekidač 2P mora da bude uključen. Pri kvaru na napojnom vodu predviđa se prvo ispadanje prekidača 1P ili 3P, a tek posle ispadanje prekidača na početku voda.

Ako dođe do kvara transformatora, njega isključuje pripadajući rastavljač snage za vreme bez-

naponske pauze, koju izaziva uključenje nabacivača greške i ispadom odgovarajućeg prekidača na početku voda. Posle uključenja prekidača na početku voda i prekidača za sekcioniranje sabirnica na strani nižeg napona uspostavlja se napajanje potrošača.

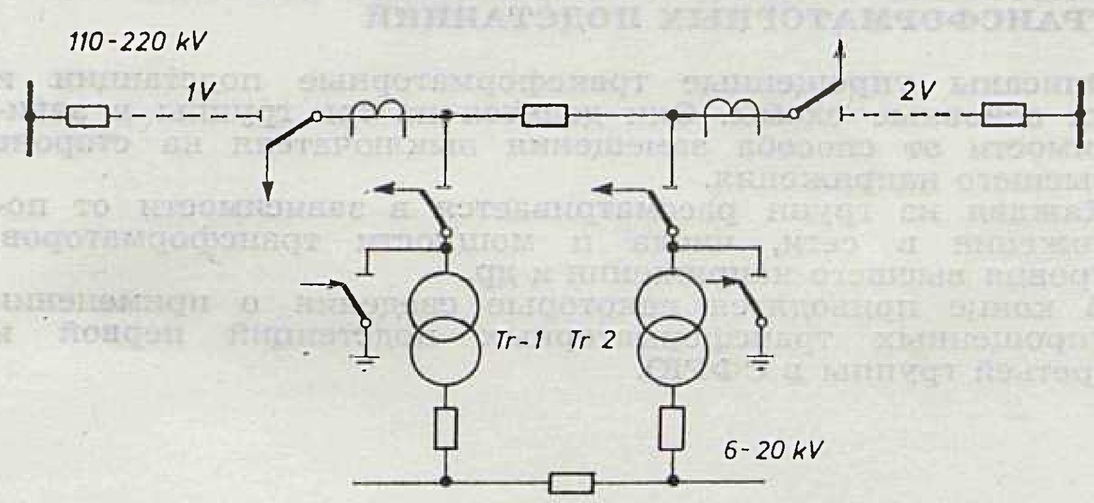
Čvorišne transformatorske stanice sa tri ili dva voda (sl. 10) u slučaju kvara na jednom od vodova



Sl. 10. *Shema čvorišne transformatorske stanice: a — sa tri izvoda; b — sa dva izvoda; 1 V ... 3 V — vodovi; 1 P, 2 P — prekidači; RS — rastavljač snage; NG — nabacivač greške*

rade analogno malopre prikazanoj shemi transfortorske stanice.

Postoje i druge varijante shema čvorišnih transformatorskih stanica sa ograničenim brojem prekidača na strani višeg napona. Najinteresantnija je shema sa jednim prekidačem na strani višeg napona (sl. 11) koja je slična shemi tipske trans-



Sl. 11. *Tipska shema prolazne transformatorske stanice sa jednim prekidačem na strani višeg napona (»Energosetprojekt«): Tr-1, Tr-2 — glavni transformatori; 1 V, 2 V — vodovi*

formatorske stanice sa tri prekidača i sedam rastavljača, ranije usvojenoj u elektroenergetskom sistemu SR Srbije. Iz slike se vidi da pri kvaru na bilokom od napojnih vodova ili transformatoru napajanje obe sekcije sabirnica nižeg napona se obezbeđuje pomoću automatskog uključenja rezerve.

6. Umesto zaključka

U periodu od 1958. i zaključno sa 1967. godinom u našem elektroenergetskom sistemu radilo je nekoliko transformatorskih stanica višeg napona 110 kV bez prekidača i bez sabirnice na strani 110 kV. Umesto toga ove pojednostavnjene transformatorske stanice bile su opremljene običnim rastavljačem 110 kV sa najprimitivnijim (male brzine delovanja) nabacivačem greške bez ikakve automatike, daljinskog upravljanja i drugih savremenih uređaja.

Valja posebno istaći TS 110/35 kV Potpeć-provizorijum, koja je bila priključena na DV 134 Sevojno-Goražde dužine preko 150 km izgrađen dosta nekvalitetno preko teško prolaznog brdskog područja sa jakim atmosferskim pražnjenjima, snažnim padavinama, vetrovima. Ova transformatorska stanica, udaljena preko 70 km od najbližeg postrojenja, sa stalnom posadom i prekidačima sa urednom zaštitom, bila je u pogonu od 27. 11. 1963. do 28. 11. 1967. — pune četiri godine. Nju je zamenilo novoizgrađeno razvodno postrojenje HE Potpeć sa 3 generatorska blok-transformatora 110 kV, 2 mrežna transformatora 110 kV, izvodima 110 i 35 kV itd.

U toku višegodišnjeg pogona (TS 110/35 kV Srbobran-provizorijum bila je u pogonu, na primer, preko 9 godina — od 1958. i sve do 12. 03. 1967.) ovih transformatorskih stanica pogonsko osoblje i tehničko rukovodstvo nisu zapazili neke posebne teškoće koje bi ugrozile pouzdanost pogona, odnosno pouzdanost snabdevanja potrošača električnom energijom, što se dokumentuje i dnevnim dispečerskim izveštajima, mesečnim izveštajima Odelenja za eksploataciju Zajednice elektroprivrednih preduzeća Srbije, odnosno Pogonskog sektora Združenog elektroprivrednog preduzeća.

Od 1964. godine, u težnji da se smanji cena, u elektroenergetskom sistemu SR Srbije počela je da se koristi takozvana tipska transformatorska stanica sa 3 prekidača 110 kV, akumulatorskom baterijom itd. u obe varijante (razvodno postrojenje 35 kV u zgradi ili na otvorenom prostoru), koja nije bitno jevtinija od klasičnog rešenja, nije automatizovana, pa, prema tome, zastarele koncepcije. Sa stambenim zgradama za pogonsko osoblje, koje vrši službu u prisutnosti, ovo rešenje je skuplje od klasičnog.

Treba napomenuti i to da ova tipska transformatorska stanica zauzima površinu 52 × 81 = 4 220 m². Upoređujući ovu površinu sa površinom zemljišta potrebnom za izgradnju pojednostavnjenih transformatorskih stanica zapaža se da je ona znatno veća (za oko 50%), čak i od površine potrebne, na primer, za pojednostavnjene transformatorske stanice sa tri naponska nivoa 220/35/6 kV i dva transformatora od po 20 MVA ili veće snage, a koja iznosi 48,00 × 62,31 = 3 000 m². Sem transformatorskih stanica višeg napona 110 kV od 22. 10. 1962. do 27. 6. 1963. bila je u pogonu i pojednostavnjena transformatorska stanica 220 kV Srbobran (stalno rešenje) sa jednim transformatorom 220/110 kV snage 150 MVA bez prekidača, bez rastavljača snage i nabacivača greške, a u bloku-vezi sa dalekovodom 220 Titograd —

Srbobran (sad DV206 + DV209) dužine 415,5 km i prekidačem na njegoovom početku u TS Titograd! U toku ovih 8 meseci prenos energije odvijao se je po nenormalnim uslovima usled nestabilnosti prenosa energije na izuzetno veliku daljinu bez mogućnosti regulacije tokova aktivne i reaktivne energije itd., pa i sama TS 220/110/35 kV Srbobran nije se zamišljala kao pojednostavnjena transformatorska stanica bez prekidača na strani 220 kV. Ipak valja reći da pomanjkanje transformatorskog prekidača 220 kV nije bilo presudno u nizu pogonskih teškoća.

Transformatorske stanice 110/220 kV, a sada i 400 kV, bez prekidača i sabirnica na strani višeg napona nisu u nas proučavane tako da praktično ništa nije učinjeno u pogledu smanjenja koštanja transformatorskih stanica viših napona, a pre svega transformatorskih stanica 220 i 400 kV.

Literatura

1. Gosudarstvennyj proizvodstvennyj komitet po energetike i elektrifikacije SSSR. — Tehničeskoje upravlenije po ekspluatacii energosistem — Pravila ustrojstva elektroustanovok, »Energija«, Moskva, 1966.
2. Dorf G. A. — Vosstanovlivajušćeesja naprjaženije na kontaktah vyključatelej pri otključenii neudalennyh korotkih zamykanij na linii, »Električestvo«, Moskva, Br. 3/1964.
3. Bulitko A. D., Derjugin F. F. — Otkrytyje plavkije vstavki na storone vyššego naprjaženija poniziteljnyh podstancij, »Električeskije stancii«, Moskva, Br. 1/1960.
4. O zaštite transformatorov 110 kV, imejušćih nepolnuju izolaciju nejtrali, »Električeskije stancii«, Moskva, Br. 11/1964.
5. Gogičajšvili P. F. — Podstancii bez vyključatelej na vyššem naprjaženii, »Vyššaja škola«, Moskva, 1965.
6. Zaderej G. K., Krekalo N. E., Kryžanovskaja V. V. — Otključenije i vključenije na paralleljnuju rabotu avtotransformatora 330 kV razjedinitelem »Električeskije stancii«, Moskva, Br. 7/1968.
7. Ajzstrauts E. V., Princis-Rybakov A. K. — Otključenije i vključenije avtotransformatorov 330 kV razjediniteljami, »Električeskije stancii«, Moskva, Br. 6/1974.
8. Galjfand Ja. S., Šaber M. A. — Povyšenije nadežnosti zaštity transformatorov 110 kV uprošćennyh podstancij, »Električeskije stancii«, Moskva, Br. 4/1975.
9. Hrupilin V. I., Gogičajšvili P. F. — Po povodu statji L. E. Dudareva »Novyj princip postrojenija relejnoj zaštity blokov linija — transformator, »Električeskije stancii«, Moskva Br. 5/1975.
10. Katson V. D., Polovoj I. F., Halilov F. H., Čertusov V. M. — O perenaprjaženijah na linijah s nagluho prisojedinennymi transformatorami v promežutočnyh točkah, »Električeskije stancii«, Moskva, Br. 9/1975.

THE BASIC SCHEME AND EQUIPMENT OF THE SIMPLIFIED TRANSFORMER STATIONS

In the article are described some simplified transformer stations and their basic scheme. They are divided in three groups in dependence of high voltage breakers changeability. Each of the groups is analysed in consideration with the position in net, number and power of transformers, level of higher voltage, etc.
At the end are presented some our experiances of simplified transformer stations of first and third group.

GRUNDLEGENDE SCHALTBILDER UND AUSRÜSTUNG VON TRAFOSTATIONEN

Beschrieben werden vereinfachte Transformatorenstationen und deren Grundschaltbilder. Diese werden ja nach oberspannungsseitigen Anordnung der Schalter in drei Gruppen eingeteilt.
Jede dieser Gruppen wird hinsichtlich der Lage im Netz, Anzahl und Transformatorenleistung, Niveau der Oberspannung usw. gesondert behandelt.
Abschliessend werden verschiedene eigene Erfahrungen im Betrieb der vereinfachten Transformatorenstationen aus der ersten und dritten Gruppe besprochen.

ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ И ОСНАЩЕНИЕ УПРОЩЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Описаны упрощенные трансформаторные подстанции и их основные схемы. Они делятся на три группы в зависимости от способа замещения выключателя на стороне высшего напряжения.
Каждая из групп рассматривается в зависимости от положения в сети, числа и мощности трансформаторов, уровня высшего напряжения и др.
В конце приводятся некоторые сведения о применении упрощенных трансформаторных подстанций первой и третьей группы в СФРЮ.

Naslov pisca:

Kiril A. Tropin, dipl. ing.

Beograd

Uredništvo primilo rukopis 8. IV 1982.

Energija God. 31 (1982) br. 7—8, 265—271

TOPLIFIKACIJSKE TURBINE U NUKLEARNIM ELEKTRANAMA

Franjo Černohous, Zagreb

UDK 621.165:629.039
STRUČNI RAD

Daje se pregled upotrebe parnih turbina u nuklearnim elektranama-toplanama za potrebe daljinskog grijanja s težištem na toplifikacijskim turbinama sa zasićenom parom i na velikom broju varijanata njihovog spoja.

Ključne riječi: nuklearana elektrana-toplana, daljinsko grijanje, turbina sa zasićenom parom.

1. UVOD

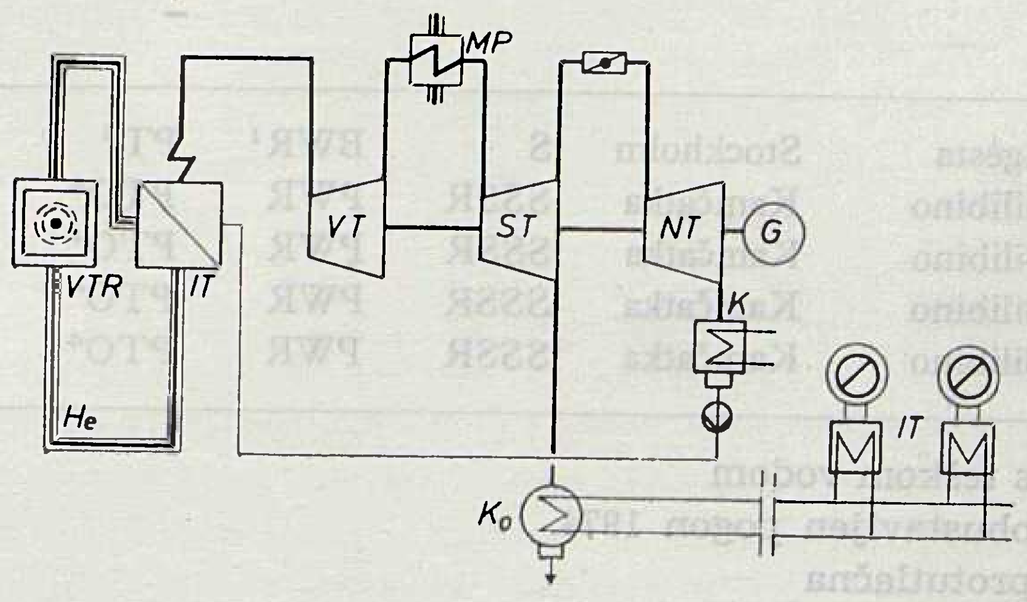
S obzirom na ograničene rezerve primarne energije klasičnog tipa (ugljen, nafta, prirodni plin) dolazi sve više u upotrebu nuklearna energija. Nuklearna energija imat će, sasvim sigurno, i u budućnosti veliku ulogu u proizvodnji električne energije. Kako i nuklearno gorivo nije neiscrpivo, to se bolje iskorištavanje nuklearnog goriva uklapa u imperativ našeg vremena — racionalnu proizvodnju i potrošnju svih oblika energije. Jedna mogućnost je opremanje nuklearne elektrane za potrebe daljinskog grijanja gradova na bazi procesa kombinirane proizvodnje električne i toplinske energije, dakle upotreba nuklearne elektrane kao toplane. U nastavku se razmatra uređaj nuklearne elektrane s parnim turbinama prikladnim za toplifikaciju, s težištem na toplifikacijskim turbinama sa zasićenom parom i na velikom broju varijanata njihova spoja. Na bazi postrojenja električne snage 1 000 MW ukazuje se na moguće toplifikacijske turbine s različito velikim oduzimanjima topline.

2. VRSTE TOPLANA

Toplana je mjesto gdje se koncentrirano proizvodi toplinska energija na jednom mjestu za potrebe grijanja pojedinih četvrti ili područja grada i (ili) za opskrbu industrije tehnološkom parom. Ako se toplinska energija proizvodi zasebno, govori se isključivo o toplani, a ako se proizvodi u kombiniranom procesu s električnom energijom — spojenom ili vezanom procesu, govori se o termoelektrani — toplani, ili o nuklearnoj elektrani — toplani, odnosno nuklearnoj toplani. Cjelina, koja obuhvaća izvore toplinske energije, prijenos i razdiobu toplinske energije i potrošače toplinske energije naziva se toplinsko-energetskim sistemom.

Mogući oblici izvedbe toplane su različiti. To su prije svega već desetljećima afirmirane toplane koje se koriste fosilnim gorivima, tzv. konvencionalne toplane (tablica 1). Ovdje se para za grijanje oduzima u turbini ili iza turbine. Rjeđe se upotrebljavaju plinske turbine, a posve rijetko dizel-motori čiji ispušni plinovi prenose svoju toplinu na vrelu vodu.

Nuklearne toplane koriste reaktore sa zasićenom parom (slika 1.a), više lakovodne reaktore PWR negoli teškovodne reaktore HWR i visokotemperaturne reaktore. Kod nuklearnih toplana s reaktorima sa zasićenom parom oduzima se para za potrebe grijanja isključivo u turbinama.



Sl. 1. *Spojevi nuklearnih toplana; a) Toplana s parnom turbinom i lakovodnim ili teškovodnim reaktorom*

PWR — lakovodni reaktor; HWR — teškovodni reaktor; VT — visokotlačna turbina; ST — srednjetlačna turbina; NT — niskotlačna turbina; K — kondenzator; G — generator; PT — plinska turbina; K_0 — ogrjevni kondenzator; He — helij; H — hladnjak; IT — izmjenjivač topline; R — rekuperator; K_p — kompresor; MP — međupregrijač.

Tablica 1. Najveće toplifikacijske turbine

Proizvođač	Postrojenje	Grad	Država	Maksimalna toplinska snaga MW_t	Maksimalna električna snaga MW	Parametri svježe pare bar/°C/°C/	Broj stupnjeva grijanja	Temperatura polaza i povrata	Godina stavljanja u pogon
TMZ	NN[3]		SSSR	383	300	235/560/565	2	70—125/—	1972.
BBC-Stal	Värtan	Stockholm	S	383[1]	270[1]	178/535/535	2	90/50	1876.
KWU	Spandau A	Berlin	D	372	300	190/535/535	2	82/47	1980.
BBC-Stal	Aros II	Västeras	S	372[1]	270[1]	178/535/535	2	90/50	1973.
KWU	Aros I	Väateras	S	372[1]	265[1]	178/535/535	2	90/50	1969.
KWU	Fyris	Uppsala	S	348	197	178/535/535[2]	2	85/55	1973.
KWU	Bravalla	Norrköping	S	337	250	178/535/535	2	90/50	1972.
BBC	Fyn V	Odense	DK	325	285	178/530/530	1	85/45	1974.
BBC	Nordkraft	Alborg	DK	267	285	178/530/530	2	85/45	1973.
TMZ	NN[3]		SSSR	313	210	127/555	2	70—125/—	?
Stal	Fyn IV	Odense	DK	262	205	178/535/535	2	85/45	1968.
Stal	Orebro	Orebro	S	244[1]	115[1]	138/535[2]	2	90/55	1974.
KWU	Lichterfelde I	Berlin	D	232	150	182,530,530	1	87,47	1972.
KWU	Lichterfelde II	Berlin	D	232	150	182,530,530	1	87,47	1973.
KWU	Lichterfelde III	Berlin	D	232	150	182,530,530	1	87,47	1974.
TMZ	NN[3]		SSSR	203	120	127/555	2	70—125/—	1969.
BBC	Esbjerg V	Esbjerg	DK	192	256	158/540/540	2	85/52	1969.
Stal	Heleneholm	Malmö	S	192	95	104/530[2]	1	90/60	1971.

[1] visokotlačni zagrijač odspojen
[2] protutlačna turbina
[3] više turbina

BBC = Brown, Boveri Cie., AG, Švicarska
KWU = Kraftwerk-Union AG, Zapadna Njemačka
Stal = Stal-Laval, Švedska (preuzeta licenca od BBC-a 1969. za parne turbine snage preko 200 MW)
TMZ = Tvornica turbostrojeva Ural, SSSR

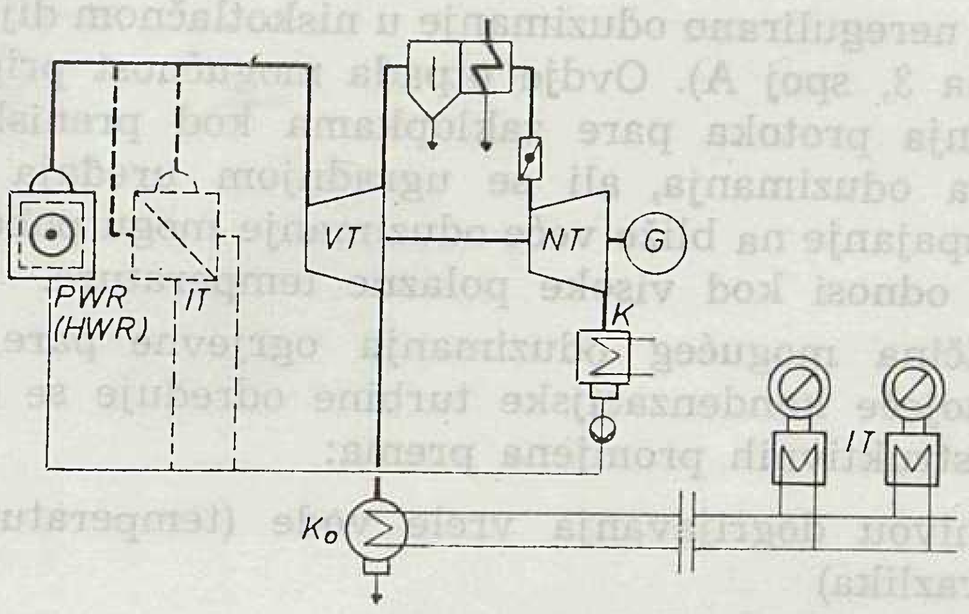
Tablica 2. Izgrađene nuklearne toplane

Postrojenje	Mjesto	Država	Tip reaktora	Tip turbine	Maksimalna toplinska snaga MWt (Gcal/h)	Maksi. malna elektr. snaga MW	Stanje svježe pare bar	Broj stupnjeva grijanja	Temperatura prolaza i povrata °C/°C	Godina stavljanja u pogon
Agesta	Stockholm	S	BWR[1]	PT[3]	65 (56)	10	13—20 (zasićena)	1	90/60	1964.[2]
Bilibino	Kamčatka	SSSR	PWR	PTO[4]	29 (25)	12	64 (zasićena)	1		1974.
Bilibino	Kamčatka	SSSR	PWR	PTO[4]	29 (25)	12	64 zasićena)	1		1974.
Bilibino	Kamčatka	SSSR	PWR	PTO[4]	29 (25)	12	64 (zasićena)	1		1976.
Bilibino	Kamčatka	SSSR	PWR	PTO[4]	29 (25)	12	64 (zasićena)	1		1976.

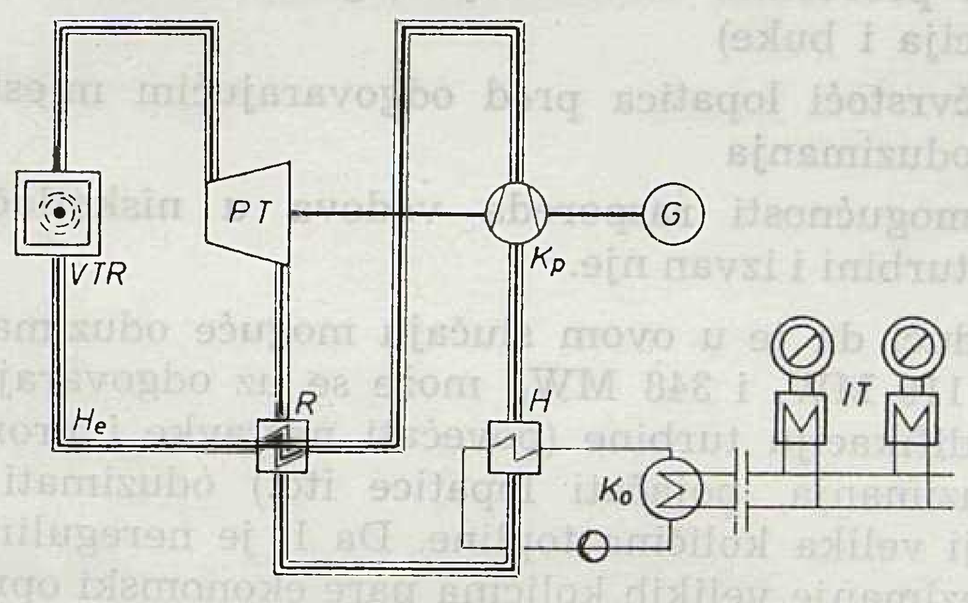
[1] s teškom vodom
[2] obustavljen pogon 1974.
[3] protutlačna
[4] kondenzacijska s oduzimanjima

Prva nuklearna toplana takve vrste stavljena u pogon 1964. godine je »Ågesta« u Švedskoj, a toplinska snaga joj iznosi 65 MWt. U međuvremenu stavljene su u pogon nuklearne toplane »Bilibino« na poluotoku Kamčatki u sjevernom Sibiru s toplinskom snagom po 29 MWt (tablica 2).

Visokotemperaturni reaktori, čija se ekonomičnost i pogonska vrijednost još nije mogla dokazati u toplanama većih snaga, pojavljuje se u raspravama ili gradnji kao postrojenja s dva kruga (helij-para) i s parnim turbinama ili kao postrojenja s jednim krugom i s plinskim turbinama na helij (slika 1.b i 1.c).



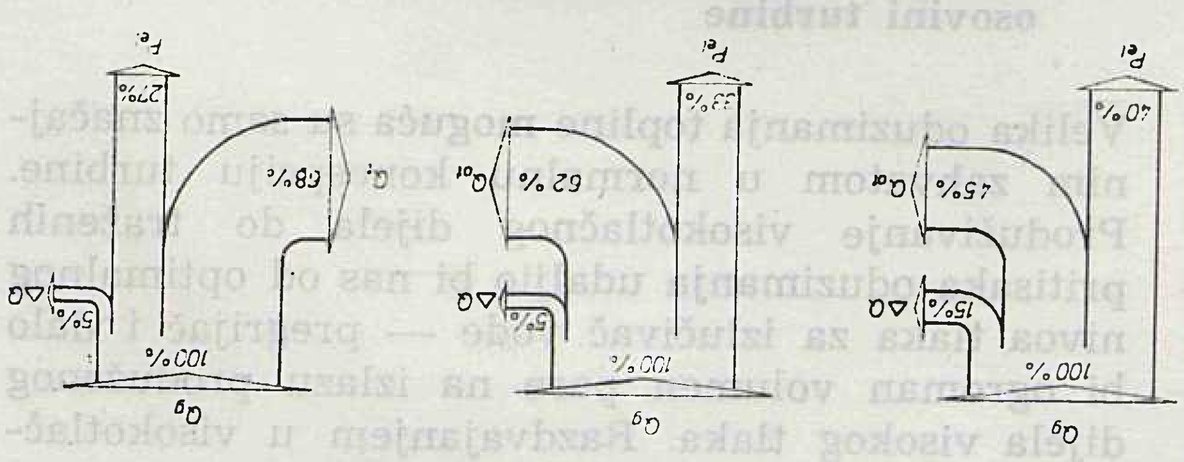
Sl. 1b. *Toplana s toplifikacijskom turbinom i visokotemperaturnim reaktorom (oznake prema sl. 1a)*



Sl. 1c. *Toplana s plinskom turbinom i visokotemperaturnim reaktorom (oznake prema sl. 1a)*

3. NUKLEARNE TOPLANE

Za razliku od konvencionalnih termoelektrana, nuklearne elektrane ne zagađuju atmosferu, ali zbog malog stupnja djelovanja termički opterećuju okolinu. Utjecaj nuklearne toplane na okolinu u ekološkom i termičkom smislu je, međutim, praktički zanemariv (slika 2).



Sl. 2. *Bilanca snaga (Sankey-dijagram) elektrane a) konvencionalna termoelektrana, b) nuklearna elektrana, c) nuklearna toplana*

Q_g — snaga sadržana u primarnoj energiji (gorivu); Q_{ot} — snaga sadržana u otpadnoj toplini; Q_t — toplinska snaga; P_{el} — električna snaga; ΔQ — gubici parogeneratora i pomoćnih pogona

Nuklearne elektrane traže velika ulaganja i ekonomične su tek za velike snage. Zato su se npr. u zapadnoj Evropi zadržale u pogonu samo jedinice električne snage 600—700 MW, koje bi u protutlačnom pogonu mogle dati toplinsku snagu 1 300—1 500 MW_t. Ovu veličinu snage imaju, međutim, samo toplinsko-energetski sistemi u velikim gradovima. Tako toplinsko-energetski sistem grada Zagreba ima danas snagu 800 MW_t (ogrjevni konzum 500 MW_t, konzum tehnološke pare 300 MW_t), a do 1995. godine, kada bi trebala biti izgrađena nuklearna toplana, imat će 1 900 MW_t (ogrjevni konzum 1400 MW_t, konzum tehnološke pare 500 MW_t). Da bi se gradila nuklearna toplana snage 1 300—1 500 MW_t, mora, dakle, postojati dovoljno velik toplinski konzum s već djelomično izgrađenom prijenosnom mrežom daljinskog grijanja i s mogućnošću proširenja iste na postojeće ili novoizgrađene dijelove grada. Stare i supstituirane toplane mogu se i nadalje upotrebljavati za pokrivanje vršnih opterećenja ili kao rezerva. Kako je u ljetnom razdoblju potrošnja toplinske energije znatno manja i svodi se u toplinsko-energetskom sistemu s isključivo ogrjevnim konzumom na mali ili nikakav dio zimske potrošnje, to toplifikacijske turbine u nuklearnoj toplani moraju biti izvedene u svakom slučaju kao kondenzacione turbine s oduzimanjem, da bi se reaktor mogao stalno držati u pogonu. Ovdje se treba svakako podsjetiti na to da u odnosu prema termoelektranama koje se koriste fosilnim gorivima nuklearne elektrane nisu ekonomične ako im je godišnje trajanje pogona kraće od 7 000 sati. Ovo je vrijedilo prije »krize u opskrbi naftom«. S današnjom cijenom goriva nuklearna elektrana je ekonomična već sa 3 000—4 000 sati pogona godišnje. Ako je potrošnja topline dovoljno velika za traženu daljinu transporta, onda korištenje topline za toplifikaciju iz nuklearne toplane ima prednost u odnosu prema direktnom grijanju s električnom energijom, električnom akumulacijskom grijanju i u odnosu prema grijanju pojedinačnih zgrada naftom.

Iako nije uobičajeno da se nuklearne elektrane lociraju u središte gradova ili direktno na njihovoj periferiji, ipak najveći broj zemalja dozvoljava udaljenost od 10 do 30 km. Kako su vrelovodi i parovodi ovih dužina već prisutni u eksploataciji na više mjesta, to njihova dužina nije osnovna prepreka za izgradnju nuklearnih toplana. Danas već više firmi radi na razvoju malih i srednjih reaktora koji bi se trebali upotrijebiti za kombiniranu proizvodnju električne i toplinske energije. Ekonomičnost ovakvih postrojenja se, međutim, još mora dokazati. Važnu ulogu kod nuklearnih toplana ima zaštita nosioca topline — vrele vode od radioaktivnog zagađenja. Kod postrojenja s vrelom vodom para i napojna voda u kružnom toku turbine uvijek su radioaktivni. Izvedba mreže daljinskog grijanja mora biti takva da pritisak u njoj bude stalno veći od pritiska u sistemu oduzimanja pare, kako bi se izbjegao prodor produkata raspadanja iz kružnog toka turbine u mrežu daljinskog grijanja u slučaju opterećivanja ogrjevnog kondenzatora. U elektranama koje imaju reaktor s vodom pod pritiskom može zbog pro-

puštanja parogeneratora doći slučajno mala doza radioaktivnosti u kružni tok turbine. Djelotvornost zapornog pritiska mora biti garantirana kod svih pogonskih stanja, prijelaznih stanja i stanja mirovanja i provjeravana mjerenjem diferentnog pritiska. Kontrola vrele vode na radioaktivnost može dati dodatnu sigurnost. Ako se ne može osigurati besprijekorno funkcioniranje zapornog pritiska, nužno je, posebno kod postrojenja s vrelom vodom, uklopiti međukružni tok između radioaktivnog kružnog toka i kružnog toka vrele vode.

4. TOPLIFIKACIJSKE TURBINE SA ZASIĆENOM PAROM

Turbina sa zasićenom parom namijenjena isključivo za proizvodnju električne energije ima optimalno sekcioniranje u visokotlačnom i niskotlačnom dijelu samo u slučaju kada je pritisak pare na mjestu prestrujavanja 7—12 bara. Ovdje bi se mogla oduzimati para za daljinsko grijanje bez velike promjene konstrukcije turbine, ali bi vrela voda imala polaznu temperaturu od 160—180 °C u slučaju relativno malog oduzimanja pare. U slučaju oduzimanja polovice radne pare, pritisak između visokotlačnog i niskotlačnog dijela iznosio bi 3,5—6 bara, a polazna temperatura 130—150 °C uz gubitke od 10—20 °C u prijenosu toplinske energije do potrošača, naznačene su polazne temperature veće od srednje vrijednosti temperature koju traži mreža daljinskog grijanja u svom težištu. Prigušivanje ogrjevne pare ili hlađenje vrele vode bilo bi vrlo neekonomično rješenje, pa je to i razlog da direktno oduzimanje pare između visokotlačnog i niskotlačnog dijela turbine nije prikladno za svrhu grijanja. Da bi se mogli dobiti i kvantitativni odnosi razmatra se konkretan projekat s lakovodljivim reaktorom snage oko 3 000 MW i turbinom električne snage oko 1 000 MW s 3 000 o/min u čisto kondenzacijskom pogonu; visokotlačni dio turbine ima dva toka, niskotlačni 6 tokova, a zagrijavanje vrele vode je dvostepeno od oko 60 °C na 110 °C.

U nastavku se analiziraju toplifikacijska oduzimanja slijedećih snaga:

116 MW_t (100 Gcal/h), kojoj odgovara oduzimanje 5% od pare koja protječe kroz turbinu,

348 MW_t (300 Gcal/h), kojoj odgovara 15%

1 160 MW_t (1 000 Gcal/h), kojoj odgovara 50%

2 320 MW_t (2 000 Gcal/h), kojoj odgovara 100% dakle čisti protutlačni pogon.

4.1. Oduzimanje u niskotlačnoj turbini

Ako je para koju treba oduzeti za potrebe daljinskog grijanja malena u odnosu prema ukupnoj pari koja prolazi kroz turbinu, najbolje je upotrebljavati neregulirano oduzimanje u niskotlačnom dijelu (slika 3, spoj A). Ovdje otpada mogućnost prigušivanja protoka pare zaklopkama kod preniskog tlaka oduzimanja, ali se ugradnjom uređaja za prespajanje na bliže veće oduzimanje mogu poboljšati odnosi kod visoke polazne temperature.

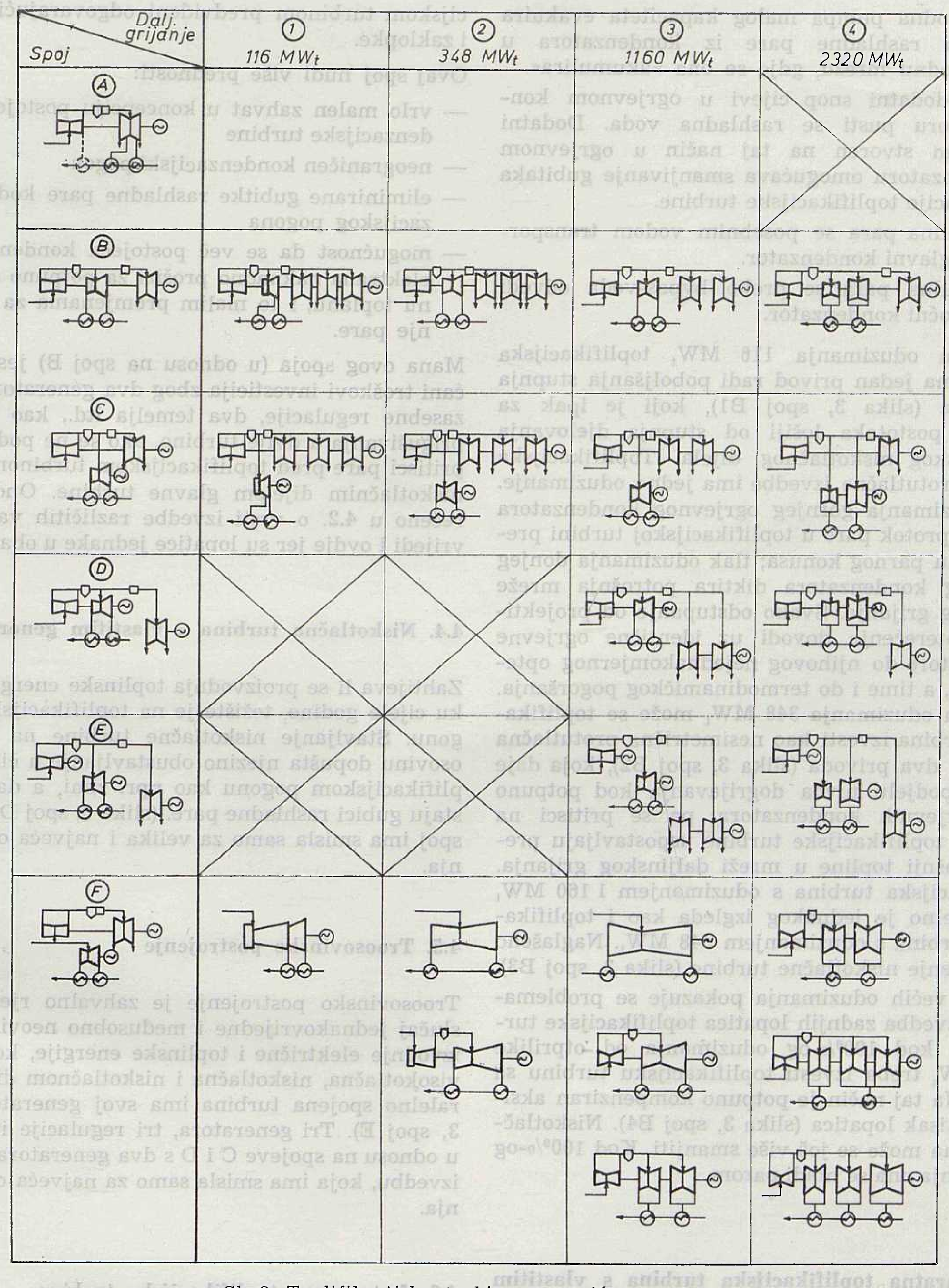
Veličina mogućeg oduzimanja ogrjevne pare iz postojeće kondenzacijske turbine određuje se bez konstruktivnih promjena prema:

— nivou dogrijavanja vrele vode (temperaturna razlika)
— broju ogrjevnih kondenzatora
— broju tokova niskog tlaka
— dozvoljenoj brzini oduzete pare u nastavcima i prorezima oduzimanja (ograničavanje vibracija i buke)
— čvrstoći lopatica pred odgovarajućim mjestom oduzimanja
— mogućnosti rasporeda vodova u niskotlačnoj turbini i izvan nje.

Budući da je u ovom slučaju moguće oduzimanje od 116 MW_t i 348 MW_t, može se uz odgovarajuću modifikaciju turbine (povećati nastavke i proreze oduzimanja, pojačati lopatice itd.) oduzimati po želji velika količina topline. Da li je neregulirano oduzimanje velikih količina pare ekonomski opravdano, drugo je pitanje. Čim se odstupi od proračunske točke postrojenja, uspostavi se ili bilo koja polazna temperatura ili nisu više jednaka zagrijavanja u ogrjevnim kondenzatorima ili se susreće oboje. U oba slučaja nastaju gubici snage. Posebno kod srednjih i velikih oduzimanja rade pojedini stupnjevi u niskotlačnoj turbini s lošim stupnjem djelovanja. Ostaje neosporno da je turbina s nereguliranim oduzimanjem po izvedbi najjednostavnija jer nema dodatnih regulacijskih organa.

4.2. Separatna toplifikacijska turbina na glavnoj osovini turbine

Velika oduzimanja topline moguća su samo značajnim zahvatom u normalnu koncepciju turbine. Produživanje visokotlačnog dijela do traženih pritisaka oduzimanja udaljio bi nas od optimalnog nivoa tlaka za izlučivač vode — pregrijač i dalo bi ogroman volumen pare na izlazu produženog dijela visokog tlaka. Razdvajanjem u visokotlačnom i srednjotlačnom dijelu eliminira se prva mana, ali ostaju velike dimenzije srednjotlačnog dijela i elemenata prostrujavanja (cijevi i zaklopke). Zato ima puno smisla izvedba turbine koja ima na istoj osovini dio toplifikacijske turbine paralelno s niskim tlakom (slika 3, spoj B). Ta toplifikacijska turbina radi u protutlačnom pogonu. Predaje, dakle, svoju ukupnu ekspandiranu paru ogrjevnim kondenzatorima. I postojeće zaklopke u prekostrujnim vodovima glavne turbine mogu se upotrijebiti za prigušivanje pare niskog tlaka ako je pritisak pare pred toplifikacijskom turbinom



Sl. 3. *Toplifikacijske turbine sa zasićenom parom*

veći od pritiska pred niskotlačnim dijelom glavne turbine. Obrnuto, prigušivanje pare toplifikacijske turbine moraju preuzeti ventili i zaklopke pred toplifikacijskom turbinom ako je tamo pritisak pare manji od pritiska pred niskotlačnim dijelom. Budući da u prethodnom slučaju pregrijavanje pare toplifikacijske turbine sa svježom parom neznatno pogoršava stupanj djelovanja procesa, preporuča se priključak toplifikacijske turbine prije pregrijača, ali uz obavezan izlučivač vode pregrijača. Toplifikacijska turbina predstavlja u ovom slučaju visokotlačni dio glavne turbine, koristi zasićenu paru sa sadržajem vlage 8—12%, pa je treba zaštititi od korozije.

U slučaju kada se proizvodi samo električna energija, npr. ljeti, rotirajuća toplifikacijska turbina hladi se malim protokom pare. Kod isključenja mreže daljinskog grijanja potrebno je odvoditi toplinu rashladne pare. U tu svrhu raspolaže se ovim mogućnostima:

— Vrelovodna pumpa malog kapaciteta evakuira toplinu rashladne pare iz kondenzatora u vrelovodnu mrežu, gdje se ona »akumulira«.
— Kroz dodatni snop cijevi u ogrjevnom kondenzatoru pusti se rashladna voda. Dodatni vakuum stvoren na taj način u ogrjevnom kondenzatoru omogućava smanjivanje gubitaka ventilacije toplifikacijske turbine.
— Rashladna para se posebnim vodom transportira u glavni kondenzator.
— Rashladna para se preko bypas-voda odvodi u pomoćni kondenzator.

U slučaju oduzimanja 116 MW_t toplifikacijska turbina ima jedan privod radi poboljšanja stupnja djelovanja (slika 3, spoj B1), koji je ipak za nekoliko postotaka lošiji od stupnja djelovanja regulacijskog niskotlačnog dijela. Toplifikacijska turbina protutlačne izvedbe ima jedno oduzimanje. Tlak oduzimanja gornjeg ogrjevnog kondenzatora određuje protok pare u toplifikacijskoj turbini prema zakonu parnog konusa; tlak oduzimanja donjeg ogrjevnog kondenzatora diktira potrošnja mreže daljinskog grijanja. Svako odstupanje od projektiranog opterećenja dovodi uz identične ogrjevne kondenzatore do njihovog nejednakomjernog opterećivanja, a time i do termodinamičkog pogoršanja. U slučaju oduzimanja 348 MW_t može se toplifikacijska turbina izvesti kao nesimetrična protutlačna turbina s dva privoda (slika 3, spoj B2), koja daje idealnu podjelu nivoa dogrijavanja kod potpuno istih ogrjevnih kondenzatora, pa se pritisci na izlazu iz toplifikacijske turbine uspostavljaju prema potrošnji topline u mreži daljinskog grijanja. Toplifikacijska turbina s oduzimanjem 1 160 MW_t principijelno je jednakog izgleda kao i toplifikacijska turbina s oduzimanjem 348 MW_t. Naglašeno je smanjenje niskotlačne turbine (slika 3, spoj B3). Kod još većih oduzimanja pokazuje se problematičnom izvedba zadnjih lopatica toplifikacijske turbine, pa kod 100%-og oduzimanja od otprilike 2 320 MW_t treba izvesti toplifikacijsku turbinu sa 4 toka. Na taj način je potpuno kompenziran aksijalni pritisak lopatica (slika 3, spoj B4). Niskotlačna turbina može se još više smanjiti. Kod 100%-og oduzimanja ona se hladi parom.

4.3. Separatna toplifikacijska turbina s vlastitim generatorom

Za najčešći slučaj, kada se proizvodnja električne energije zahtijeva cijelu godinu, a proizvodnja topline samo povremeno (u srednjim i velikim količinama), preporučuje se upotreba u 4.2. opisane toplifikacijske turbine s vlastitim generatorom (slika 3, spoj C). Rashladna para i mjere za njezinu kondenzaciju potpuno otpadaju kod proizvodnje isključivo električne energije, kada se obustavlja pogon toplifikacijske turbine. Zbog toga su pred toplifikacijskom turbinom predviđeni odgovarajući ventili i zaklopke.

Ovaj spoj nudi više prednosti:

— vrlo malen zahvat u koncepciju postojeće kondenzacijske turbine
— neograničen kondenzacijski pogon
— eliminirane gubitke rashladne pare kod kodenzacijskog pogona
— mogućnost da se već postojeća kondenzacijska elektrana naknadno proširi za potpuno separatnu toplanu, i to malim promjenama za odvajanje pare.

Mana ovog spoja (u odnosu na spoj B) jesu povećani troškovi investicija zbog dva generatora, dvije zasebne regulacije, dva temelja itd., kao i gubici prigušivanja u dvije turbine, ako se ne podudaraju pritisci pare pred toplifikacijskom turbinom i pred niskotlačnim dijelom glavne turbine. Ono što je rečeno u 4.2. o vrsti izvedbe različitih varijanata vrijedi i ovdje jer su lopatice jednake u oba slučaja.

4.4. Niskotlačna turbina s vlastitim generatorom

Zahtijeva li se proizvodnja toplinske energije u toku cijele godine, težište je na toplifikacijskom pogonu. Stavljanje niskotlačne turbine na zasebnu osovinu dopušta njezino obustavljanje u čistom toplifikacijskom pogonu kao npr. zimi, a da ne nastaju gubici rashladne pare. (slika 3, spoj D). Takav spoj ima smisla samo za velika i najveća oduzimanja.

4.5. Troosovinsko postrojenje

Troosovinsko postrojenje je zahvalno rješenje za slučaj jednakovrijedne i međusobno neovisne proizvodnje električne i toplinske energije, kod kojeg visokotlačna, niskotlačna i niskotlačnom dijelu paralelno spojena turbina ima svoj generator (slika 3, spoj E). Tri generatora, tri regulacije itd., daju u odnosu na spojeve C i D s dva generatora skuplju izvedbu, koja ima smisla samo za najveća oduzimanja.

4.6. Autonomna toplifikacijska turbina

Totalno odvajanje turbine za proizvodnju električne energije i toplifikacijske turbine moguće je odvajanjem svježe pare iza reaktora, odnosno parogeneratora; oduzeta para ekspandira do traženog protutlaka u potpuno nezavisnoj toplifikacijskoj turbini s vlastitim generatorom i vlastitim predgrijanjem (slika 3, spoj F).

Ovo interesantno rješenje odgovara za sve veličine toplifikacijskog oduzimanja, a nudi sljedeće prednosti:

— upotrebljivost postojeće konstrukcije turbine za glavnu turbinu, bez ikakve promjene
— autonomiju kod čistog kondenzacijskog i čistog protutlačnog pogona
— eliminiranje gubitaka rashladne pare kod kondenzacijskog i protutlačnog pogona
— zadržavanje današnje kondenzacijske elektrane bez ikakvih promjena, jer predviđa separatnu toplanu
— mogućnost naknadnog proširenja postojeće kondenzacijske elektrane na separatnu toplanu.

Mane su relativno veliki troškovi i nepovoljan odraz parcijalnog opterećenja glavne turbine i toplifikacijske turbine bez stupnjevanja regulacije u vidu gubitaka prigušivanja. Za oduzimanje 116 MW_t dolazi u obzir toplifikacijska turbina s jednim izlazom (slika 3, spoj F1). Za ponašanje oba ogrjevna kondenzatora vrijedi rečeno u 4.2. Ekspanzija pare u ovoj toplifikacijskoj turbini vodi duboko u područje vlažnosti (oko 20% na izlazu iz turbine). Lošem stupnju djelovanja pridonose antierozivne mjere u turbini i ogrjevnim kondenzatorima.

Kod oduzimanja 348 MW_t ima toplifikacijska turbina s obzirom na volumen pare dva izlaza, a principijelno odgovara spoju B2 (slika 3, spoj F2-donji). Lošiji stupanj djelovanja i opasnost od erozije iste su mane kao i kod spoja F1. Ako se ova toplifikaciona turbina izvede kao dvokućišna s izlučivačem vode (ali bez pregrijača), može se postići poboljšanje (slika 3, spoj F2-donji). S pritiskom pare od 12 do 15 bara između oba kućišta mogu se postići bolji rezultati za stupanj djelovanja i vlažnost iza kućišta visokog i niskog tlaka (između 10 i 15%). I uz znatno povećani volumen pare mogu se kod oduzimanja 1 160 MW_t realizirati iste koncepcije kao i kod 348 MW_t (slika 3, spoj F3). Visokotlačni dio dvokućišne toplifikacijske turbine izveden je s dva izlaza (spoj F3-srednji). Uz davanje veće prednosti električnoj snagi može biti ekonomičan niskotlačni dio toplifikacijske turbine s 4 izlaza (spoj F3-donji).

Kod 100%-og oduzimanja od oko 2 320 MW_t ima toplifikacijska turbina na niskom tlaku u svakom slučaju 4 izlaza (slika 3, spoj F4-gornji). Poboljšanje u proizvodnji električne energije može se postići sa 6 izlaza (spoj F4-srednji), ali se nudi i trostepeno grijanje (spoj F4-donji). Time se dobiva najskuplje od svih rješenja.

5. TOPLIFIKACIJSKE TURBINE ZA VISOKOTEMPERATURNE REAKTORE

Budući da visokotemperaturni reaktori daju paru s konvencionalnim obilježjem, moguće se koristiti klasičnom parnom turbinom s međupregrijanjem. Upotreba helija kao nosioca topline traži u postojećim uvjetima znatnu promjenu u koncepciji pogonske turbine za cirkulaciju helija, pa se zbog toga ove turbine i dalje usavršavaju za potrebe daljinskog grijanja u smislu konvencionalnih turbina.

6. ZAKLJUČAK

Ako zanemarimo uvodno spomenute male nuklearne toplane, moramo konstatirati da danas još uvijek nemamo u pogonu ili u izgradnji nijednu nuklearnu toplanu. Postoje međutim projekti za nuklearne toplane na bazi električne snage od otprilike 1 000 MW, razrađeni do detalja, s konstruktivno potpuno riješenim strojevima, aparatima i uređajima, koji se u svako doba mogu realizirati. I s obzirom na ovu činjenicu naglašen je interes svjetskih firmi za realizaciju tih projekata.

Uvažavajući trend rasta toplinskog konzuma i ostale relevantne faktore, grad Zagreb se ne može odreći opredjeljenja da NE Prevlaka bude osnovni izvor topline za toplinsko-energetski sistem grada. Radi iznalaženja optimalnog rješenja potrebno je obratiti dužnu pažnju na projektna rješenja i izgradnju nuklearnih toplana, kao i na stečena iskustva.

Literatura

Helmut Mühläuser, Heizdampfturbinen in Kernkraftwerken, BBC Mitteilungen 3/1978.

TURBINES IN NUCLEAR POWER PLANTS USED FOR HEATING

In the article is presented a review of nuclear power plant steam turbines used for the remote heating with highlight on heating turbines with saturated steam, and great number of their connection.

ABDAMPTURBINEN IN KERNKRAFTWERKEN

Gezeigt wird eine Übersicht des Einsatzes von Dampfturbinen in Kernkraft-Heizkraftwerken mit besonderer Berücksichtigung der Fernwärmeversorgung durch Sattdampf-Abdampfturbinen und deren verschiedene Schaltungsmöglichkeiten.

ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЕ ТУРБИНЫ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Сделан обзор применения паровых турбин на атомных теплоэлектроцентралях дальнего леплоснабжения с ударением на теплофикационные турбины насыщенного пара и на большое количество вариантов их соединений.

Naslov pisca:

Franjo Černohous, dipl. ing.
TE-TO Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
9. IV 1982.

RAFINERIJA NAFTE RIJEKA N. SOL. O.

RIJEKA, INDUSTRIJSKA ULICA br. 26

POŠTANSKI PRETINAC 385
TELEFON: RIJEKA 33-911
TELEKS: 24283
TELEGRAMI: INA RAFINERIJA RIJEKA
ŽIRO RAČUN: 33800-607-1375



kako voziš tako trošiš



S motornim uljem INA DELTA TLX vaš motor brže starta, lakše radi, snažniji je i troši manje goriva.

Kako stupnjevi prijenosa brzine utječu na potrošnju?

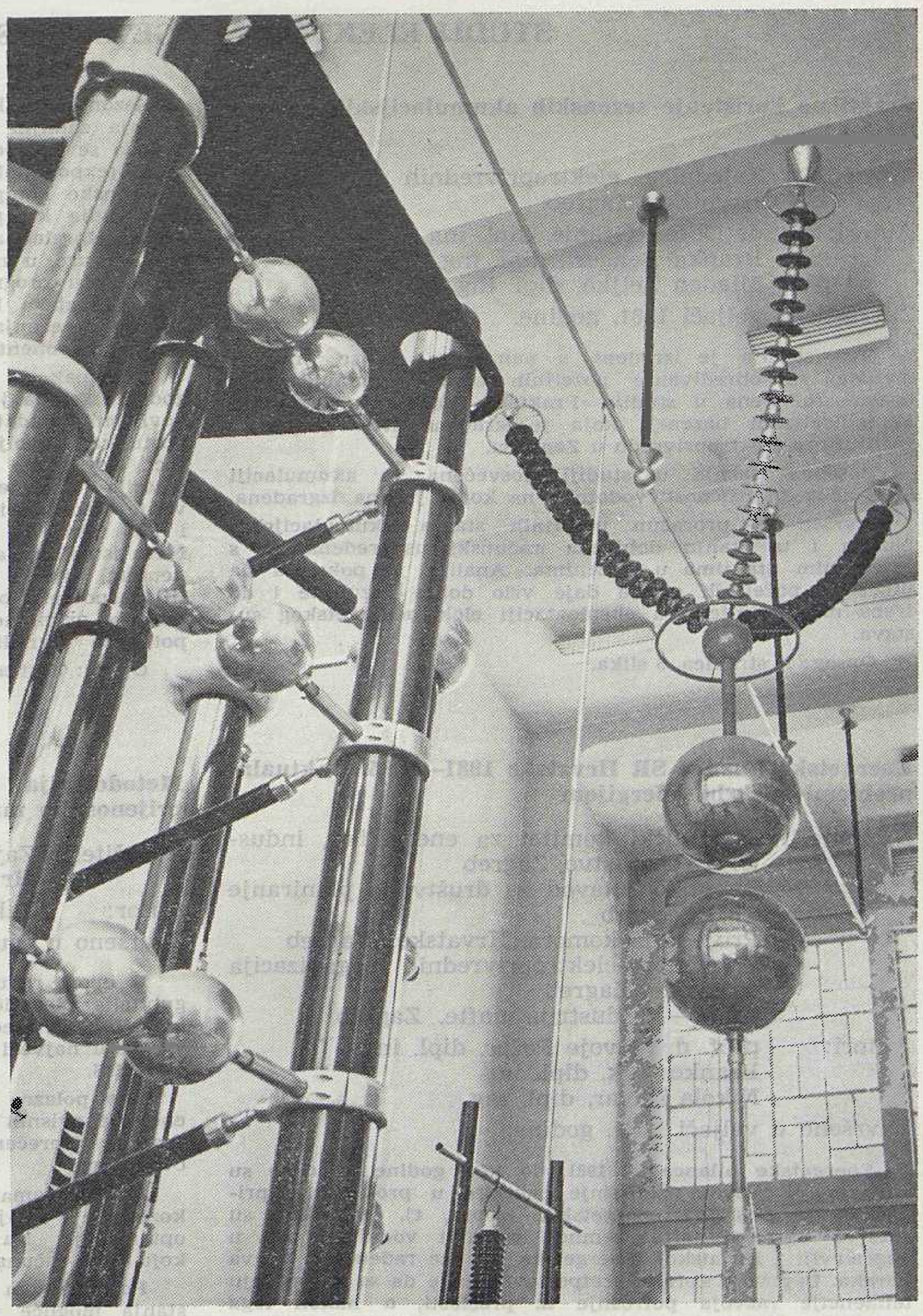
Svaki stupanj prijenosa brzine ima svoj maksimalni okretni moment i brzinu. Preporuča se, kod svakog stupnja koristiti 2/3 dopuštenog broja okretaja, odnosno brzine, radi postizanja povoljne potrošnje goriva.

Izbjegavati vožnju s preniskim brojem okretaja kao i nagla ubrzavanja pri višim stupnjevima, jer to šteti motoru i povećava potrošnju goriva do 50 posto.

Primjeri:

a) vožnja u I stupnju sa brzinom od 30 km/h »proguta« dvostruko više goriva nego vožnja istom brzinom u II stupnju prijenosa,

b) u II stupnju prijenosa kod određenog broja okretaja dostignut je maksimalni okretni moment pri brzini od 40 km/h, a prelaskom u III stupanj pri istom broju okretaja, postiže se 60 km/h uz istu potrošnju goriva.



RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U 1981. GODINI

Institut za elektroprivredu u Zagrebu osnovan je sa zadatkom da znanstveno obrađuje probleme razvoja elektroprivrede i ostale energetike, i u tom području djeluje već dvadeset i devet 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 se rad na tehnološkim elementima termoenergetike, te u tehnici visokog napona. U pojedinim specijalnostima ovih područja Institut je vodeća ustanova u zemlji. Posljednjih godina ubrzano se razvija i studij nuklearne energetike.

Suradnici Instituta su također i priznati stručnjaci izvan Instituta, među kojima je i nekoliko istaknutih sveučilišnih profesora.

Znanstveno istraživački rad se obavlja, prema unutarnjoj organizaciji, u nekoliko posebnih grupa, od kojih svaka ima svoj zaokruženi djelokrug rada:

Studijska radna jedinica za elektroenergetske sisteme i ekonomsku problematiku

Studijska radna jedinica za razdjelne, visokonaponske, n. n. mreže i za projektiranje

Studijska radna jedinica za termoenergetske sisteme

Zavod za visoki napon i prijenosne mreže

Studijska radna jedinica za hidrotehničke sisteme.

U daljnjem tekstu su prikazani važniji radovi iz djelovanja ovih grupa u 1981. godini.

STUDIJ ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

Praktično korištenje sezonskih akumulacijskih bazena (II faza)

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: dr Goran Granić, dipl. ing.
Branka Bengeri, dipl. ing.
Mladen Zeljko, dipl. ing.

Završeno u veljači 1981. godine.

Ova studija je izrađena s namjerom da se provjeri metoda za određivanje poželjnih stanja akumulacijskih bazena razvijena u studiji »Praktično korištenje sezonskih akumulacijskih bazena«, koja je izrađena 1979. godine u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu.

Posebna pažnja u studiji posvećena je akumulaciji Senj zbog specifičnosti vodotoka na kome je ona izgrađena.

Izvršen je proračun poželjnih stanja akumulacijskih bazena i ta stanja dobivena računski uspoređena su s ostvarenim stanjima u bazenima. Analiza je pokazala da proračun poželjnih stanja daje vrlo dobre rezultate i da treba naći primjenu u eksploataciji elektroenergetskog sustava.

Opseg: 19 stranica, 5 slika.

Energetske bilance SR Hrvatske 1981—1985. i aktualni problemi opskrbe energijom

Naručitelji: Republički komitet za energetiku, industriju i zanatstvo, Zagreb
Republički zavod za društveno planiranje SRH, Zagreb
Privredna komora Hrvatske, Zagreb
Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb
INA — Industrija nafte, Zagreb

Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Branko Vuk, dipl. ing.
Nikola Bilčar, dipl. ing.

Završeno u veljači 1981. godine.

Energetske bilance od 1981. do 1985. godine izrađene su na temelju razvoja potrošnje energije u prošlosti, a prikazano je i stanje energetskih izvora, tj. prikazane su rezerve ugljena, nafte, zemnog plina i vodnih snaga u Jugoslaviji i Hrvatskoj. Energetske bilance rađene su u dva koraka. U prvom koraku pretpostavljeno je da se nastavljaju tendencije razvoja potrošnje iz prošlosti, a nakon toga potražnja je prilagođena ograničenjima dobave iz drugih republika i uvoza iz inozemstva.

U drugom dijelu studije prikazane su potrebne mjere i akcije za poboljšanje opskrbe energijom. Tako se razmatra racionalizacija potrošnje energije, moguće povećanje proizvodnje i nabave oblika energije, supstitucija deficitarnih oblika energije, nekonvencionalni oblici energije, problem opreme za termoelktrane i potrebne pripreme za slučaj nemogućnosti potpune opskrbe energijom.

Opseg: 76 stranica teksta, 49 tablica i 3 slike.

Metoda za predviđanje dnevnog dijagrama opterećenja u elektroenergetskom sistemu I dio

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: mr Damir Pešut, dipl. ing.
Miljenko Bradarić, dipl. ing.

Završeno u veljači 1981.

U radu je prikazan postupak predviđanja dnevnog dijagrama opterećenja u elektroenergetskom sistemu.

Na temelju satnih opterećenja iz neposredne prošlosti detektiraju se tri komponente: sezonska, tjedna i preostala (klimatska).

Sezonska je komponenta prosjek ostvarenih satnih opterećenja zadnjih sedam dana (metoda pomoćnih prosjeka). Tjedna se komponenta određuje eksponencijalnim izglađivanjem (exponetial smoothing) razlike ostvarenih opterećenja i sezonske komponente. Razlika ostvarenog opterećenja i prve dvije komponente jest preostala komponenta opterećenja. Korelacija preostale komponente i srednje dnevne temperature u nekoliko prethodnih dana daje vezu kojom se pomoću prognozirane srednje dnevne temperature predviđa klimatska komponenta za idući dan. Predviđeni dijagram opterećenja za idući dan je zbroj pojedinih predviđenih komponenti.

Postupak je testiran na sistemu SR Hrvatske u 1976. godini. Metoda je vrlo brza i zahtijeva relativno malu bazu povijesnih podataka, što je važno za operacionu izvedbu postupka. Dovoljna je već baza od 4 do 6 prethodnih mjeseci. Postignuta točnost izražena kao srednja satna greška iznosila je za testirani sistem oko 3%. Postupci za određivanje sezonske i tjedne komponente dali su dobre rezultate i kao takvi će biti zadržani u daljnjem razvoju metode. Nova istraživanja treba poduzeti u vezi s preostalom komponentom, gdje će se pokušati stohastičkim metodama obuhvatiti raspodjela preostale komponente, a utjecaj klimatskih faktora primjenom boljih regresionih analiza. Također je potrebno razraditi postupak za predviđanje praznika.

Opseg: 75 stranica, 28 slika i 15 tablica.

Metodologija za određivanje gubitaka energije u prijenosnim mrežama

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autor: Jakša Topić, dipl. ing.

Završeno u ožujku 1981. god.

U ovom radu je prikazana metodologija za određivanje gubitaka električne energije zbog korone, kao i gubitaka ovisnih o opterećenju (tzv. džulovih gubitaka), jer oni predstavljaju najveći udio u ukupnim gubicima električne energije EES.

Kao polazna osnova za određivanje gubitaka električne energije ovisnih o opterećenju smatra se poznavanje dijagrama opterećenja područja i raspodjela opterećenja u čvorištima.

Iz dijagrama opterećenja područja opisanom metodom konstante i varijabilne energije formira se krivulja trajanja opterećenja. Na krivulji trajanja određuju se stanja za koja će se računati gubici snage.

Poznavanjem gubitaka snage za sva odabrana pogonska stanja moguće je izvršiti aproksimaciju krivulje trajanja gubitaka a zatim odrediti i gubitke električne energije.

Određivanje matematičkog izraza koji najbolje aproksimira krivulju trajanja gubitaka predstavlja najveći problem kod određivanja gubitaka energije. Takav izraz moguće je odrediti istraživanjem nakon dobivenih točaka gubitaka snage iz krivulje trajanja opterećenja na konkretnoj elektroenergetskoj mreži.

Veličina gubitaka električne energije u jednom EES najznačajniji je pokazatelj ekonomičnosti rada mrež.e, te zbog toga njihovu određivanju treba posvetiti posebnu pažnju radi njihova dovođenja do tehničko-ekonomskog optimuma.

Opseg: 55 stranica.

Raspodjela opterećenja između blok jedinica termoelektrane

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autor: mr Damir Pešut, dipl. ing.

Završeno u ožujku 1981. godine.

Raspodjela predviđenog opterećenja termoelektrane na pojedine blokove, i dalje na pojedine kotlove, provodi se na temelju poznatih energetskih karakteristika proizvodnih

elemenata primjenom metode dinamičkog programiranja I. Potrošak topline kompletnih blokova ili pojedinih kotlova prilikom obustavé i upuštanja u pogon uzima se u obzir posebnim iterativnim postupkom.

Testiranjem na konkretnom primjeru (TE Sisak I i II) prikazano je određivanje optimalnog voznog reda blokova i kotlova te pokazano da optimalni potrošak topline u slučaju kada se ne dopušta obustavljanje (ili iz tehničko-pogonskih razloga nije moguće) može biti za nekoliko postotaka veći nego u slučaju kada se obustavljanje dopušta (odnosno kada je moguće). Veličina te razlike potroška topline goriva ovisi o karakteristikama proizvodnih jedinica i o dijagramu opterećenja.

Konačan cilj razvijanja ovog postupka jest njegovo uvrštavanje u paket programa za dnevno optimiranje i tjedno planiranje hidro-termo-elektroenergetskog sistema. U tom cilju potrebno je još riješiti probleme kao što su uvažavanje minimalnog trajanja manevra obustave i upuštanja i uvažavanje dopuštenog porasta i smanjenja opterećenja proizvodne jedinice po jedinici vremena.

Opseg: 57 stranica, 16 slika i 12 tablica.

Rezultati poslovanja i ekonomski položaj udružene elektroprivrede Jugoslavije u razdoblju od 1975. do 1979. godine

Naručitelj: Zajednica jugoslovenske elektroprivrede Beograd
Autori: Zvonimir Milonja, dipl. ek.
Nada Hruška, dipl. ek.
Završeno u travnju 1981.

Analiza poslovanja i ekonomskog položaja udružene elektroprivrede Jugoslavije, kao i elektroprivrede pojedinih republika izrađena je korištenjem podataka završnih računa elektroprivrednih organizacija koji su obrađeni u ERC-Maribor.

U studiji se daje sljedeći prikaz:

— plan potrošnje i proizvodnje električne energije
— prikaz rezultata poslovanja koji sadrži obradu ukupnog prihoda, troškova i cijene proizvodnje, dohodak i njegovu raspodjelu, čisti dohodak i raspodjelu čistog dohotka te pokazatelje proizvodnosti i ekonomičnosti poslovanja
— prikaz ekonomskog položaja udružene elektroprivrede koji je razmatran i ocjenjivan sa sljedećim pokazateljima: (1) globalnim raspoređivanjem dohotka, (2) dohodovnošću prosječno korištenih poslovnih sredstava i dohodovnošću ukupnog prihoda, (3) akumulativnošću prosječno korištenih poslovnih sredstava, dohotka i čistog dohotka i (4) reproduktivnom sposobnošću.

Opseg: 202 stranice, 34 tablice.

Osnove za tarifni sistem u elektroenergetskom sistemu Srbije bez pokrajina (I faza)

Naručitelji: Združena elektroprivreda, Beograd i Poslovna zajednica elektrodistribucija Srbije, Beograd
Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
mr Slavko Alerić, dipl. ing.
Nedjeljka Komerički, ek.
Ivica Posavec, dipl. teh.
Završeno u svibnju 1981. godine

U prvom dijelu studije razmatra se dosadašnji razvoj konzuma u sistemu uže Srbije i u sistemima pokrajina Vojvodine i Kosova. Analizirane su karakteristike konzuma s obzirom na oblik i karakteristične omjere u dnevnom dijagramu opterećenja s obzirom na prilike u neradnom i radnom danu te s obzirom na raspodjelu konzuma u toku godine. U drugom dijelu razrađen je model tarifnog sistema za elektroenergetski sistem uže Srbije. Nakon uvodnog dijela pristupa problema tarifa u sistemu hidroelektrana i termoelektrana navedeni su polazni podaci pomoću kojih su obavljene analize. Da se definira tarifni sistem odnosno odrede relativni tarifni stavovi, potrebno je promatrati različito ponašanje različitih vrsta potrošača na svim naponskim nivoima. Osnovne su elektroenergetske bilance (određene metodom konstantne i varijabilne energije). Utjecaj ponašanja potrošača određen je pomoću različitih pretpostavki o dijagramima opterećenja prema kojima potrošači preuzimaju energiju.

Nakon provedenih svih elektroenergetskih analiza i izračunatih troškova koji nastaju zbog različitog ponašanja potrošača i zbog priključka na različite razine napona moguće je definirati tarifni sistem koji odgovara prilikama u elektroenergetskom sistemu uže Srbije.

Na kraju uz zaključne napomene naveden je primjer određivanja tarifnih stavova u elektroenergetskom sistemu uže Srbije.

Opseg: 123 stranice teksta, 245 tablica, 110 slika i dokumentacijski prilog.

Elektroenergetske bilance zajednica općina u SR Hrvatskoj 1970—1978. godine

Naručitelji: Republički komitet za energetiku, industriju i zanatstvo, Zagreb
Republički zavod za društveno planiranje SRH, Zagreb
Privredna komora Hrvatske, Zagreb
Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb
INA — Industrija nafte, Zagreb
Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Ivan Šimurina, ing.
Završeno u lipnju 1981. godine.

U ovoj studiji dan je prikaz razvoja energetskih potreba po zajednicama općina u SR Hrvatskoj za razdoblje od 1970. godine do 1978. godine. Razmatra se potrošnja energije u industriji, u prometu, u općoj potrošnji i ukupna energija predana potrošačima u svakoj od devet zajednica općina. Nakon toga slijedi prikaz potrošnje oblika energije za energetske transformacije i za neenergetsku potrošnju, dok se na kraju daje pregled ukupno potrebnih oblika energije.

Opseg: 21 stranica teksta, 64 tablice i 5 slika.

Dugoročni razvoj energetike u SR Hrvatskoj do 2000. god.

Naručitelji: Republički komitet za energetiku, industriju i zanatstvo, Zagreb
Republički zavod za društveno planiranje SR Hrvatske, Zagreb
Privredna komora Hrvatske, Zagreb
Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb
INA — Industrija nafte, Zagreb
Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Nikola Bilčar, dipl. ing.
Branko Vuk, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1981. godine.

Na temelju podataka o energiji predanoj potrošačima u prošlom razdoblju načinjene su prognoze do 2000. godine, pri čemu su se koristile različite metode, tako da je dobiven čitav spektar rezultata. Za daljnje analize odabrana su dva nivoa potrošnje (viši oko 4% porasta godišnje i niži oko 3% porasta) i za svaki taj nivo načinjene su kompletne energetske bilance. Za svaki nivo potrošnje energetike bilance su izrađivane u pet varijanti koje se međusobno razlikuju po stupnju supstitucije tekućih goriva, uvoznim kamenim ugljenom i zemnim plinom. Opredjeljujući se za jednu varijantu, na kraju studije su dane osnovne smjernice za određivanje strategije u razvoju energetike i razjašnjavanju energetske politike do 2000. godine.

Opseg: 52 stranice teksta, 106 tablica i 9 slika.

Analiza troškova izgradnje nuklearnih elektrana

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: Marijan Magdić, dipl. ek.
Luka Staničić, dipl. ek.

Završeno u lipnju 1981. godine.

U svijetu postoji sve više zemalja, koje su se opredjelile za izgradnju nuklearnih elektrana. I naša zemlja je izgradila nuklearnu elektranu. Svrha ovog rada je da se analiziraju troškovi izgradnje nuklearnih elektrana. U tu svrhu koristili su se objavljeni podaci o troškovima izgradnje nuklearnih elektrana u pojedinim zemljama.

U studiji je prikazana struktura investicijskih ulaganja, specifični troškovi izgradnje, financiranje, jedinični troškovi proizvodnje, kao i usporedne cijene goriva.

Na kraju studije prikazana je usporedba troškova izgradnje nuklearnih i konvencionalnih elektrana.

Opseg: 53 stranice.

Proračun sigurnosti snabdjevanja u čvorištima mreže 380-110 kV za 1985. godinu

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: Damir Pešut, dipl. ing.
prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.

Završeno u lipnju 1981. godine.

U studiji je proveden proračun sigurnosti snabdijevanja čvorišta u mreži SR Hrvatske u 1985. godini. Za postojeću je metodu izrađena dodatna programska podrška kojom su proračuni znatno ubrzani. Korišteni su rezultati proračuna tokova snaga za maksimalna opterećenja u mreži SR Hrvatske u 1985. godini, a kako podaci o ispadima postojećih dijelova elektroenergetskog sistema nisu bili dostupni, u obzir su uzete teoretske vrijednosti. Uz ovakve ulazne podatke dobiveni rezultati pokazuju vrlo visoke sigurnosti snabdijevanja i posebno ukazuju na relativne odnose između sigurnosti snabdjevanja pojedinih čvorišta.

Opseg: 20 stranica, 60 tablica, 4 slike.

Potrošnja električne energije u SRH do 2000. godine

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: dr Goran Granić, dipl. ing.
Zoran Čelar, dipl. ing.

Završeno u kolovozu 1981. godine.

Predmet ostvarivanja u ovoj studiji bilo je potrošnja električne energije u SR Hrvatskoj. Studija je obrađivala:

- osnove metode za predviđanje potrošnje električne energije,
- analizu potrošnje električne energije u SR Hrvatskoj u razdoblju 1960—1980
- predviđanje potrošnje električne energije do 2000. godine zavisnim i nezavisnim metodama predviđanja.

Opseg: 90 stranica, 98 tablica i 23 slike.

Poboljšanje metode bilanciranja u elektroenergetskom sustavu

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: prof. dr Božo Udovičić, dipl. ing.
mr Slavko Alerić, dipl. ing.

Završeno u rujnu 1981. godine.

U studiji su učinjena poboljšanja osnovne metode konstante i varijabilne energije. Poboljšanje se očituje u točnijem određivanju dijagrama opterećenja što ga trebaju pokriti termoelektrane. U osnovnoj metodi su se pojavljivale pogreške u angažiranju termoelektrana kod manjih udjela hidroenergije. U ovoj studiji su te i još neke pogreške eliminirane. Osim toga, u sklopu ove studije načinjen je simulacijski model za određivanje troškova goriva uz uvažavanje pojedinačne raspoloživosti agregata u termoelektranama.

Opseg: 58 stranica teksta, 3 tablice i 34 slike.

Metoda za predviđanje dnevnog dijagrama opterećenja u elektroenergetskom sistemu II dio

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: mr Damir Pešut, dipl. ing.
Bradač Zoran, dipl. ing.

Završeno u rujnu 1981. godine.

U ovoj fazi razvoja metode obrađen je klimatski model za predviđanje dnevnog vršnog opterećenja. Matematički model je sastavljen tako da omogućava obuhvaćanje utjecaja više klimatskih varijabli (temperatura, brzina vjetra, vlažnost i sl.) na dnevni vrh. Dnevno vršno opterećenje je rastavljeno na tri komponente: baznu, tjednu i klimatsku. Optimalni parametri, koji određuju tjednu i klimatsku komponentu, određuju se regresionom analizom podataka iz prošlosti metodom minimuma eksponencijalno-težinske sume kvadrata odstupanja predviđenih vrhova od ostvarenih. Bazna se komponenta određuje eksponencijalnim izglađivanjem iz dana u dan. Predviđeni je dnevni vrh zbroj pojedinih predviđenih komponenti.

Metoda je testirana na konkretnom elektroenergetskom sistemu. Adaptibilna je i vrlo brza, te zahtijeva vrlo malu bazu podataka iz prošlosti. Točnost postupka, izražena kao srednja dnevna greška iznosila je 2%.

U ovoj fazi je razrađen i postupak predviđanja dnevnog vrha praznika i radnih subota.

Daljnji korak u razvoju metode jest razvoj modela koji primjenom teorije vjerojatnosti daje 24 satna opterećenja za idući dan i spajanje takvog modela s opisanim modelom radi točnije estimacije dnevnog dijagrama opterećenja idućeg dana.

Opseg: 56 stranica, 12 slika i 13 tablica.

Analiza izgradnje nuklearne elektrane za potrebe elektroenegetskog sustava SR Hrvatske

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: Nikola Bilčar, dipl. ing.
Kosta Bojić, dipl. ing.
Marijan Magdić, dipl. ek.
Damir Pešut, dipl. ing.

Završeno u rujnu 1981. godine

U studiji se analiziraju potrebe i mogućnosti izgradnje nuklearne elektrane za potrebe elektroenergetskog sustava SR Hrvatske. Analiziraju se elektrane tipa PWR i HWR.

U prvom dijelu govori se o energetskoj opravdanosti izgradnje NE Prevlaka. Analizira se potrošnja električne energije do 1995. godine. Zatim se analizira mogućnost izgradnje nuklearne elektrane s obzirom na zadovoljenje rastućih potreba, lokacija, jedinična snaga agregata, kao i tehnički minimum i vrijeme iskorištenja.

Drugi dio studije odnosi se na analizu troškova izgradnje nuklearne elektrane. Prikazana je struktura i dinamika investicijskih ulaganja. Pored ostalog analizira se i učešće domaćih izvođača radova i isporučioca opreme.

U trećem dijelu obrađuje se gorivo. Utvrđene su potrebe, mogući izvori snabdijevanja, cijena, odlaganje istrošenog goriva, kao i specifičan potrošak.

I, napokon, u posljednjem dijelu studije prikazana je ekonomska obrada. Na temelju investicijskih ulaganja, uvjeta financiranja i ostalih potrebnih informacija izračunati su elementi ukupnog prihoda. Uzimanjem u obzir i specifičnog potroška izračunata je cijena proizvodnje kWh za pretpostavljeni životni vijek objekta.

Opseg: 124 stranice.

Izbor optimalnih jediničnih snaga, parametara i tehničkih karakterstka opreme blokova, koji će se graditi na kosovu za potrebe drugih republika

I dio

Energetsko — ekonomske analize

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske Zagreb

Autori: Nikola Bilčar, dipl. ing.
mr Slavko Alerić, dipl. ing.
Nedjeljka Komerički, ekon.

Završeno u listopadu 1981. godine.

Orijentacija na što je moguće više vlastitih izvora energije predstavlja opredjeljenje u našoj zemlji. Osim korištenja preostalog hidropotencijala, težište treba dati na korištenje rezervi ugljena kao primarnog izvora energije za proizvodnju električne energije. Logičan je slijed takvog opredjeljenja i razumljiva orijentacija većine elektroprivreda republika i pokrajina da se na vrlo bogatom nalazištu ugljena u SAP Kosovo izgrade određene snage u termoelektranama radi osiguranja rastuće potrošnje električne energije.

Naravno, nije svejedno kako iskoristiti te rezerve ugljena. Poseban je interes da to bude na najracionalniji mogući način s obzirom na energetsku krizu i stabilizaciju koje su u toku. S tim u vezi postavlja se pitanje da li izgrađivati termoelektrane na Kosovu jediničnih snaga 300 MW, kod kojih je učešće domaće strojogradnje veće i time uvoz manji, ili jediničnih snaga 600 MW kod, kojih su specifične investicije manje, a veći udio uvozne opreme.

Analize provedene u ovoj studiji, s obzirom na strukturu i veličinu elektroenergetskog sustava Jugoslavije, pokazuju da nije opravdano graditi termoelektrane na Kosovu većih jediničnih snaga. Naime, pokazuje se da se agregati jedinične snage od 300 MW bolje uklapaju u elektroenergetski sustav nego agregati od 600 MW kao i da se postižu bolji ekonomski efekti.

Opseg: 58 stranica teksta, 1 tablica, 10 slika i dokumentacijski prilog.

Prethodna evaluacija zemalja potencijalnih isporučilaca nuklearnih elektrana tipova PWR i PHWR

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autori: dr Josip Lakota, dipl. ing.
Prof. dr. Mirko Butković, dipl. ing.
dr Vladimir Kuterovac, dipl. ing.

Završeno u studenom 1981. godine.

Studija je pokušaj da se sažeto, jednoobrazno i u komparativnom obliku te na jednom mjestu prikupe i prezentiraju najvažnije informacije kojima raspolažemo o zemljama potencijalnim isporučiocima za nuklearne elektrane tipova PWR i PHWR. Studija bi trebala pomoći u stvaranju konačnih sudova te pridonijeti izboru stranog partnera i tipa reaktora za buduće nuklearne elektrane na osnovi natječaja.

Studija je rezultat obrade informacija dispenziranih u vrlo velikom broju materijala. Obuhvaćeni su materijali i informacije dobiveni od isporučilaca, kao i svi drugi dostupni izvori koji pružaju mogućnost za objektivnija sagledavanja.

U studiji se daje pregled za zemlje isporučioce u prvom planu. Slijedi obrada pojedinih problematskih područja (reaktorska industrija; gorivo i gorivni ciklus; turboagregat, projektiranje, izgradnja i eksploatacija; razvoj i nove tehnologije; uvjeti za izvoz nuklearnog goriva, oprema i tehnologija; prijedlozi moguće kooperacije; ostvareni pogonski rezultati u nuklearnim elektranama). Za gorivo i gorivni ciklus daje se pregled svjetske situacije, da bi se u tom kontekstu bolje sagledala pozicija razmatranih zemalja. Na kraju se daje sažetak po zemljama.

Opseg: 258 stranica, 39 slika, 44 tablice, 159 stranica literature.

Proračun prosječne prodaje cijene električne energije elektroprivrednog sistema Hrvatske za razdoblje od 1981. do 1985. godine

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizarija Hrvatske

Autori: Zvonimir Milonja, dipl. ekon.
Lada Jurišić, dipl. ekon.
Nada Hruška, dipl. ekon.
Neda Komerički, ekon.

Završeno u prosingu 1981. godine.

Studija je nastavak istraživanja započetih u studiji »Društveno-ekonomski odnosi u elektroprivredi Hrvatske«, a odnose se na formiranje prodajne cijene električne energije. Promjena u spomenutoj studiji predložene metodologije za proračun prodajne cijene znači provjeru poslovanja modela u praksi.

U ovoj studiji nisu razmatrana opća pitanja teorije cijene, tj. pitanje normalne cijene u socijalističkoj samoupravnoj robnoj privredi. Polazna osnova postavljanja metodologije za proračun prodajne cijene električne energije jest reprodukcijska cijena modificirana za potrebe proračuna cijene električne energije, posebno u odnosu na usklađivanje razvoja elektroprivrede sa stajališta cijene. Naime, faktori proizvodnje električne energije predloženim modelom reprodukcijske cijene ograničavaju se porastom potrošnje električne energije.

Reprodukcijska cijena, električne energije, kako se ona predlaže u ovoj studiji, obuhvaća sve bitne elemente procesa reprodukcije električne energije u okviru elektroprivrednog sistema kao robnog proizvođača električne energije. Sastavni elementi reprodukcijske cijene omogućavaju da se na osnovi njih mogu utvrditi i proračunati potrebni i društveno opravdani troškovi proizvodnje električne energije, a time i objektivizirana prodajna cijena električne energije. Kretanje potrošnje električne energije predstavlja ograničenje za porast troškova reprodukcije. To je ujedno zahtjev za ekonomičnošću poslovanja i za racionalnošću razvoja elektroprivrednog sistema kao cjeline u okviru objektivizirane prodajne cijene električne energije.

Na postavljenim načelima utvrđivanja reprodukcijske cijene izvršena je kvantifikacija prodajne cijene električne energije za razdoblje 1981—1985. godine.

Opseg studije: 135 stranica teksta i 30 tablica.

Raspodjela opterećenja u hidroelektrani

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: Branka Jelavić, dipl. ing.
dr Goran Granić, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1981. godine.

Zadatak studije bio je određivanje osnovne energetske karakteristike hidroelektrane za pripadne teorijske bruto padove. Karakteristike su određene promatranjem utjecaja promjene neto-pada na potrebnu količinu vode za određenu snagu, kao i različitosti karakteristika kada rade 1, 2, 3 i više agregata jednog ili više tipova.

Metoda razvijena u studiji omogućava da se odabere optimalan broj i tip agregata, tj. optimalna karakteristika hidroelektrane (s obzirom na potrošak vode) koja se treba koristiti kod raspodjele opterećenja na elektrane u sustavu.

Opseg: 38 stranica, 2 blok-dijagrama, 25 slika.

Optimizacija izgradnje elektroenergetskog sustava

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: dr Goran Granić, dipl. ing.
Neda Komerički, ekon.

Završeno u prosincu 1981. godine.

U studiji su dane osnovne metode za planiranje razvoja elektroenergetskog sustava, koji u postupku traženja optimalnog rješenja koristi metodu inumeracije. Metoda donosi neke novosti u pogledu ekonomske valorizacije energetskog

doprinosa prostrojenja, a budući da se do sada takav postupak u elektroprivredi nije primjenjivao, provedena je analiza utjecaja pojedinih ekonomskih parametara (stope aktualizacije, stope inflacije i stope interkalarne kamate) na bonitete elektrana pri međusobnoj usporedbi.

Opseg: 96 stranica i 14 tablica.

Analiza sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske s prijedlogom izmjena i dopuna

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb
Autori: dr Jure Šimović, dipl. ek.
Završeno u prosincu 1981. godine.

Sistem financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi SR Hrvatske u razdoblju od 1947. do 1965. godine karakterizira financiranje iz centralnih buđeta i fondova za cijelo ovo razdoblje. Sve do 1963. godine elektroprivreda nije sudjelovala vlastitim sredstvima u financiranju svojeg razvoja.

U razdoblju od 1965. do 1975. godine karakteristično je to što dolazi do ukidanja društveno-investicijskih fondova namijenjenih financiranju proširene reprodukcije u elektroprivredi što elektroprivredne organizacije postaju osnovni nosioci investicijske aktivnosti u elektroprivredi. U tom razdoblju iskazuju se dvije neadekvatnosti tog sistema: neadekvatni volumen priljeva i neadekvatna struktura prikupljenih sredstava.

U analizi sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u razdoblju 1976. do 1980. godine naglasak je na pitanju osiguranja određenog volumena, dinamike i strukture sredstava za financiranje razvoja elektroprivrede i analiza zaduženosti elektroprivrednih organizacija.

Opseg: 66 stranica, 18 tablica.

Osnovne relacije i podaci za brzi oplodni reaktor kao element nuklearnog energetskog sistema

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb
Autori: Ratko Vojvodić, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1981. godine.

Ovo je drugi po redu rad vezan za problematiku nuklearnih elektrana s brzim oplodnim reaktorima. Taj tip predstavlja danas jedinu uskoro praktički ostvarivu mogućnost dugoročne proizvodnje velikih količina energije pri kojoj problem rezervi urana praktički ne postoji. Iako je period u kojem treba očekivati uvođenje ovih reaktora relativno daleko, mogućnosti brzih oplodnih reaktora imaju već dijelom utjecaja na današnja opredjeljenja. Svrha rada je da se dođe do svih najvažnijih zavisnosti, kao i da se iz velikog mnoštva različitih podataka o istim veličinama kritičkom procjenom tih podataka dođe do osnova za provedbu neophodnih analiza. Ovaj rad obuhvaća:

— analizu problematike pokretanja i kontinuiranog rada brzog oplodnog reaktora
— identifikaciju veličina o kojima ovisi mogućnost uvođenja i ekonomičnog rada brzih oplodnih reaktora u energetskom sistemu
— osnovne funkcionalne zavisnosti
— kritičku procjenu veličina
— prijedlog za daljnji rad.

Opseg: 120 stranica, 21 slika, 2 priloga, 56 literaturnih navoda.

STUDIJ RAZDJELNIH, NISKONAPONSKIH, VISOKONAPONSKIH MREŽA I PROJEKTIRANJE

Kategorizacija distributivnih potrošača s obzirom na kriterij pogonske sigurnosti opskrbe električnom energijom

Naručitelj: ZEOH — Zagreb
Autori: Ernest Mihalek, dipl. ing.
Josip Moser, dipl. ing.
Krešimir Mehičić, el. teh.
Završeno u travnju 1981.

Pomanjkanje kategorizacije potrošača s obzirom na kriterij pogonske sigurnosti napajanja dovodi do toga da se ne zna kako treba napajati (s koliko pouzdanom rezervom) određene potrošače ili dijelove mreže.
Zbog toga je u studiji proanalizirana veličina štete zbog neisporučene električne energije i ostali kriteriji koji su relevantni za izbor određene vrste rezerve.

Tako su za kategorizaciju konačno uzeti sljedeći kriteriji:
a) naponski nivo potrošača ili distributivnog područja,
b) snaga (opterećenje) objekta kao pod a),
c) značaj objekta kao pod a),
d) štete zbog prekida napajanja na objektu kao pod a).

U skladu s ovim predložena je kategorizacija potrošača i distributivnih područja u tri kategorije od kojih:

1. kategorija ima brzu rezervu reda veličine Ø do nekoliko minuta,
2. kategorija ima sporiju rezervu do najviše 2 sata,
3. kategorija ima sporu rezervu reda veličine 12 do 24 sata.

Opseg: 45 stranica, 4 slike.

Određivanje veličine i mjesta kompenzacije jalove energije u distributivnim električnim mrežama« (I i II dio)

Naručitelj: ZEOH — Zagreb
Autor: Mr Ivan Čauš, dipl. el. ing, oec. i ing. cest. saobr.
Završeno u svibnju 1981.

Uvijek vrijedi opća težnja da se provodi racionalna razdioba električne energije, dakle sa što je moguće manje gubitaka — pa jedan od načina za to jest i provođenje kompenzacije jalove energije, svakako opet optimalno vodeći brigu da bude udovoljeno zadanim kriterijima iz aspekta tehnike, ekonomije te ostalih adekvatnih znanosti.

Primjenom metode koju obrađuje ova studija, u obliku elaborata, moguće je odrediti osim veličine, dakle dimenzioniranja uređaja za kompenzaciju jalove energije, još i mjesto, dakle lokaciju, odnosno razmještaj tih uređaja, rukovodeći se pri tome zadovoljavanjem optimalnosti predloženog rješenja u tehno-ekonomskom pogledu. Konkretno su u studiji prikazana rješavanja kompenzacije za dvije distributivne električne mreže u radijalnom pogonu, koje imaju među svojim elementima vodove i transformatore, te potrošače s poznatim dijagramima opterećenja. Predložena rješenja daju minimalne troškove, koji proizlaze od procesa minimiziranja gubitaka električne energije, minimiziranja investicija u postrojenja, elemente mreže, a pri tome vodeći brigu i o mogućim štetama prouzročenih eskalacijom popratnih neželjenih pojava, kao što su to prekompenzacija, prenaponi, rezonancija, iskapčanja.

Sastavni dio studije je razrađeni programski sustav, korištenjem kojeg se određuje optimalna veličina i razmještaj kompenzacije za poznate podatke potrošača i elektrodistributivne mreže. Pri tome je korišteno iskustvo iz operacijskih istraživanja i primijenjeno kvantizirano linearno programiranje traženja maksimuma kroz gradijent ušteda po čvorovima mreže. Kvantizirani postupak je bio potreban jer je problem nelinearan. Naime, uključenjem kompenzacije promijene se prilike u električnoj mreži, koje zato više ne odgovaraju početnima, a te diktiraju dimenzioniranje kompenzacije. Osim predloženog optimalnog rješenja spomenuti programski sustav daje još i ekstremne, neoptimalne načine kompenziranja, i to s fiksno uključenim minimalnim, odnosno maksimalnim kapacitetima kompenzatorskih postrojenja prikazujući to na nizu popratnih tablica korištenjem kompjutora ovog instituta.

Posebno poglavlje se odnosi na preporuke koje vode do određivanja veličine i mjesta kompenzacije jalove energije u distributivnim električnim mrežama, a svode se na zahtjev da u slučaju želje da se postigne pravi optimalni razmještaj i odgoovarajuće dimenzioniranje kompenzacije treba praktično koristiti razrađeni programski sustav u ovoj studiji koja prikazuje široke mogućnosti korištenja metode proračuna, još za sada na modelu, što nije zapreka pri rješavanju i većih distributivnih električnih mreža.

Opseg: 219 stranica, od čega 19 stranica programa, 39 tablica i 46 slika.

Metoda brzog određivanja ekonomskih faktora pouzdanosti i rezerve u gradskim i pokrajinskim mrežama

Naručitelj: ZEOH — Zagreb
Autori: mr Rihard Schenner, dipl. ing.
Rimac Mirjana, dipl. ing.
Dovršeno u veljači 1981.

Predložena metoda bazira se na određivanju minimalnih troškova električne mreže i troškova neisporučene električne energije i snage i na kraju su napravljeni primjeri koji se mogu očekivati u praksi.

Opseg: 123 stranice, 27 tablica, 7 slika.

Metoda prognoziranja potrošnje električne energije i snage u distribuciji SRH — ukupno, po strukturi i po mjestu nabave

Naručitelj: ZEOH — Zagreb
Autori: mr Rihard Schenner, dipl. ing.
Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Šimunec Rudolf, dipl. teh.
Dovršeno u travnju 1980.

U studiji je obrađeno dugoročno, srednjoročno i kratkoročno prognoziranje potrošnje električne energije. Za dugoročne prognoze predviđa se primjena logističke i Gompertzove funkcije, srednjoročne su korekcija dugoročne pomoću sinusne funkcije, a kratkoročne korekcija srednjoročnih pomoću eksponencijalnog glačanja. Snaga se prognozira pomoću vremena trajanja vršnog opterećenja, a struktura potrošnje pomoću procentnog učešća pojedine strukture.

Opseg: 100 stranica, 42 tablice, 39 slika.

Registriranje i obrada podataka o pogonskim događajima u svrhu održavanja, planiranja i upravljanja distributivnim mrežama

Naručitelj: ZEOH — Zagreb
Autori: mr Ivan Čauš, dipl. el. ing. oec. i ing. cest. saobr.
Krešimir Mehičić, el. tehn.
Završeno u svibnju 1981.

Budući da distributivna postrojenja, odnosno mreža imaju mnoštvo pogonskih događaja javlja se u praksi nužnost, a i važnost njihova registriranja te obrade korištenjem odgovarajućih metoda i sredstava jer se na taj način može provoditi točni, pravovremeni i pravilni nadzor nad kompletnim sustavom distribucije. Pri analizi postojećeg stanja bili smo suočeni s praksom koja se u pojedinim distributivnim organizacijama razlikuje, pa je baš zato ova studija aktualna jer daje prijedlog sistematskog vođenja, obrade i korištenja podataka o pogonskim događajima. Osim pogonskih događaja u studiji su razmatrana i mjerenja odnosno evidentiranja energije, opterećenja ostalih električnih veličina, te djelovanja uređaja daljinskog nadzora, mjerenja i upravljanja, i to razvrstano po naponskim nivoima te mjestima prikupljanja podataka.

Pošto su razmotreni podaci u mjeri koja zadovoljava, daje se prijedlog njihova vođenja i obrade korištenjem odgovarajućih formulara te performansi kompjutora kao modernog sredstva za automatsku obradu podataka. Dakako, osim pogonskih događaja u obradu su uključena još i obračunska mjerenja, kao i pogonska mjerenja, a kao mjesta uzimanja podataka izabrali smo:

- mjesta nabave iz mreže prijenosa te elektrana u sastavu elektrodistribucije
- mjesta razmjene među elektrodistribucijama izvan i unutar republike, te s potrošačima koji imaju vlastite elektrane
- mjesta potrošnje na pojedinim naponskim nivoima, te prema tipu potrošača, kao što su to direktni potrošači, velepotrošači i široka, te ostala potrošnja.

Da bi se sređeni podaci mogli koristiti racionalno i efikasno, postavljena je prikladna struktura i organizacija memorije kompjutora — indirektno povezivanje elemenata strukture varijabilne dužine, zapisa pomoću fizičkih veza, a k tome je provedena dioba informacije na podskupove, logičke slogove. Operacije s logičkim slogovima podijeljene su na kreiranje datoteke (memoriranje), održavanje podataka (ažuriranje, i to sa što manjim troškovima), te preuzimanje podataka (kopiranje), a odvijaju se u određenim koracima. Što se tiče programske podrške (softwara, baza programa), ona sadrži skup programa koji se dijele na ulazne programe, programe za obradu podataka, te izlazne programe, tako da se može postići efikasna koordinacija rada u OFF-LINE obradi, dakle odvojeno od mjesta preuzimanja podataka i mjesta upućivanja rezultata obrade. Osim toga, predviđeno je i izvjesno komuniciranje — ON-LINE pristup korisnika do AOP-sredstava kroz proces lansiranja upita te prijema odgovora na to. Ovdje treba napomenuti da ne bi bilo previše razumno izgrađivati datoteku u studiji razmatranih podataka bez integriranih sustava obuhvatanjem dovoljno kompleksne baze podataka (banke) — želja je minimizirati ukupne troškove obrade.

Premda je u ovoj studiji samo ukratko spomenuta i metoda registriranja opterećenja i potrošnje dotokom bodova iz centra za upravljanje, dovoljno se ističe svojom svrsishodnošću jer predviđa simultanost registriranja energije i snage potrošača uzimajući u obzir i raspoloživost dobavljača od proizvođača, pa tako brojila bodova, takozvani energometri, daju visinu udjela potrošača u ukupnim troškovima njihovog snabdijevanja, što znači odbacivanje niza do sada neophodnih kompliciranja na području registriranja energije, snage, te troškova, odnosno cijena, dakle tarifne politike u energetici.

Opseg: 185 stranica, od čega 22 tablice, 33 slike i 14 priloga.

Zaštita od opasnog dodirnog napona u distributivnim mrežama i potrošačkim instalacijama za razne slučajeve tretiranja nul-točke napojne mreže

Naručitelj: ZEOH — Zagreb
Autori: Žutobradić Srđan, dipl. ing.
Filipović-Grčić Božidar, dipl ing.
Dovršeno u siječnju 1981.

U studiji je dan pregled i komentar domaćih i inozemnih propisa koji obuhvaćaju problematiku opasnih napona dodira i koraka.

Prikazane su aproksimativne metode za procjenu i proračun svih bitnih elemenata potrebnih za proračun potencijala koji se javljaju pri dozemnim spojevima u mrežama raznih naponskih nivoa. Na bazi tih formula obavljena je procjena opasnih potencijala, te napona dodira i koraka u raznim slučajevima. Na kraju studije upozoreno je na moguće zaštitne mjere i na potrebu daljnjih studijskih radova iz tog područja.

Opseg: 266 stranica, 35 tablica, 65 slika.

Pouzdanost elemenata distributivnih mreža u SR Hrvatskoj

Naručitelj: ZEOH — Zagreb
Autori: Žutobradić Srđan, dipl. ing.
Rimac Mirjana, dipl. ing.
Dovršeno u studenom 1981.

U ovoj studiji dan je pregled dosadašnje prakse vođenja podataka o pogonskim događajima, te prijedlog eventualnog budućeg načina vođenja takvih evidencija. Na bazi modela i programa razvijenog na ETF-u Zagreb obavljena su ispitivanja pouzdanosti na tipskim nadzemnim i kabelskim mrežama (»Elektroistra« Pula, »Distribucija« Zagreb, »Elektra« Šibenik). Uzeti su podaci za komponente tih mreža. Na kraju je dan prijedlog daljnjih radova na području pouzdanosti.

Opseg: 46 stranica, 38 tablica, 14 slika.

Optimiranje struje jednopolnog kratkog spoja u mreöama uzemljenim preko maloomskog otpornika i optimiranje uzemljivača s obzirom na očekivane uvjete građenja

1. dio

»Proračun parcijalnih struja jednopolnog kratkog spoja mjerodavnih za proračun uzemljivača«

Naružitelj: ZEOH — Zagreb

Autor: Filipović-Grčić Božidar, dipl. ing.

Završeno 1981.

Porast struja kratkog spoja uzrokovan izgradnjom novih izvora i širenjem VN mreže zaoštrio je niz problema vezanih uz veličinu struja jednopolnog kratkog spoja. Naponi dodira i koraka, problemi iznošenja potencijala, naponi inducirani u telekomunikacijskim vodovima, NN mreži, cjevovodima i sl., koji se javljaju za vrijeme trajanja jednopolnog kratkog spoja, porasli su do te mjere da je prilikom projektiranja postrojenja i VN vodova gotovo nemoguće zadovoljiti vrlo rigorozne propise.

Strogi propisi, s jedne strane, a velike struje jednopolnog kratkog spoja (JKS), s druge strane, doveli su do situacije da je vrlo teško projektirati uzemljivače koji se dadu ekonomski opravdati, a da istodobno budu zadovoljeni propisi u pogledu napona dodira i koraka. Slična situacija je i sa induciranim naponima veličina kojih je točno definirana propisima, a izbor slobodnih trasa kod izgradnje novih VN vodova je vrlo ograničen, napose ako se ima na umu buduća snažna izgradnja VN mreže.

U takvim uvjetima je bitna točna interpretacija električnih prilika i poznavanje svih utjecajnih parametara proračuna. Konkretno za uzemljivače to znači da je potrebno znati parametre tla, raspodjelu struje kratkog spoja i odgovarajuće algoritme proračuna uzemljivača. Posebno je važno odrediti točne iznose struja JKS koje teku preko otpora rasprostiranja stanice, zaštitnih vodiča i uzemljenja pojedinih stupova dalekovoda, plašteva i armatura kabela, zvjezdišta transformatora, bilo da je kratki spoj nastupio unutar ili izvan postrojenja i s tim parcijalnim strujama vršiti potrebne proračune.

Općenito je izračunavanje parcijalnih struja dosta složeno, napose ako se uzima u obzir utjecaj potencijalnog lijevka stanice na njihovu raspodjelu, pa su se zbog toga u praktičnim proračunima provodila razna pojednostavnjenja koja, međutim, bitno utječu na točnost proračuna. Da bi se to izbjeglo, u ovom radu se polazi od sasvim općenitih teoretskih izraza koji egzaktno interpretiraju složene električne prilike, ali se kao krajnji rezultat dobivaju ipak relativno jednostavni izrazi pogodni za praktične proračune, a u tu svrhu izrađen je i program za el. računalo.

Glavni cilj studije je da izračunavajući parcijalne komponente struje jednopolnog kratkog spoja omogući ispravno dimenzioniranje uzemljivača VN postrojenja. Studija čini dio jedne cjeline unutar koje će se kompleksno zahvatiti problematika uzemljivača uključujući i kritički osvrt na postojeće tehničke propise.

Opseg: 174 stranica i 45 slika.

Optimiranje struje jednopolnog kratkog spoja u mrežama uzemljenim preko maloomskog otpornika i optimiranje uzemljivača s obzirom na očekivane uvjete građenja

2. dio

Ograničenje struje jednopolnog kratkog spoja u srednjenaponskim mrežama ugradnjom maloomskog otpornika

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: Filipović-Grčić Božidar, dipl. ing.
Žutobradić Srđan, dipl. ing.

Dovršeno 1981.

Problem uzemljenja zvjezdišta u mrežama srednjeg napona star je upravo koliko i same razdjelne mreže. Naime, dok su u visokonaponskim mrežama napona 110 kV i više nedvojbeno utvrđene prednosti koje pruža sistem s direktno uzemljenom neutralnom točkom, u mrežama srednjeg napona ne postoji u tom pogledu jedinstveno mišljenje, pa se u našoj i stranoj praksi susreću svi mogući načini uzemljenja neutralne točke.

Iako su o tome objavljeni brojni radovi i analizirana iskustva iz pogona, ipak se problem uzemljenja zvjezdišta s vremena na vrijeme ponovno postavlja u prvi plan. Razlog za to treba tražiti u pojavi novih oblika mreža (direktna transformacija 110/10 i 110/20 kV), uvođenju moderne električne opreme (statička zaštita, kabeli sa sintetičkom izolacijom i izoliranim plaštem i sl.), promjeni propisa a također i novim saznanjima od kojih se dolazi složenim tehničko-ekonomskim analizama spomenutog problema.

To su ujedno i bili motivi zbog kojih je pokrenuta izrada ove studije u kojoj je metodološki obrađena problematika uzemljenja neutralne točke u nadzemnim, mješovitim i kabelskim razdjelnim SN mrežama. Analizirajući osnovne kriterije koji ravnopravno utječu na veličinu struje JKS, dakle postojeće propise iz domene dimenzioniranja uzemljivača, tranzijentne prenapone i uvjete rada relejne zaštite, studija pruža mogućnost određivanja optimalnih veličina struje JKS, s namjerom da se umanje poteškoće prelaska izolirane mreže na pogon s indirektno uzemljenim zvjezdištem.

Metodologija razrađena u studiji može se koristiti kod izbora struje u mrežama 35, 20 i 10 kV. U studiji je, međutim, naglasak na probleme uzemljenja neutralne točke u mrežama 20 i 10 kV jer su tu problemi veći. Naime, u mrežama 35 kV propisi ne zahtijevaju održanje određenog nivoa potencijala na uzemljivaču, a naponi dodira unutar i u okolini TS 35/10 kV mogu se relativno jednostavno održati u propisanim granicama.

U mrežama 20 i 10 kV propisi naprotiv definiraju apsolutne iznose potencijala koji se, u ovisnosti o vremenu isklapanja kvara, smiju pojaviti na uzemljivačima TS 20(10)0,4 kV. Pri izboru struje ovdje u prvom redu treba zadovoljiti kriterije sigurnosti u mreži 0,4 kV uvažavajući pri tome način izvođenja uzemljenja (združeno, odvojeno) odnosno primijenjenu zaštitu.

Iako se ne dovodi u pitanje naša orijentacija na uzemljenje preko otpora, ipak se ukazuje na alternativne mogućnosti uzemljenja zvjezdišta u SN mrežama. Premda studija obrađuje specifičnu materiju, treba je tretirati kao dio cjeline unutar koje se htjelo kompleksnije obuhvatiti problematiku uzemljenja u VN i SN mrežama.

Opseg: 154 stranice, 52 slike.

Optimiranje struje jednopolnog kratkog spoja u mrežama uzemljenim preko maloomskog otpora i optimiranje uzemljivača s obzirom na očekivane uvjete građenja — III dio: Optimiranje složenih uzemljivača

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autor: Srđan Žutobradić, dipl. ing.

Dovršeno 1981.

U studiji su prikazane danas poznate metode za proračun složenih sustava uzemljivača u jednoslojno i dvoslojno homogenom tlu. Na temelju izabranih postupaka izrađen je algoritam za proračun uzemljivača na elektroničkom računalu, a zatim i sam program (UZ1 i UZ2). U studiji su opisane mogućnosti razvijenog programa, te način njegova korištenja s opisom potrebnih ulaznih veličina. Navedeno je nekoliko ilustrativnih primjera proračuna.

Razvijeni model (i program) omogućuje proračun sustava od više metalno odvojenih uzemljivača (aktivnih i pasivnih). Proračun uzemljivača u dvoslojno homogenom tlu omogućen je sa po volji odabranom točnošću.

Opseg: 216 stranica, 27 tablica, 32 slike.

Optimiranje struje jednopolnog kratkog spoja u mrežama uzemljenim preko maloomskog otpora i optimiranje uzemljivača s obzirom na očekivane uvjete građenja — IV dio: Pregled rezultata rada

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: Žutobradić Srđan, dipl. ing.
Filipović-Grčić Božidar, dipl. ing.
Baldasari Dasenko, dipl. ing.

Dovršeno 1981.

U ovom radu su prikazani. rezultati prethodnih triju studija. Opisane su mogućnosti razvijenih metoda i programa. Nakon toga su dani primjeri korištenja rezultata prethodnih studija. Analizirana je jedna tipična TS 110/10 kV s pripadajućom mrežom 10 kV. Na kraju je dan popis podataka potrebnih za primjenu izloženih metoda i programa.

Opseg: 38 stranica, 2 tablice, 3 slike.

Stručno mišljenje o primjeni dodatne zaštitne mjere — izolacionog tepiha u trafostanicama električne mreže grada Zagreba

Naručitelj: »Elektra« Zagreb
Autori:
I dio Filipović-Grčić Božidar, dipl. ing.
II dio Kučak Josip, dipl. ing.
Suradnici: Bojić Srećko, dipl. ing.
Drezga Irislav, dipl. ing.
Zubić Stjepan, el. teh.
Konfic Josip, el. teh.
Završeno 1981.

Primjena izolacionih tepiha kao dodatne zaštitne mjere uobičajena je u našim trafo-stanicama VN/SN i SN/NN. Ta mjera smatra se obaveznom, a osim toga prevladalo je mišljenje da je to najjednostavniji način da se zadovolje propisi u pogledu dopuštenih napona dodira i koraka u postrojenjima u zgradama. No, kako propisi zahtijevaju periodičko atestiranje i kontrolu izolacione opreme, pojavio se problem ispitivanja i zamjene dotrajalih izolacionih tepiha koji je naročito izražen kod distributivnih stanica s obzirom na to da je njihov broj velik.

Zbog opsega i cijene tog posla pojavio se zahtjev da se detaljnije razmotre propisi iz te domene, definiraju uvjeti u kojima je nužna upotreba tepiha u trafo-stanicama, i to po naponskim nivoima u uvjetima uzemljene i izolirane neutralne točke, s krajnjim ciljem da se utvrdi svrsishodnost daljnje primjene te zaštitne mjere.

Zbog jasnoće izlaganja bilo je nužno najprije obrazložiti neke osnovne pojmove i definirati kriterije sigurnosti kod kratkotrajnog djelovanja električne struje. Nakon toga provedena je detaljna analiza propisa kako bi se utvrdili točni uvjeti u kojima je upotreba izolacionih tepiha obavezna. Proračunima napona dodira na modelima uzemljivača dokazan je velik utjecaj prijelaznog otpora na napone dodira, na osnovi čega se zaključilo da je pojava visokih napona dodira u postrojenjima u zgradama malo vjerojatna. Rezultati proračuna na modelima iskorišteni su za analizu prilika na stvarnim uzemljivačima trafo-stanica u mreži »Elektre« Zagreb. Za TS 35/10 i 20(10)/0,4 kV su, osim toga, određene veličine impedancija uzemljenja na osnovi kojih se, bez dokaza o naponima dodira, može zaključiti da je nužna primjena izolacionih tepiha.

Obavljeno je nekoliko mjerenja napona dodira za postrojenja u zgradama u nekoliko TS 110, 35 i 10 kV da se verificiraju teorijsko-metodološka razmatranja.

Opseg: 103 stranice i 31 slika.

Tipizacija trafo-stanica gornjeg napona 110 kV za potrebe elektroenergetskog sistema Hrvatske

— specijalna poglavlja —

Naručitelj: »Rade Končar« — OOUR Elektrotehnički institut
Autori: Baldasari Dasenko, dipl. ing.
Mr Schenner Richard, dipl. ing.
Kovačević Zvonimir, dipl. ing.
Filipović-Grčić Božidar, dipl. ing.
Dr Hrs Ivo, dipl. ing.
Markovčić Boris, dipl. ing.
Dr Miroslav Jung, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1981.

U studiji su obrađena neka specijalna poglavlja iz studije — projekta »Tipizacija trafo-stanice gornjeg napona 110 kV za potrebe elektroenergetskog sistema Hrvatske«. Razmatrane su jednopolne sheme postojećih TS 110/x kV i izvršene procjene podobnosti primijenjenih rješenja. Na temelju postojećih studija izrađenih u IE procijenjen je broj budućih TS 110/xkV za razdoblje do 1985. god. i izvršeno njihovo rangiranje po određenim kriterijima. Izabrana je jednopolna shema i definirani električni parametri jednostavnije i složenije tipske TS. Posebno je učinjen proračun maksimalnih struja odnosno snaga KS. Definirani su najvažniji parametri transformatora i broj transformatora u pojedinim vrstama tipskih TS. Definirana je prenaponska zaštita na VN i SN strani i razrađen način kompenziranja jalove snage. Dan je osvrt na etapnost izgradnje, a posebno su obrađeni problemi u TS sa dva sekundarna napona za slučaj prelaska s jednog sekundarnog napona na drugi.

Za svaki naponski nivo analizirane su informacije za upravljanje, zaštitu, mjerenje i signalizaciju i grupirane u određene funkcionalne jedinice.

Opseg: 106 stranica sa slikama.

Osnovno rješenje električne mreže na području »Elektrozagore« — Drniš s usporedbom sistema 110/35 10 kV i 110/20 kV

Naručitelj: »Elektrodalmacija« — OOUR »Elektrozagora« Drniš
Autor: Zvonimir Kovačević, dipl. ing.
Suradnik: Duda Meštrović, el. tehn.
Završeno u svibnju 1981.

Područje općine Drniš opskrbljuje se električnom energijom (stanje u svibnju 1980. god.) najvećim dijelom preko preko TS 35/10 kV Kalun, te preko HE Manojlovac, HE Jaruga (na 15 kV — područje »Elektre« Šibenik), TS 35/10 kV Vrlika i TS 35/10 kV Klis (obje na području »Elektrodalmacije« Split). Mreža 15 kV i 10 kV na području općine Drniš imala je opseg (stanje u svibnju 1980. god.): 178 TS 15/0,4 kV i TS 10/0,4 kV te 330 km nadzemnih vodova i kabela 15 kV i 10 kV.

Na području općine Drniš u 1979. godini iznosili su:
— nabava električne energije — 17231 MWh
— vršno opterećenje — 4,1 MW

Na temelju razrade konzuma u perspektivi dobiven je sljedeći konzum:

	1985.	1995.	2010.
— nabava el. energije (MWh)	70 000	120 000	172 000
— vršno opterećenje (MW)	12	21	32

Velik porast nabave električne energije (26,3%/god.), vršnog opterećenja (19,6%/god.) do 1985. god. proizašao je zbog predviđene izgradnje pogona TEŽ-a u Drnišu (oko 40 000 MWh; 6 MW).

Razvoj mreže na području općine Drniš u perspektivi razmatran je u dvije varijante:

A. 110-35-10 kV.
B. 110-35-20-10 kV.

Usporedba troškova razmatranih varijanti mreže pokazala je da je za područje općine Drniš povoljnije za 11,6% da se mreža razvija po varijanti

B. 110-35-20-10.

Prema varijanti mreže B. 110-35-20-10 kV predviđeno je do 2010. god.

— da se izgradi TS 110/35/20 kV Drniš 2 x 20 (40) MVA (1981—1985. god.)
— da se mreža 35 kV dalje ne širi
— da se na dijelu područja općine Drniš prijeđe na napajanje s naponom 20 kV već u toku etape 1981—1985. god.
— da se izgradi 71 TS 10(20)/0,4 kV i 123 km vodova 10(20) kV.

Osnovno rješenje električne mreže 10 kV, 35 kV i 110 kV grada Cetinja

Naručitelj: »Elektra« — Zagreb, OOUR »Distribucija« — Zagreb
Autor: Zvonimir Kovačević, dipl. ing.
Suradnik: Duda Meštrović, el. tehn.
Završeno u ožujku 1981.

Područje Cetinja (stanje u rujnu 1980. god.) opskrbljuje se električnom energijom preko
TS 110/35 kV Cetinje (1 x 20 MVA)
TS 35/10 kV Cetinje (2 x 4 MVA) i
27 TS 10/0,4 kV (ukupno instalirana snaga transformatora 10/0,4 kV — 19660 kVA).

Na području grada Cetinja ukupna duljina mreže 35 kV iznosila je 0,7 km, a mreže 10 kV 15,99 km. Konzum promatranog područja (Cetinje i okolica u smjeru Čeklića i smjeru Vrela i Rijeke Crnojevića) dostigao je u 1979. godini:
vršno opterećenje — 7,5 MW
nabava el. energije — 34 685 MWh.

Porast konzuma u zadnjih 10 godina (1969—1979. god.) bio je:
vršno opterećenje — 1,67 puta (5,2%/god.)
nabava el. energije — 1,9 puta (6,8%/god.).

Na temelju provedene analize konzuma u perspektivi se može očekivati sljedeći konzum promatranog područja:

vršno opterećenje 1985. god. — 12 MW
2000. god. — 30 MW

nabava el. energije 1985. god. — 63 000 MWh
2000. god. — 167 000 MWh.

Za područje Cetinja i promatrane okolice (Čeklići i Rijeka Crnojevića) u bližoj (1985. god.) i daljoj (2000. god.) perspektivi glavna pojna točka i dalje će biti:

TS 110/35 kV Cetinje.

Instalirana snaga transformatora 110/35 kV u TS 110/35 kV Cetinje trebala bi biti: 1985. g. — 2 x 20 MVA i 2000. g. — 2 x 40 MVA.

U mreži 35 kV predviđa se osim dovršenja izgradnje TS 35/10 kV Cetinje II (početak 1981. god.) i izgradnja treće TS 35/10 kV u Cetinju u razdoblju 1986—2000. god.

Ukupna duljina mreže 35 kV na području grada Cetinja iznosit će 1985. g. — 3,1 km i 2000. g. — 7,8 km.

Mreža 10 kV na području grada Cetinja imat će sljedeći opseg:

1985. g. — 38 TS 10/0,4 kV; 31,4 km vodova 10 kV i
2000. g. — 53 TS 10/0,4 kV; 35,0 km vodova 10 kV.

Opseg: 36 stranica, 19 tablica, 32 slike.

Izbor optimalnih vrijednosti osnovnih parametara i grupe spoja distributivnih transformatora 110/10 kV i 110/20 kV u gradskim i pokrajinskim mrežama

Naručitelj: ZEOH
Autor: Puharić Milan, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1981.

U ovoj studiji su se razmatrali osnovni parametri i grupe spoja distributivnih transformatora direktne transformacije 110/10 kV i 110/20 kV. U drugom poglavlju analizirani su sljedeći osnovni parametri transformatora: nazivna snaga, napon kratkog spoja, stupanj izolacije, grupa spoja i regulacija napona. Analiza grupe spoja bila je primarni zadatak studije, pa se ona najopširnije obradila.

U našoj i inozemnoj praksi najčešće se izrađuju transformatori grupe spoja yyod5 i yd5. Francuska praksa je pokazala da je i rješenje grupe spoja yyo također prihvatljivo, iako se do danas veoma malo koristilo. U studiji su se analizirale tehnoekonomske prednosti i nedostaci pojedinih grupa spoja. Analize su pokazale da s obzirom na dosadašnju tendenciju gradnje transformatora grupe spoja yyod5 te sagledavši ekonomske usporedbe spomenutih grupa spoja, sprega yyod5 ima prednosti pa je ona i predložena.

U trećem poglavlju su dane perspektivne potrebe za transformatorima direktne transformacije po regijama: Zagreb, Split, Osijek i Rijeka.

Na kraju su dani prijedlozi tehničkih preporuka parametara transformatora koji su u studiji obrađeni, a proširene su još nekim parametrima.

Opseg: 114 stranica.

STUDIJ TERMOENERGETSKIH SISTEMA

Utvrđivanje energetskih karakteristika i specifičnog neto-potroška topline bloka I u TE Kosovo

Naručitelj: TE Kosovo
Autori: Stjepan Ivančić, dipl. ing.
Zdenko Selanec, dipl. ing.
Ernest Prištof, dipl. ing.
Berislav Nadinić, dipl. ing.

U sklopu cijele serije ispitivanja na blokovima TE Kosovo provedena su i mjerenja na bloku i radi utvrđivanja energetskih karakteristika. Ispitivanja su bila obavljena u dvije serije, i to prije i poslije remontnih radova na bloku.

U elaboratu su dani detaljni opisi provedenih mjerenja, razrađeni mjerni rezultati, provedeni svi potrebni proračuni, a dane su i sugestije za poboljšanje ekonomičnosti rada postrojenja.

Opseg: 101 stranica sa slikama i dijagramima i 30 stranica priloga.

Razvoj opskrbe toplinskom energijom Vukovara i naselja Borovo do 2000. godine

Naručitelj: Elektroslavonija Osijek
Autori: dr Duško Čorak, dipl. ing.
mr Zlatko Komerički, dipl. ing.
Mladen Nadinić, dipl. ing.
Vlado Jelavić, dipl. ing.
Marijan Sarajlija, dipl. tehn.

Cilj studije je usmjeravanje opskrbe toplinom Vukovara i naselja Borovo do 2000. godine. Na osnovi analize postojećeg stanja toplinske opskrbe te projekcija privrednog i društvenog razvitka Vukovara i Borova određene su karakteristike ogrjevnog i tehnološkog toplinskog konzuma do 2000. godine. Osim toga, utvrđeni su ekvivalentni godišnji troškovi za različite načine toplinske opskrbe. Spomenute karakteristike toplinskog konzuma i ekvivalentni godišnji troškovi poslužili su kao ulazni podaci za određivanje optimalne strukture toplinske opskrbe metodom linearnog programiranja.

U daljoj razradi, za područja koja je opravdano centralizirano opskrbiti parom ili vrelom vodom, varijantno je razmatrana opskrba iz blokovskih kotlovnica, centralne toplane te kombinirana opskrba. Kao izvori topline razmatrane su proizvodne jedinice izravnog i spojnog procesa. U svim varijantama analizirane su prilike i način uklapanja proizvodnih jedinica u elektroenergetski i toplinski sistem. Za područja koja je opravdano opskrbiti prirodnim plinom optimirana je plinska razvodna mreža i raspored redukcijskih stanica.

Na kraju je provedena analiza zagađenja zraka.

Opseg studije: 189 stranica, 87 slika i 64 tablice.

Izbor mikrolokacije za NE Slavonija

Naručitelj: Elektroslavonija Osijek
Autori: mr Niko Malbaša, dipl. ing.
Jure Čurković, dipl. ing.
mr Zdenko Tonković, dipl. ing.

Studija predstavlja IV i V fazu u procesu izbora lokacije za nuklearnu elektranu u Slavoniji odnosno:

a) određivanje potencijalno pogodnih mikrolokacija,

b) vrednovanje i uspoređivanje potencijalnih pogodnih mikrolokacija te izbor mikrolokacije nuklearne elektrane.

Osnovna svrha studije bila je kompilacija i rekapitulacije rezultata potrebnih radova (oko dvadesetak elaborata) napravljenih po pojedinim specijalnostima, te na temelju opće analize prijedlog za izbor mikrolokacije nuklearne elektrane.

U studiji su također detaljno obrađeni i analizirani i svi oni aspekti koji nisu bili posebno obrađivani, a bili su nužni za konačnu obradu.

Opseg: 230 stranica i 14 slika.

Garantno ispitivanje kondenzaciono-toplifikacijskog turboagregata TIP T-100 120-130-3 instaliranog u TE--TO Zagreb

Naručitelj: Elektroprivreda Zagreb OOUR TE-TO Zagreb
Ispitivanje i obrada: Stjepan Ivančić, dipl. ing.
Čedomir Selanec, dipl. ing. sa suradnicima

U sklopu ovih ispitivanja utvrđene su energetske karakteristike turboagregata u tri različita režima rada, i to čisto kondenzacijskom (sa zatvorenim svim oduzimanjima za toplifikaciju i regenerativno zagrijavanje), kondenzacijskom (zatvorenan oduzimanja za toplifikaciju) toplifikacijskom režimu. U elaboratu je razjašnjena svrha, način i opseg provedenih ispitivanja, razrađeni su mjerni rezultati i provedeni svi potrebni proračuni. Uz dane energetske karakteristike komentirani su i ostvareni rezultati s garantiranim veličinama i tipskim karakteristikama turboagregata.

Opseg: 103 strane teksta sa slikama i dijagramima te prilozi s proračunima.

Garantna ispitivanja kotla E 500/140 M model T ME-464/C u TE-TO Zagreb

Naručitelj: Elekroprivreda Zagreb OOUR TE-TO
Ispitivanje i obrada: Stjepan Ivančić, dipl. ing.
Ernest Prištof, dipl. ing. sa suradnicima

Provedenim ispitivanjima utvrđene su energetske i ostale najbitnije karakteristike kotla pri loženju dvjema vrstama goriva. Opterećenja su odabrana tako da se dobije kvalitetni uvid u rad kotlovskog postrojenja preko cijelog dijapazona opterećenja.

U elaboratu su dani opisi provedenih mjerenja, razrađeni mjerni rezultati, provedeni su potrebni proračuni te su dane usporedbe ostvarenih vrijednosti s garantiranim veličinama.

Opseg: 33 stranice, teksta i prilozi s proračunima.

Mogućnost izgradnje toplana (proizvodnih jedinica spojnog procesa) u SR Hrvatskoj do 2000. godine

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske
Autori: dr Duško Čorak, dipl. ing.
Zdravko Mužek, dipl. ing.

U studiji se na osnovi prognoze ogrjevnog i tehnološkog toplinskog konzuma urbanih sredina SRH u 1985. i 2000. godini ocjenjuje mogućnost izgradnje proizvodnih jedinica spojnog procesa. U tu svrhu provedene su opsežne analize toplinskog i elektroenergetskog sistema kako bi se utvrdile optimalne vrijednosti učešća spojnog procesa u pokrivanju dijagrama opterećenja u toplinskom sistemu. Osim toga, studija daje prikaz osnovnih karakteristika proizvodnih jedinica spojnog procesa te tendencije razvitka centraliziranih toplinskih sistema s proizvodnim jedinicama spojnog procesa u svijetu i kod nas.

Opseg studije: 110 stranica, 50 tablica, 30 slika i dijagrama.

Utvrđivanje energetskih karakteristika specifičnog neto-potroška topline bloka 2 u TE Kosovo

Naručitelj: TE Kosovo
Autori: Stjepan Ivančić, dipl. ing.
Zdenko Selanec, dipl. ing.
Berislav Nadinić, dipl. ing.

Na osnovi provedenih mjerenja određene su energetske karakteristike bloka II TE Kosovo. U elaboratu su dani opisi provedenih mjerenja kod četiriju režima rada, razrađeni mjereni rezultati i provedeni svi potrebni proračuni.

Opseg: 66 stranica sa slikama i dijagramima

Valorizacija transporta ugljena iz drugih republika i pokrajiia za potrebe termoelektrana-toplana u Slavoniji

Naručitelj: Elektroslavonija — Osijek
Autori: Milivoj Krejči, dipl. ing.
Slavko Tomić, dipl. ing.
Čedomil Čavlina, dipl. ing.
Marijan Magdić, dipl. ekon.

Za pretpostavljenu izgradnju jedinica spojnog procesa u Osijeku, Vukovaru i Slavonskom Brodu razmatrane su i valorizirane različite varijante transporta ugljena.

Pri tom je pretpostavljeno nekoliko izvora opskrbe ugljenom, i to u SR BiH i SR Srbiji.

Valorizacija predloženih rješenja izdvojila je, u transportnom smislu, najpogodnije izvore opskrbe za svaku od predviđenih termoelektrana — toplana, uzevši u obzir način prijevoza, troškove prijevoza, kao i potrebna ulaganja u stabilne i mobilne transportne kapacitete.

Investicijski program TE-TO Vukovar — Borovo

Naručitelj: Elektroslavonija — Osijek
Autori: Mladen Nadinić, dipl. ing.
Zoran Selanec, dipl. ing.
mr Zlatko Komerički, dipl. ing.
Marijan Arnold, dipl. ing.
Josip Mičuga, dipl. ing.
Đuro Hatić, dipl. ing.
Marijan Magdić, dipl. ing.

Na osnovi rezultata studije »Razvoj opskrbe toplinskom energijom Vukovara i naselja Borovo do 2000. godine« kojom je definiran razvoj toplinskog konzuma na području Vukovara i izvršen izbor optimalnog kapaciteta bloka za kombiniranu proizvodnju električne i toplinske energije, izrađen je investicijski program I faze izgradnje TE-TO Vukovar — Borovo. Program predviđa izgradnju bloka 50 MW s dva reguliranja oduzimanja s dvije kotlovske jedinice izvedene s mogućnošću izgaranja ugljena i zemnog plina. Uz ovu jedinicu za spojenu proizvodnju izgradit će se kasnije dva rezervna vršna kotla. Izbor mikrolokacije i raspored objekata uzimaju u obzir mogućnost izgradnje druge faze s identičnim proizvodnim jedinicama.

Opseg: 350 stranica i prilozi sa slikama.

Garantno ispitivanje oduzimno-kondenzacijskog TA snage 30 MW proizvodnje »Jugoturbine« Karlovac, instaliranog u energani INA rafinerije Sisak

Naručitelj: INA — Rafinerija, Sisak
Autori: Stjepan Ivančić, dipl. ing.
Berislav Nadinić, dipl. ing.

Ova ispitivanja provedena su kod više režima rada u skladu sa zahtijevanim garantnim režimima radi utvrđivanja energetskih karakteristika postrojenja. U elaboratu su dani opisi provedenih mjerenja, razrađeni mjerni rezultati, provedeni svi potrebni proračuni s korekcijama na garantne uvjete i dane usporedbe ostvarenih rezultata mjerenja garantiranim veličinama.

Opseg: 52 stranice sa slikama i dijagramima.

Ispitivanje turbinskih lopatica u HE Nikola Tesla

Naručitelj:

Autori: Mijo Martinko, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Mato Cvitanović, dipl. ing.

Prilikom ispitivanja strojarske opreme koje je obavio Institut 1979. god., konstatirano je da su prisutni površinski defekti (istrošenost i klice pukotina) na turbinskim lopaticama agregata br. 3 u HE Nikola Tesla. Kako je nakon završenog ispitivanja na prijedlog Instituta još u toku tog remonta obavljeno reparaturno navarivanje lopatica u završenom elaboratu o pogonskom stanju HE N. Tesla, Institut je predložio da se svake 2—3 godine za vrijeme redovnog remonta obavi preventivno ispitivanje ovih lopatica. U skladu s tim prijedlogom obavljeno je površinsko, bezrazorno ispitivanje lopatica na Pelton-turbini br. 5 uz sva potrebna vizualna ispitivanja i konstatirano je da su reparirane lopatice u dobrom pogonskom stanju i da se ponovna preventivna ispitivanja, ako se ne pojave neki incidentalni slučajevi, ne trebaju ponavljati u iduće 3 godine. O obavljenom ispitivanju Institut je izradio završni elaborat s rezultatima ispitivanja; evoluacijom i ocjenom postojećeg stanja.

Opseg: 60 stranica s prilozima.

Konačan izvještaj o osnovnom ispitivanju NE Krško

Naručitelj: NE Krško
Autori: Mijo Martinko, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Mato Cvitanović, dipl. ing.

Na bazi obavljenih bezrazornih ispitivanja na komponentama klase 1 i 2 pomoću ultrazvuka, magnetskih čestica, tekućih penetranata i vizualnog pregleda, koje je izvršeno u 1980. god. u skladu s ASME B & PV Code Sec. XI, izrađen je »Konačni izvještaj o osnovnom ispitivanju NE Krško«. Izvještaj je napisan na tri jezika: hrvatskom, slovenskom i engleskom. Izvještaj koji ukupno sadrži više od 3 000 listova sastoji se od nekoliko sekcija: sažetka ispitivanja, rezultata ispitivanja, evoluacija rezultata i poglavlja u kojim su dokumentirani svi zahtjevi vezani za osiguranje kvalitete provedenog ispitivanja odnosno: atesti materijala baždarenih blokova, atesti i kvalifikacija osoblja koje je provodilo ispitivanje te pisani postupci i upute koje su korištene prilikom provođenja ispitivanja. Recenziju izvještaja obavio je Institutov konzultant Westinghouse Nuclear Service Division iz SAD. Izvještaj je pregledao i ocijenio kao zadovoljavajući Komitet za provedbu osnovnog ispitivanja u NE Krško i republički inspektor SR Slovenije.

Konačni izvještaj o osnovnom ispitivanju generatora pare NE Krško

Naručitelj: NE KRŠKO
Autori: Mijo Martinko, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Mato Cvitanović, dipl. ing.
Zetec Inc. (SAD)

Na bazi provedenog osnovnog ispitivanja cijevi generatora pomoću višeučestalih vrtložnih struja koje su zajednički u 1980. godini obavili Institut za elektroprivredu i američka tvrtka Zetec Inc. u skladu s NRG 1.83 i ASME B & PV Code Sec. XI, izrađen je »Konačni izvještaj o osnovnom ispitivanju cijevi generatora pare NE Krško«. Izvještaj je napisan na hrvatskom i engleskom jeziku. a sadrži više od 100 listova. Izvještaj je podijeljen u nekoliko sekcija kao što su: sažetak ispitivanja, rezultati ispitivanja, interpretacija i evoluacija rezultata, te poglavlje u kojem su dokumentirani svi zahtjevi vezani za mjere osiguranja kvalitete obavljene inspekcije: atesti materijala baždarnih blokova, atesti i kvalifikacija osoblja Instituta i firme Zetec Inc., atesti o baždarenosti opreme i sl. Izvještaj su pregledali i ocijenili kao zadovoljavajući Komitet za provedbu osnovnog ispitivanja u NE Krško te republički inspektor SR Slovenije.

Razvoj i istraživanje novim ultrazvučnim metodama

Nosioci projekta: Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Mato Cvitanović, dipl. ing.

U 1981. godini započet je rad na razvojno-istraživačkom projektu o mogućnosti primjene novih ultrazvučnih metoda ispitivanja na nuklearnim komponentama. Cilj projekta je da se poboljša efikasnost i pouzdanost ranog pronalaženja podpovršinskih pukotina na platiranim komponentama nuklearnih elektrana primjenom specijalnih ultrazvučnih sondi i opreme pomoću imerzione ultrazvučne tehnike ispitivanja pod vodom. Na taj način nostojat će se poboljšati tehnika ispitivanja reaktorske posude, primarne strane generatora pare i održivača tlaka koji se prema zahtjevu ASME B & PV Code Sec. XI ispituju u toku pogona nuklearnih elektrana. Na tom istraživačkom projektu Institut radi u SAD zajedno sa stručnjacima tvrtke Combustion Engineering Inc. gdje se kod rada u laboratorijima koristi najsuvremenijom opremom te svaki rezultat provjerava kvalitativno na specijalnim modelima.

Pogonska inspekcija cijevi generatora pare u NE Krško.

Nositelj zadatka: Mijo Martinko, dipl. ing. i suradnici

Za američku tvrtku Westinghouse Institut je krajem godine obavio prvu pogonsku inspekciju (Inservice Inspection) na cijevima generatora pare NE Krško nakon mjesec dana rada elektrane sa 50% snage. Ispitivanje je obavljeno pomoću višeučestalih vrtložnih struja na oko 1 600 odabranih cijevi. Ispitivanje je imalo preventivni karakter kako bi se prije preuzimanja NE provjerilo stanje i homogenost cijevi nakon određenog opterećenja, te usporedilo s početnim stanjem. Obavljeni poslovi samo su prva faza preventivnog pogonskog ispitivanja s obzirom na to da će se ista takva ispitivanja obaviti još nekoliko puta u 1982. god. nakon različitih režima rada elektrane. Ovaj složeni zadatak obuhvatio je organizaciju cijelog ispitivanja, osiguranje mjera zaštite od zračenja, treniranje osoblja za montažu opreme u generator pare na specijalnoj maketi, pripremu i montažu opreme u reaktorskoj zgradi i generatoru pare, pripremu i montažu te baždarenje opreme i elektronike izvan reaktorske zgrade, ispitivanje koje je trajalo 24 sata na dan bez prestanka u toku 4 dana evaluaciju i interpretaciju rezultata. Evaluaciju i interpretaciju rezultata te izradu preliminarnog izvještaja obavili su zajednički Institut i američka tvrtka Zetec Inc.

Tehnički izvještaj o ispitivanju kvalitete izgaranja i utvrđivanja karakteristike ventilatora za zrak na kotlu B u INA-OKI Zagreb

Naručitelj: INA-OKI Zagreb
Autori: dr Dubravko Matanić, dipl. ing.
Vladimir Martinec, dipl ing.

Višegodišnje kontrole kvalitete izgaranja velikih ložišta u Zagrebu što ih redovito provodi IE pokazali su da je instalirano kotlovsko postrojenje u INA-OKI Zagreb jedan od velikih zagađivača okoline prvenstveno vezano za neadekvatnu kvalitetu izgaranja. Ta činjenica bila je poticaj da je INA-OKI za postojeće postrojenje ugovorio s engleskom tvrtkom PEABODY-HOLMES zamjenu postojećih gorača kvalitetnijima. Provedena ispitivanja nakon zamjene gorača kvalitete izgaranja pokazala su da je ostvarena bolja kvaliteta izgaranja od prijašnje, no garantirane vrijednosti nisu postignute, što će zahtijevati daljnji rad na rješavanju te problematike.

Opseg: 25 stranica.

Osiguranje kvalitete strojarske opreme za HE Čakovec

Naručitelj: Elektroprivreda Zagreb, RZ za izgradnju HE Čakovec
Izvršitelji: Mato Cvitanović, dipl. ing.
Mijo Martinko, dipl. ing.
Vladimir Bradač, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.

Angažman Instituta na poslovima osiguranja kvalitete strojarske opreme za HE Čakovec nastavljen je i u 1981. godini nakon uspješno obavljenih radova u toku 1978, 1979. i 1980. godine.

Aktivnosti se svode na praćenje kvalitete i nadzor u izradi i montaži strojarske opreme kod izvođača radova u zemlji i inozemstvu.

Osiguranje kvalitete strojarske opreme za RHE Obrovac

Naručitelj: Elektroprivreda Dalmacije
RO za proizvodnju i prijenos električne energije

Izvršitelji: Mijo Martinko, dipl. ing.
Mato Cvitanović, dipl. ing.

U toku 1980. i 1981. godine provođene su aktivnosti osiguranja kvalitete pri izradi strojarskih komponenata za RHE Obrovac prema Institutskom programu kontrole i osiguranje kvalitete.

Osiguranje kvalitete strojarske opreme za TE-TO Osijek

Naručitelj: Elektroslavonija Osijek

Izvršitelji: Mijo Martinko, dipl. ing.
Mato Cvitanović, dipl. ing.

U toku 1980. i 1981. godine vođene su aktivnosti osiguranja kvalitete pri izradi strojarskih komponenata za RHE Obrovac prema Institutskom programu kontrole i osiguranje kvalitete.

Osiguranje kvalitete strojarske opreme za NE Krško

Naručitelj: NE KRŠKO

Izvršitelji: Mladen Nadinić, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Vladimir Bradač, dipl. ing.
Mijo Martinko, dipl. ing.
Hrvoje Kunaj, dipl. ing.
Antun Eisenreich, dipl. ing.
Mato Cvitanović, dipl ing.
Marino Balog, dipl. ing.
Hrvoje Brkić, dipl. ing.

Radovi na osiguranju kvalitete strojarske opreme za NE Krško započeti su definiranjem i komentiranjem programa za osiguranje kvalitete po uzoru na američki model osiguranja kvalitete koji je definiran ugovorom. U okviru navedenih poslova, osim definiranja zahtjeva za oisguranje kvalitete opreme, obavljena je kontrola proizvodnje dokumentacije za NE Krško kod isporučilaca opreme u SAD i Jugoslaviji, a također se obavlja i kontrola ugradnje opreme na gradilištu te pregled atestne dokumentacije. Prema potrebi poduzimaju se korektivne akcije kako bi se stanje opreme dovelo u sklad s primjenjivom tehničkom regulativom. Program osiguranja kvalitete ima svrhu da se postigne odgovarajuća kvaliteta opreme i radova kako bi se dobila sigurna i pouzdana nuklearna elektrana, a prikupljeni dokazi o kvaliteti opreme i radova treba da posluže za izdavanje uporabne dozvole za objekt, a ujedno da čine dobru osnovu za što lakše i svrsishodnije održavanje elektrane u pogonu.

Osim navedenih radova na osiguranju kvalitete strojarske opreme, u toku 1980. i 1981. god. u okviru funkcionalnih ispitivanja pojedinih te evaluaciji rezultata izmjerenih vrijednosti u odnosu na zahtijevane projektne parametre. Ti su radovi vršeni radi utvrđivanja funkcionalnosti pojedinih sistema i davanja ocjene stanja sistema u odnosu na projektne parametre za potrebe izdavanja uporabne dozvole za objekt.

Radovi na planiranju i praćenju izvršenja radova na izgradnji NE Krško

Izvršitelj: Zoran Selanec, dipl. ing.

U okviru radova na planiranju i praćenju izvršenja radova na izgradnji NE Krško obavljaju se radovi na gantogramskom planiranju i praćenju izvršenja radova te praćenju financijske realizacije u odnosu na fizičko izvršenje radova.

Radovi na planiranju i praćenju uključuju i kompjutorsko planiranje i praćenje izvršenja radova i poslova iz obaveze investitora, te kompjutorsko praćenje na bazi mrežnog plana izrade pogonskih uputa. Izrada pogonskih uputa prati se na bazi tipskog mrežnog plana od 38 dogadaja za izradu 934 uputa. Kompjutorski program za ovo praćenje razvijen je u Institutu za elektroprivredu.

Ostali radovi

Naručitelji: razni
Autori: kolektiv studijske jedinice

Na zahtjev elektroprivrednih i drugih organizacija obavljene su u toku 1981. godine razne aktivnosti od kojih se navode neke opsežnijeg karaktera:

— niz ispitivanja i mjerenja manjeg opsega na energetskim objektima radi provjere garantnih veličina od isporučilaca opreme ili radi poboljšanja ekonomike postrojenja.

STUDIJ VISOKONAPONSKE OPREME I PRIJENOSNIH MREŽA

Priključak buduće TS 380 kV Zagreb — istok na 110 kV mrežu Zagreba

Naručitelj: »Elektroprenos« — Zagreb

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. ing.

Završeno u veljači 1981.

U ovom se radu analiziraju mogućnosti priključka naredne zagrebačke 380 kV stanice. Način uklapanja te stanice važan je s obzirom na aktualnu daljnju izgradnju i rekonstrukcije 110 kV mreže. Ispitivanja na modelu, uz uvažavnje realnih tehničkih mogućnosti, pokazuju da bi najpovoljniji priključak bio sa dvostrukim teškim vodom na TS Dubravu i jednim teškim na TS Resnik, uz odgovarajuće zahvate u topologiji istočnog dijela zagrebačke mreže.

Opseg: 6 stranica, i crteži s tokovima snaga prema odgovarajućem ispitivanju, te protokoli s računskog stroja.

Izbor mikrolokacije za nuklearnu elektranu Slavonija

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. ing.

Završeno u svibnju 1981.

U okviru kompleksnog rješavanja pitanja mikrolokacije NE u Slavoniji obrađivan je način i mogućnost priključivanja elektrane na visokonaponsku mrežu radi informativnog određivanja načina plasmana snage. Modelirana je 400 kV mreža Jugoslavije za stanje kakvo se predviđa 1995. godine s posebnim osvrtom na regiju Osijek.

Iz kritičke analize postojećih rješenja i provedenih ispitivanja predlaže se otvaranje voda Ernestinovo — Sombor i njegovo uvođenje u NE Slavonija, te povezivanje NE sa TS 400/110 kV Vinkovci.

Opseg: 19 stranica, i crteži s uklopnim stanjima i tokovima snaga prema odgovarajućim ispitivanjima, te protokoli s računskog stroja.

Dugoročno i optimalno rješenje 110 kV mreže i transformacije 400-220/110 kV na području Karlovca

Naručitelj: Elektroprenos — Zagreb
Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1981.

Prema tekućoj izgradnji i planiranom razvoju prijenosne mreže karlovačkog područja istraživala se za period do nakon 2000. god. mogućnost napajanja područja iz 110 kV mreže, te su se sagledale potrebe (vremenski i energetski) interkonekcije 110 kV i superponirane mreže. Kritičkom komparacijom mogućih rješenja unutar tehničkih uvjeta i ograničenja iznađene su dvije alternativne konfiguracije ovisne o mogućnosti stavljanja pod 110 kV napon prijenosnog voda na užem gradskom području Karlovca.

Opseg: 48 stranica i crteži s uklopnim stanjima i opterećenju mreže prema odgovarajućim ispitivanjima, te protokoli s računskog stroja.

Program uvjetovanih/optimalnih tokova snaga

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija SRH
Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. ing.

U okviru »Studije o unapređenju planiranja, eksploatacije i poslovnog upravljanja u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije« (MIS) jugoslavenskoj elektroprivredi isporučeno je nekoliko programa za analizu elektroenergetskih mreža. Uvid u te programe koincidirao je s nabavom novog računskog stroja u Institutu za elektroprivredu, pa se je prišlo njihovu implementiranju. Najprije je preveden i prilagođen program za tokove snaga uz uvažavanje zadanih uvjeta (proizvodne mogućnosti izvora, prijenosni omjer transformatora, naponske granice) i optimiranje proizvodnih troškova (program CLF/OPF). Dosad je testiran za mrežu do 100 čvorišta i 150 vodova i uz redovnu eksploataciju njegove se mogućnosti još poboljšavaju.

Dokumentacija se nalazi u Institutu.

Proračun konstanta vodova 110 kV i raspodjele početnih struja jednopolnog kratkog spoja na potezu Resnik — Dubrava — Sjever i EL-TO Zagreb

Naručitelj: »Dalekovodoprojekt«, Zagreb
Autori: dr Miroslav Jung, dipl. ing. i
mr Davor Nevečerel, dipl. ing.

Najprije su proračunati parametri dvostruke nadzemno-kabelske veze 110 kV Resnik-EL TO Zagreb, koju čine paralelni kabeli 2 x 3 x (FXKJ 1 x 500/95) i dvostruki nadzemni vod $2 \times 3 \times 240/40$ AlFe + $1 \times 95/55$ EA1Mg1/Fe, a zatim je na temelju navedenih parametara i raspoloživih podataka o utjecaju elektroenergetskog sistema izvršen proračun raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja i inducirajućih struja u tlu kod neistodobnih kvarova na različitim mjestima duž trase promatrane veze. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički za potrebe proračuna utjecanja na susjedne osjetljive objekte.

Proračun konstanta i raspodjele najvećih početnih struja jednopolnog kratkog spoja u DV 110 kV

Naručitelj: »Elektroprivreda« Zagreb, OOUR »Elektroprenos«, Zagreb, »Elektroslavonija«, Osijek, OOUR »Elektroprenos«, Osijek
Autor: mr Davor Nevečerel, dipl. ing.
Završeno u toku 1981. godine

Izvršeni su proračuni konstanata i raspodjele najvećih početnih struja jednopolnog kratkog spoja u sljedećim vodovima.

— Međurić — Daruvar i Daruvar — Virovitica
— TE Sisak — TS Željezara I i TS Sisak — TS Zeljezara I
— Međurić — Nova Gradiška
— Nedeljanec — Ivanec i Ivanec — Straža
— Ernestinovo — Osijek 3 i Osijek 1 — Osijek 3, za nazivnu godinu 1985.
— Karlovac II — Vojnić i Vojnić — Slunj, za nazivnu godinu 1985.

Optimiranje elektroenergetskog sistema Hrvatske — proračun kratkog spoja

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske
Autor: mr Davor Nevečerel, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1981.

Rad obuhvaća: (1) definiranje konfiguracije i uklopnog stanja mreža 110, 220 i 400 kV SR Hrvatske; (2) redukciju mreže SFRJ na područje SR Hrvatske; (3) proračun najvećih očekivanih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja na mjestu kvara i raspodjele struja kvara u svim čvorištima mreže; (4) tabelarni i grafički pregled rezultata proračuna.

Opseg: 15 stranica teksta, 30 slika, 17 tablica i protokol računskog stroja u posebnom uvezu.

Proračun impedancija koje mjere distantni releji kod jednopolnih kratkih spojeva u mreži »Elektroprenosa«, Zagreb

Naručitelj: »Elektroprivreda«, Zagreb, OOUR »Elektroprenos« Zagreb
Autor: mr Davor Nevečerel, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1981.

Rad obuhvaća proračun struja i napona te impedancija koje kod neistodobnih jednopolnih kratkih spojeva u postrojenjima i duž vodova (20, 50 i 80% dužine) 110, 220 i 400 kV mjere distantni releji uz prijelazni otpor na mjestu kvara od 0; 3; 15 i 30 oma. Prikazani su rezultati proračuna faznih i nultih struja i napona ovisno o položaju i mjestu kvara, kao i rezultati proračuna primarnih vrijednosti impedancija bolesne i zdravih faza, odnosno nulte impedancije po iznosu, kutu i komponentama s pripadnim faktorima grananja.

Rad je podijeljen u 2 dijela, gdje se drugi dio odnosi na rezultate proračuna uz prijelazni otpor na mjestu kvara 3, 15 i 30 oma.

Opseg: protokol računskog stroja u dva dijela.

Uzemljenje zvjezdišta kabelskih mreža 10 kV grada Pule

Naručitelj: »Elektrodistribucija«, Pula
Autori: dr Miroslav Jung, dipl. ing.
Željko Zlatar, dipl. ing.
Ante Sekso, dipl. ing. i
Irislav Drezga, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1981.

Studija je podijeljena u tri dijela, i to:

I dio.: Uzemljenje zvjezdišta i proračun kratkog spoja. Obrađen je prijedlog elektroenergetskih razdjelnih gradskih kabelskih mreža nazivnog napona 10 kV u Puli od pogona s izoliranim zvjezdištem na pogon sa zvjezdištem uzemljenim u pojnim počkama preko jednofaznog kovinskog otpornika za ograničenje struja jednopolnog kratkog spoja, nazivnog napona 6 kV i struje 1 000 A. Provedeni su proračuni raspodjele najvećih mogućih i očekikivanih najmanjih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja kod neistodobnih kvarova u svim čvorištima promatranih mreža.

II dio.: Relejna je zaštita obrađena na temelju činioca koji utječu na njen izbor i niz praktičnih predpostavki. Preporučeno je da se s vremenom izvrši nadopuna postojeće nadstrujne zaštite za višepolne kvarove. To znači zamjenu postojećih usmjerenih zemljospolnih releja nadstrujnim relejima na međustrujni.

III dio.: Obrađeni su uzemljivači postrojenja i zaštita od opasnih napona. Nakon pregleda tipičnih uzemljivača TS 10/0,4 kV dana je analiza njihovih karakristika, a nakon toga komentirani su važeći tehnički propisi. U daljnjem tekstu prikazani su rezultati mjerenja impedancije uzemljenja, potencijala i dodirnih napona u 7 izabranih TS 10/0,4 kV. Kod mjerenja smo nastojali postići što veće mjerne struje i izaći dovoljno daleko izvan potencijalnog lijevka. Pokazalo se da će uz manje korekcije biti moguće ugraditi otpornik nazivnih vrijednosti definiranih u I dijelu.

Uzemljenje zvjezdišta mreže 35 kV na području Trebinja

Naručitelj: OOUR »RP Trebinje«, Trebinje

Autori: dr Miroslav Jung, dipl. ing.
Željko Zlatar, dipl. ing.
Srećko Bojić, dipl. ing.
Irislav Drezga, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1981.

I dio.: Uzemljenje zvjezdišta i proračun kratkog spoja. Obrađen je prijedlog postojeće elektroenergetske razdjelne mreže nazivnog napona 30 kV na području Trebinja od pogona s izoliranim zvjezdištem na pogon sa zvjezdištem uzemljenim preko kovinskog otpornika za ograničenje struja jednopolnog kratkog spoja, s posebnim osvrtom na rad sinhronog generatora u HE Trebinje 2. i povremeno povezivanje sa susjednim mrežama Bileće i Dubrovnika. Za postojeću i buduće mreže 30 kV provedeni su proračuni najvećeg mogućeg i očekivanog najmanjeg tropolnog i jednopolnog kratkog spoja kod neistodobnih kvarova u svim čvorištima promatranih mreža.

II dio.: Relejna zaštita i automatsko ponovno uključivanje. Relejna je zaštita odabrana (1) prema činiocima koji utječu na njen izbor, zatim (2) vodeći računa o stanju postrojenja te (3) za uklopna stanja mreže koje je dao korisnik. Predložena relejna zaštita zadovoljava gotovo sva izvanredna uklopna stanja mreže kada je isključen jedan vod (n-1) i kada su istodobno isključena dva voda (n-2). Nadalje su izračunata udešenja brzih nadstrujnih releja i nadstrujnih releja na nultu struju. Preporučeno je kako pristupiti primjeni automatskog ponovnog uključenja.

III dio.: Prenaponska zaštita. Analiziran je pogon mreže i mogući nivo prenaponskih smetnji na vodovima te u postrojenjima nazivnog napona 35 kV. Uzemljenjem zvjezdišta preko malog djelatnog otpora, u pojnoj točki mreže, očekuje se smanjenje unutarnjih prenapona u neopasne granice, pa je sistem zaštite organiziran samo protiv prenapona atmosferskog porijekla. Predložena su konkretna detaljna rješenja zaštitnih mjera, odnosno potrebne korekcije dosadašnje prenaponske zaštite.

IV dio.: Prilikom prelaska mreže 30 kV na području Trebinja od pogona s izoliranim zvjezdištem na pogon sa zvjezdištem uzemljenim preko malog otpora javljaju se veće struje dozemnog spoja koji prelazi u jednopolni kratki spoj. S obzirom na to trebalo je ispitati zadovoljavaju li postrojenja zahtjeve postavljene na napone dodira i koraka. U tu svrhu provedena su mjerenja na odabranim transformatorskim stanicama sa sniženom strujom kratkog spoja. Mjereni su otpor uzemljenja i naponi dodira na području stanice, te su na osnovi analize rezultata mjerenja i rezultata dobivenih proračunom na računskom stroju predložene eventualne korekcije uzemljivača. Također su računati i provjeravani naponi dodira za stupove nadzemnih vodova 35 kV, kao i način zaštite od udara groma u vod, te su predložena praktična rješenja.

Utjecaj struje jednopolnog kratkog spoja na okolinu TS 400/220/110 kV Melina

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Rijeka, OOUR »Elektroprenos« — Opatija

Autor: Josip Kučak, dipl. ing.

Suradnici: Đuro Juretić, teh.
Ivan Konfic, teh.
Stjepan Zubić, teh.

Završeno u lipnju 1981. godine.

Nakon izgradnje druge faze transformatorske stanice 380/220/110 kV Melina provedeno je ispitivanje uzemljivača te njegov utjecaj na okolinu za slučaj jednopolnog kratkog spoja.

U studiji su dani rezultati mjerenja s obzirom na iznošenje potencijala van postrojenja te naponi dodira i koraka unutar i izvan ograde postrojenja.

Posebno je obrađen utjecaj elektroenergetskog postrojenja na signalne i telekomunikacijske vodove, te predložena njihova zaštita u skladu s tehničkim propisima.

Opseg: 23 stranice teksta i 3 crteža.

Utjecaj struje zemnog spoja na okolinu TS 30 (35)/10 kV Unešić i Oklaj

Naručitelj: »Elektrodalmacija« Split
OOUR »Elektrozagora« — Drniš

Autor: Josip Kučak, dipl. ing.

Suradnici: Đuro Juretić, teh.
Ivan Konfic, teh.
Stjepan Zubić, teh.

Rezultati ispitivanja uzemljivača TS 30 (35)/10 kV Unešić i TS 30 (35)/10 kV Oklaj, kao što je iznošenje potencijala, naponi dodira i koraka unutar i izvan ograde postrojenja, dani su za oba stanja uzemljenosti mreže:

— sadašnje stanje s izoliranom nul-točkom
— buduće stanje sa uzemljenom neutralnom točkom 35 kV

Osim mjerenja na uzemljivaču provedena su još ova ispitivanja:

— mjerenja specifičnog električnog otpora tla metodom geoelektričnog sondiranja
— mjerenje izolacije energetskog transformatora 30/0,4 kV
— ispitivanje stanja izolacije električne instalacije 380/220 kV.

Budući da niskonaponsko postrojenje trafostanice Oklaj služi osim za opskrbu potrošača unutar stanice i za opskrbu potrošača u jednom dijelu mjesta Oklaja, to je područje u elaboratu posebno obrađeno.

Opseg: TS Unešić-25 stranica teksta i 13 crteža
TS Oklaj-30 stranica teksta i 12 crteža.

Ispitivanje prenapona sklapanja prigušnice 50 MVAr, 30 kV u TS 400/110 kV Zagreb I

Naručitelj: Elektroprenos, Zagreb

Autori: dr Ivo Hrs, dipl. ing.
dr Miroslav Jung, dipl. ing.

Suradnici: mr Dragutin Markovinović, dipl. ing.
Antun Šaler, ing.
Srećko Bojić, dipl. ing.
Tomislav Veselić, ing.
Tomislav Peremin, tehn.

Završeno u studenom 1981.

Izvršena su ispitivanja prenapona sklapanja prigušnica priključene na tercijar transformatora 400/110/31,5 kV u TS 400/110 kV Zagreb I, sa svrhom da se ustanovi njihov nivo pri uklapanju i isklapanju prigušnice i ocijeni podobnost malouljnog prekidača M 38-20-12 proizvodnje »Rade Končar« za tu svrhu.

Predviđena su 23 pokusa uklapanja i isklapanja, pri čemu se oscilografski mjereni fazni i međufazni naponi na strani tercijara i na strani prigušnice, te povratni naponi na prekidaču. Tokom ispitivanja kontrolirana su dielektrička svojstva ulja u prekidaču.

Nakon statističkog promatranja dobivenih skupova prenapona i drugih opažanja ponašanja prekidača zaključeno je o nivou i o vjerojatnosti nastajanja prenapona prilikom sklapanja prigušenice. Zaključeno je, osim toga, da su prenaponi sklapanja u porastu s brojem sklapanja i da se bez opasnosti mogu izvršiti tek 10—15 sklapanja, pa je ispitivani prekidač neprikladan za sklapanje prigušnice.

Opseg: 12 stranica, 9 tablica, 24 slike.

Prenaponska zaštita transformatorskih stanica 110/35 kV na području »Elektroprenosa« — Opatija

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Rijeka, OOUR »Elektroprenos« — Opatija

Autori: Ante Sekso, dipl. ing.
dr Ivo Hrs, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1981.

U prvom poglavlju opširno su opisana načela zaštite transformatorskih stanica u mreži 110 kV. Nakon ocjene prenaponske ugroženosti trafo-stanica dan je opis svih vrsta prenaponskih zaštitnih uređaja, te opći principi zaštite TS 110/35 kV. Zatim je obavljen izbor prenaponskih zaštitnih uređaja za postrojenje 110 kV, tercijar i oba zvjezdišta. Zaštita tercijara naglašena je preporukama u posebnom poglavlju. U zadnjem poglavlju je dana ocjena efikasnosti postojeće prenaponske zaštite te predložene potrebne korekcije za sve TS 110/35 kV u mreži »Elektroprenosa« — Opatija. U tu svrhu izvršen je detaljan uvid u tehničku dokumentaciju i u postojeću statistiku kvarova, a također su obiđena sva postrojenja. U predloženim rješenjima prenaponske zaštite prvenstveno se vodila briga o mogućnostima domaće elektroindustrije.

Opseg: 45 stranica, 5 tablica, 17 slika.

Koordinacija izolacije napajanja TS 110/20 kV Sjever I

Naručitelj: »Elektra«, Zagreb

Autor: dr Ivo Hrs, dipl. ing.

Završeno u veljači 1981.

Analiziran je nivo očekivanih prenaponskih smetnji u napajanju TS 110/20 kV Sjever I, osobito u točki prelaza nadzemni vod — kabel i u postrojenju 110 kV. Na temelju ove analize izabran je sistem prenaponske zaštite napajanja, te su određene karakteristike zaštitnih aparata. Na kraju je dano detaljno rješenje potrebnih zaštitnih mjera.

Opseg: 23 stranice, 3 slike.

Iznalaženje najpogodnijih metoda za ispitivanje stanja visokonaponskih električnih strojeva

Naručitelj: ZEOH Zagreb

Autor: Josip Mužny, dipl. ing.

Završeno u ožujku 1981. godine.

U studiji su obrađene metode ispitivanja stanja električne instalacije visokonaponskih električnih strojeva i kriteriji procjene. Također je obrađena praktična primjena pojedinih ispitnih metoda s odabirom najpogodnije mjerne opreme, kao i metodologija praćenja stanja izolacije. Sistematskim ispitivanjem stanja izolacije moguće je pravovremeno poduzeti potrebne mjere kojima se izbjegavaju kvarovi i teška oštećenja strojeva koji uzrokuju dulje zastoje u proizvodnji električne energije.

Opseg: 99 stranica, 62 slike.

Aktivnosti na programu osiguranja kvalitete za I & C opremu na NE Krško

Izvršitelji: Dimitrije Avdejev, dipl. ing.
mr Boris Kalan, dipl. ing.

Program osiguranja kvalitete sastojao se je od pregleda projektne, tehničke, atesne dokumentacije, kao i dokumentacije o kalibraciji nakon ugradnje instrumenata i elektronske opreme u NE Krško. Pratilo se testiranje Start-ua-a, kao i evaluiranje rezultata pojedinih testiranja, te potrebni poslovi u vezi s dobivanjem uporabne dozvole od inspekcijskih službi.

Dokumentacija osiguranja kvalitete elektrotehničke opreme za HE »Čakovec«

Naručitelj: HE »Čakovec«, RZ za izgradnju

Autori: dr Fedor Šprung, dipl. ing.
Pal Zahorec, dipl. ing.

Na temelju pripremnih studija koje su se odnosile na specifičnosti opreme podvodnih hidroagregata, i na temelju rezultata i iskustava već obavljenih ispitivanja materijala za generatore ovog tipa namijenjenih izgradnji HE »Čakovec«, izrađeni su zaokruženi dijelovi dokumentacije osiguranja kvalitete u smislu Zakona o izgradnji objekata SRH.

Dokumentacija ima, s obzirom na specifičnosti konstrukcije i primjenu različitih, uvjetno kompatibilnih tehnologija, autorski karakter. Do sada obrađeni problemi obuhvaćaju namote rotora i statora generatora, kompletnih blok-transformatora, transformatora za uzbudu i za interne pogone, automatsku regulaciju uzbude i jalove snage i uzbudnika.

S obzirom na visoko specifično opterećenje generatora, posebno su proučeni problemi lokalnog zagrijavanja uz površine utora u statorskom paketu i razmotrene nove metode detekcije takvog zagrijavanja.

Na ovom objektu pružila se za dio opreme jedinstvena prilika da se usporede dva proizvođača istih komponenti. Uočljive razlike su jedino u organizaciji rada i sistematičnosti te razini obavljanja kontrole. U tom pogledu proizvođači se u detaljima razlikuju, ali je u cjelini kvaliteta ujednačena.

Iskustvo stečeno na ovom objektu jest da treba predvidjeti posebne operacije osiguranja kvalitete kod prijelaza rada s jedne organizacione cjeline na drugu, neovisno o tome pripadaju li one i istoj radnoj organizaciji ili različitim radnim organizacijama.

Dokumentacija osiguranja kvalitete elektrotehničke opreme za TE-TO »Osijek«

Naručitelj: »Elektroslavonija« Osijek

Autori: dr Fedor Šprung, dipl. ing.
Pal Zahorec, dipl. ing.

Mnoge inovacije primijenjene u prototipnoj verziji u gradnji ovog objekta zahtijevale su, u okviru osiguranja kontrole kvalitete dogotovljenih komponenti, posebno pogonskih motora napojnih i cirkulacijskih pumpi, opsežne studijske pripreme. Svrha ovih studija bila je konformnost svojstava ovih motora i pripadnih pumpi, kako bi se ustanovila pouzdanost pogona, posebno kod ispada jedne i trenutnog uključivanja druge napojne pumpe pod opterećenjem.

Obavljene su također kontrole ispravljačkih slogova elektrane i dogotovljenog blok-transformatora.

Specifičnost ovog rada je promjena lokacije, investitora i djelomično namjene objekta, što se posebno odrazilo na elektrotehnički dio opreme.

Dokumentacija osiguranja kvalitete elektrotehničke opreme RHE »Obrovac«

Autori: dr Fedor Šprung, dipl. ing.
Pal Zahorec, dipl. ing.

Prva reverzibilna hidroelektrana značajne snage u SRH ima mnogo rješenja koja su općenito novost u našoj elektro-

privrednoj praksi i zahtijevala su studijski pristup pripremama i izvršenju osiguranja kvalitete. Tako je pitanje dimenzioniranja prekidača u krugu uzbude, direktno na stezaljkama generatora, dakle s vrlo velikom snagom kratkog spoja, riješen posebnim, novim isklopnim aparatom, koji ima ulogu visokonaponskog osigurača kod struja inače nerješivih klasičnim izvedbama. Ovaj aparat reagira kako na iznos struje, tako i na njezinu derivaciju, tako da u slučaju kratkog spoja u krugu uzbude prekida struju u trenutku samog početka kratkog spoja, kada je zbog induktiviteta, što ih krug sadrži — gradijent struje kratkog spoja najveći, a ona sama jedva nešto veća od pogonske, s obzirom na to da se iskapačanje odigrava u vremenu manjem od 2 milisekunde. U principu je ova novost značajna, jer se odgovarajućom ugradnjom ovakvih aparata u mrežama s potrošačima relativno malih snaga, u odnosu na snage kratkog spoja na mjestu njihova priključka, mogu upotrebljavati prekidači prema snazi koja odgovara potrošačima, a ne prema snazi kratkog spoja priključnog mjesta, jer se potrošač ili dio potrošača na mjestu priključka iskapča kod prvog prolaza sruje kroz nulu, a ostali potrošači dalje nesmetano rade.

Zbog ovakvih rješenja razrađen je za ovu elektranu poseban program ispitivanja u svrhu kontrole kvalitete. Po tom programu preuzete su do sada jezgre dvaju blok-transformatora i jednog već opisanog isklopnog aparata.

Posebnu okolnost kod ove elektrane uvjetuje ugradnja oklopljenih veza generatora i pripadnih blok-transformatora s novousvojenom tehnologijom uz upotrebu preovlađujućeg udjela domaćih komponenti i angažiranje novih proizvođača i montažera. Ujedno je prvi put omogućen najispravniji pristup aktivnosti osiguranja kvalitete, tako da su kriteriji tog osiguranja i programi njegove provedbe do u detalje razrađeni paralelno s projektiranjem te komponente objekta. Ovi kriteriji i programi ušli su u tendersku dokumentaciju kao njen sastavni dio i potakli su proizvođače i montažere opreme na najsavjesniji pristup poslu.

Dokumentacija osiguranja kvalitete elektroopreme za drugu fazu transformatorske stanice 400/200/110 Melina

Naručitelj: »Elektroprenos«, Opatija
Autor: Josip Kučak, dipl. ing.

U ime naručitelja vršena su preuzimanja i sudjelovano je u ispitivanjima sljedeće opreme za drugu fazu izgradnje TS 400/220/110 kV Melina.

- komadna ispitivanja i preuzimanja prekidača 400 kV
- komadna ispitivanja i preuzimanja mjernih induktivnih naponskih transformatora 110 kV
- prijemna ispitivanja regulacijskih autotransformatora 220/115/10,5kV
- prijemna ispitivanje autotransformatora 400/231/10,5 kV
- prijemna ispitivanja odvodnika prenapona i kondenzatora za zaštitu tercijara.

Provedene su opsežne analize rezultata ispitivanja i o tome su naručitelju podneseni izvještaji.

Stručno mišljenje o primjeni dodatne zaštitne mjere — izolacionog tepiha u trafostanicama mreže grada Zagreba

Naručitelj: »Elektra« Zagreb, OOUR Distribucija — Zagreb
Autori: Filipović-Grcić Božidar, dipl. ing.
I dio: Žutobradić Srđan, dipl. ing.
II dio: Josip Kučak, dipl. ing.
Suradnici: Srećko Bojić, dipl. ing.
Irislav Drezga, dipl. ing.
Stjepan Zubić, teh.
Ivan Konfic, teh.

Cilj studije je bio da utvrdi nužnost primjene izolacionih tepiha kao dodatne zaštitne mjere od napona dodira.

U detaljnoj analizi propisa upozoreno je na određene nedorečenosti i proturječnosti naših tehničkih propisa. Obrađen je utjecaj prijelaznog otpora na modelu (mjesta stajališta) na napon dodira.

Mjerenja napona dodira u stanicama »Elektre« Zagreb 110/10 (20) kV, 30/10 kV, te 10/0,4 kV pokazuju podudarnost s teoretskim postavkama o utjecaju prijelaznog otpora na mjestu stajališta.

Na osnovi analize propisa dani su kriteriji kada se izolacioni tepisi mogu izostaviti, te je ukazano na neke eksploatacione nedostatke.

Opseg: 103 stranice teksta i 14 crteža.

Razni radovi

Naručitelji: Elektroprivredne i druge organizacije
Autori: Kolektiv studijske jedinice

Ispitivanje uzemljivača

Na nizu trafo-stanica različitih naponskih nivoa obavljena su ispitivanja uzemljvača i kontrolna mjerenja napona dodira i koraka kod očekivanih struja zemljospoja ili jednopolnih kratkih spojeva.

Ispitivanje kabela

Ispitivani su kabeli radi određivanja kvalitete i karakterističnih konstanti.

Mjerena su svojstva izolacije izmjeničnim, istosmjernim i udarnim naponima, kao i dielektrički gubici. Rezultati mjerenja poslužit će za usporedbu različitih konstrukcija i izvedbi kabela.

Uz ispitivanje u proizvodnji i na novim kabelima obavljena su ispitivanja kabela nakon polaganja.

Značenje takvih ispitivanja je veliko 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.

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 u visokonaponskom laboratoriju. Također su ispitivane i atestirane izolacijske rasklopne motke za uzemljenje, te izolacijske ploče kod rada u postrojenju pod naponom.

Ispitivanje prototipa opreme

Ispitivani su prototipovi neke opreme. Pri tome je bila osobito uspješna suradnja između VN laboratorija i proizvođača jer se nije samo formalno upozorilo na nedostatke nego su se davali i prijedlozi za njihovo otklanjanje sve dok naknadna ispitivanja nisu pokazala da proizvod potpuno zadovoljava propise i naznačenu primjenu. Nakon toga naručitelj je od Instituta dobio atest za ispitivani proizvod.

Ispitivanje odvodnika prenapona obuhvaća kontrolu izmjeničnog i udarnog proradnog napona.

Za ocjenu stanja odvodnika prenapona nužna su ispitivanja odvajaju se dotrajali odvodnici prenapona koji ne bi više osigurali efikasnu zaštitu od prenapona ili bi mogli uzrokovati smetnje zbog nesposobnosti gašenja popratne struje.

Uređaj za ispitivanje kabela IPKN-10

Ispitivanje ovim uređajima obavlja se istosmjernom strujom, što ima prednost jer je uređaj lakši i pogodniji za pronalaženje eventualne pogreške u kabelu. Za što točnije ustanovljavanje mjesta pogreške potrebno je, naime, da na tom povrijeđenom mjestu bude što manji otpor izolacije, tj. što bolji spoj. To se postiže tzv. propaljivanjem kabela tako da se pošto je ispitivanjem ili pak za vrijeme pogona ustanovljena pogreška u izolaciji kabela dovoljno jakom strujom i dovoljno visokim naponom propaliti kabel dok se na povređenom mjestu ne postigne karbonizirani spoj minimalnog otpora. Nakon toga nije teško odrediti mjesto pogreške bilo kojom poznatom metodom.

Prema tome, uređaj služi za ispitivanje izolacije kabela napona 10 kV poslije polaganja. On također omogućuje brzo i točno pronalaženje mjesta pogreške u kabelima bilo kojom od poznatih metoda, a može se upotrijebiti u granicama svojih karakteristika i u druge svrhe.

Uređaj za ispitivanje kabela IPKN-1

Ovaj uređaj namijenjen je za ispitivanje kabela do 1 kV; u nekim slučajevima njime se mogu propaljivati i kabeli do 10 kV a da prethodno nisu obrađivani visokonaponskim dijelom uređaja IPKN-10.

Uređaj IR-2S 50 A

Ovaj uređaj za ispitivanje i udešavanje sekundarnih nusmjerenih 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 izvor reguliranog napona od 0—300 V.

Priključuje se na izmjenični napon 220 V.

Uređaj služi za regulaciju i mjerenje s dodatnim uređajima (IR-1000 A ili IR-2000 A).

Uređaj IR-UZ

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i udešavanje sekundarnih usmjerenih nastrujnih, zemljospojnih i sličnih releja i njihovih vremenskih članova.

Uz dodatak IR-1000 i IR-2000 A mogu se obaviti primarna ispitivanja spomenutih releja. Fazni pomak između struje i napona može se grubo mijenjati po 60° induktivno, 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.

Uređaj IR-1000 A i IR-2000 A i više

Ovi uređaji su dodatni uređaji za IR-2S 50 A i IR-UZ, pa imaju kontinuiranu relaciju i mjerenje struja do 1 000 A, 2 000 A i više.

STUDIJ HIDROTEHNIČKIH SISTEMA

Projekcija razvoja vodoprivrede SR Hrvatske za razdoblje 1981—1985. godine

Naručitelj: Građevinski institut OOUR Fakultet građevinskih znanosti Zagreb,

Autori: Đuro Hatić, dipl. ing.
Nikola Bilčar, dipl. ing.
mr Mladen Petričec, dipl. ing.
i ostali

Građevinski institut, OOUR Fakultet građevinskih znanosti u Zagrebu kao nosilac zadatka plana razvoja vodoprivrede za razdoblje 1981—1985. godine povjerio je Institutu dio koji se odnosi na hidroenergetiku i korištenje voda za termoelektrane. U radu je prikazano sadašnje stanje elektroenergetskih objekata na bazi podataka 1976. godine. Posebno su prikazani objekti u eksploataciji, posebno u izgradnji.

Plan razvoja elektroenergetskih izvora prikazan je na bazi »Elektroenergetskih osnova 15-godišnjeg plana razvoja postrojenja i izvora električne energije u Hrvatskoj do 1985. godine s osvrtom na 2000. godinu«.

Projekcija je obrađena u skladu s metodologijom koju je preporučio Institut Jaroslav Černi, Beograd, a sistematizirana je prema namjeni za hidroenergetiku i za termoenergetska postrojenja.

Opseg: 214 stranica, 12 priloga.

Digitalizacija limnigrafskih podataka Hrvatske za 1980. godinu

Naručitelj: Republički hidrometeorološki zavod Socijalističke Republike Hrvatske, Zagreb,

Autor: Ivan Mlaker, dipl. ing.

Izrađene su programske podrške i obrađene satne vrijednosti — vodostaja dobivenih digitalizacijom limnigrafskih traka za 200 hidroloških stanica u SR Hrvatskoj za 1980. godinu.

Sređivani su podaci i proračun srednjih dnevnih i ekstremnih mjesečnih vrijednosti. Izvještaj i rezultati predani su u obliku radnih materijala.

NE Slavonija, Prethodna istraživanja za izbor lokacije, I Hidrološke obrade, II Koncepcija rješenja dijela rashladnog sistema

Naručitelj: »Elektroslavonija« Osijek

Autori: mr Mladen Petričec, dipl .ing.
Boris Štajer, dipl. ing.
prof. dr Ognjen Bonacci, dipl. ing.
Jozo Penavić, dipl. ing.

U okviru istraživanja za izbor lokacije NE Slavonija provedene su hidrološke obrade i predloženo osnovno rješenje dijela rashladnog sistema.

Obradom su obuhvaćene tri odabrane mikrolokacije na Dunavu.

Statističkom obradom osnovnih hidroloških parametara dobiven je uvid u karakteristične protoke i vodostaje za svaku lokaciju.

Rezultati tako dobivenih obrada korišteni su pri projektiranju rashladnog sistema (zahvat, crpna stanica, ispust, cjevovodi).

Pogodnost uvjeta za izgradnju rashladnog sistema, sigurnost pogona i troškovi izvođenja služili su kao dio ulaznih parametara kod donošenja odluke o najpovoljnijoj lokaciji NE.

Opseg: 90 stranica teksta, 115 stranica priloga i ulaznih podataka.

Pregled i ocjena projektne dokumentacije elektrana za izbor objekata kontinuiteta u petogodišnjem planu razvoja za razdoblje 1981—1985. godine

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Obrađivači: grupa autora

Institut je pregledao i ocijenio projektnu dokumentaciju elektrana za izbor objekata kontinuiteta u petogodišnjem planu razvoja 1981—1985. godine. Ova studijska radna jedinica pregledala je projektnu dokumentaciju hidroelektrana i termoelektrana — građevinski i hidrotehnički dio.

Ocjena je izložena i sistematizirana po pojedinim objektima i vrstama radova i usklađena s pozitivnim propisima. Na kraju su dana opća zapažanja i zaključna razmatranja u kojima su izloženi nalazi i konstatacije, mjere za poboljšanje pripreme projekata i zaključci.

Opseg: 331 stranica teksta i tablica te prilozi.

Višenamjensko iskorištenje vodnog blaga rijeke Drave u SR Hrvatskoj

Naručitelj: »Elektroslavonija« Osijek

Voditelj: Đuro Hatić, dipl. ing.

Institut je nastavio svoj rad na programiranju, vođenju i obradi višenamjenskog iskorištenja vodnog potencijala rijeke Drave na dionici od Barcsa do ušća rijeke u Dunav.

U ime naručitelja Institut surađuje s partnerima iz Jugoslavije i NR Mađarske zaduženim za pripremu kompleksnog korištenja Drave.

HE »Varaždin« — Tehnička promatranja u 1980. godini

Naručitelj: »Elektroprivreda« Zagreb OOUR HE »Varaždin«

Autori: mr Mladen Petričec, dipl. ing.
Marijan Zelić, dipl. ing.
Branimir Drnjević, dipl. ing.
Marko Kozole, dipl. ing.

Tehničko promatranje visokih brana zakonom je propisano i obuhvaća niz radova radi kontrole stanja postrojenja, te ujedno ukazuje na nepoželjne pojave u pogledu sigurnosti objekta.

Institut za lektroprivredu provodi tehnička promatranja od 1979. godine.

U 1981. godini izrađen je elaborat pod nazivom »Izvještaj o tehničkom promatranju HE Varaždin u 1980. godini«. Ovaj izvještaj rezultat je provedbe redovnih vizualnih pregleda objekata brane, strojarnice, akumulacijskog jezera, derivacijskog kanala, obrade hidroloških podataka (podaci o oborinama, vodostajima, protokama, podzemnim vodama na utjecajnom području), obrade hidrografskih i geodetskih snimanja u toku 1980. godine. Na osnovi svih zapažanja i mjerenja dano je stručno mišljenje o stanju objekta i upozoreno na sve probleme koji bi, eventualno, mogli svojim daljnjim razvojem utjecati na pogonsku sigurnost objekta.

Radovi su izrađeni u suradnji s Građevinskim institutom, OOUR Fakultet građevinskih znanosti Zagreb, Janka Rakuše 1.

Opseg 2 knjige: 111 stranica teksta, 48 fotografija i prilozi sa 108 nacrta, dijagrama i tablica.

Konzultantske usluge kod sklapanja ugovora, nadzor i koordinacija radova nad provedbom terenskih istraživanja, te studijskih obrada u okviru radova vezanih za definiranje podobnosti lokacije za NE Slavonija na Dunavu, te za obavljanje dijela konzultantskih poslova vezanih za radove za dobivanje dozvole za lokaciju NE »Slavonija«

Naručitelj: »Elektroslavonija«, Osijek

Autori: mr Mladen Petričec, dipl. ing.
Boris Štajer, dipl. ing.

U okviru istraživanja za izbor i potvrđivanje lokacije NE Slavonija Institut je preuzeo obavezu pružanja usluga investitoru kod:

— izrade programa istraživanja
— sklapanje ugovora
— koordinacije radova (terenskih istraživanja i studijskih obrada)
— praćenja domaće i strane regulative vezano uz NE.

Ugovorom su obuhvaćena ova područja:
— seizmotektonika
— geologija
— hidrogeologija
— geomehanika.

Radovi se izvode u suradnji sa Studijskom jedinicom za termoenergetske sisteme.

ELEKTROPRIMORJE

»**ELEKTROPRIMORJE**« radna organizacija za distribuciju električne energije Rijeka s ovim osnovnim organizacijama udruženog rada:

Elektrodistribucija Rijeka

Elektrodistribucija Skrad

Elektrodistribucija Crikvenica

Elektrodistribucija Opatija

Elektrodistribucija Cres-Lošinj

Elektrodistribucija Rab

Elektrodistribucija Krk

Elektroprojekt i

Radna zajednica Zajedničke službe.

»ELEKTROPRIMORJE«
R I J E K A

Viktora Cara Emina 2
Telefoni: 31-888
32-333

SURADNJA ELEKTROPRIVREDE I TVORNICE JUGOTURBINA

Razvoj i napredak domaće strojogradnje je danas na takvom stupnju da smo u stanju proizvoditi turbinske jedinice snage 1200 MW na fosilna goriva i 1400 MW na nuklearna goriva.

Program proizvodnje takvih turbina preuzela je tvornica »Jugoturbina« Karlovac, koja je i jedini naš proizvođač parnih turbina s odgovarajućom turbinskom opremom.

Nova tvornica gradit će se u Maloj Švraći kraj Karlovca i treba da bude završena do kraja ovog srednjoročnog razdoblja. Izabran je model velike parne turbine sklopljen ugovor s tvrtkom BBC iz Švicarske o ustupanju prava »Jugoturbini« za proizvodnju turbina od 100 do 1200 MW. Budući da je pripremljena sva dokumentacija za taj programirani zahvat, gradnja objekta mogla bi počeli uskoro.

Za proizvodnju turbina velikih snaga zainteresirana je Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske i Republička samoupravna zajednica potrošača električne energije. Između elektroprivrede Hrvatske i SOOUR-a »Jugoturbine« zaključen je sporazum o udruživanju rada i sredstava za gradnju tvornice. Prema predračunima potrebno je osigurati investicije u iznosu od 2,8 milijarde dinara. Sporazumom je utanačeno da ZEOH i RSIZ-potrošača električne energije pokrije polovicu potrebnih investicija. Uložena sredstva elektroprivrede Hrvatske nisu bespovratna. RO »Jugoturbina« vraća uložena sredstva za šest godina, a ako ih kojim slučajem ne vrati rizik snosi SOUR »Jugoturbina« i vraća novac u iduće tri godine.

Ostvarenjem ovog plana naša zemlja se oslobađa uvoza turbina velikih jediničnih snaga. Time se devizni bilans rasterećuje izdatka čak s 500 do 600 miljuna dolara, prema nekim ranijim računicama, a danas vjerojatno i više.

Važno je naglasiti da je kapacitet nove tvornice sukladan dugoročnim potreba Jugoslavije i da ostali proizvađači energetske opreme — RO »Rade Končar«, Tvornica parnih kotlova« iz Zagreba, i »Đuro Đaković« iz Slavonskog Broda — mogu pratiti taj razvoj.

I. R.

OTKRIĆE PLINA U POMORJU KOD PULE

Detaljnim istraživanjima u podmorju sjevernog Jadrana u blizini Pule utvrđene su znatne količine plina. Na osnovi pokazanih rezultata već se razmišlja o većoj plinofikaciji cijelog područja Zajednice općine Rijeka. Provesti plinofikaciju na tom području predstavlja vrijedan i ekonomičan izvor energije za širi krug potrošača. Nedavno je u Puli osnovana radna organizacija za plinofikaciju i preradu plina »Jadranplin«, koja će biti glavni nosilac pripremnih i izvedbenih radova oko uvođenja plina na području Istre i Kvarnera. Prve informacije o mogućnosti plinofikacije ovog područja temelje se na podacima INE-Naftaplina koji govore da se iz podmorja nedaleko Pule, već na početku eksploatacije može računati sa 200 do 300 milijuna m^3 plina godišnje. To je solidna osnova za komercijalnu eksploataciju nalazišta, što mogućuje izgradnju plinovoda kojim bi se zemni plin vodio do gradova i većih naselja radi upotrebe u kućanstvima i industrijskim pogonima. Nadalje kao sirovina poslužio bi kemijskoj industriji, a i potrebama elektroprivrede.

PLIN IZ UGLJENA

Osim plina u podmorju sjevernog Jadrana postoji mogućnost dobivanja plina iz ugljena .Umjesto sadašnje tehnologije energetskog iskorištenja ugljena izgaranjem u termoelektrani Plomin I (kao i u budućoj TE Pomin II) trošio bi se plin dobiven preradom ugljena. Programom je predviđeno da se plin dobiva iz raških ugljenokopa. Ustanovljeno je da raški kameni ugljen sadrži oko 10 posto sumpora i značajne količine urana, aluminija, magnezija i dr.

Orijentacija na veće iskorištenje zemnog plina u industriji i kućanstvu ima velike prednosti i u ekološkom pogledu. Upotrebom plina u velikoj mjeri se smanjuje zagađenje, što je važno za unapređenje turizma na području Istre i Kvarnera.

Da bi se temeljito provela plinofikacija riječke regije izradit će se studija, koja će obraditi sve mogućnosti i prednosti zemnog plina. Treba detaljno obraditi i planirati izradu plinovodne mreže za opskrbu plinom svih većih industrijskih pogona u Rijeci i Puli, zatim termoelektrani Plomin I Plomin II, te za potrebe ku ćanstva i drugih potrošača.

VEZA RHE OBROVAC U PRIJENOSNU MREŽU

Buduća reverzibilna hidroelektrana »Obrovac« trebala bi ući u probni pogon krajem 1983. godine. Stoga je potrebno ubrzati gradnju prijenosnih objekata za preuzimanje električne energije u elektroenergetski sistem Dalmacije i Hrvatske.

Tokom ove godine počet će gradnja slijedećih prijenosnih objekata: Dalekovod 400 kV Veselinović — RHE »Obrovac, duljine 12 km i dalekovod 110 kV RHE »Obrovac« — TS 110/35 kV. Ovim objektima RHE »Obrovac« osim uključenja u jedinstveni elektroenergetskim sistem Hrvatske, omogućuje dovod energije iz ove hidroelektrane u čvorište TS 110/35 kV, obrovac što će utjecati na poboljšanje naponskih prilika u mreži 110 kV sjeverne Dalmacije. Treba istaknuti da su prijenosni objekti napona 35 kV već dobrim dijelom izgrađeni.

I. R.

TS 110/35 kV JERTOVEC U POGONU

Investicijskim planom izgradnje prijenosnih objekata programirana je i gradnja TS 110/35 kV Jertovec. Radovi na ovom objektu počeli su prošle godine, a završeni su sredinom 1982. godine, tako da je stanica već u pogonu. Investicijska ulaganja za TS 110/35 kV Jertovec u iznosu od oko milijardu i pol starih dinara osigurali su zajednički OOUR »Elektra« Zabok i OOUR »Elektra« — Distribucija električne energije, Zelina.

Uložena sredstva predstavljaju nisku cijenu izgradnje ovog prijenosnog objekta. Uzrok tome je što je stanica izgrađena u 110 kV rasklopištu TE Jertovec, a 35 kV rasklopište je izvedeno kao blindirano limeno postrojenje.

Novosagrađena TS 110/35 kV Jertovec projektirana je 2 × 20 MVA, a u prvoj etapi ugrađen je jedan transformator snage 20 MVA, kojeg je isporučila tvornica »Rade Končar«. Polovica snage pripada »Elektri« Zabok koja je s 50 posto sredstava sudjelovala u realizaciji ove značajne investicije.

I. R.

OPREMA ZA DISTRIBUTIVNE CENTRE

Između OOUR-a »Distribucija« u sastavu »Elektre« Zagreb i SOUR »Rade Končar« potpisan je ugovor za 1982. godinu o isporuci opreme za sistem daljinskog vođenja elektroenergetske mreže grada Zagreba. Prema postignutom poslovnom sporazumu u sistemu daljinskog vođenja uključuju se dispečerski centar i 23 periferne transformatorske stanice u kojima je dotrajala oprema. Vrijednost ove investicije je oko 10 milijardi starih dinara.

Ove investicije su od velikog značaja, jer će se na osnovi svih informacija koje će prikupljati novi sistem prognozirati i određivati optimalno uklopno stanje radi što manje bezopasne pauze u sistemu na zagrebačkom području.

I. R.

IZGRADNJA ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA U JUGOSLAVIJI

Prema današnjoj situaciji u Jugoslaviji se gradi veći broj elektroenergetskih proizvodnih jedinica. Po grupama to su termoelektrane na kruto gorivo: TE »Kosovo B«, TE Bitola I i II, TE Pljevlja, TE Gacko, TE »Nikola Tesla B« (Obrenovac) I i II, TE Ugljevik. Termoelektrane — toplane na tekuće gorivo i plin: TE — TO Novi Sad, TE — TO Osijek i TO Ljubljana. Hidroelektrane: HE Čakovec, RHE »Bajina Bašta«, HE Solkan, RHE Obrovac, HE »Đerdap II«, HE Mavčiće i HE Zavoj.

Za sve ove objekte utvrđeni su rokovi puštanja u pogon, a to je kraj 1985. godine.

Prema sadašnjem sagledavanju do kraja 1985. godine se planira ulazak u pogon novih proizvodnih kapaciteta instalirane snage 5053 MW, od čega 1742 MW u hidroelektranama (uključivši 872 MW u reverzibilnim hidroelektranama »Bajina Bašta« i Obrovac), te 3166 u termoelektranama na ugljen i 145 MW u termoelektranama na tekuće gorivo. Ako se navedene elektrane završe utvrđenim rokovima u 1986. godini bi se dobila nova količina električne energije u iznosu od oko 21 milijardi kWh. Ona bi omogućila da se u razdoblju 1982. do 1986. godine pokrije porast potrošnje električne energije sa prosječnom godišnjom stopom rasta od svega 5 do 6 posto.

Da bi se osigurala proizvodnja električne energije u novim termoelektranama s oko 5500 sati godišnje, potrebno je do 1985. godine izgraditi nove rudnike ugljena kapaciteta oko 25 milijuna tona ugljena godišnje.

I. R.

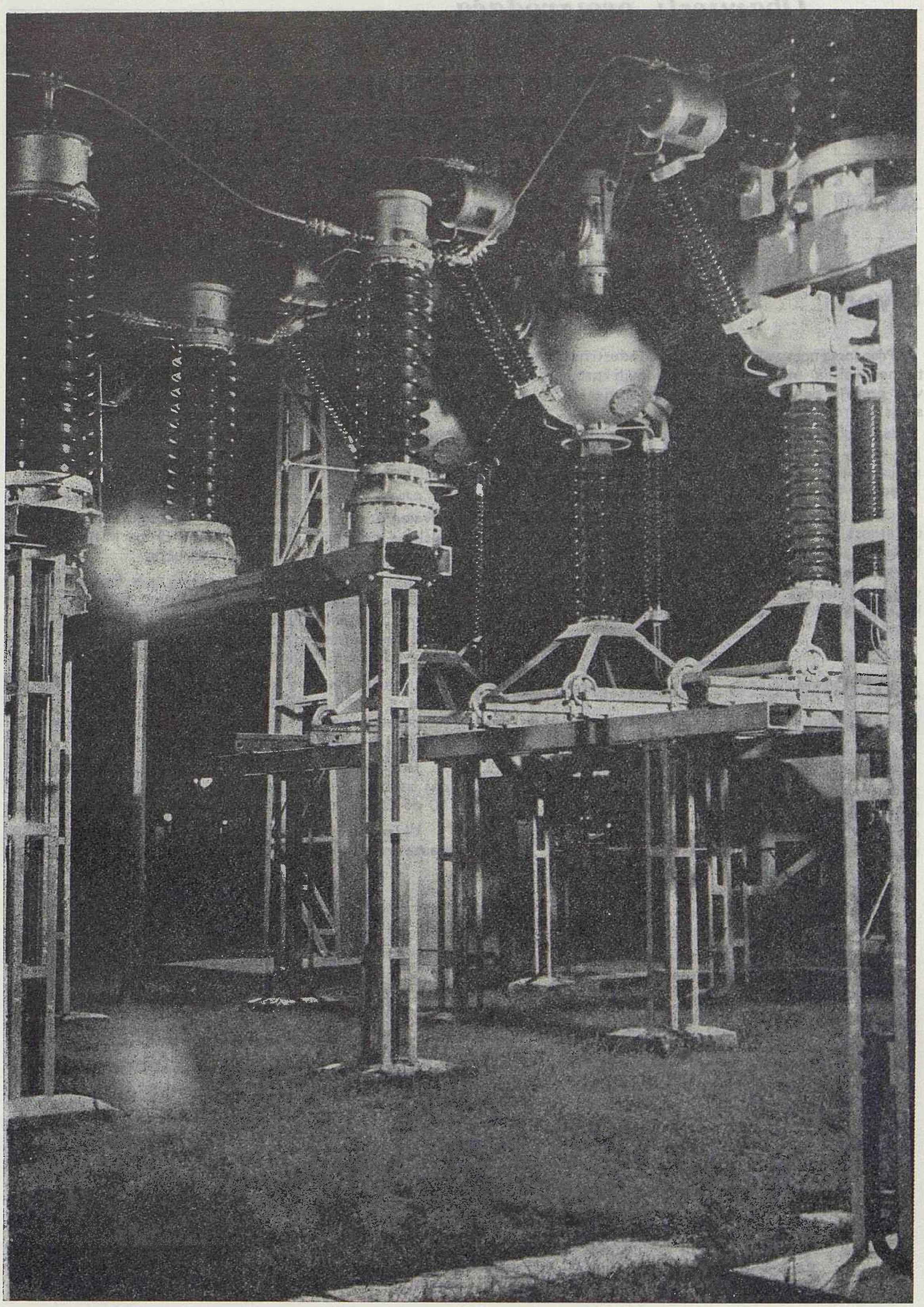
ELEKTROSLAVONIJA — ULAGANJA U ISTRAŽIVANJA

Radna organizacija Elektroslavonija Osijek za studijsko — istražne radove u vezi s ulaganjima u buduće izvore energije u ovom srednjoročnom planskom razdoblju osiguralo je 210 milijuna dinara.

Ulaganja su usmjerena u četiri osnovna pravca: izradu idejnih projekata s investicijskim programima za vodne stepenice budućih hidroelektrana na Dravi, te za istražne radove prema dogovorima sa SAP Vojvodinom za hidroelektranu na Dunavu. Predviđena su i sredstva za izradu studije o malim hidroelektranama zbog čega će se ispitati mogućnosti malih vodotoka, kao i potencijali akumulacije Kamensko za eventualnu crpnu hidroelektranu. Izradit će se i investicijski program za prelazak termoelektrana — toplana Osijek i Sl. Brod s tekućeg na kruto gorivo. Valja završiti i istraživanja, što su počela 1979. godine o izboru dunavske lokacije za jednu nuklearnu elektranu.

Gotovo petina svih planiranih ulaganja, predviđenih za sve te svrhe u petogodišnjem planu 1981. do 1985. godine, namijenjena je ove godine za nastavak istraživanja o lokaciji nuklearne elektrane kod Dalja.

I. R.



RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

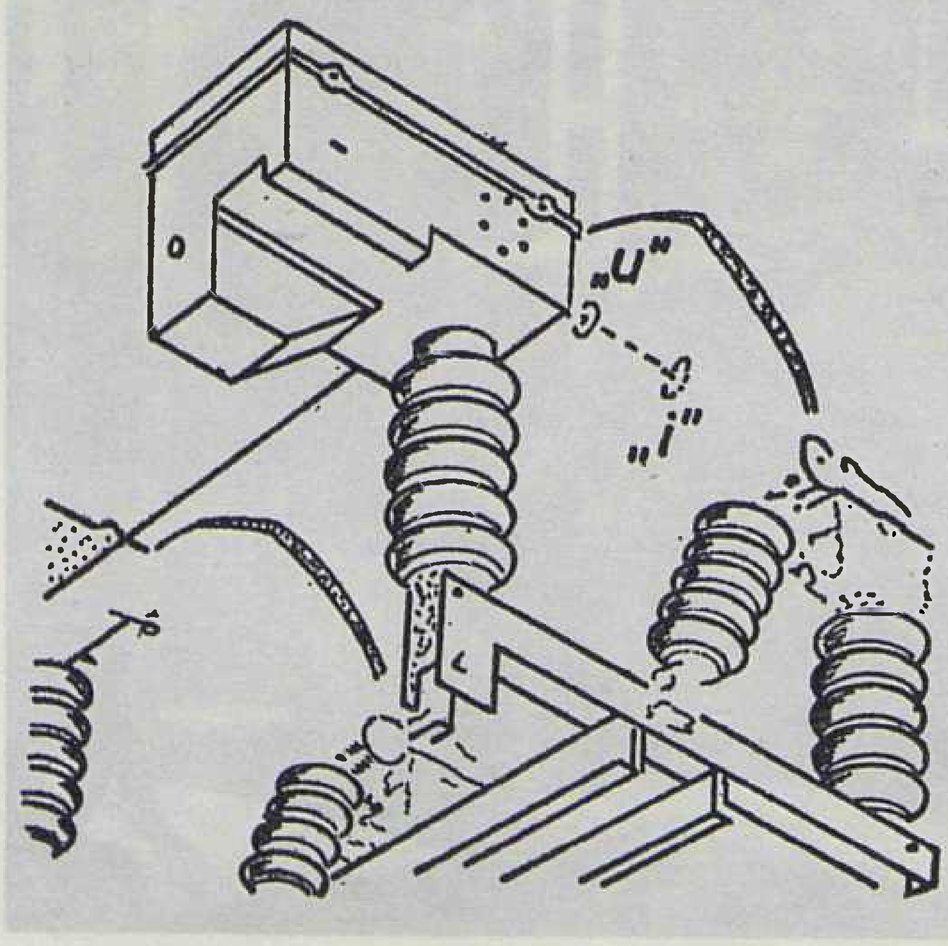
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

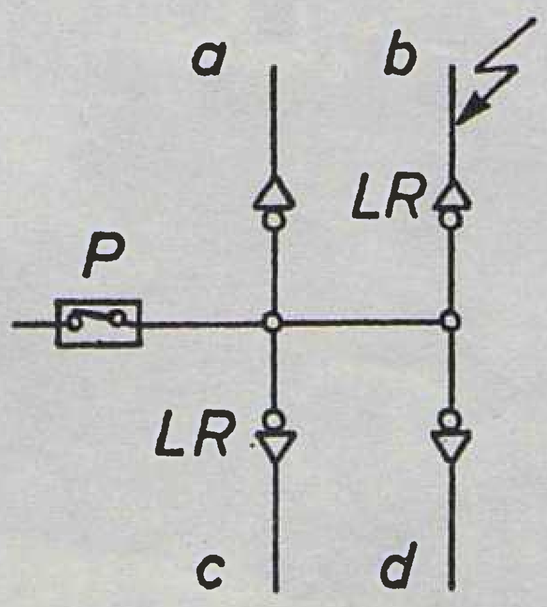
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

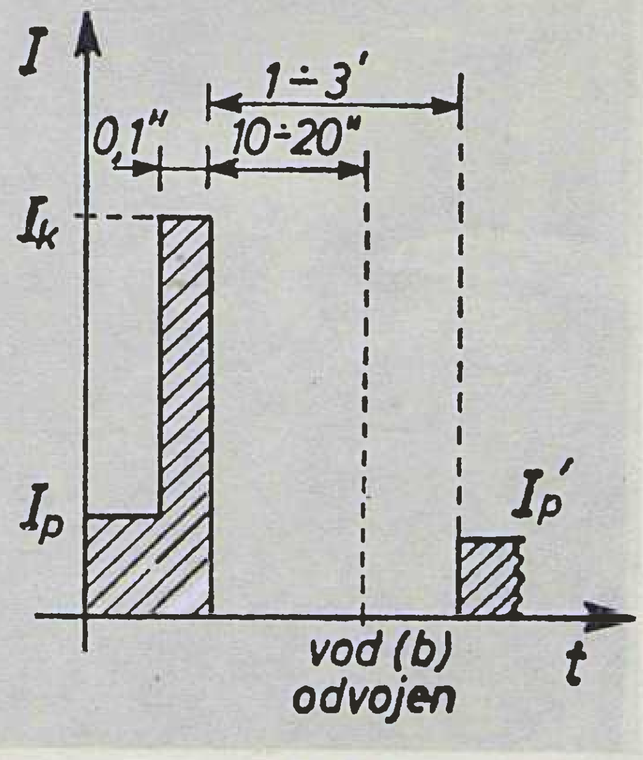
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

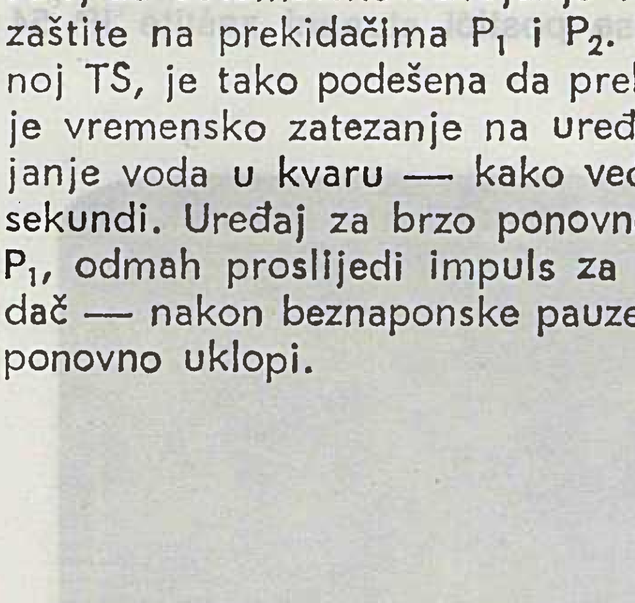
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

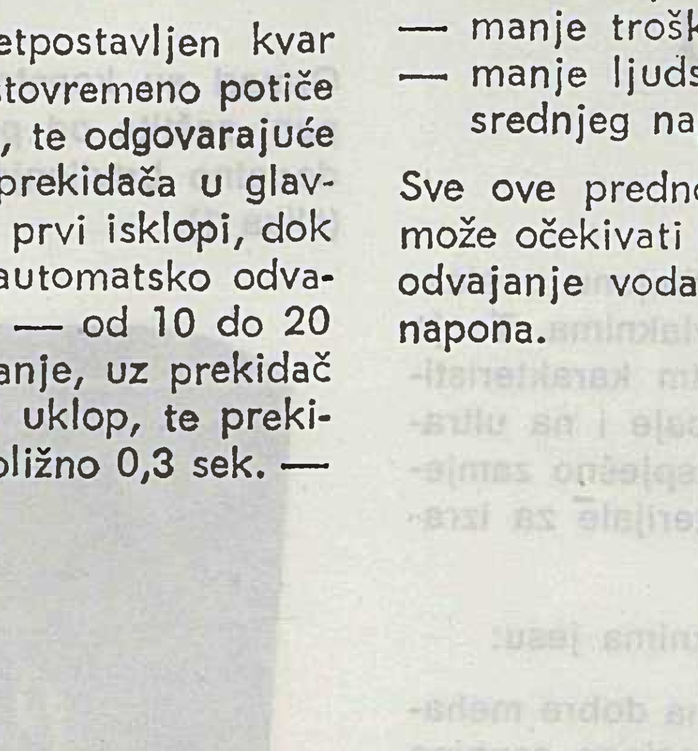
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

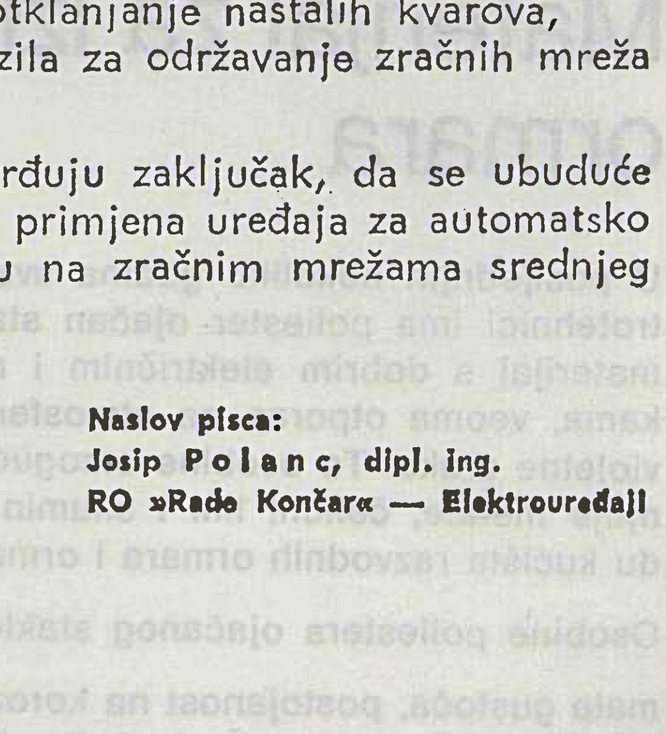
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

Razvodni ormari od izolacijskog materijala

TEP

Nagli razvoj gradskih naselja uvjetovao je sve veću primjenu kabela u distributivnim elektroenergetskim mrežama. Pri izgradnji tih mreža nužan je određen broj tipova ormara za rješavanje:

— čvornih točaka u kabelskoj mreži

— kabelskog razvoda i upravljanja javnom rasvjetom.

U praksi se to rješava ormarima, različitih tipova i izvedaba. Svaka distributivna organizacija ima svoje rješenje a posljedica je ta da proizvođači opreme izrađuju male serije i nemaju mogućnost da postignu kvalitetnija tehnička rješenja. Sagledavajući sve to, TEP je izradio tri osnovna tipa slobodnostojećih ormara od poliestera ojačanog staklenim vlaknima koji mogu zadovoljiti sve uvjete da se ugradi oprema koja se koristi u elektrodistribuciji.

Materijal za izradu ormara

U posljednjlh nekoliko godina sve veću primjenu u elektrotehnici ima poliester ojačan staklenim vlaknima. To je materijal s dobrim električnim i mehaničkim karakteristikama, veoma otporan na atmosferske utjecaje i na ultravioletne zrake. Te osobine omogućuju da uspješno zamjenjuje metale, čelični lim i silumin kao materijale za izradu kućišta razvodnih ormara i ormarića.

Osobine poliestera ojačanog staklenim vlaknima jesu:

mala gustoća, postojanost na koroziju, veoma dobre mehaničke osobine te kao najvažnije dobre izolacione osobine čime se postiže dobra zaštita od previsokog napona dodira. Toplinska vodljivost poliestera je niska pa je on toplinski izolator, što može utjecati na smanjenje kondenzacije u ormarua a time i na manju koroziju ugrađene opreme.

Nedostatke ormara izrađenih od čeličnog lima u usporedbi s onima koji su izrađeni od poliestera ojačanog staklenim vlaknima možemo svesti na sljedeće:

— u određenim uvjetima može se na njima pojaviti opasan napon dodira

— potrebno je izraditi kvalitetno zaštitno uzemljenje

— potrebno je pravovremeno održavanje bojenjem.

Iz svega što je navedeno proizlazi da je primjena poliesterskog ormara tehnički opravdana.

Ako gledamo s ekonomskog stajališta, onda se cijena jednog uređaja u zaštiti »zaštitno izoliranje« može prikazati na ovaj način:

C_k zaš. izol. = $C_{kl} + C_{kzuz}$

C_k zaš. izol. = cijena uređaja u izvedbi zaštitno izoliranje

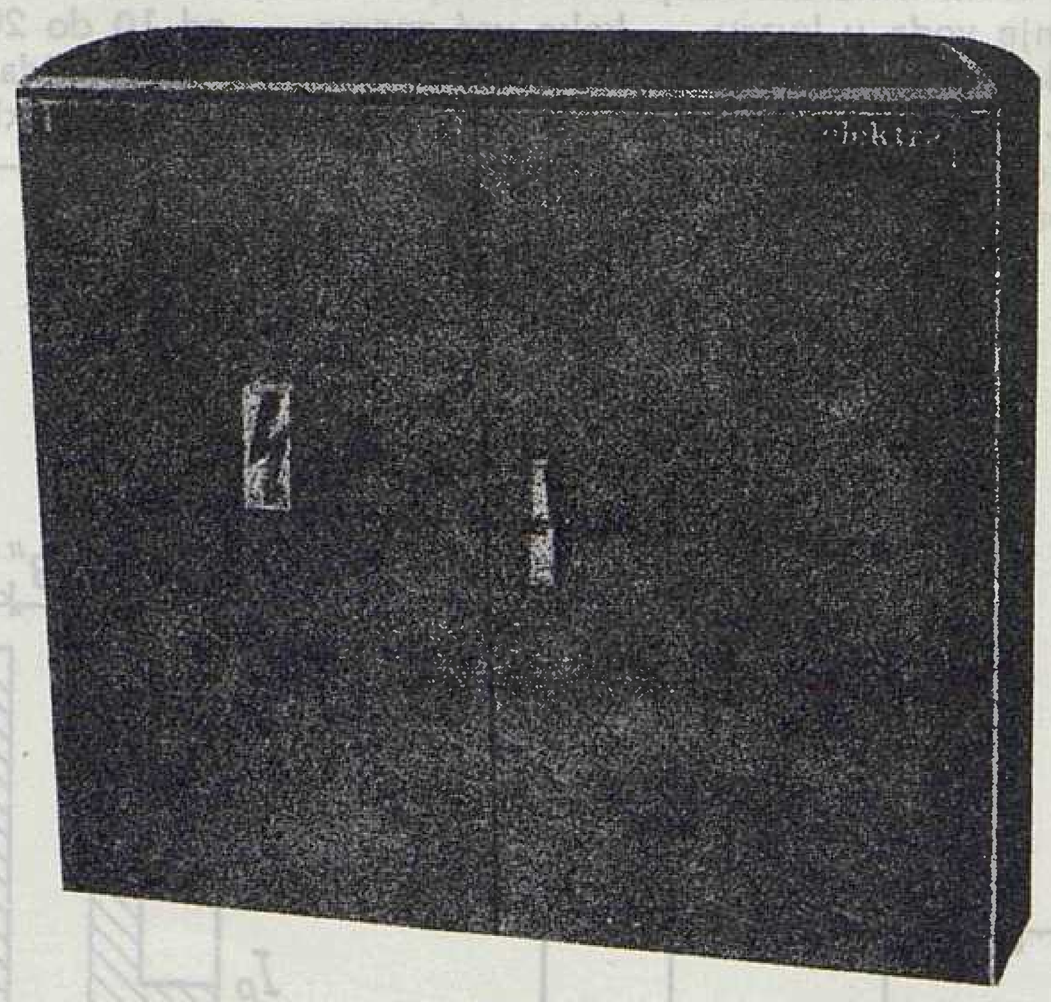
C_{kl} = cijena uređaja u izvedbi od lima ili silumina

C_{kzuz} = cijena izvedbe zaštitnog uzemljenja.

Moramo biti svjesni da svaka zaštita od previsokog napona dodira ima svoju cijenu.

Izvedba ormara s opremom

Ormari su konstrukcijski riješeni tako da ostvaruju stupanj zaštite od prodora stranih tijela i vode IP 43, a uz dodatno brtvljenje može se postići stupanj zaštite IP 54 (slika 1).



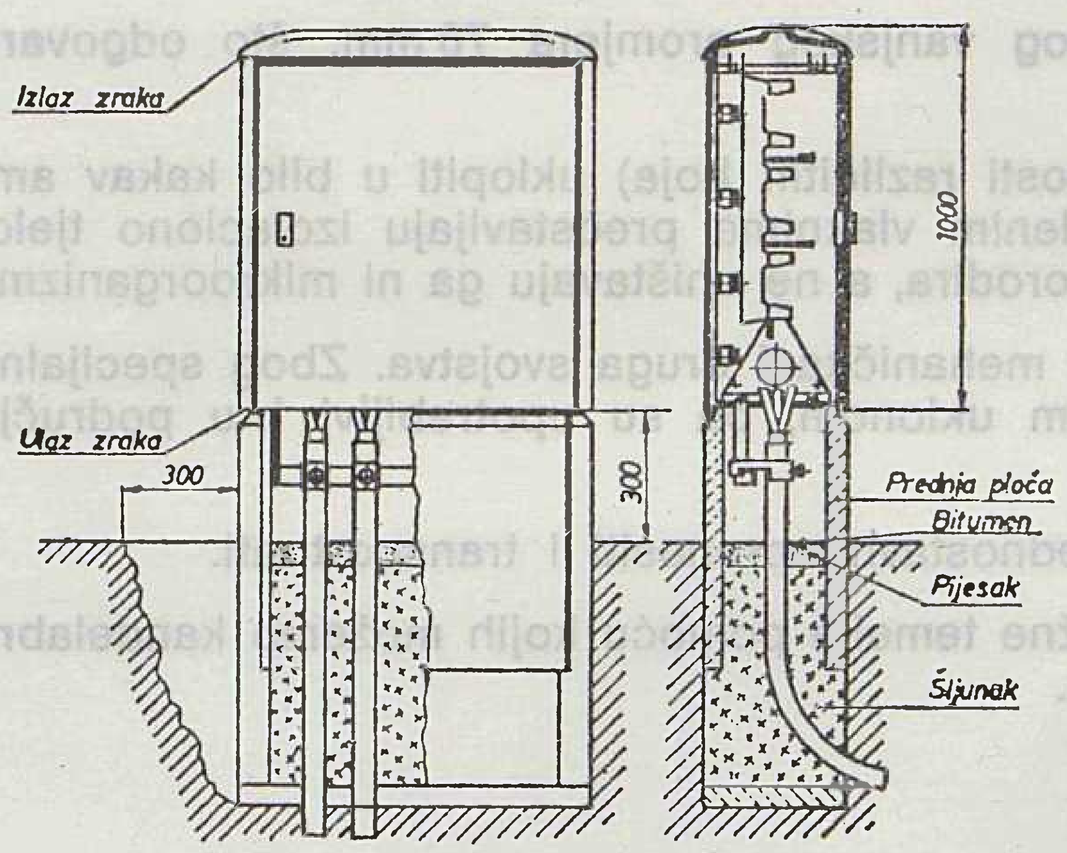
Sl. 1.

Ormar se montira na tvornički izrađen temelj koji se isporučuje u dijelovima, a izrađen je od armiranog betona. Kod spajanja kabela na opremu ormara prednja ploča te-

melja i prag ormara skidaju se, čime je olakšana montaža, te kabele nije potrebno uvlačiti u ormar.

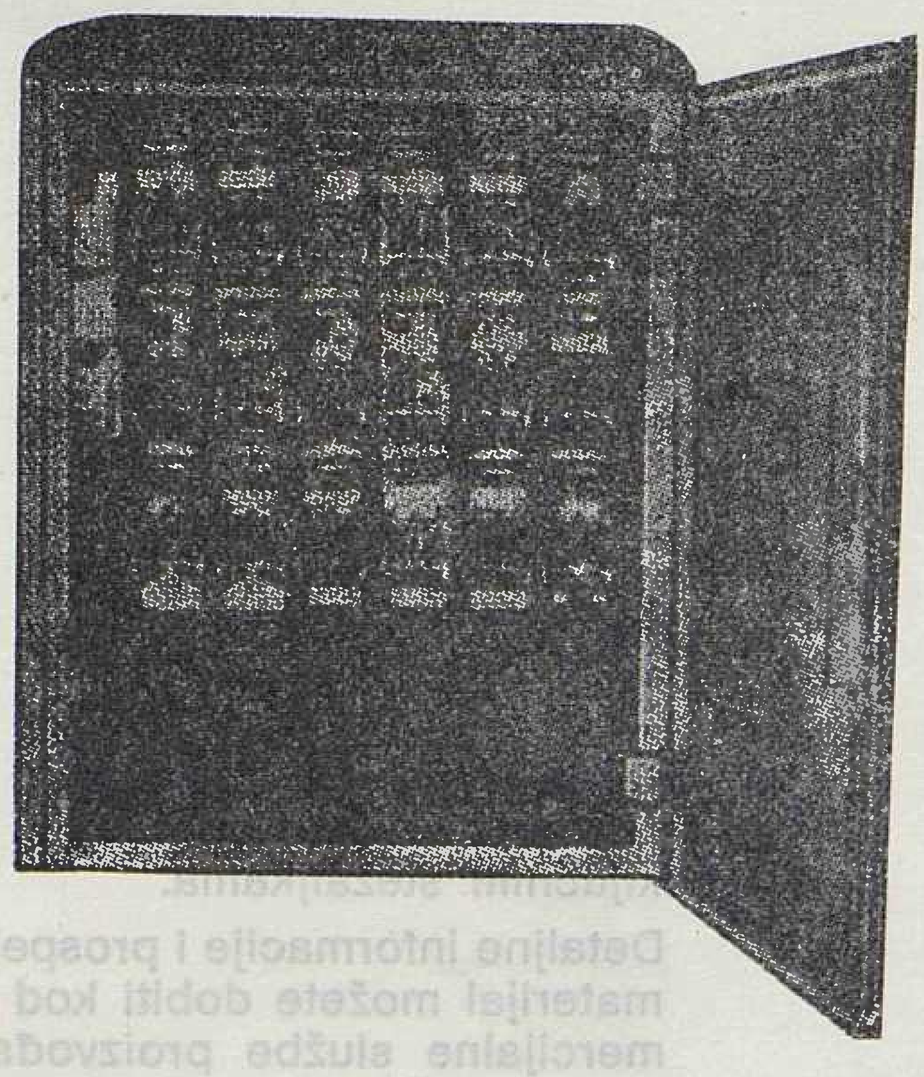
Na dnu ormara je nosač za učvršćenje kabela. Prostor gdje ulaze kabeli u ormar potrebno je ispuniti zemljom ili pijeskom, a u nivou zemlje unutrašnjost temelja zabrtviti bitumenom ili tankim slojem betona da se spriječi isparavanje vlage iz zemlje i kondenziranje u unutrašnjosti ormara (slika 2).

Ormari su čvorne točke u kabelskoj mreži tipa KRO-01, KRO-02 i KRO-03, napona do 1 kV. Mogu biti opremljeni sa 4, 6 ili 8 (9) slogova osigurača nazivne struje 400 A (slika 3). Slog osigurača može biti izveden kao neoklop-



Sl. 2.

ljen, pa se za umetanje i izvlačenje patrona treba koristiti nasadnom ručicom, ili kao izoliran, u kojem su slučaju osnove osigurača oklopljene a ručica je sastavni dio osnove osigurača.

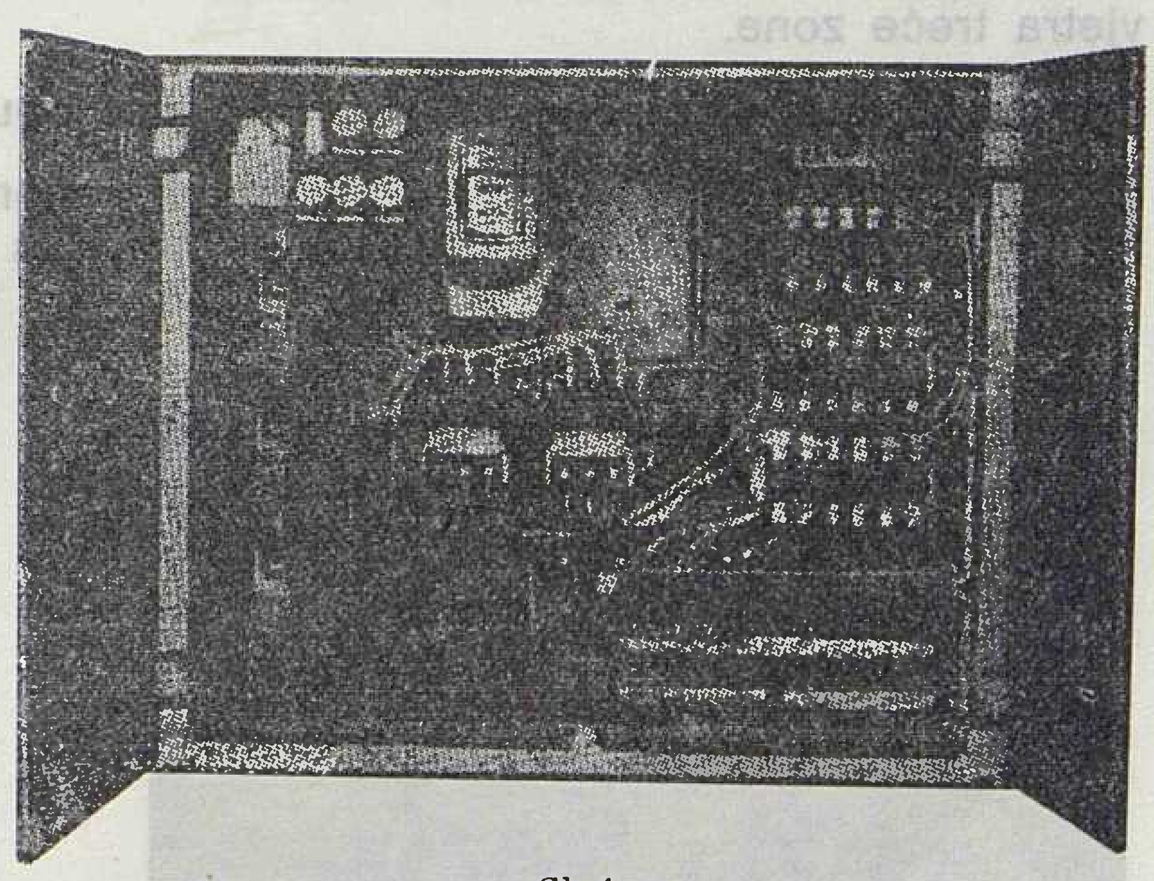


Sl. 3.

Rastavljajući slog osigurača ima ugrađenu lučnu komoru, pa je moguće vršiti prekopčanja i isklapanja pod opterećenjem, ali jednopolno. U ormar je ugrađena žarulja, koja se pali otvaranjem vrata ormara. Vrata se zatvaraju policilindarskom brtvom.

Na osnove osigurača moguće je priključiti kabel presjeka do 300 mm².

Ormari tipa KRO-JR namijenjeni su za uklapanje i isklapanje javne rasvjete (slika 4). Kod razrade električne sheme djelovanja obuhvaćene su sve mogućnosti koje se pojavljuju kod upravljanja javnom rasvjetom. Ormar se priključuje na pojni kabel koji može biti maksimalnog presjeka do 185 mm² sistema ulaz — izlaz. Kabeli koji vode do priključnice rasvjetnog stupa mogu imati maksimalni presjek 35 mm². Moguće je izvesti najviše 12 trofaznih izvoda kabela, a svaki je izvod osiguran visokoučinskim rastalnim osiguračem. Uklapanje i isklapanje rasvjete vrši se preko 2 sklopnika od 125 A. Kod uključenja obaju sklopnika svijetle sve svjetiljke, a kada je uključen jedan sklopnik, svijetli pola rasvjete, dakle obuhvaćen je sistem cjelonoćne i polunoćne rasvjete.



Sl. 4.

Upravljanje se vrši jednom od mogućnosti:

— tonfrekventno
— uklopnim satom
— luksomatom
— komandnim vodom
— ručno u ormaru.

Za biranje sistema služi grebenasta sklopka ugrađena u ormar. Za mjerenje potrošnje u ormar je ugrađeno kWh brojilo.

Ove kombinacije zadovoljavaju sve uvjete koji se postavljaju na moderno koncipiranu javnu rasvjetu i u pogledu štednje električne energije u periodu smanjenog prometa.

Marijan Jakovac dipl. inž.

KANDELABRI „ARPOSA"
proizvodnje IGM „Sava" – Krško

Industrija građevnog materijala »SAVA« Krško počela je s proizvodnjom kandelabera »ARPOSA« od armiranog poliestera, tipske dužine 4,7 i 4,0 m.

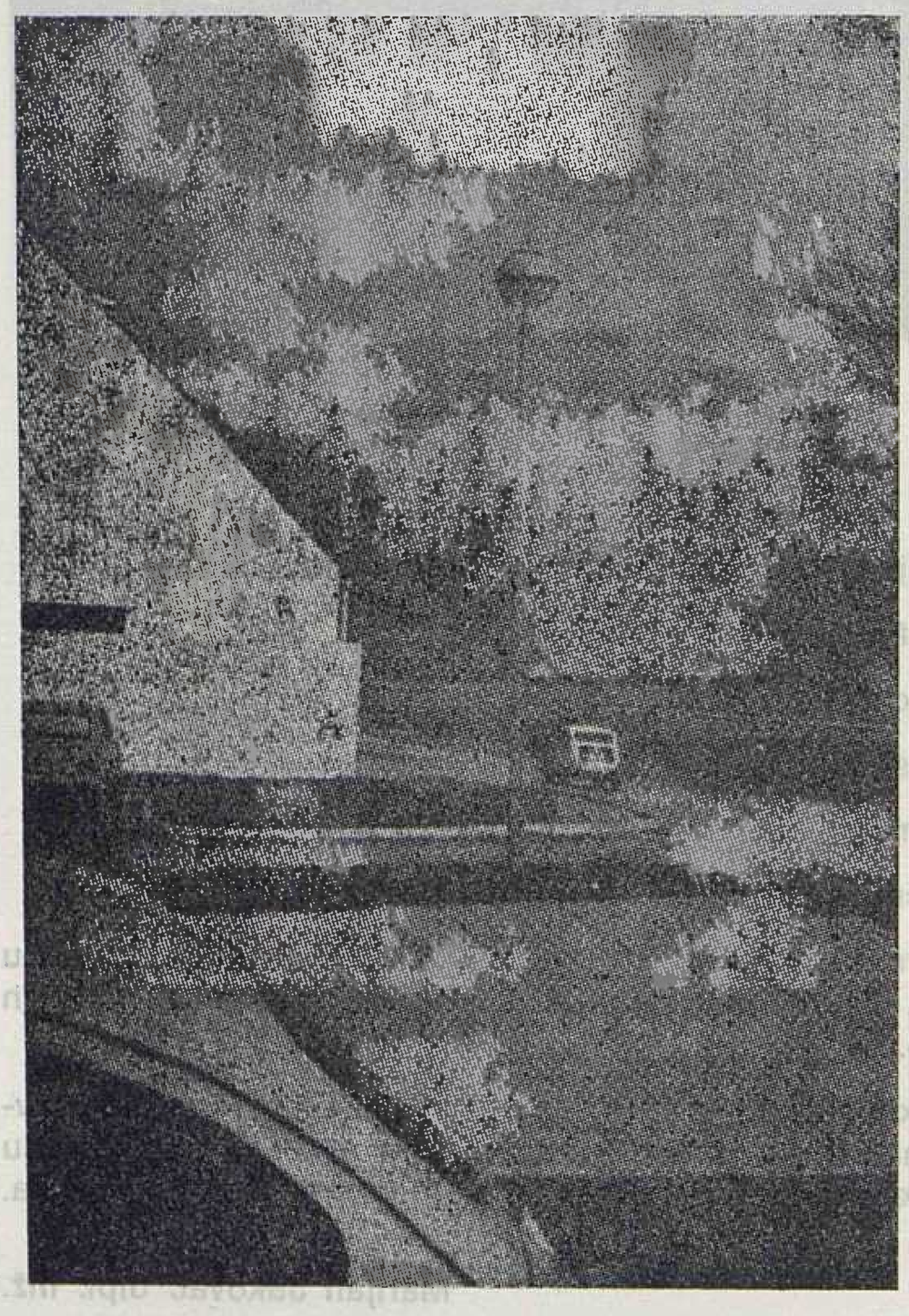
Kandelabri su oblikom šuplji s konicitetom, konačnog vanjskog promjera 76 mm, što odgovara svjetiljkama koje se upotrebljavaju u te svrhe.

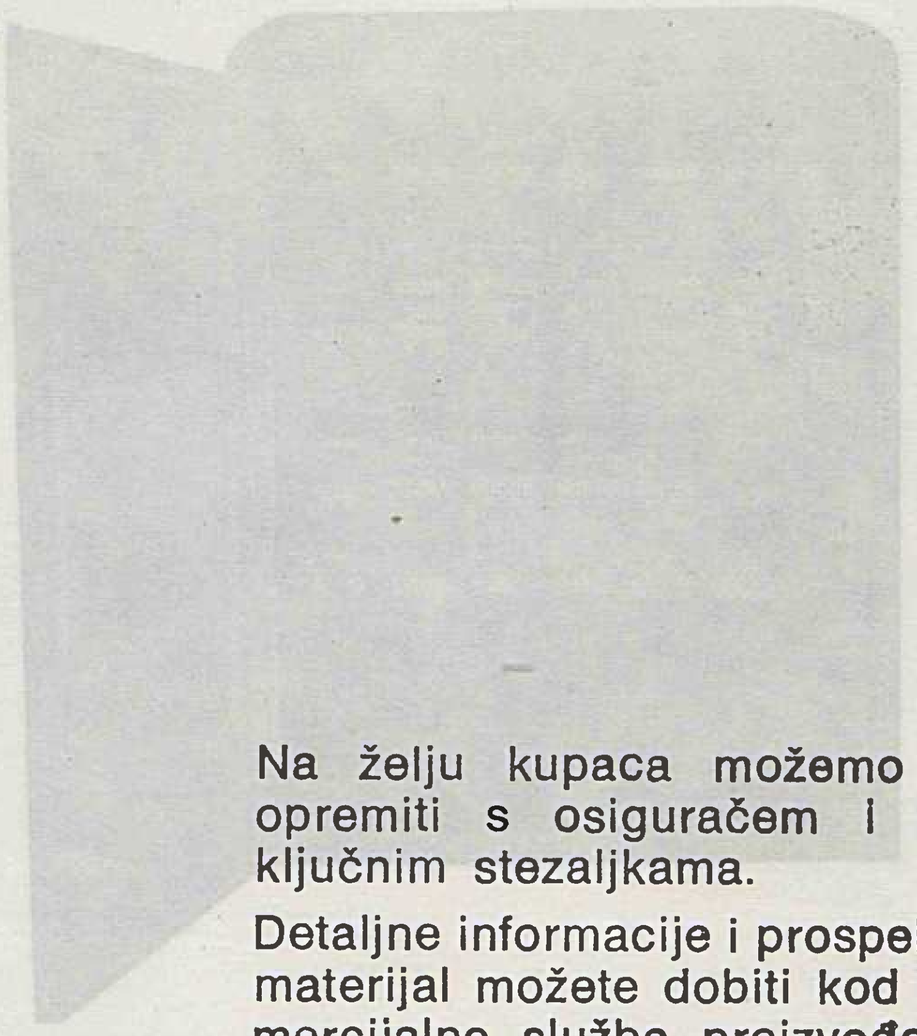
Estetskog su oblika, pa ih možemo (zbog mogućnosti različitih boja) uklopiti u bilo kakav ambijent. Zbog upotrebe armiranog poliestera sa staklenim vlaknima predstavljaju izolaciono tjelo, pa ih nije potrebno uzemljivati. Sam materijal ne korodira, a ne uništavaju ga ni mikroorganizmi.

Stoga imaju dug životni vijek i ne mijenjaju im se mehanička i druga svojstva. Zbog specijalne tehnologije predstavljaju kompaktan element s malim uklonom, pa su upotrebljivi i u području vjetra treće zone.

Vrlo su lagani (težina oko 14 kg) i zato se mogu jednostavno prenositi i transportirati.

Osim kandelabra IGM, »SAVA« proizvodi i montažne temelje pomoću kojih možemo kandelabre brzo i jednostavno podizati i na manje nosivom tlu.





Na želju kupaca možemo ga opremiti s osiguračem i priključnim stezaljkama.

Detaljne informacije i prospektni materijal možete dobiti kod komercijalne službe proizvođača.

UDK 621.31 ENJAAC YU ISSN 0013-7448

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

energija

Izdavači:

Združeno poduzeće »Elektroprivreda«, Rijeka
Združeno poduzeće »Elektroprivreda Dalmacije«, Split
SIZ za znanstveni rad SR Hrvatske
Elektra, Karlovac
Elektroslavonija, Osijek
Elektroistra, Pula
Elektroprimorje, Rijeka
Elektra, Sisak
Elektrodalmacija, Split
Elektra, Zagreb
Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
Institut za elektroprivredu, Zagreb

IZDAVAČKI SAVJET

Dragutin *Stanić,* dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Združeno poduzeće, Split — Enco *Tirelli* i Boris *Simončić,* dipl. ing. »Elektroprivreda« Rijeka — Josip *Brkljačić,* dipl. ing., HE Senj — Petar *Kuzele,* dipl. ing., »Elektra«, Zagreb — Ivan *Cvitan,* dipl. ing., »Elektra«, Sisak — Ivo *Božin,* dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Zorko *Cvetković,* Elektroprenos, Zagreb — Šimun *Šimundža,* dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split — Anđelko *Dujmović,* dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek — »Elektroistra«, Pula — Branko *Mrakovčić,* dipl. ing., »Elektroprimorje«, Rijeka — Marko *Šimunović,* dipl. ing., »Elektra«, Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris *Markovčić,* dipl. ing. — Urednik: Zdenka *Jelić,* dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola *Bilčar,* dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Đuro *Hatić,* dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen *Nadinić,* dipl. ing. — Prijenos električne energije, Zorko *Cvetković,* dipl. ing., Zagreb — Josip *Nevešćanin,* dipl. ing., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav *Balen,* dipl. ec., Jure *Šimović,* dipl. ec., Petar *Kuzele,* dipl. ing. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomsko-financijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik: Zlatko *Orban.*

Redakcija završena 20. kolovoza 1982.

Godište 31 (1982) Zagreb 1982 Br. 9—10

SADRŽAJ

Stanić, D.: Osvrt na članak (studiju) »Temeljna obilježja sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u planskom razdoblju 1976. do 1980. godine« (PREGLEDNI RAD) 317

Čorak, D.: Tendencija razvoja centraliziranog toplinskog sistema s proizvodnim jedinicama spojnog procesa u svijetu i Jugoslaviji (PREGLEDNI RAD) 325

Lakota J.: Prilog upoznavanju potencijalnih partnera za realizaciju budućih nuklearnih elektrana (I dio) (PREGLEDNI RAD) 337

Subašić, D.: Utvrđivanje projektne velike vode prema principima nuklearne sigurnosti (PREGLEDNI RAD) 347

Mičuga, J.: Glavne električne sheme s rješenjem napajanja električne potrošnje za velike jedinice termoelektrana i nuklearnih izvora (PREGLEDNI RAD) 355

Sterpin, E.: Ugradnja i ispitivanje diferencijalne zaštite vodova u mreži 35 kV »Elektroistre« (STRUČNI RAD) 371

Šuste, J.: Pogonska problematika redukcije potrošnje električne energije u distributivnim mrežama (STRUČNI RAD) 375

Obavijesti proizvođača 377

Oglasi 381

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 12 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300 novih dinara, a za poduzeća i ustanove 1200 novih dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 150 novih dinara.

Za inozemsvo $ 70 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišeji: Grafički zavod Hrvatske, Zagreb
Frankopanska 26.

ELEKTROPRIVREDA ZAGREB

OOUR Elektroprenos

ZAGREB

Obavlja u okviru svoje osnovne djelatnosti:

prijenos električne energije, izrađuje studije,

razvoj i projektiranje, izgradnju i nadzor izgradnje

elektropriienosnih postrojenja i telekomunikacio-

nih uređaja.

OOUR ELEKTROPRENOS - ZAGREB

Proleterskih brigada 37 - Tel.: 513-822 i 511-455

Teleks: 21 681 YU — ELPREZ

Energija God. 31 (1982) br. 9—10, 317—324

OSVRT NA ČLANAK (STUDIJU) »TEMELJNA OBILJEŽJA SISTEMA FINANCIRANJA PROŠIRENE REPRODUKCIJE U ELEKTROPRIVREDI HRVATSKE U PLANSKOM RAZDOBLJU 1976—1980. GODINE«

Dragutin S t a n i ć, Split

UDK 621.31.001
Pregledni rad

Članak predstavlja izvještaj autora pripremljen za recenziju studije »Analiza sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske s prijedlogom izmjena i dopuna«. Problematika koju obrađuje polemički je osvrt autora na potrebu izrade ove studije, na neke ocjene i konstatacije obrađivača vezane za poteškoće u ostvarivanju sistema financiranja proširene reprodukcije, te kritički osvrt na pojedine prijedloge rješenja i njihovu nekoegzistentnost s društveno utvrđenim načelima sistema financiranja proširene reprodukcije u našoj zemlji i njihovu primjenjivost u praksi.

Ključne riječi: elektroprivreda, elektroenergetski sistem, program razvoja, sistem financiranja, izvori sredstava.

1. U V O D

U stručnom časopisu elektroprivrede Hrvatske »Energija« u broju 3—4 (ožujak-travanj 1982) i 5—6 (svibanj-lipanj 1982) objavljen je članak »Temeljna obilježja sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u planskom razdoblju 1976—1980. godine«, kojemu je autor doc. dr Jure Šimović iz Više upravne škole u Zagrebu.

Moram istaći da je objavljeni članak u cjelini sadržaj studije »Analiza sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske s prijedlogom izmjena i dopuna« koju je Institut za elektroprivredu pod autorstvom dra Jure Šimovića, diplomiranog ekonomiste, obradio za naručioca — Zajednicu elektroprivrednih organizacija Hrvatske (Zagreb, prosinac 1981).

Recenzija navedene studije obavljena je 23. ožujka 1982.

Kao jedan od stručnih izvjestilaca studije izrazio sam svoje rezerve kako prema naručiocu s obzirom na izradu projektnog zadatka i potrebu ugovaranja ove studije, tako i prema obrađivaču s obzirom na nivo obrade, kritički osvrt i prijedlog rješenja, i to prije svega u kontekstu ranije ugovorene, izrađene i recenzirane studije »Društveno-ekonomski odnosi u elektroprivredi Hrvatske« (Zagreb, kolovoz 1980).

Kako iz objektivnih razloga (zbog zakašnjenja aviona) nisam mogao prisustvovati recenziji studije (kada sam stigao, rasprava je već bila završena) i svoje u izvještaju napisano mišljenje i usmeno iznijeti i obrazložiti, to koristim ovu priliku objavljivanja sadržaja studije (iako pod nešto izmijenjenim naslovom) i da pred elektroprivrednu javnost iznesem svoja mišljenja i zapažanja. Moja zapažanja i sugestije usmjerene su isključivo na mijenjanje dosadašnje prakse i pristupa te odgovornosti kako onih koji naručuju pojedine studije, tako i znanstvenih organizacija koje ih obrađuju, organiziranju recenzije studija i sl.

Ako sam se pri tome načinom svoga izlaganja, upotrijebljenom terminologijom ili na bilo koji drugi način nekome zamjerio ili bilo koga povrijedio, to mi ni jednog trenutka nije bila namjera i takvima se unaprijed ispričavam.

2. Izvještaj o studiji »Analiza sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske s prijedlogom izmjena i dopuna«

Tekst u nastavku moj je pismeni izvještaj pripremljen za recenziju studije, koji je za ovu priliku u nekim dijelovima neznatno dopunjen ili izmijenjen, radi pojašnjenja i pripreme materijala za objavljivanje.

2.1. Sadržaj studije

Kako u studiji nije naveden i studijski projekt (ugovoreni sadržaj studije), to nije bilo moguće preciznije sagledati i njezin stvarni zadatak, odnosno uočiti prave razloge zbog kojih se naručilac odlučio na izradu ove studije.

Međutim, unatoč tome, a polazeći od naziva same studije i problematike koju razmatra, nameće se zaključak da je obrađivač bio u obvezi da analizira postojeći sistem financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske, da dade kritički osvrt te predloži rješenja koja trebaju biti

u okviru jugoslavenskog sistema proširene reprodukcije, a ne izvan njega.

Ovo ističem prvenstveno zbog toga što poznavaocu ove problematike i objektivnom čitaocu nije teško zaključiti da se radi o istovjetnoj materiji, gotovo istom nivou obrade i istom prijedlogu rješenja datom (u dijelu koji obrađuje ovu problematiku) u već prije izrađenoj studiji istog obrađivača (u izradi koje je sudjelovao i autor ove studije) po narudžbi Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske, a pod nazivom »Društveno-ekonomski odnosi u elektroprivredi Hrvatske« (I dio: Prikaz i analiza sadašnjeg stanja i II dio: Model društveno-ekonomskih odnosa, Zagreb, kolovoz 1980).

Samo da podsjetim naručioca i obrađivača na dio studijskog projekta navedene studije u kojem je pod točkom 4.3.3. i 4.3.4. bilo zapisano (citiram):

»4.3.3. Financiranje razvoja elektroprivrede

1. Izvori sredstava za financiranje izgradnje,
2. Udruživanje sredstava elektroprivrednih organizacija — načela, kriteriji i institucionalni okviri udruživanja,
3. Udruživanje sredstava potrošača električne energije za financiranje razvoja elektroprivrede — načela kriteriji i institucionalni okviri udruživanja sredstava,
4. Načela, kriteriji osiguranja ostalih sredstava za financiranje razvoja,
5. Načela i kriteriji utvrđivanja uvjeta financiranja izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja za proizvodnju i distribuciju električne energije.

4.3.4. Financiranje izgradnje elektroenergetskih objekata

2. Načela i sistem efikasnog i racionalnog korištenja financijskih sredstava,
2. Značaj, uloga i mjesto interne banke kao institucije za obavljanje financijske funkcije i operative — načela, organizacija i djelovanje interne banke,
3. Nadzor i kontrola trošenja sredstava,
4. Izvještajna služba o izgradnji elektroenergetskih objekata — sadržaj izvještaja.«

Nema dvojbe da tako postavljen studijski zadatak svakom objektivnom čitaocu ukazuje na istovjetnost materije što je obrađuje i studija o kojoj danas raspravljamo, a o nekim pitanjima čak i opširnije (interna banka, nadzor i kontrola trošenja sredstava, izvještajna služba i dr.).

Ne ulazeći u nivo obrade, kritički osvrt i prijedlog rješenja iznesenih u ranijoj studiji, želim istaći da je recenzija i ocjena te studije izvršena, da je pri tome bilo upozoreno na nedorečenost obrade i neprimjenjivost rješenja. Na žalost, zapisnikom s recenzije ne samo da nije utvrđena obveza obrađivača u pogledu daljnje dogradnje ovoga dijela studije, nego nije ni dana bilo kakva sugestija ili preporuka naručiocu da se ova materija detaljnije prouči i obradi. To više iznenađuje potez naručioca da naruči novu studiju na istu temu od istog obrađivača i uz novu naknadu.

Ako je naručilac bio nezadovoljan opsegom i nivoem obrade i prijedlogom rješenja, onda je to trebalo utvrditi zapisnikom i tražiti od obrađivača da studiju dopuni. Međutim, ako je ZEOH iz bilo kojih razloga osjetio potrebu detaljnije razrade ove materije, onda je to trebao utvrditi projektnim zadatkom, utvrđujući potrebu razrade samo onih pitanja i rješenja koja nisu bila u obvezi obrađivača po ranijem studijskom zadatku, odnosno ona pitanja za koja je naručilac ocijenio da zahtijevaju detaljniju razradu.

Uspoređujući nivo obrade, kritički osvrt i prijedlog rješenja danih u ovoj studiji s onima što su izneseni u ranijoj, moje je mišljenje da se obrađivač nije upuštao u dublja i detaljnija istraživanja, osim u dijelu o utjecaju kreditnih obveza na zaduženost i reproduktivnu sposobnost elektroprivrede, gdje je u prvom redu dana dodatna argumentacija za konstatacije što su inače utvrđene i u ranijoj studiji.

U prilog tog mišljenja navodim sljedeća poglavlja i tekstove prethodne studije »Društveno-ekonomski odnosi u elektroprivredi Hrvatske« i njoj priloženu dokumentaciju:

»I dio: Prikaz i analiza sadašnjeg stanja

Točka 4. Fiksni fondovi u elektroprivredi, a u okviru nje

Točka 4.2. Izvori angažiranih sredstava, i

Točka 4.5. Financiranje razvoja elektroprivrede.

II dio: Model društveno-ekonomssih odnosa

Točka 5. Financiranje proširene reprodukcije u elektroprivredi, i

Točka 6. Udruživanje sredstava za financiranje razvoja elektroprivrede.«

Mislim da čitaocu navedenih tekstova neće promaći činjenica da novom studijom naručilac nije dobio ni nova saznanja ni nova rješenja u odnosu na ona koja je imao do tada.

Uostalom, zar i niz doslovno prenesenih (prepisanih) dijelova, pasusa pa i ukupnih stranica iz ranije studije (bez naznake studije, obrađivača i drugih podataka) ne upućuje na takav zaključak.

Po mome mišljenju, a to i ovaj primjer pokazuje, naručilac mora ubuduće spremnije i odgovornije prići izradi projektnog zadatka, ugovaranju pojedinih studija i praćenju njihove izrade ako želi osigurati kvalitetu, primjenjivost rezultata studije i realniju cijenu naknade.

2.2. Osvrt na analizu sistema financiranja proširene reprodukcije u razdoblju 1976—1980. godine

Iako su u točki 2.1. ovog izvještaja izražene moje rezerve prema ovoj studiji i njenim rezultatima, ipak smatram potrebnim da na dio kritičkog osvrta sistema financirana u planskom razdoblju 1976—1980. godine, te prijedlog rješenja (odnosno, prema obrađivaču izmjena i dopuna) iznesem i neka svoja zapažanja.

Moram konstatirati da obrađivač u dijelu kritičkog osvrta (inače prenesenog iz ranije studije) preuzima neka inače prisutna mišljenja u elektroprivredi i izvan nje kao meritorna, a da ih pritome dovoljno argumentirano ne rasvjetljava i ne dokazuje.

Tako na primjer, obrađivač navodi podatke o neutrošenim sredstvima za financiranje po godinama srednjoročnog razdoblja i konstatira da nedostatak sredstava nije bio razlogom da izgradnja objekata kasni, a uzroke takvih pojava u praksi treba, po njemu, tražiti u subjektivnim slabostima u poslovanju elektroprivrednih organizacija koje su izražene nedovoljnom pripremom objekata za izgradnju i neudruživanjem sredstava elektroprivrede, što je uvjetovalo dodatna kreditna zaduženja unatoč znatnim iznosima neutrošenih investicionih sredtava. Na kraju obrađivač zaključuje (citiram),

»Razlog za ovakovo stanje svakako i prije svega treba tražiti u činjenici što elektroprivredne organizacije nisu udružile raspoloživa sredstva radi financiranja zajedničkog programa razvoja, predpostavljajući interese elektroprivrednog sistema užim, područnim interesima elektroprivrednih organizacija, a time i interesima regionalnih i lokalnih društveno-političkih zajednica« (t. 4.1. str. 15).

Ne bi trebalo biti dvojbe u tome na koji se dio elektroenergetskog sistema (odnosno organizacije udruženog rada) odnosi ova ocjena obrađivača jer se u nastavku konstatira (citiram):

»Do sklapanja ugovora o udruživanju sredstava između elektrodistributivnih organizacija i samoupravnih interesnih zajednica potrošača električne energije dolazilo je bez većih poteškoća, jer su se podudarali interesi same distributivne organizacije, OSIZ-a potrošača s interesima dotične društveno-političke zajednice (općine, zajednice općina)« (t. 4.1. str. 16).

Moje je mišljenje da su navedene ocjene obrađivača neuvjerljive jer se ničim ne dokazuju, a time su onda i nedopustive, pogotovo ako iza njih stoji organizacija sa statusom znanstvene ustanove.

Pokušat ću to i objasniti.

2.2.1. Prvo, korištenje podataka o neutrošenim investicijskim sredstvima onako kako su oni navedeni u tabl. 4. (str. 14. studije) po mome mišljenju nije moguće jer navodi na pogrešne ocjene i zaključke. Zašto? Zato jer se sredstva zatečena na računima u trenutku snimanja stanja (krajem poslovne godine ili bilo kada u toku godine, svejedno) ne mogu smatrati neutrošenima ili pak u cjelini neutrošenim sredstvima. Tko pozna naše propise o osiguranju plaćanja između korisnika društvenih sredstava, lako će uočiti o čemu se radi.

Prema zakonu o osiguranju sredstava investitor je dužan osigurati ukupna sredstva za izgradnju objekata (osim etapne izgradnje), a prema Zakonu o osiguranu plaćanja između korisnika društvenih sredstava dužan je dostaviti izvođaču radova odgovarajući instrument plaćanja za ukupno ugovoreni iznos prije nastanka dužničko-povjerilačkog odnosa.

Time sredstva po izdanim instrumentima plaćanja postaju angažirana, i po njima investitor ne može ulaziti u nove obveze, odnosno ona moraju biti raspoloživa u trenutku dospijeća obveza plaćanja (ako je riječ o akreditivu kao instrumentu plaćanja, onda čak i izdvojena na poseban račun). Kako izvođenje radova na mnogim objektima i postrojenjima traje i nekoliko godina (tuneli, brane, strojarnice, turbine, generatori, transformatori i dr.), ugovaranje pojedinog objekta obavlja se u cjelini (nije parcijalno niti fazno), a to znači da se i instrument plaćanja mora osigurati na cijeli ugovoreni iznos. Budući da se samo plaćanje odvija najčešće prema dinamici izvršenih radova (koji redovno kasne), razumljivo je da u momentu snimanja stanja postoje znatna neiskorištena sredstva.

Prema tome, po ovoj osnovi neiskorištena sredstva ne mogu se smatrati u tom smislu neutrošena i ne mogu imati isti tretman kao ona raspoloživa sredstva koja nisu ugovorena pa time i neutrošena.

Na taj način isticanje visine neutrošenih sredstava, a među njima i onih koji objektivno to nisu, a da se pri tome ne ukaže dovoljno na stvarne uzroke tome, dovodi do pogrešnih ocjena i neobjektivno informira javnost o uzrocima i stanju na području financiranja izgradnje.[1]

[1] Na žalost, moram istaći da sam svojevremeno, pripremajući članak »Poteškoće i slabosti u funkcioniranju elektroenergetskog sistema Hrvatske« koji je objavljen u »Energiji« broj 3—4 (Zagreb, ožujak-travanja 1980. god.), i sam napravio istu grešku, jer sam objavljene podatke o neutrošenim investicionim sredstvima koristio onako kako su dane u izvještaju RSIZ-a i ZEOH-a.
Kasnije sam na primjeru organizacije u kojoj radim utvrdio nerealnost takvih podataka i nelogičnost u načinu njihova prikazivanja i korištenja.
U tom su smislu na »Izvještaj ZEOH-a o ostvarivanju SAS-a o udruživanju dijela sredstava društvene reprodukcije radi financiranja izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja utvrđenih programom razvoja elektroprivrede za razdoblje od 1976—1980. godine« (Zagreb, lipanj 1981) dostavljene i odgovarajuće primjedbe.
To što je, kako sam informiran, prilikom recenzije studije obrađivač u obrani svojih stavova i konstrukcija, a u negiranju mojih primjedaba koristio kao argument upravo taj članak i u njemu iznesena gledanja na ova pitanja, ne bih uopće komentirao. To prepuštam poštovanim čitaocima. Samo bih dodao da i to upućuje na način prilaza izradi ove studije, odnosno na pomanjkanje analitičkog i istraživačkog pristupa obrađivača. Jer, neka mi se oprosti, riječ je ipak o znanstvenoj organizaciji i znanstvenim radnicima, što ne znači da odgovornost za vjerodostojnost podataka i objektivnost zaključaka ne obavezuje sve, pa i jednog stručnog referata u nekoj od elektroprivrednih organizacija.

Nema dvojbe da bi analiza u smislu kako je izloženo pokazala sasvim drukčije rezultate, a time uputila i na drukčije konstatacije i ocjene.

Nema sumnje, postojeći sistem ugovaranja i izdavanja instrumenata plaćanja potrebno je detaljnije proučiti. Prije svega zato što dosadašnja iskustva pokazuju da je osnovni problem u tome što je vrijeme angažiranosti sredstava znatno duže od ugovorenoga, čime se smanjuje njihova mobilnost i operativnost korištenja.

Velika zakašnjenja u izvođenju radova i isporuci opreme s obzirom na ugovorene rokove prolongiranju i angažiranost samih sredstava, zbog čega ona postaju sve manje mobilna (posebno kod akreditiva kao instrumenta plaćanja), a kod prisutne inflacije i nedovoljna za izvršenje ranije ugovorenih radova. Otuda onda i dodatni zahtjevi za sredstvima za isti opseg radova, rebalansi planova i druge teškoće čija je posljedica skuplja izgradnja i, napokon, skuplji kWh.

2.2.2. Drugo, tvrdnja da su nastale teškoće u financiranju zajedničkog programa razvoja prije svega posljedica neudruživanja raspoloživih sredstava elektroprioredних organizacija, i to proizvodno-prijenosnih, nije ničim potvrđena ni dokazana.

Mislim da takva ocjena nije točna. Prema Zakonu o društvenom planiranju, donošenje zajedničkog programa razvoja, razumijeva i zajedničko udruživanje sredstava za njegovu realizaciju. Ako je u praksi u tom smislu i dolazilo do problema, onda su oni uglavnom posljedica toga što ta pitanja nisu i praktično, provedbeno bila regulirana planskim dokumentima i odgovarajućim sporazumima.

Kažem ako, jer kada visinu neutrošenih sredstava, onako kako ih obrađivač koristi, prikažemo po nosiocima i izvorima sredstava, onda podaci ne samo da demantiraju tvrdnju obrađivača, nego pokazuju da su uzroci pretežno na drugim nosiocima i izvorima, pa i onim za koje obrađivač tvrdi da nije bilo teškoća oko udruživanja (distributivnih organizacija).

Još detaljnija analiza ovih sredstava, posebno sredstva slobodne amortizacije proizvodno-prijenosnih organizacija, (jer upravo su ona bila prva pod lupom kritike zbog navodnog korištenja u obrtne svrhe), pokazuje da je od ukupno ostvarenog priliva u razdoblju 1976—1980. godine utrošeno 96,3% ovih sredstava što nesumnjivo demantira ocjene da ova sredstva nisu bila udružena, odnosno da nisu bila u funkciji financiranja zajedničkog programa razvoja.

Uostalom, postavlja se pitanje da li je uopće i moguće da vlastita sredstva proizvodno prijenosnih organizacija, koja u ukupnoj strukturi ostvarenih financijskih sredstava u razdoblju 1976—1980. godine sudjeluju samo sa 6,5%, a sa sredstvima naknada 10,9% (tab. 5. str. 20. studije) — pa i u slučaju da nisu bila udružena i da nisu u funkciji zajedničkog programa razvoja, kako to konstatira obrađivač — mogu uopće toliko utjecati na prisutne teškoće, odnosno na usporavanje i neracionalnost u realizaciji zajedničkog programa razvoja kako to on prikazuje.

u 10^6 din.

	1976. dinari	%	1977. dinari	%	1978. dinari	%	1979. dinari	%	1980. dinari	%
1. Vlast. sred.[1] (proizv. i prij.)	28,9	4,5	117,1	8,1	181,0	12,8	197,0	15,3	+88,6	+8,1
2. Vlast. sred. (1 (Distribuc.)	254,6	39,5	347,6	24,1	416,1	29,3	309,1	23,9	57,2	5,2
3. Sred. RSIZ-a	226,6	35,2	583,8	40,4	360,2	25,4	519,1	40,3	983,8	90,3
4. Sred. OSIZ-a	66,8	10,4	75,5	5,2	90,5	6,4	67,9	5,3	+ 22,0	+2,0
5. Ostalo	66,9	10,4	320,9	22,2	371,1	26,1	196,1	15,2	158,7	14,6
Ukupno	643,8	100,0	1.444,9	100,0	1.418,9	100,0	1.289,2	100,0	1.089,1	100,0
Ostvar. priliv (1976—1980)	6.346,7		6.966,0		7.827,0		8.956,9		11.117,2	
% neutrošenih sredstava:	10,1		20,7		18,1		14,4		9,8	
1. Vlast. sred. (proizv. i prij.)	0,5		1,7		2,3		2,2		+0,8	
2. Vlast. sred. (Distrib.)	4,0		4,9		5,3		3,5		0,5	
3. Sred. RSIZ-a	3,6		8,4		4,6		5,8		8,8	
4. Sred. OSIZ-a	1,0		1,1		1,2		0,8		+0,2	
5. Ostalo	1,0		4,6		4,7		2,1		1,5	

Podaci: Iz priložene dokumentacije studije.

1 Uključena sredstva slobodne amortizacije i sredstava naknada.

Mislim da izneseni podaci govore i u prilog ovako postavljenog pitanja.
Daljnja analiza navedenih podataka upućuje na drukčije ocjene i zaključke nego što ih izvodi obrađivač.
Analiza je usmjerena samo na priliv sredstava i izvore sredstava elektroprivrednih organizacija, proizvodnje i prijenosa, s jedne, i distribucije, s druge strane, i na njihovu međusobnu kvantifikaciju.
Ovakav pristup analizi proizašao je iz same ocjene obrađivača, jer se ona i odnosi na sredstva elektroprivrednih organizacija na koja su one i mogle utjecati.

OSTVARENI PRILIV I UTROŠAK SLOBODNIH SREDSTAVA AMORTIZACIJE I NAKNADA

a) **Amortizacija** — u 10^6 dinara

God.	Proizvodnja i prijenos			Distribucija		
	Priliv	Utrošeno	%	Priliv	Utrošeno	%
1976.	375,7	375,1	99,8	545,9	440,1	80,6
1977.	292,9	276,4	94,4	754,5	600,7	79,6
1978.	412,3	325,1	78,9	900,9	716,9	79,6
1979.	394,5	341,3	86,5	1.134,6	965,9	85,1
1980.	340,3	430,0	126,4	1.293,3	1.245,2	96,3
1976—1980.	1 815,7	1 747,9	96,3	4 629,2	3 968,8	85,7

b) **Naknade**

1976.	219,5	191,1	87,1	376,2	227,4	60,4
1977.	308,4	207,8	67,4	536,3	342,5	63,9
1978.	334,5	240,7	72,0	743,2	511,1	68,8
1979.	392,6	248,8	63,4	782,1	641,7	82,0
1980.	281,7	280,6	99,6	809,4	800,3	98,9
1976—1980.	1 536,7	1 169,1	76,1	3 247,2	2 523,0	77,7

c) **Ukupno [a+b]**

1976.	595,2	566,3	95,1	922,1	667,5	72,4
1977.	601,3	484,2	80,5	1.290,8	943,2	73,1
1978.	746,8	565,8	75,8	1 644,1	1 228,0	74,7
1979.	787,1	590,1	75,0	1 916,7	1 607,6	83,9
1980.	622,0	710,6	114,2	2 102,7	2 045,5	97,3
1976—1980.	3 352,4	2 917,0	87,0	7 876,4	6 491,8	82,4

Podaci: Iz priložene dokumentacije studije.

Iz navedenih podataka proizlazi da su proizvodno-prijenosne organizacije u razdoblju 1976—1980. godine od ukupno ostvarenog priliva slobodnih sredstava amortizacije utrošile 96,3%, a od priliva sredstava naknada 76,1% ili, ukupno, po osnovi oba izvora sredstava, 87,0%.
U istom su periodu distributivne organizacije od ostvarenog priliva slobodnih sredstava amortizacije utrošile 85,7%, od priliva sredstava naknada 77,7% ili, ukupno, po osnovi oba izvora sredstava, 82,4%.
Dalje, to znači da su proizvodno-prijenosne organizacije ostvarile u cjelini povoljnije rezultate u financiranju programa razvoja i ukupno i po godinama znatno manji iznos (u apsolutnom i relativnom pogledu) neutrošenih sredstava u odnosu na ostvaren priliv.

u 10^6 dinara

Izvori sredstava	Proizvodnja i prijenos			Distribucija		
	Priliv	Neutrošeno	%	Priliv	Neutrošeno	%
Amortizacija	1 815,7	67,8	3,7	4 629,2	660,4	14,3
Naknade	1 536,7	367,6	23,9	3 247,2	724,2	22,3
Ukupno	3 352,4	435,4	13,0	7 876,4	1 384,6	17,6

Dakle, postavlja se pitanje da li je realna ocjena obrađivača da se s obzirom na ostvarene rezultate u financiranju programa razvoja i visinu učešća vlastitih sredstava uzroci za teškoće u financiranju programa prije svega mogu i smiju pripisivati neudruživanju vlastitih sredstava proizvodno-prijenosnih organizacija. Mislim da ne mogu. Uostalom, to i podaci pokazuju.
S druge strane, ako je točna navedena ocjena u studiji da je do udruživanja sredstava između distributivnih organizacija i osnovnih samoupravnih interesnih zajednica dolazilo bez većih teškoća, jer su se njihovi interesi podudarali s interesima dotične društveno-političke zajednice, onda moram upitati u čemu je i na koji način to pridonosilo skladnijem i efikasnijem ostvarivanju programa razvoja elektroenergetskog sistema.
Na žalost, ostvareni rezultati, gledani dinamički i ukupno, govore suprotno te demantiraju i ovu ocjenu obrađivača.
Molim poštovane čitatelje da ovaj moj pristup ne shvate u tom smislu kao da tobože u djelatnosti proizvodnje i prijenosa nema slabosti i teškoća, da su oni prvenstveno u djelatnosti distribucije i tome slično. Ni slučajno.
Napominjem da sam ovakav pristup odabrao samo zato da kažem kako ne stoji ocjena obrađivača da su nastale teškoće u financiranju programa razvoja prije svega posljedica neudruživanja vlastitih sredstava elektroprivrednih organizacija, a još manje neudruživanja vlastitih sredstava samo proizvodno-prijenosnih organizacija.
Mislim da nije potrebno nikoga uvjeravati, a posebno ne ljude u elektroprivredi, da su ti problemi mnogo složeniji i opsežniji, da objektivnih teškoća i neriješenih pitanja, kao i subjektivnih slabosti i nerazumijevanja ima i unutar elektroprivrede, ali i izvan nje. No, o tome sada ne bih govorio, jer bi nas to daleko odvelo, a nije ni predmet ove rasprave.

2.2.3. Treće, ocjena da razloge takvom stanju treba prije svega tražiti u činjenici neudruživanja raspoloživih sredstava za financiranje programa razvoja — pretpostavljajući time interese sistema užim interesima elektroprivrednih organizacija, odnosno interesima regionalnih i lokalnih društveno-političkih zajednica — po mojem miš-

ljenju nije prihvatljiva, pogotovo ne na način kako je iznosi obrađivač.
Ne želim time negirati ili pobijati ovu ocjenu obrađivača (ista ocjena doslovno je prenesena iz ranije studije »Društveno-ekonomski odnosi u elektroprivredi Hrvatske«, II dio — Model društveno-ekonomskih odnosa, str. 36, 37, 38. i 39), ali s obzirom na »težinu« koju joj pridaje obrađivač, i ne samo on, mislim da je ona trebala biti detaljnije analizirana i argumentirano dokazana.
Ocjena ovakvog karaktera zahtijeva da se istodobno kaže u kojoj mjeri su se ti interesi iskazivali i putem kakvih su se pojavnih oblika manifestirali.
Misli li se pri tome na metode pritisaka, onda bi trebalo kazati tko, kada i u povodu čega. Misli li se na nenamjensko trošenje sredstava, trebalo fi reći u što, kod koga i koliko.
Ovo je potrebno to više jer bez takvog pristupa izrečena ocjena djeluje neuvjerljivo, a obrađivač u statusu organizacije najmanje bi smio na taj način izricati ocjene i donositi zaključke.[1]

2.3. Osvrt na prijedlog rješenja

2.3.1. U odnosu na izmjene i dopune analiziranog sistema financiranja proširene reprodukcije, smatram da obrađivač s pravom naglašava pitanje povećanja stupnja samofinanciranja, i to ne samo zato što je institucija samofinanciranja jedna od osnova koncepcije sistema proširene reprodukcije u Jugoslaviji, nego i preduvjet da OOUR-i postanu osnovni nosioci sistema proširene reprodukcije.
Bitno je pitanje za koliki se stupanj samofinanciranja opredijeliti s obzirom na to da kod djelatnosti kao što je elektroprivreda samofinanciranje ima ograničen domet, jer se cijena električne energije ne utvrđuje neposredno na tržištu, već od društva.
Kako visina stupnja samofinanciranja ovisi o nizu faktora na koje upućuje i obrađivač, sigurno je da on ne može biti prevladavajući izvor financiranja, bar ne u elektroprivredi, niti je poželjno da to bude. Da li će iznositi trećinu ukupnih sredstava ili koji postotak iznad ili ispod toga, manje je bitno koliko je važno da se utvrđen stupanj samofinanciranja u određenom planskom razdoblju zaista i ostvari.
Bitan preduvjet ostvarivanja utvrđenog stupnja samofinanciranja jest u prodajnoj cijeni električne energije. Njezin nivo mora biti takav da osigura objektivne troškove jednostavne reprodukcije i dogovoreni dio sredstava za razvoj sistema (stupanj samofinanciranja). Bez toga, ili pak bez donošenja odgovarajućih mjera kojima se osigurava namjensko izdvajanje, stupanj samofinanciranja, kao što obrađivač s pravom naglašava, neće biti moguće ostvariti, jer bi se preko postojećeg sistema raspoređivanja ukupnog prihoda i dohotka u toku vremena pretvorila u troškove poslovanja elektroprivrednih organizacija.

2.3.2. Posebno pitanje u okviru stupnja samofinanciranja jest odnos između proizvodno-prijenosnih i distributivnih organizacija.
Istina, obrađivač ističe da je stupanj samofinanciranja kod distributivnih organizacija u pravilu uvijek nešto veći, ali da je on ipak u proteklom razdoblju »nedopustivo prenaglašen« u odnosu na proizvodno-prijenosne organizacije.
Poruka niti nova ni nepoznata.
Ono što smo očekivali od studije, a to je da se određenije izjasni o stupnju samofinanciranja osnovnih organizacija u okviru ovih djelatnosti, nismo dobili. Mislim da je to propust studije.

2.3.3. Moram istaći da navedena pitanja tretira i ranija i ova nova studija.
Međutim, vrlo značajna pitanja, kada je riječ o ovoj materiji, izostala su, po mojem mišljenju, u jednoj i drugoj studiji.
Naime, zbog neposrednog utjecaja društva da cijenama električne energije u znatnoj mjeri utječe na konkurentnost privrede i zaštitu društvenog standarda, bitnu važnost imaju usporedne analitičke spoznaje o razvoju i sistemu financiranja ako ne u drugim zemljama a ono u svakom slučaju u ostalim našim republikama. Uostalom, na to smo i obavezni ne samo radi osiguranja jedinstva jugoslavenskog tržišta, nego i usklađivanja politike cijena električne energije, a putem nje i konkurentnosti privrede i zaštite društvenog standarda.

---

[1] Informiran sam da je obrađivač i u negiranju ove primjedbe koristio moje ranije stavove i ocjene o utjecajima društveno-političkih zajednica iznesene u već spomenutom članku »Poteškoće i slabosti u funkcioniranju elektroenergetskog sistema Hrvatske«.
Nije mi poznato u kojem kontekstu i na koji način su interpretirani ti moji raniji stavovi, ali znam da nisu mogli biti korišteni u obranu ovakve konstatacije obrađivača: »Razlog za ovakvo stanje svakako i prije svega treba tražiti u činjenici što elektroprivredne organizacije nisu udružile raspoloživa sredstva radi financiranja zajedničkog programa razvoja, pratpostavljajući interese elektroprivrednog sistema užim, područnim interesima elektroprivrednih organizacija, a time i interesima regionalnih i lokalnih društveno-političkih zajednica« (tč. 4.1. str. 15.), jer ja nikada i nigdje nisam napisao ni tvrdio da se interes i utjecaj regionalnih i društveno-političkih zajednica ostvarivao kroz neudruživanje sredstava elektroprivrednih organizacija, kako to ističke obrađivač.
Po meni, taj se interes i utjecaj ostvarivao, ili pokušavao ostvarivati, prije svega kroz funkciju planiranja i borbu za dobivanje planskog statusa objekata s područja pojedine regije ili općine. U tom kontekstu u već navedenom članku (točka 2. str. 108) napisao sam (citiram):
»Trajno prisutna borba za investicije može biti i pozitivna kada joj je cilj definiranje stvarnih potreba izgradnje, ali i negativna kada blokira donošenje planova izgradnje.
Tu ‚igru' često režiraju regionalni i općinski faktori, pa čak i utjecajni pojedinci. Cilj je borbe za tzv. regionalne ili općinske objekte da se putem elektroprivrednih investicija pokušaju rješavati i ona pitanja koja tamo ne spadaju, pri čemu se često investitor ucjenjuje s neizglasavanjem javnog interesa, nerealno visokim odštetnim zahtjevima i sl. Uglavnom se u tome uspijeva. Mnogo je škola, hotela, putova vodovoda i čega sve ne izgrađeno na taj način. Posljedice znamo. Skuplji kWh, sirmoašniji udruženi rad.«
Da li je ova moja ocjena istovjetna ocjeni obrađivača i da li ju je uopće mogao dovesti u vezu i koristili u obrani svojih stavova — prepuštam ocjeni čitatelja.
Funkcioniranje sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske, prvenstveno s aspekta teškoća i slabosti koje su se pri tome javljale, dovoljno sam jasno pa i kontkretno izložio u istom članku (tč. 6. i 7. str. 108, 109. i 110), pa nema potrebe da se i ovdje ponovno osvrćem na ta pitanja, a ni vrijeme i prostor mi to ne dopuštaju.
Međutim, pažljivom čitaocu tog teksta neće promaći da uoči znatne razlike u pristupu i ocjeni stanja u mojem članku i u studiji obrađivača.

I ne samo zbog toga. Takva analiza ne bi pokazala samo na koji su način i kakvim mjerama druge republike rješavale ova pitanja, nego bi ukazala i na eventualno prisutne slabosti.
Ovo je za razdoblje 1976—1980. godine potrebno učiniti to više što je obrađivač svojom ranijom studijom utvrdio da je djelatnost proizvodnje i prijenosa u Hrvatskoj ostvarila u prethodnom razdoblju povoljniji stupanj samofinanciranja i povoljniji odnos između nepovratnih i kreditnih sredstava od jugoslavenskog prosjeka, a da je unatoč tome Hrvatska upala u energetsku krizu, što nije bio slučaj s drugim republikama ili bar kriza nije bila takvog intenziteta.
Smatram da je nedostatak takvih usporednih pokazatelja daljnji propust ove studije.

2.3.4. Druga bitna osnova koncepcije našeg sistema financiranja proširene reprodukcije jest samoupravno udruživanje sredstava organizacija udrženog rad radi ostvarivanja zajednički dogovorenih ciljeva, kao najadekvatnija forma za izgradnju krupne infrastrukture, kojoj pripada i elektroprivreda.
Prema tome proizlazi da navedene dvije osnove, samofinanciranje i samoupravno udruživanje sredstava, predstavljaju dominantna rješenja u okviru sistemskih opredjeljenja u financiranju proširene reprodukcije u našoj zemlji.
Ostali izvori, u prvom redu krediti (poslovnih banaka, izvođača radova i isporučilaca opreme i dr.) trebali bi imati dopunsku, a ne dominirajuću ulogu kao danas.
Međutim, i obrađidač se u prijedlogu rješenja (i ove i ranije studije) zalaže za jačanje stupnja samofinanciranja i udruživanja sredstava kao dominirajućih izvora u sistemu financiranja proširene reprodukcije.
Međutim, nije jasno zbog čega obrađivač (i ranije i sada) sredstva naknada izuzima i tretira izvan tog sistema, pretpostavljajući institut samoupravnog udruživanja sredstava obaveznom (zakonom reguliranom) udruživanju, i to u vrijeme kada se opravdanost i zakonitost ovog oblika udruživanja rješava na Ustavnom sudu (sada je ta odluka Ustavnog suda poznata i njome se zahtijeva temeljita »rekonstrukcija« danas SAS-om uspostavljenih odnosa).
Dalje, uspoređujući rješenja ranije i ove studije, mislim da je obrađivač u opredjeljenju ipak u dilemi kakav tretman dati sredstvima koja se danas osiguravaju na temelju određenog postotka od dohotka.
Ovo zbog toga što se u vremenu izrade dviju predmetnih studija (u razmaku od oko 1,5 godine), i bez donošenja novih sistemskih mjera koje bi opredjeljivale drukčija rješenja, ipak u njima pojavljuju dva potpuno različita priedloga.
Ni u jednoj ni u drugoj studiji nije sporno da li treba i ubuduće računati s tim iznosom sredstava, ali kada se obrađivač odlučuje za instrumentarij putem kojega osiguravati ta sredstva, onda nudi dva različita rješenja.

U ranijoj studiji obrađivač predlaže (citiram):
»Ne vidi se energetsko-ekonomsko opravdanje zadržavanja udruživanja sredstava na temelju određenog postotka od dohotka, jer dohodak nije ni u kakvoj vezi s potrošnjom električne energije. Zbog toga se smatra da bi taj iznos trebalo uključiti u postotak od iznosa računa na potrošenu električnu energiju.«
(Društveno-ekonomski odnosi u elektroprivredi Hrvatske, II dio: Model društveno-ekonomskih odnosa, str. 30.)
Za doslovno isti stav zalaže se i autor ove studije u članku »Financiranje proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske u planskom razdoblju 1981—1985. godine«, objavljenog u br. 12/80. časopisa »Planiranje i analiza poslovanja« u izdanju Zavoda za ekonomske ekspertize — Beograd.
Na strani 27. navedenog časopisa objavljen je potpuno identičan tekst pa ga nema potrebe ponovno citirati.
U prijedlogu zaključaka nove studije (str. 64) obrađivač predlaže (citiram):
»I unutar i izvan elektroprivrede najčešće se postavlja pitanje o opravdanosti udruživanja sredstava za razvoj elektroprivrede putem izdvajanja određenog postotka od ostvarenog dohotka. Udruživanje po ovom osnovu ima svoje opravdanje, jer se njima de fakto korigiraju određeni odnosi i defekti koji su rezultat neadekvatnih odnosa u primarnoj raspodjeli.«
U vrijeme Ustava i ZUR-a i na temelju njih donesenih sistemskih zakona (Zakona o društvenom planiranju i Zakona o proširenoj reprodukciji i minulom radu) bio bi stvarno izlišan svaki komentar o instrumentariju kojim bi se osiguravala ova sredstva.
Međutim, kako obrađivač ni autor unatoč aktualnosti pitanja koja tretiraju obje studije ni jednom riječju nisu opozvali ranija rješenja, to proizlazi da se istovremeno zalažu za oba. Teško je u to vjerovati, ali nedoumice ipak ostaju.
Na temelju navedenog držim da obrađivač nije dovoljno uvjerljiv u odnosu na primjenjivost koncepcije sistema financiranja za koji se zalaže, iako je upravo to, pretpostavljam, bio i osnovni motiv pristupa izradi ove studije. Uostalom, zar se smisao dijela naslova studije »s prijedlogom izmjena i dopuna« i može drukčije shvatiti nego kao prijedlog čija primjenjivost u praksi ne bi trebala biti sporna. Mislim da ni u tom dijelu studija nije dorečena i uvjerljiva.
2.3.5. Na kraju, smatram korisnim da čujemo i stavove Saveznog društvenog Savjeta za pitanja društvenog uređenja, od 12. 3. 1981. o koncepciji sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi (citiram):
»Sredstva za izgradnju elektroprivrednih objekata obezbjeđuju se u najvećoj mjeri obaveznim udruživanjem sredstava, ali na kreditnoj osnovi, bez prava koja Zakon o udruženom radu daje subjektima koji udružuju sredstva. Odnosi koji

iz takvog udruživanja proizlaze svode se u osnovi na obezbjeđivanje prava na isporuku električne energije za vrijeme trajanja otplate kredita.
Sredstva za razvoj elektroprivrede ubuduće treba obezbjeđivati samoupravnim udruživanjem sredstava, prije svega, organizacija udruženog rada iz privrede, čime one praktično postaju osnovni nosioci razvoja elektroprivrede. Samoupravnim sporazumom o udruživanju sredstava za razvoj elektroprivrede može se ugovoriti da se, kao učešće udružioca sredstava u zajednički ostvarenom dohotku, smatra obveza elektroprivrednih organizacija da im električnu energiju isporučuju u određenoj količini, kvaliteti i po određenoj cijeni.
Obavezno udruživanje sredstava, na osnovu zakona, može se koristiti samo ako sredstva za razvoj nisu osigurana samoupravnim putem. I u tom slučaju odnose između udružioca i korisnika sredstava treba postaviti na principima udruživanja sredstava i učešća u zajedničkom dohotku.«

2.4. Zaključak

Na temelju sadržaja studije i ovog izvještaja može se zaključiti:
2.4.1. Da ova studija u usporedbi s ranijom studijom istog obrađivača nije ni u svom kritičkom osvrtu ni u prijedlogu rješenja proširila naše spoznaje u odnosu na slabosti i unapređenje sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske.

2.4.2. Da se obrađivač u odnosu na svoju raniju studiju u najvećem dijelu nije upuštao u dublja istraživanja postojećeg sistema financiranja, što više u dijelu svog kritičkog osvrta preuzima određena, već davno izrečena mišljenja koja, koliko ja znam, nije nikada bilo tko dovoljno argumentirano rasvijetlio i dokazao.

2.4.3. Da je obrađivač zanemario dati usporedni analitički prikaz sistema financiranja proširene reprodukcije elektroprivrede ako ne u drugim zemljama, onda obavezno u ostalim našim republikama, na koje smo upućeni radi osiguranja jedinstva jugoslavenskog tržišta, usklađivanja politike cijena električne energije, a preko nje i konkurentnosti privrede, zaštite društvenog standarda i dr.

2.4.4. Da prijedlog rješenja u smislu izmjena i dopuna sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi nije u cjelini koezistentan, kako s aspekta koncepcije sistema proširene reprodukcije u našoj zemlji, a time onda i svoje primjenjivosti u praksi.

2.4.5. Budući da je prethodna studija istog obrađivača recenzirana, a ugovoreni iznos podmiren i da po toj osnovi, bar u dijelu ove problematike, ne proizlaze nikakve obaveze obrađivača, nameće se ozbiljno pitanje naručiocu da preispita svoju ulogu kako pri definiranju studijskih zadataka, tako i pri organiziranju recenzija budućih studija. Ova, i ne samo ova studija, po mojem mišljenju, na to ozbiljno upozorava.
Zbog toga predlažem naručiocu da ubuduće prije ugovaranja bilo kave studije nadležni organ ZEOH-a formira Stručni savjet (ili drugo tijelo; naziv nije bitan) od stručnih ljudi iz elektroprivrede i izvan nje, ovisno o problematici koju bi studija tretirala, s ciljem da predlaže projektni zadatak i obrađivača studije, koordinira s obrađivačem tok izrade studije, organizira recenziju, izvještava nadležne organe i obavlja druge poslove vezane za studiju.

KEY WORDS:

ELECTRIC ENTERPRISE, DEVELOPMENT PROGRAM FOR ELECTRIC SYSTEM, INVESTMENT SYSTEM, INVESTORS

A REVIEW OF ARTICLE (STUDY) "BASIC CHARACTERISTICS OF INVESTMENT SYSTEM FOR BROAD REPRODUCTION IN ELECTRIC ENTERPRISES OF CROATIA FOR PERIOD 1976—1980 YEAR"

The article presents authors comment on recension of study "Analysis of investment system for broad reproduction in electric enterprises of Croatia with suggestions for changes and amendments". The article presents polemical review on necessity for that study, on estimation of difficulties in application of investment system for broad reproduction, on some suggested solutions with their unconformance ex with established principles of investment system for broad reproduction in our country as well as its application in praxis.

BETRACHTUNGEN ZUM AUFSATZ (STUDIE) »GRUNDLEGENDE EIGENSCHAFTEN DES FINANZIERUNGSSYSTEMS DER ERWEITERTEN REPRODUKTION IN DER KROATISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT IM PLANUNGSABSCHNITT 1976—1980.«

Die vorliegende Arbeit ist ein Bericht des Verfassers anlässlich der Revision der Studie »Untersuchung des Finanzierungssystems der erweiterten Reproduktion in der Elektrizitätstwirtschaft von Kroatien mit Änderungs- u. Ergänzungsvorschlägen« (»Erweiterte Reproduktion« bedeutet den Ausbau, Vergrösserung und Ergänzung von Anlagen und Einrichtungen aus Eigenmitteln der in Frage kommenden Betriebe, insofern diese Neuanlagen nicht als Investition behandelt bzw. aufgefasst werden). Der Inhalt behandelt einen polemischen Rückblick des Verfassers auf die Notwendigkeit einer solchen Studie, auf verschiedene Beurteilungen und Feststellungen der Bearbeiter im Zusammenhang mit den Schwierigkeiten der Durchführung der Finanzierung der erweiterten Reproduktion, wie auch einen kritischen Rückblick auf einzelne Vorschläge zur Durchführung, und auf fehlende Zusammenhänge mit den gesellschaftlichen Grundsätzen des Finanzierungs systems der erweiterten Reproduktion nach geltenden inländischen Vorschriften und deren praktischer Anwendung.

ПО ПОВОДУ СТАТЬИ (НАУЧНОГО ТРУДА) »ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ РАСШИРЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА В ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВЕ ХОРВАТИИ В ПЛАНОВОМ ПЕРИОДЕ 1976—1980 гг.«

Статья является отчетом автора, подготовленным для рецензии научного труда »Анализ системы финансирования расширенного воспроизводства в электрохозяйстве Хорватии с предложением изменений и дополнений«. Разрабатываемая проблематика является полемическим откликом автора на необходимость разработки настоящей монографии, на известные оценки и утверждения разработчиков, связанные с затруднениями осуществления системы финансирования расширенного воспроизводства, а также критический отклик на отдельные предложения решений и их несовместимость как с общественно утвержденными принципами системы финансирования расширенного воспроизводства в нашей стране, так и их применимости на практике.

Naslov pisca:
Dragutin Stanić, dipl. oec.
»ELEKTROPRIVREDA DALMACIJE« SPLIT

Uredništvo primilo rukopis 23. 08. 1982.

Energija God. 31 (1982) br. 9—10, 325—336

TENDENCIJE RAZVOJA CENTRALIZIRANOG TOPLINSKOG SISTEMA S PROIZVODNIM JEDINICAMA SPOJNOG PROCESA U SVIJETU I JUGOSLAVIJI

Dr Duško Čorak, Zagreb

UDK 621.311.22
PREGLEDNI RAD

Opisane su osnovne značajke centralizirane toplinske opskrbe u uvjetima zajedničke proizvodnje topline i električne energije te tendencije razvoja toplinske opskrbe iz centraliziranog toplinskog sistema u svijetu i Jugoslaviji. Na osnovi prognoze ogrjevnog i tehnološkog toplinskog konzuma većih gradova SFRJ ocijenjena je mogućnost izgradnje proizvodnih jedinica spojnog procesa do 2000. godine.

Ključne riječi: centralizirana opskrba toplinom, toplane, ogrjevni konzum, tehnološki konzum, toplifikacija u Jugoslaviji.

1. Osnovne značajke centralizirane toplinske opskrbe u uvjetima zajedničke proizvodnje topline i električne energije

Racionalno korištenje energije razumijeva u prvom redu optimalan izbor oblika energije, postrojenja za transformaciju, te vođenje postrojenja u pogonu. Racionalizacija potrošnje ne mora značiti smanjenje potrošnje kod krajnjeg korisnika, kako se to obično shvaća, jer takvim pristupom ne moramo uvijek ostvariti štednju goriva što je osnovni cilj.

Ideja o zajedničkoj proizvodnji toplinske i električne energije u proizvodnim jedinicama spojnog procesa stara je više desetljeća. U prvo vrijeme osnovni moto korištenja ovog principa zasnivao se na ukupnoj ekonomiji takvog rješenja u usporedbi s odvojenim sistemima proizvodnje topline i električne energije. U uvjetima stalnog rasta potrošnje električne energije došlo je i do povezivanja korisnika električne energije u velike sisteme koji su omogućili izgradnju velikih jediničnih snaga proizvodnih jedinica. Veličina jediničnih snaga proizvodnih jedinica spojnog procesa u osnovnoj je ovisnosti veličine toplinskog konzuma. Veliki elektroenergetski sistemi omogućuju izgradnju, odnosno uključivanje većih jediničnih snaga no što su potrebe toplinskih sistema. Pri tome se pojavljuju razlike u korist kondenzacijskih termoelektrana u pogledu nižih specifičnih troškova izgradnje (jednom zbog većih jediničnih snaga, a drugi put zbog manje složenosti postrojenja), te nižih specifičnih potrošaka topline za dio kondenzacijske proizvodnje proizvodnih jedinica spojnog procesa. U pogledu goriva kondenzacijske termoelektrane mogu ostvariti određenu prednost upotrebom jeftinijih goriva u vezi s izgradnjom takvih jedinica na lokalitetima gdje se nalaze nalazišta (rudnici ugljena). Proizvodne jedinice spojnog procesa u pravilu se koriste kvalitetnijim gorivima, koja podnose veće troškove transporta, ugljen veće kalorične vrijednosti, mazut i plin. Tome je posljedica njihova lokacija u urbanim centrima koji su u pravilu udaljeni od velikih rudnika ugljena gdje su proizvodni troškovi eksploatacije i cijena takvog goriva najniži. U uvjetima relativno niskih cijena goriva zajednička proizvodnja toplinske i električne energije s ekonomskog stajališta gubi praktični smisao. Ova tehnologija bila je na granici daljnje primjene sedamdesetih godina, posebno zbog relativno niskih cijena nafte na svjetskom tržištu. U to vrijeme uloga centraliziranog sistema predaje topline nije se mogla zasnivati na ekonomskim principima koliko na doprinosu smanjenja zagađenja okoline, posebno u velikim urbanim centrima.

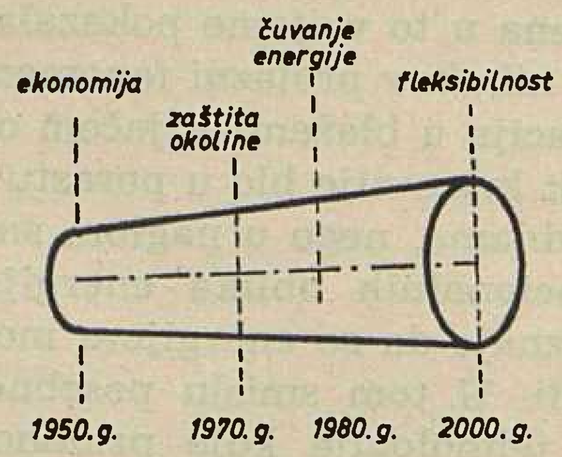
Nakon energetske krize koja se pojavila 1973. god., kad su cijene nafte i naftnih derivata naglo porasle, u svijetu su se počeli tražiti novi putovi za prevladavanje nastalih poteškoća. Mnoga istraživanja koja su provedena u to vrijeme pokazala su da naftna kriza nije nikakav prolazni fenomen, nego da će se takva situacija u blažem ili jačem obliku nastaviti, jer uzrok krize nije bio u porastu cijena energetskim sirovinama, nego u naglom smanjenju rezervi konvencionalnih oblika energije. Svijet je došao do spoznaje da se energijom mora racionalno gospodariti. U tom smislu posebno su postale interesantne tehnologije koje pridonose čuvanju, odnosno manjoj potrošnji pri zadovoljenju istih potreba krajnjeg korisnika. Pri tome investicijski izdaci koji su do tada bili glavni činitelj u ocjeni pojedinog tehničkog rješenja gube na značenju zbog većeg utjecaja eksploatacijskih troškova u ukupnim troškovima. Takve okolnosti pridonijele su da

zajednička proizvodnja toplinske i električne energije dobiva posebno mjesto u svjetskoj energetskoj privredi. Mnoge zemlje u svijetu koje do tada nisu imale iskustva u primjeni ove tehnologije započele su s intenzivnim istraživanjima (SAD, Kanada, Velika Britanija, Francuska itd.) o mogućnosti primjene ove tehnologije u njihovim uvjetima. Značajno je napomenuti da se s velikom pažnjom razmatraju uvjeti korištenja nuklearnih postrojenja lociranih u blizini velikih urbanih centara za podmirenje toplinskih potreba (Švedska, Finska, SR Njemačka, SAD, Kanada, SSSR, ČSSR, Švicarska itd.), a sve radi čuvanja, odnosno smanjenja potrošnje drugih oblika energije na račun korištenja topline niskotemperaturnog nivoa »otpadne topline« iz takvih postrojenja, te smanjenje onečišćenja zraka u urbanim sredinama.

Kad je riječ o centraliziranom sistemu opskrbe, njegove osnovne prednosti treba tražiti u:

1. većoj ekonomičnosti sistema u cjelini,
2. zaštiti okoline,
3. čuvanju (štednji) energije,
4. fleksibilnosti u mogućoj upotrebi različitih vrsta goriva u istom sistemu.

Osnovna prednost centraliziranog toplinskog sistema javlja se u mogućnosti štednje goriva koja dolazi zbog većeg stupnja iskorištavanja, 65—90%, u odnosu na individualne sisteme, 50—80%, te u slobodi izbora najekonomičnijeg goriva (kruto, teške frakcije nafte, viškovi plina te nuklearno gorivo). Posebno se veća ekonomičnost goriva postiže u uvjetima istovremene zajedničke proizvodnje topline i električne energije. Takav sistem omogućava racionalno korištenje energije i njenu štednju, pri čemu krajnji korisnik ne treba smanjiti potrošnju. Prednosti ovog sistema, u prvo vrijeme, bile su u većoj ekonomičnosti u odnosu na odvojene sisteme proizvodnje topline i električne energije. Vremenski gledano, glavni motivi za korištenje centraliziranog sistema opskrbe s proizvodnim jedinicama spojnog procesa značajno se razlikuju (slika 1), ali svaki od njih pridonosi daljnjem razvitku ove tehnologije.



Sl. 1. Glavni motivi korištenja centraliziranog sistema toplinske opskrbe

Svaki sistem uz svoje prednosti ima i nedostatke. Najznačajniji nedostaci centraliziranog toplinskog sitema očituju se u njegovoj osjetljivosti na:

a) promjene u prostornom planiranju,
b) ograničenim mogućnostima individualnog gospodarenja u sistemu paušalnog obračuna,
c) povećanim početnim investicijskim troškovima.

Nedostaci pod a) i c) mogu se uspješno riješiti izgradnjom blokovskih kotlovnica koje prate porast toplinskog konzuma do njegova narastanja, kad je opravdano povezivanje u centralizirani toplinski sistem.

Problem individualnog gospodarenja toplinom moguće je riješiti, ali bi to značajno poskupilo ovaj sitem kroz dodatna ulaganja. Osim dodatnih ulaganja u sistem (misli se u prvom redu na distributivni sistem topline), treba računati i na povećana ulaganja na izolaciju između stambenih jedinica. Ovaj sistem u osnovi pretpostavlja jednaku opskrbu svakog korisnika, pa je u uvjetima promatranja različitog nivoa »standarda« opskrbe toplinom ovaj sistem zaista manjkav.

Interesantno je razmotriti kakva je perspektiva ove tehnologije u daljnjoj budućnosti posebno na mogućnost primjene nekonvencionalnih oblika energije s obzirom na skupe instalacije za distribuciju topline i njihov relativno dug vijek trajanja (do 50 god.).

Korištenje energije fuzije u biti se svodi na primjenu paroturbinskog ciklusa, pa u tom smislu nema nikakvih promjena u odnosu na postojeća postrojenja koja se koriste fosilnim gorivom za zajedničku proizvodnju topline i električne energije. Što se tiče korištenja sunčane energije, današnja istraživanja pokazuju da se ova tehnologija u urbanim centrima može jedino koristiti preko centraliziranih sistema koji mogu imati više izvora napajanja (sunčani kolektori, kotlovnica s fosilnim gorivom ili nuklearne toplane).

Prema navedenom proizlazi da centralizirani sistem opskrbe toplinom ima veliko značenje kod primjene novih nekonvencionalnih oblika energije u svojoj fleksibilnosti, odnosno neosjetljivosti koji se oblik energije koristi pri transformaciji, jer medij i sistem za prijenos i predaju topline ostaju nepromijenjeni.

2. Tendencije razvoja opskrbe topline iz centraliziranog toplinskog sistema

Mogućnost primjene centralizirane opskrbe topline u osnovi ovisi o prirodnim uvjetima i koncentraciji toplinskog konzuma (ogrjevnog i tehnološkog) te klimatskim karakteristikama (ogrjevni korisnici) i karakteristikama potreba (tehnološki korisnici). Ako se promatra pitanje zajedničke proizvodnje topline i električne energije, tada osim navedenog, odlučujući utjecaj ima veličina i struktura elektroenergetskog sistema i vrsta raspoloživog goriva.

Pitanje stupnja razvoja sistema s centraliziranom opskrbom topline u nekoj zemlji najčešće je vezano za ekonomičnost takvog sistema u odnosu

na druge sisteme opskrbe, mogućnost štednje energije, smanjenje zagađenja okoline, te fleksibilnost u pogledu korištenja različitih vrsta goriva. Ne manje je značajan faktor nacionalna energetska politika. Često je ovaj posljednji faktor imao odlučujući utjecaj na razvitak ovog sistema. Tako je, na primjer, u istočnoevropskim zemljama ovaj sistem opskrbe našao mnogo širu primjenu nego u zapadnoevropskima. Još se veća razlika uočava ako se usporedi praksa istočnoevropskih zemalja s praksom SAD.

Općenito, opskrba iz centraliziranih sistema najšire se primjenjuje u SSSR-u. Više od 1 700 takvih sistema (L1) nalazilo se u eksploataciji u 1975. god., od čega 53% s proizvodnim jedinicama spojnog procesa. Ukupna toplinska snaga svih sistema (1975. god.) iznosila je više od 400 000 MW. Snaga proizvodnih jedinica spojnog procesa iznosila je oko 59 000 MW, koliko je ukupno iznosila snaga svih instaliranih termoelektrana u SR Njemačkoj.

Udio proizvodnje proizvodnih jedinica spojnog procesa u ukupnoj proizvodnji električne energije iznosio je 1975. god. oko 30%.

U ukupnim ogrjevnim potrebama toplina iz centralizirane opskrbe sudjeluje s oko 40%.

Budućnost centraliziranog sistema opskrbe u SSSR-u ne dovodi se u pitanje, ali se očekuje da će udio spojnog procesa u ukupnoj proizvodnji topline do kraja stoljeća pasti na vrijednost od 25%, ali će u apsolutnoj vrijednosti rasti.

U ostalim istočnoevropskim zemljama centralizirana toplinska opskrba zauzima vidno mjesto u energetskoj politici u svakoj od tih zemalja.

Prema podacima (L1) u Poljskoj je u 1975. god. bilo oko 260 CTS s ukupnom toplinskom snagom od 26 000 MW, od čega 16 200 otpada na industriju. Ukupni instalirani kapaciteti u spojnom procesu iznosili su oko 4 000 MW (50% otpada na industrijske energane). Prema istom izvoru podataka, planira se da će toplinsko opterećenje u CTS za 9 najvećih gradova Poljske iznositi oko 50 000 MW u 1990. godini.

U Njemačkoj DR opskrba topline iz CTS obuhvatila je oko 750 000 stanova u 1975. god., a planira se da će u 2000. godini obuhvatiti oko $2 \cdot 10^6$.

Za ostale istočnoevropske zemlje (Mađarska, Bugarska, Čehoslovačka i Rumunjska) može se reći da vode sličnu politiku. U svim tim zemljama udio proizvodnje električne energije iz spojnog procesa kreće se između 20 i 30% proizvodnje u termoelektranama. Učešće spojnog procesa u ukupnoj proizvodnji električne energije u razdoblju do 2000. godine u svim tim zemljama uglavnom će nešto opasti. Razlog treba tražiti u prvom redu u intenzivnoj izgradnji nuklearnih elektrana.

U zapadnoevropskim zemljama koncept centralizirane toplinske opskrbe (CTO) zapravo je započeo još davne 1883. god. izgradnjom prve takve instalacije u Hamburgu. To je bilo samo godinu dana u pomaku od prve takve instalacije uopće u svijetu koja je instalirana u Lockportu (SAD) 1882. god. Najširu primjenu CTO ima u SR Njemačkoj. Ukupna toplinska snaga CTS iznosila je 1975. god. oko 120 000 MW, od čega čak oko 96 000 MW pripada snazi toplinskih sistema koji opskrbljuju industriju. Instalirana snaga spojnog procesa iznosila je u istoj godini oko 14 500 MW, od čega pripada 8 500 MW industrijskim energanama. Udio CTO u ukupnoj energiji za grijanje i pripremi potrošne vode iznosi svega 7—8%. U posljednjim godinama, od 1974. god. u SR Njemačkoj se traže načini za oživljavanje ovog koncepta toplinske opskrbe. Sva predviđanja do 2000. god. ukazuju na povećanje učešća CTO u ukupnoj toplinskoj opskrbi, ali se oko njegovog nivoa podaci jako razlikuju. Tako se npr., prema (L2) očekuje da će CTO u 1990. god. sudjelovati sa svega 9% u ukupnoj topfinskoj opskrbi široke potrošnje, dok se prema (L 3) tvrdi da je sa stajališta ekonomije opravdano opskrbljivati čak 50%. Savezna vlada putem davanja niza olakšica za izgradnju CTS pokušava intenzivirati ovaj sistem opskrbe.

Učešće spojnog procesa u zadovoljavanju potreba u el. energiji, računajući industrijske energane, iznosilo je u 1975. god. 16,2%.

U ostalim zapadnoevropskim zemljama, ako se isključe nordijske zemlje, učešće CTO u ukupnoj opskrbi široke potrošnje svake od tih zemalja manje e od 10%.

Kod nordijskih zemalja (Danska, Švedska i Finska) učešće CTO u ukupnoj opskrbi široke potrošnje kreće se 1980. god. na nivou između 25—40%.

Toplinska opskrba iz CTS uvedena je u Švedskoj tek 1948. god. Prve proizvodne jedinice spojnog procesa izgrađene su 1960. god. snage 20—40 MW. Razloge tako kasnoj pojavi proizvodnih jedinica spojnog procesa u Švedskoj treba tražiti isključivo u mogućnosti zadovoljenja potreba u elektroenergetskom sistemu s hidroelektranama. U razdoblju 1960—1975. god. u Švedskoj je izgrađeno ukupno oko 1 800 MW el. snage u proizvodnim jedinicama spojnog procesa i s ovom snagom ostvarena je proizvodnja električne energije od 8,8% od ukupne proizvodnje.

Opskrba iz CTS sudjeluje s oko 25% u ukupnoj potrošnji topline sektora opće potrošnje. Više od $3 \cdot 10^6$ ljudi živi i radi u objektima koji se opskrbljuju iz CTS. Ukupna snaga CTS u Švedskoj u 1975. god. (L1, 4) iznosila je oko 10 500 MW. Godišnje povećanje snage CTS iznosi oko 1 000 MW. Vrijedno je spomenuti da je u nekim gradovima, Västerasu i Linköpingu, toplinskom opskrbom iz CTS obuhvaćeno 90—98% svih toplinskih korisnika.

Računa se da će u razdoblju do 2000. god. opskrba iz CTS iznositi oko 60% ukupnih potreba. Očekuje se da će ukupna instalirana snaga CTS iznositi oko 26 000 MW. Snaga proizvodnih jedinica spojnog procesa doseći će snagu oko 9 000 MW. Učešće u proizvodnji električne energije iz proizvodnih jedinica spojnog procesa iznosit će više od 20%.

U Danskoj od ukupno $2 \cdot 10^6$ stambenih jedinica 60% su u individualnoj i 40% u kolektivnoj izgradnji. Opskrba iz CTS obuhvaća oko 27% prvih i 43% drugih.

Ideja o zajedničkoj proizvodnji topline i električne energije prihvaćena je u ovoj zemlji još 1920. god. 20 godina nakon toga bilo je u proizvodnji oko 30 jedinica spojnog procesa. Poslije 1960. god. dolazi do naglog razvoja ove tehnologije, tako da je danas više od 1/3 ukupnog stambenog fonda priključeno na CTS. Interesantno je da se od ukupne proizvodnje topline u CTS 5% dobiva spaljivanjem smeća.

Ukupno toplinsko opterećenje u CTS u 1975. god. u Danskoj je iznosilo oko 11 000 MW, a el. oko 2 000 MW. U ukupnoj proizvodnji el. energije proizvodne jedinice sudjeluju s oko 40%, ali protutlačna energija iz njih s oko 13—15%.

Prema sagledavanjima do 2000. god. računa se da će udio CTO porasti i da će iznositi samo iz proizvodnih jedinica spojnog procesa oko 40% ukupnih potreba, (L 5). Prema drugim izvorima (L 6), udio CTO ovisit će, između ostalog, o politici korištenja prirodnog plina koji se tek posljednjih godina uvodi u energetsku opskrbu.

U Finskoj je slična situacija, ali je ipak primjena ove tehnologije u određenom zaostajanju u odnosu na prilike u Švedskoj i Danskoj. U 1975. god. ukupna instalirana snaga u CTS iznosila je oko 12 000 MW, od čega oko 7 000 MW u industrijskim energanama. Ukupna el. snaga proizvodnih jedinica spojnog procesa iznosila je oko 2 200 MW, od čega 1 200 MW u industrijskim energanama.

Krajem 1978. god. finska vlada je donijela akt kojim izgradnju proizvodnih jedinica spojnog procesa stavlja u prvi plan i tretira ovo rješenje kao ključno u povećanju ekonomije goriva. Nadalje, nizom mjera predviđeno je davanje olakšica u podržavanju ove tehnologije.

Od zapadnih zemalja interesantno je spomenuti SAD i Kanadu, zemlje u kojima CTO do pojave energetske krize nije imala širu upotrebu. U SAD (L7) se ocjenjuje da ukupna toplinska snaga u CTS iznosi svega oko 15 000 MW, a u Kanadi svega koju stotinu. Razloge tome treba tražiti isključivo u jeftinoj energiji nafte i prirodnog plina u objema zemljama. Nakon pojave energetske krize (1974. god.) obje zemlje stavile su u svoje programe studiju o racionalnom korištenju energije i problematiku vezanu za CTO. Prema (L 8), Department of Energy (D. O) stavlja svake godine u svoj program studije istraživanja mogućnosti primjene CTO u pojedinim gradovima SAD. Slična situacija je u Kanadi. Trenutno se pet većih projekata CTS nalazi u realizaciji i tretiraju se kao demonstracioni projekti.

Vrijedno je spomenuti da je u okviru Svjetske energetske konferencije formiran poseban komitet (1976. god.) za proučavanje i praćenje zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije. Sličan komitet je bio formiran i 1968. god. On je, u skladu s praksom rada ostalih komiteta u okviru WEC, pripremio izvještaj o stanju zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije (L 1).

Na temelju podataka dobivenih u izradi WEC, (pripremio navedeni komitet) iz 25 zemalja dobiveni su vrijedni podaci o stanju i tendencijama u pogledu CTO u nekim zemljama.

Koristeći (L 1), u tablici 1, dani su osnovni podaci koji karakteriziraju stanje razvoja CTO u nekim zemljama svijeta. U istom izvještaju pokušala se sagledati uloga sistema sa zajedničkom proizvodnjom topline i električne energije na mogućnost štednje ukupne energije.

Uz određene pretpostavke, računa se da bi rješenjem spojnog procesa u proizvodnji ogrjevne i tehnološke topline, koncipiranog na širokoj osnovi, bilo moguće ostvariti uštedu u ukupnoj potrošnji energije u svijetu od 6% u odnosu na odvojene proizvodnje. To je energija (1975. god.) od $14{,}3 \cdot 10^3$ PJ, koja je veća od ukupne primarne energije koja je potrošena 1975. god. ($12 \cdot 10^3$ PJ) u Japanu (tablica 2).

3. Razvoj centralizirane toplinske opskrbe u Jugoslaviji

U našoj zemlji prva daljinska opskrba toplinom javlja se u Zagrebu 1952. god., kad je Elektrana-Toplana počela opskrbljivati industrijske korisnike ogrjevnom toplinom u zapadnom dijelu grada. Tek nakon 10 godina izgrađena je prva javna toplana, također u Zagrebu, s dvije proizvodne jedinice spojnog procesa svaka el. snage 32 MW, koje su uključene u elektroenergetski sistem Jugoslavije. Neposredno nakon toga izgrađeno je još nekoliko proizvodnih jedinica spojnog procesa (Ljubljana, Beograd) koje su također uključene u elektroenergetski sistem Jugoslavije. Od polovice šezdesetih godina, pa sve do 1979. god. nije stavljena u pogon ni jedna jedinica spojnog procesa (izuzev 12 MW protutlačnog bloka u EL-TO Zagreb, u 1970. god.). U 1979. godini ušla je u pogon proizvodna jedinica T-100-130 u Zagrebu, a u ogrjevnoj sezoni 1981/82. god. još veća jedinica PT-135/165—130 u Novom Sadu. Osim navedenih jedinica, još je jedinica snage 30 MW u EL-TO Zagreb, puštena u pogon 1981. god., te tri jedinice u izgradnji (50 MW_e u Ljubljani, 45 MW_e u Osijeku i 100 MW_e u Novom Sadu).

Kvalitetnih podataka o razvoju CTO u Jugoslaviji na žalost nema, pa je u tom smislu veoma teško sa stajališta zemlje u cjelini dati ocjenu mjesta ovog sistema opskrbe u ukupnoj opskrbi toplinom.

Poznato je da su u okviru pojedinih republika učinjeni napori da se utvrde mogućnosti i ekonomska opravdanost izgradnje proizvodnih jedinica spojnog procesa (Slovenija, Hrvatska, Srbija). Također su rađene studije na nivou pojedinih urbanih sredina s istom svrhom i u ostalim republikama.

Tablica 1.

Naziv	Jedinica	Zemlja											
		Bugarska	Danska	Finska	Francuska	Njemačka	V. Britanija	Mađarska	Nizozemska	N. Zeland	Poljska	Švedska	SSSR
Ukupni broj CTS		38	241	104	301	—	1 701	279	5	3	260	285	1 700
Ukupni broj CTS s istovremenom proizvodnjom toplinske i električne energije		25	26	83	153	—	179	62	5	3	260	246	900
Ukupna električna snaga u proizvodnim jedinicama spojnog procesa	MW		1 560	792	117	6 000	18		814		1 740	1 818	
Ukupna toplinska snaga u proizvodnim jedinicama spojnog procesa	MJ/s		2 600	1 330	435	16 500	13		450				
Ukupna snaga spojnog procesa vezano za tehnološke potrebe													
El. snaga proizvodnih jedinica za isključivu proizvodnju el. energije	MW	100	24	281	—	8 930		12		0,8	300		
El. snaga proizvodnih jedinica spojnog procesa	MW	699	92	1 190	1 730	8 520	2 700	82	105	34	1 800		
Ukupna snaga u kombiniranom sistemu ogrijevnom/tehnološkom													
Električna snaga proizvodnih jedinica za isključivu proizvodnju el. energije	MW	765	220	18				1 210			70		
Električna snaga proizvodnih jedinica spojnog procesa	MW	850	441	267			3	752			400		59 200
Udio proizvodnje električne energije u proizvodnim jedinicama spojnog procesa u ukupnoj el. proizvodnji													
1970.	%		34,4	29,9	4,9	—	4	67,9	9,4	0,7	—	8,7	31,3
1975.	%		40,5	30	5	16,2	4,1	44,1	6,4	0,5	—	8,8	30,3
1980.	%		34—63	27,4	4,5	—	3,8	29,7	—	—	—	7	31,2
1985.	%		29—74	28,6	5,2	—	3,6	26,8	—	—	—	11	—
1990.	%		26—81	30,9	6,6	—	3,4	22,6	—	—	—	20,7	—

Tablica 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Regija	Bruto nac. dohodak 10^9 US $	Potrošnja primarne energije 10^3 PJ	Potrošnja električne energije TWh	Energija za potrebe grijanja 10^3 PJ	Topl. za potrebe indust. 10^3 PJ	Potencijalno moguća proizvodnja el. energije u spojnom procesu (TWh)				Potencijalne uštede	
						Ogrjev. toplina	Industr.	Ukupno	% od C	10^3 PJ	% od B
Sjeverna Amerika	1 680	75	2 270	13,7	11,3	680	390	1 070	47	5,1	7
Evropa (bez SSSR-a)	1 970	63	1 910	12,4	13,3	620	460	1 080	57	5,1	8
SSSR	650	42	1 040	2,9	6,2	145	215	360	35	1,7	4
Japan	500	12	480	1,9	3,3	95	115	210	44	1,0	8
Ostale regije	1 290	43	740	—	8,7	0	300	300	41	1,4	3
UKUPNO	6 090	235	6 440	30,9	42,8	1 540	1 480	3 020	47	14,3	6

OGRJEVNI TOPLINSKI KONZUM GRADOVA SFRJ

Tablica 3.

Grad	Broj stanovnika			Stambena površina po stanovniku			Površina zajedničkih sadržaja		Minimalna proračunska vanjska temperatura	Zona	Prosječni gubitak topline gradnja		Toplinska snaga stanovanja		Dodatna snaga za pripremu vode		Snaga zajedničkih sadržaja		Ukupna snaga	
	1971. g.	1985. g.	2000. g.	1971.	1985.	2000.	1985.	2000.			do 1985.	nakon 1985.	1985.	2000.	1985.	2000.	1985.	2000.	1985.	2000.
	10^3 stanovnika			m^2/stanovniku			10^3 m^2		°C		W/m^2		MW		MW		MW		MW	
	1			2			3		4	5	6		7		8		9		10	
Bjelovar	21	32	50	14,500	17,240	20,180	138	303	—15	II	140	93	77	120	3	5	19	34	99	159
Dubrovnik	31	39	42	16,300	18,750	21,262	183	268	— 4	I	99	76	72	85	4	4	18	24	94	127
Karlovac	48	65	100	14,668	17,442	20,384	283	612	—18	III	150	93	170	254	7	10	42	72	219	336
Osijek	95	130	180	14,870	17,587	20,260	572	1105	—18	III	150	93	343	473	13	18	86	136	442	627
Pula	47	60	80	17,395	19,623	21,920	294	526	— 8	I	116	89	137	188	6	8	34	55	177	251
Rijeka	132	182	250	16,359	18,767	21,300	854	1598	— 8	I	116	89	396	566	18	25	99	165	513	756
Sisak	38	50	70	14,663	17,441	20,382	218	428	—15	II	140	93	122	174	5	7	31	51	158	232
Sl. Brod	39	58	88	14,462	17,228	20,132	250	531	—18	II	150	93	150	222	6	9	38	64	194	295
Sl. Požega	18	27	42	14,452	17,220	20,125	116	254	—18	III	150	93	70	105	3	4	17	30	90	139
Split	153	200	270	14,587	17,203	20,284	860	1643	— 4	I	99	76	341	496	20	27	85	145	446	668
Šibenik	30	48	80	14,780	17,417	20,415	209	490	— 4	I	99	76	83	144	5	8	21	42	109	194
Varaždin	34	50	80	16,500	18,792	21,345	235	512	—15	II	140	93	132	203	5	8	33	59	170	270
Vinkovci	29	41	56	14,630	17,417	20,417	178	343	—18	III	150	93	107	147	4	6	27	42	138	195
Vukovar + Borovo	41	59	82	14,437	17,212	20,097	254	494	—18	III	150	93	152	211	6	8	38	60	196	279
Zadar	43	61	90	14,985	17,612	20,472	269	553	— 4	I	99	76	106	164	6	9	27	49	139	222
Zagreb	566	785	960	15,355	18,600	22,130	4151	8203	—15	II	140	93	2116	2709	85	108	643	1083	2844	3900
Banja Luka	91	120	170	12,873	15,910	19,160	477	977	—18	III	150	93	286	411	12	17	72	119	370	547
Mostar	48	70	100	12,295	15,435	18,795	270	564	— 3	I	95	73	103	161	7	10	26	47	136	218
Sarajevo	240	350	500	12,296	15,436	18,795	1351	2819	—15	II	140	93	756	1128	35	50	189	326	980	1504
Tuzla	54	82	120	11,547	14,819	18,321	304	640	—15	II	140	93	170	261	8	112	43	76	221	349
Zenica	51	76	110	11,461	14,748	18,267	280	603	—15	II	140	93	157	240	8	11	39	69	204	320
Titograd	55	95	150	11,096	14,448	18,036	343	812	— 3	I	95	73	130	227	10	15	33	67	173	309
Bitola	65	85	115	11,981	15,176	18,596	322	642	—15	II	140	140	180	259	9	12	45	75	234	346
Kumanovo	46	70	100	10,624	14,624	17,737	246	532	—15	II	140	93	138	211	7	10	34	61	179	282
Prilep	48	63	80	12,021	15,209	18,621	240	447	—12	II	125	84	120	165	6	8	30	48	156	221
Skoplje	313	420	550	11,623	14,882	18,369	1563	3030	—15	II	140	93	875	1233	42	55	219	356	1136	1644
Tetovo	36	50	70	9,210	12,896	16,842	161	345	—18	III	150	93	97	147	5	7	24	42	126	196
Titov Veles	36	50	65	11,353	14,660	18,198	183	355	—12	I	115	101	84	130	5	7	21	38	110	175

Tablica 3. nastavak 1

	1			2			3		4	5	6		7		8		9		10	
Maribor	97	125	165	15,253	17,870	20,667	558	1023	—15	III	140	84	317	412	13	17	78	117	404	546
Ljubljana	174	245	380	17,510	19,727	22,095	1208	2519	—15	III	140	84	677	976	25	38	169	279	871	1293
T. Velenje	18	23	40	16,000	18,484	21,139	106	254	—15	III	140	84	60	95	2	4	15	27	77	126
Šoštanj	35	5	7	16,000	18,484	21,139	23	44	—15	III	140	84	13	18	05	1	3	5	17	24
Beograd	744	1050	1500	14,112	16,927	19,944	4443	8975	—15	II	140	93	2977	4106	105	150	622	1043	3704	5299
Kragujevac	71	105	150	11,546	14,818	18,320	389	824	—18	III	150	93	233	244	11	15	58	98	307	457
Leskovac	45	65	100	12,617	15,700	18,998	255	570	—18	III	150	93	153	235	7	10	38	67	198	312
Loznica	14	22	30	11,000	14,369	17,975	79	180	—15	II	140	93	44	65	2	3	11	20	57	88
Kruševac	30	39	50	11,500	14,781	18,291	145	274	—18	III	150	93	84	117	4	5	22	34	112	156
Niš	128	180	260	12,716	15,781	19,061	710	1487	—15	II	140	93	398	595	18	26	99	171	515	792
Svetozarevo	28	45	65	12,961	15,983	19,216	180	375	—15	II	140	93	101	150	5	7	25	43	131	270
Paraćin	22	35	55	12,000	15,192	18,608	133	207	—15	II	140	93	75	120	4	6	10	35	98	161
Ćuprija	18	25	45	11,600	14,863	18,355	93	278	—15	II	140	93	52	94	3	5	13	30	68	129
Šabac	42	65	90	12,840	15,883	19,139	258	517	—15	II	140	93	145	209	7	9	36	60	188	278
T. Užice	3,5	63	100	12,000	15,192	18,608	239	558	—15	II	140	93	134	218	6	10	33	63	173	291
Śremska Mitrovica	32	53	75	14,000	16,838	19,874	223	447	—18	III	150	93	134	190	5	8	33	54	172	252
Zrenjanin	60	78	100	15,480	18,056	20,810	352	624	—18	III	150	93	211	274	8	10	53	78	272	362
Kikinda	38	45	60	15,872	18,279	21,058	207	379	—18	III	150	93	124	41	5	4	31	47	160	94
N. Sad	141	210	290	14,491	17,242	20,184	905	1756	—18	III	150	93	543	751	21	29	136	215	700	995
Pančevo	54	77	105	13,726	16,612	19,700	320	620	—15	II	140	93	179	252	8	11	45	73	232	236
Sombor	44	55	70	16,971	19,283	21,754	265	457	—15	II	140	93	148	181	6	7	37	55	191	253
Subotica	89	110	140	16,544	18,932	21,484	520	902	—18	III	150	93	312	398	11	14	78	114	401	526
Titova Mitrovica	42	70	105	9,117	12,819	16,783	224	528	—15	III	140	93	126	206	7	11	31	59	164	276
Peć	42	70	104	8,649	12,434	16,487	218	519	—12	II	110	84	96	168	7	11	24	49	127	228
Prizren	42	70	105	8,494	12,307	16,389	215	516	—15	II	140	93	121	201	7	11	30	58	158	270
Priština	70	125	200	8,953	12,684	16,679	396	1000	—15	III	140	84	222	369	13	20	55	106	290	495

TOPLINSKI KONZUM GRADOVA SFRJ

Tablica 4.

Grad	Ukupna toplinska snaga ogrjevnog konzuma		Snaga centraliziranog ogrjevnog konzuma		Snaga centraliziranog tehnološkog konzuma	
	1985.	2000.	1985.	2000.	1985.	2000.
	MW		MW		MW	
Bjelovar	99	159	25—35	56—80	22—26	50—62
Dubrovnik	94	127	24—33	44—64	7—8	14—18
Karlovac*[2]	219	336	103	230	32,6	90
Osijek	442	627	147	226	49	83
Pula	177	251	44—62	88—126	10—12	19—24
Rijeka*[1]	513	756	128	232	235—281	441—551
Sisak	158	232	40—50	81—116	208—250	439—549
Sl. Brod*[2]	194	295	93	180	18	39
Split	446	668	112—156	234—334	16—19	31—38
Šibenik	109	194	27—38	68—97	24—29	54—68
Varaždin	170	270	43—60	95—135	62—74	124—155
Vinkovci	138	195	35—48	68—98	16—19	35—44
Vukovar + Borovo*[2]	196	279	100	158	55	115
Zadar	139	222	35—49	78—111	20—24	47—59
Zagreb*[2]	2 523	3 425	840	2120	380	550
B. Luka*[1]	370	547	180	300		
Mostar	136	218	34—48	76—109		
Ssrajevo	980	1 504	1504	245—343	526—752	
Tuzla*[1]	221	349	103	240	92	112
Zenica	204	320	51—71	112—160		
Titograd	173	309	43—61	108—155		
Bitola	234	346	59—82	121—173		
Kumanovo	179	282	45—63	99—141		
Prilep	156	227	39—55	77—111		
Skoplje*[3]	1 136	1 644	284—398	841		
Tetovo	126	196	32—44	69—98		
Titov Veles	110	175	28—39	61—80		
Maribor*[1]	404	546	115	434	37	148
Ljubljana*[4]	871	1 293	610	1100	95	195
Titovo Velenje*[3]	77	126	77	126		
Šoštanj*[3]	17	24	17	24		
Trbovlje*[1]			45	113		
Beograd*[5]	3 704	5 299	1220	3150		
Čačak	186	268	47—66	94—134		
Kragujevac	307	457	76—106	160—229		
Leskovac	198	312	50—69	109—156		
Loznica	57	88	14—20	32—44		
Kruševac	112	156	28—39	55—78		
Niš	515	792	129—180	277—396		
Svetozarevo	131	270	33—46	95—175		
Paraćin	98	161	25—34	56—81		
Čuprija	48	129	17—24	45—65		
Šabac	188	278	47—66	97—139		
T. Užice	173	157	43—60	55—79		
Sr. Mitrovica	172	252	43—60	88—126		
Zrenjanin*[1]	272	362	84	198	169	210
Kikinda	160	94	40—56	33—47		
N. Sad*[5]	700	995	231	597		
Pančevo	232	336	58—81	118—148		
Sombor	191	253	38—67	89—127		
Subotica*[1]	401	526	150	335	21	32
Titova Mitrovica	164	276	41—57	97—178		
Peć	127	228	32—44	80—114		
Prizren	158	270	40—55	95—135		
Priština*[1]	290	495	80	270		

*[1] Snaga CTS dobivena anketiranjem
*[2] Snaga CTS rezultat je studije izradene u IE
*[3] Snaga COS određena na osnovi podataka u /L 14/
*[4] Stupanj centraliziranosti pretpostavljen je 70% u 85., a 85% u 2000. god.
*[5] Analogno Zagrebu, pretpostavljen je stupanj centr. 33% 85., a 2000. god.

PROCJENA PROTUTLAČNE ELEKTRIČNE SNAGE GRADOVA SFRJ

Tablica 5.

Grad	Snaga centraliziranog ogrjevnog sistema pokrivena iz jed. spojnog procesa		Snaga centraliziranog tehnol. sistema pokrivena iz jed. spojnog procesa		Ukupna toplinska snaga		Procjena električne protutlačne snage	
	1985.	2000.	1985.	2000.	1985.	2000.	1985.	2000.
Bjelovar	12—18	28—40	13—16	30—37	25—34	58—77	7—11	18—24
Dubrovnik	12—16	22—32	4—5	8—10	16—21	30—42	5—7	10—14
Karlovac	51,5	115	19,5	54	71	169	24	68
Osijek	73,5	113	29,4	49,8	103	162,8	68	60
Pula	22—31	44—63	6—7	11—14	28—38	54—77	10—13	19—27
Rijeka	64	116	141—169	265—330	205—233	381—446	58—65	121—135
Sisak	20—27,5	40,5—58	125—150	263—329	145—177,5	303,5—387	38—47	80—101
Sl. Brod	93	180	11	23	104	203	42	100
Sl. Požega	11,5—16	24,5—35	9,6—11,4	21—26,4	21,1—27,4	45,5—61,4	7—9	14—20
Split	56—78	120—167	9,6—11,6	18,6—22,8	65,6—89,4	136,6—189,8	23—31	56—93
Šibenik	13,5—19	34—48,5	14,4—17,4	32,4—40,8	27,9—36,4	66,4—89,3	9—11	21—28
Varaždin	21,5—40	27,5—67,5	37,2—44,4	74,4—93	58,7—74,4	121,9—160,5	17—22	36—52
Vinkovci	17,5—24	34—49	9,6—11,4	21—26,4	27,1—35,4	55—75,4	9—12	18—25
Vukovar + Borovo	66*[2]	79	47*[3]	69			46	46
Zadar	17,5—24,5	39—55,5	12—14,4	28,2—35,4	29,5—38,9	67,2—90,9	9—13	21—29
Zagreb	420	1060	226	330	468	1390	274	631
B. Luka	90	125	—	—	90	125	33	59
Mostar	17—24	38—54,5	nema pod.	nema pod.			7—10*[4]	16—23 *[4]
Sarajevo	123—170	262—376	,,	,,			58—88*[4]	136—196*[4]
Tuzla	51,5	120	93*[3]	112*[3]	114,5	232	42	85
Zenica	25,5—35,5	56—80	nema pod.	nema pod.			11—15*[4]	24—34*[4]
Titograd	21,5—30,5	43—77,5	,,	,,			9—13*[4]	23—33*[4]
Bitola	29,5—41	60,5—86,5	,,	,,			12—17*[4]	25—36*[4]
Kumanovo	22,5—31,5	49,5—70,5	,,	,,			9—13*[4]	21—30*[4]
Prilep	19,5—27,5	38,5—55,5	,,	,,			8—12*[4]	16—23
Skopje	142—198	407	,,	,,			67—130*[4]	212*[4]
Tetovo	16—22	34,5—49	,,	,,			7—9*[4]	14—21*[4]
Titov Veles	14—19,5	30,5—44	,,	,,			6—8 *[4]	13—18*[4]
Maribor	57,5	217	22,2	88,8	70,7	305,8	27	135
Ljubljana	366*[1]	660*[1]	57	117	423	777	205	372
Titovo Velenje	38,5	63	—	—	38,8	63	14	23
Šoštanj	8,5	12	—	—	8,5	12	3	4
Trbovlje	22,5	56,6	—	—	22,5	56,5	8	21
Beograd	610	1575	nema pod.	nema pod.			56,5	820*[4]
Čačak	23—33	47—67	—	—			8—12*[4]	17—25*[4]
Kragujevac	38—53	80—114,5	—	—			16—22*[4]	34—48*[4]
Leskovac	25—34,5	45,5—78	—	—			10—14*[4]	23—33*[4]
Loznica	7—10	15,5—22	—	—			3—4	7—9*[4]
Kruševac	14—19,5	27,5—39	—	—			6—8*[4]	12—16*[4]
Niš	64,590	138,5—198	—	—			27—38*[4]	58—83*[4]
Svetozarevo	16,5—23	37,5—67,5	—	—			7—10*[4]	20—28*[4]
Paraćin	12,7—17	28—40,5	—	—			5—7*[4]	12—17*[4]
Ćuprija	8,5—12	22,5—32,5	—	—			4—5*[4]	9—14*[4]
Šabac	23,5—33	48,5—69,5	—	—			10—14*[4]	20—29*[4]
T. Užice	21,5—30,5	27,5—39,5	—	—			9.13*[4]	12—17*[4]
Sr. Mitrovica	21,5—30	44—63	—	—			8—11	18—26*[4]
Zrenjanin	42	90	102	126	144	225	41	73
Kikinda	20—28	16,5—23,5	nema pod.	nema pod.			8—12*[4]	7—10*[4]
N. Sad	115	360	—	—			53*[4]	166*[4]
Pančevo	29—40,5	59—84	—	—			17—27*[4]	25—35*[4]
Sombor	24—33,5	44,5—63,5	—	—			10—14*[4]	19—27*[4]
Subotica	75	167,5	13	19	88	186,5	35	84
Titova Mitrovica	20,5—28,5	48,5—69	nema pod.	nema pod.			9—12*[4]	20—29*[4]
Peć	16—22	40—57	—	—			7—9*[4]	17—28*[4]
Prizren	20—27,5	47,5—67,5	—	—			8—12*[4]	20—28*[4]
Priština	40	135	—	—	40	135	15	57
Suma protutlačnih električnih snaga manjih od 50 MW							734—871	815—1 049
Suma protutlačnih električnih snaga većih od 50 MW							1 032—1 105	3 249—3 522
Suma protutlačnih električnih snaga							1 766—1 976	4 064—4 571

*[1] $\alpha = 0{,}85$

*[2] $\alpha = 0{,}66$

*[3] $\alpha = 1$

*[4] bez tehnoloških korisnika

Organizacijom sekcija proizvođača topline u okviru stalne konferencije gradova 1979. god. stvoreni su preduvjeti da se na jednom mjestu prikupljaju osnovni podaci o stanju i razvoju ovog sistema opskrbe. Sigurno je da će zemlja u cjelini, s obzirom na problem energetske opskrbe, u idućem razdoblju pokazati više interesa. Sve to u prvom redu zbog skladnog razvoja i uklapanja ovog sistema opskrbe u opću energetsku politiku zemlje. Tome treba dodati i značenje ovog sistema opskrbe u racionalizaciji korištenja energije, koje ni u kojem slučaju ne treba zanemariti.

4. Procjena toplinskog konzuma u većim gradovima Jugoslavije i mogućnost njegova zadovoljenja proizvodnim jedinicama spojnog procesa

Da bi se došlo do odgovora o mogućoj izgradnji proizvodnih jedinica spojnog procesa za pokrivanje ogrijevnih i tehnoloških potreba, nužno je prethodno doći do podataka o veličinama toplinskog konzuma u svakoj urbanoj sredini koju je opravdano centralizirano opskrbljivati.

Radi utvrđivanja opravdanosti povezivanja toplinskih korisnika u jedinstveni sistem, potrebno je usporediti ukupne troškove različitih načina toplinske opskrbe s obzirom na vrstu izvora za proizvodnju (individualne peći, etažno grijanje, kućne kotlovnice, blokovske kotlovnice i toplane) i sl. s obzirom na vrstu goriva (drvo, ugljen, loživo ulje, zemni i gradski plin, el. energija). Pri tome je potrebno kod svakog od sistema proizvodnje topline uključiti sve troškove do uključivši mjesto predaje topline. Kako su navedeni troškovi, posebice kod indirektnog sistema predaje topline, u funkcijskoj ovisnosti o veličini i međusobnom rasporedu objekata na jedinici površine, to je ukupne troškove nužno iskazati u takvoj ovisnosti.

Pošto se raspolaže navedenim podacima, moguće je, na temelju podataka iz prostornog plana svake urbane sredine, utvrditi područja koja je opravdano centralizirano opskrbljivati. O kakvom se složenom poslu radi, nije potrebno posebno isticati. Za tu svrhu potrebno je izraditi studiju toplinske opskrbe svake urbane sredine.

5. Utvrđivanje snage ogrjevnog konzuma

Stanje toplinskih potreba te njihov razvitak do 2000. god. u pojedinim gradovima Jugoslavije ograničeno je poznat, s obzirom na to da samo manji broj gradova ima izrađene dugoročne energetske studije.

Da bi se došlo do određenih orjentacijskih podataka o stanju i razvitku dijela energetskih potreba za ogrjevne i tehnološke svrhe, korišteni su podaci iz do sada izrađenih studija i objavljenih članaka i anketa. Institut za elektroprivredu organizirao je anketu za utvrđivanje ogrjevnih i tehnoloških potreba za gradove u SFRJ — 30 000 stanova po popisu iz 1971. god. za potrebe izrade studije »Optimalno korištenje energije u urbanim sredinama«. Za gradove koji nisu odgovorili na anketne upitnike, a nisu na bilo koji način objavljivani podaci o njihovim ogrjevnim i tehnološkim potrebama topline, napravljene su procjene koje su temeljne na opće raspoloživim podacima.

Kao osnovni podaci korišteni su statistički podaci o broju stanovnika iz 1948, 1953, 1961. i 1971. god. (L 9), prosječne stambene površine ostvarene po stanovniku u 1971. god. (L 9), te maksimalne proračunske vanjske temperature (L 10).

Prosječna stambena površina po stanovniku u 1985. i 2000. godini rezultat je linearne interpolacije ove veličine između vrijednosti iz 1971. godine (L 9) i vrijednosti od 30 m² po stanovniku u 2050. godini. Naime, pretpostavljeno je da će se 2050. godine međusobno izjednačiti standard stanovanja u gradovima SFRJ i da će 30 m² biti prosječna stambena površina po stanovniku.

Površina zajedničkih sadržaja (škole, trgovine, ugostiteljski objekti, ustanove i slično) pretpostavljeno je da iznosi 25% ukupne stambene površine u 1985. godini, a 30% u 2000. godini.

Prosječno toplinsko opterećenje stambene površine za izgradnju nakon 1985. godine određeno je u skladu s novim JUS propisima (JUS U.J5.510, 1980. godina), pretpostavljajući da će u svim gradovima odnos stanova u individualnoj i višestambenoj gradnji biti 1 : 1. Za stanove građene prije 1985. god. pretpostavljeno je da vrijede dosadašnje vrijednosti prosječnog toplinskog opterećenja stambene površine (L 11).

Koristeći se navedenim podacima, određena je ukupna toplinska snaga stanovanja i zajedničkih sadržaja (tablica 3). Pretpostavljeno je da dodatna snaga potrebna za pripremu potrošne tople vode iznosi u gradovima oko 100 W po stanovniku (utvrđeno na osnovi podataka iz /L 12/).

6. Utvrđivanje snage tehnološkog konzuma

Toplinska snaga i energija, te karakteristike tehnoloških korisnika topline definirane su potrebama svakog korisnika. Zato se radi određivanja ovih veličina ne mogu koristiti neka opća pravila, kakva su npr. korištena za određivanje ogrjevnog konzuma. Primjena određenih pokazatelja koji povezuju vrstu i intenzitet industrijske proizvodnje s potrebama energije moguće je pak iskoristiti, ali je u tu svrhu nužno raspolagati dugoročnim programima razvoja industrije u svakoj urbanoj sredini.

U okviru izrade studije (L 13) pokušalo se doći do određenih spoznaja o tehnološkim potrebama u gradovima Jugoslavije. Na žalost, samo za jedan

manji broj gradova uspjelo se doći do određenih podataka koji su dani u tablici 4.

7. Ocjena mogućnosti izgradnje proizvodnih jedinica spojnog procesa u SFRJ do 2000. godine

Ako se pak želi doći do određene globalne veličine o udjelu centralizirane toplinske opskrbe (CTO) u ukupnoj toplinskoj opskrbi, moguće je uz pomoć iskustvenih podataka, dobivenih pri izradi studija o toplinskoj opskrbi urbanih sredina u našoj zemlji, procijeniti navedene udjele. Koristeći se rezultatima studija toplinske opskrbe izrađenih u Institutu za elektroprivredu, može se uzeti da će u uvjetima organizirane usmjerene toplinske opskrbe udio CTO u ukupnoj toplinskoj opskrbi iznositi:

— za gradove bez duge tradicije u korištenju CTO
  u razdoblju 1985—1990. 25—35%
  a do 2000. 35—50%
— za gradove s dužom tradicijom
  u razdoblju 1985—1990. 30—70%
  u razdoblju do 2000. 50—85%.

Kod tehnoloških toplinskih korisnika uvjeti za povezivanje u centralizirani toplinski sistem (CTS) u pravilu su povoljniji jer se tehnološki korisnici najčešće nalaze u industrijskim zonama s velikom koncentracijom toplinskog konzuma na jedinici površine. Uz pretpostavku organizirane opskrbe i usmjeravanje korisnika na optimalan sistem može se očekivati da bi udio CTO (voda, para) u ukupnoj toplinskoj potrebi (industriji) iznosio:

— u 1985. god. 50—60%
— u 2000. god. 60—75%.

Uvaže li se navedene pretpostavke o razvitku toplinskog konzuma i njegovu usmjeravanju, tada bi nivo konzuma u okviru CTS mogao iznositi kao što je prikazano u tablici 4.

Treba napomenuti da podaci za industrijski toplinski konzum nisu potpuni (za jedan veliki broj gradova nije se raspolagalo podlogama).

Pokrivanje toplinskog konzuma u CTS, bilo ogrjevnom i/ili tehnološkom, nije opravdano provoditi samo proizvodnim jedinicama spojnog procesa. Analize govore da je udio spojnog procesa u ukupnoj snazi (α_T) optimalan za ogrjevni sistem ako mu je vrijednost $\alpha_T = 0{,}5$. Kod tehnoloških korisnika, odnosno konzuma vrijednost α_T obično je nešto veća jer je povoljniji dijagram trajanja toplinskog opterećenja: $\alpha_T \leq 0{,}6$. Pretpostave li se navedene vrijednosti α_T ($\alpha_T = 0{,}5$ za ogrjevni sistem i $\alpha_T = 0{,}6$ za tehnološki sistem), moguće je uz korištenje podataka iz tablice 4. utvrditi snagu toplinskog konzuma u ogrjevnom i tehnološkom toplinskom sistemu koja dolazi u obzir za pokrivanje iz proizvodnih jedinica spojnog procesa (rezultati su dani u tablici 5).

Moguća protutlačna snaga proizvodnih jedinica spojnog procesa za toplinske konzume utvrđene u tablici 5. može se utvrditi ako se pretpostave specifične proizvodnje električne energije za proizvodnju oduzete topline. Te vrijednosti ovise o termodinamičkim parametrima svježe pare na ulazu u turbinu i stanju na oduzimanjima pare iz turbine. Uputno je pretpostaviti za manje snage ogrjevnog toplinskog konzuma manje jedinice (bez međupregrijavanja) i s time i manje vrijednosti specifične proizvodnje električne energije, a za veće toplinske snage i veće vrijednosti specifične proizvodnje električne energije:

$$\begin{aligned} Q &< 63 \text{ MW}, & n &= 0{,}369 \\ 63 \text{ MW} \leq Q &< 113 \text{ MW}, & n &= 0{,}420 \\ 113 \text{ MW} \leq Q &< 163 \text{ MW}, & n &= 0{,}472 \\ 163 \text{ MW} &\leq Q, & n &= 0{,}520 \end{aligned}$$

Za tehnološki toplinski konzum pretpostavljeno je da je $n = 0{,}200 \div 0{,}250$.

Korištenjem navedenih vrijednosti za specifičnu proizvodnju električne energije i podataka o toplinskim snagama CTS koje uvjetno ima smisla pokrivati proizvodnim jedinicama spojnog procesa danima u tablici 4, dolazi se do vrijednosti protutlačnih snaga koje se mogu izgraditi za promatrani konzum (tablica 5).

Ako se prema (L 13) uzme da je donja granična vrijednost snage spojnog procesa koju je opravdano graditi 50 MW, tada se prema rezultatima iz tablice 5. može ustanoviti da je u Jugoslaviji opravdano instalirati do 1985. god. između 1 032 i 1 105 MW (ova snaga se odnosi na protutlačni pogon) te 3 249 do 3 522 MW u 2000. god. Treba napomenuti da su navedene vrijednosti dobivene s nepotpunim podacima o tehnološkim konzumima, pa je uputno navedene vrijednosti uzeti kao donju vrijednost.

Uza sve ograde koje su navedene u postupku utvrđivanja moguće (opravdane) instalirane snage proizvodnih jedinica spojnog procesa, treba istaći da se dobivene vrijednosti mogu smatrati dovoljno pouzdanima za globalna razmatranja. Svakako da je za donošenje određenih odluka u konkretnoj urbanoj sredini nužno napraviti detaljnije analize, kao što je to izlagano u prethodnim poglavljima.

Literatura:

[1] CHP — 1978. god. — World Energy Conference Hoc comittee on Combined Heat and Power Production and D. H.
[2] Ralf Rudolph: D. H. in Market of space Heating, IEA, Berlin, 1981.
[3] H. P. Winkens: D. H. in Western Europe and its development, IEA, Berlin 1981.
[4] D. H. in Sweden
[5] E. Brönd, H J. Mülhäuser, Z. Stanley Stys: Some Aspects of D. H. based on the present Situation in Denmark, American Power Conference, Chichago, 1979.
[6] Facts about Danish D. H.

[7] H. Mühlhäuser: Steam Turbine in conventional Combined D. H. and Power Station, BBC

[8] M. Olszewski, M. A. Karnitz: New Directions for D. H. in USA, IEA, Berlin, 1981.

[9] Popis stanovništva i stanova 1971., Stanovništvo, Knjiga VII, Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1973.

[10] Popis stanovništva i stanova, 1971., Stanovi, Knjiga VII, Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1973.

[11] M. Radonić: Grejanje i vetrenje, 4. dopunjeno izdanje, Građevinska knjiga, Beograd, 1972.

[12] Z. Komerički: Karakteristike potrošnje energije kod malih potrošača, Institut za elektroprivredu — Zagreb, 1975.

[13] D. Čorak s grupom autora: Optimalno korištenje energije u urbanim sredinama, Institut za elektroprivredu — Zagreb, 1981.

[14] Zbornik radova »Interklima — Urbanex«, Zagreb 1977.

KEY WORDS:

CENTRALISED HEATING SYSTEM, TERMAL POWER PLAIT HEATING DEMAND, TECHNOLOGICAL DEMAND, HEATING IN YUGOSLAVIA

TENDENCY OF CENTRALISED HEATING SYSTEM WITH COMBINED PROCESS UNITS DEVELOPMENT IN THE WORKD AND IN YUGOSLAVIA

In the article are described basic characteristics of centralised heating system with combined generation of heating and electricity, as well as tendency of centralised heating system development in the world and in Yugoslavia. On the base of heating and technological data of greater towns in Yugoslavia, it is estimated a construction of combined process units till the 200 year.

ENTWICKLUNGSTENDENZEN IN ZENTRALEN WÄRMEVERSOROUNGSSYSTEMEN MIT VERBUNDEINHEITEN IN DER WELT UND IM INLAND

Beschrieben werden gurndlegende Eigenschaften von zentralisierten Wärmeversorgungsanlagen im Kraft-und Wärmeverbund und deren Entwicklungstendenzen im Aus-und Inland. Anhand von Prognosen des Wärmeverbrauchs für Haushalt und Industrie in grösseren Orten Jugoslawiens werden die Errichtungsmöglichkeiten solcher Verbundanlagen bis zum Jahre 2000 geschätzt.

ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЕДИНИЦ СОВМЕСТНОГО ПРОЦЕССА В МИРЕ И СФРЮ

Описаны основные качества централизованного теплоснабжения в условиях совместной выработки тепловой и электроэнергии, а также тенденции развития теплоснабжения из централизованной системы в мире и СФР Югославии. На основами прогноза отопительного и технологического теплового потребления больших городов СФРЮ оценивается возможность сооружения производственных единиц совместного процесса на период до 2000 года.

Naslov pisca:

dr Duško Čorak, dipl. ing
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
11. 05. 1982.

Energija God. 31 (1982) br. 9—10, 337—345

PRILOG UPOZNAVANJU POTENCIJALNIH PARTNERA ZA REALIZACIJU BUDUĆIH NUKLEARNIH ELEKTRANA

(I dio)

Dr Josip Lakota, Zagreb

UDK 621.039,621.311.25
PREGLEDNI RAD

U članku se prezentiraju elementi koji bi trebali utjecati na izbor stranog (stranih) partnera za realizaciju budućih nuklearnih elektrana. Zatim se daje uvid u mogućnosti i dosadašnje realizacije nekih potencijalnih partnera, s naglaskom na reaktorskom dijelu nuklearne elektrane.

Ključne riječi: nuklearne elektrane, reaktorski dio, selekcija

1. PRISTUP IZBORU

Do kraja stoljeća trebao bi u našoj zemlji ući u pogon veći broj nuklearnih elektrana. Potrebe i mogućnosti različito se procjenjuju, u rasponu od 6 000 MW_e ili manje, pa sve do 12 000 MW_e u SFRJ do 2000. god.

Osnovni elementi pristupa razvoju nuklearne energetike u našoj zemlji utvrđeni su »Dogovorom o osnovama dugoročnog plana Jugoslavije za razvoj i primjenu nuklearne energije u energetici do 2000. godine«, čiji su potpisnici sve socijalističke republike i autonomne pokrajine (L 1). U tom dogovoru razrađen je osnovni cilj politike razvoja u primjeni nuklearne energije u nas, što ga je Predsjedništvo SFRJ utvrdilo kao »samostalno angažiranje da potpunim iskorištavanjem i objedinjavanjem svih vlastitih mogućnosti i udruživanjem s dostignućima i potencijalima nekih nesvrstanih i drugih zemalja, nezavisno od monopolističkog položaja velikih sila, razvijamo nuklearnu tehnologiju i da se osposobimo za samostalan razvoj na ovom području« (L 2).

U stručnim krugovima prevladava uvjerenje da bi daljnja izgradnja nuklearnih elektrana u zemlji trebala počivati na seriji jedinica istog tipa, iste snage i jedinstvenog nosioca tehnologije. Drugačiji pristup bio bi znatno skuplji, a s gledišta nuklearne sigurnosti znatno riskantniji. On bi zahtijevao veća ulaganja na svim razinama i pitanje je da li je uopće ostvariv s našim skromnim kadrovskim potencijalom na ovom području, kao i s obzirom na kratko vrijeme koje je na raspolaganju.

Radi postupnog smanjivanja ovisnosti o stranim isporukama i zbog devizne platne bilance zemlje, nužno je ići na sve veće domaće učešće u proizvodnji opreme za nuklearne elektrane, u projektiranju ovakvih postrojenja itd. Nužno je i da se domaći udio racionalno odredi i rasporedi na osnovi dugoročnih razvojnih ciljeva zemlje, ekonomskih faktora, zahtjeva na kvalitetu i nuklearnu sigurnost, a također je nužno da se postrojenja realiziraju u određenim rokovima. Da bi se omogućilo postupno povećanje domaćeg udjela, treba stvoriti odgovarajuću infrastrukturu: (1) za proizvodnju brižno odabrane opreme (2) za projektiranje i inženjering, (3) za efikasnu izgradnju te sigurnu i ekonomičnu eksploataciju nuklearnih elektrana, (4) za najnužnije djelatnosti u području goriva i gorivog ciklusa, (5) za odgovarajuću industrijsku osnovu za repromaterijal, (6) za istraživačko-razvojni rad.

Izborom pogodnog stranog (ili stranih) partnera* treba stvoriti što povoljniju polaznu osnovu za rješavanje nabrojenih problema, za rješavanje problema opskrbe nuklearnih goriva, kao i rješavanje problema deficitarnih usluga iz područja gorivog ciklusa, te problema vezanih za ulazak u one tehnologije bez kojih se još danas može, ali koje su nužne za rješavanje energetskog problema zemlje na dulje razdoblje (postreaktorski dio gorivog ciklusa; novi reaktorski koncepti; druge energetske alternative). Potrebno se vezati s iskusnim, stabilnim, pouzdanim i u dalekosežnoj mjeri nezavisnim stranim partnerom (partnerima) s kojima će, na osnovi prihvatljivih političkih, komercijalnih i drugih uvjeta te njegovih što bogatijih iskustava u izvozu ovakvih postrojenja i transferu tehnologije biti moguća dobra suradnja na relevantnim područjima. Posljednjih godina obavljen je, na raznim razinama, velik broj kontakata s inozemnim isporučiocima nuklearnih elektrana. Neki od isporučilaca prezentirali su više ili manje cjelovite prijedloge o

* Pod eventualnim većim brojem stranih partnera ovdje se i dalje ne misli na partnere za razne tipove reaktora, već na manji broj partnera pomoću kojih se pogodno rješavaju ključni problemi isporuka i kooperacije za čitav kompleks nuklearnih elektrana jednog tipa, uključujući nuklearno gorivo, gorivi ciklus i klasični dio elektrane, a koji svi ne moraju biti iz iste zemlje.

suradnji. Sve je to znatno pridonijelo upoznavanju rješenja koja se nude, kao i mogućnosti pojedinih potencijalnih partnera, a dijelom i uvjeta za moguću suradnju. Dobivene informacije, međutim, nemaju karakter obaveznih komercijalno-tehničkih ponuda, već su više informativnog karaktera. One i nisu dobivene u uvjetima stroge konkurencije.

Izbor partnera povezan je s opredjeljenjem na tip reaktora. Da bi se postigli što povoljniji uvjeti i stvorila osnova za sklapanje ugovora, nužno je izbor partnera i tipa reaktora obaviti u uvjetima konkurencije. To je ostvarivo jedino putem raspisivanja odgovarajućeg natječaja. Tako i Dogovor (L 1) predviđa da će izbor stranog partnera i tipa reaktora izvrši na osnovi raspisa natječaja i obaveznih tehničko-komercijalnih ponuda, to jest u strogoj konkurenciji kandidata koji pružaju bolje uvjete za zadovoljenje spomenutih zahtjeva. Nužno je da oni nude pouzdane i sigurne reaktore pogodnih ekonomskih i tehničkih performansi, što ekonomičnije po potrošku urana danas i u budućnosti, i sa što boljim izgledima za dugoročnije rješavanje energetskih problema, s obzirom na naše ograničene ekonomske i industrijske potencijale.

2. POŽELJNA SVOJSTVA PARTNERA

Izbor partnera s kojim (ili s kojima) bi trebalo ići u realizaciju većeg broja nuklearnih elektrana, postupno ostvarivanje određene samostalnosti na području nuklearne energetike i dugoročnije rješavanje problema na tom području kompleksan je pothvat koji prelazi uobičajene konvencionalne aranžmane. On očito zahtijeva znatno veću pažnju nego kad je u pitanju jedan jedini objekt. Potrebno je uvažiti niz faktora, od kojih neki kod pojedinačnog objekta i ne dolaze u prvi plan.

Prvi korak u ocjeni pogodnosti partnera trebao bi biti da se što jasnije odredi (dogovori) što od njega očekujemo, odnosno čemu bi on trebao u što većoj mjeri udovoljiti.

Dogovor socijalističkih republika i autonomnih pokrajina (L1) polazi od pretpostavke da program razvoja nuklearne energetike treba realizirati u zajednici s inozemnim partnerom koji je spreman da ravnopravnom suradnjom osigura prenošenje potrebnih znanja i iskustava (L 2). Dogovor utvrđuje da je dugoročno osiguranje potrebnih količina urana jedan od bitnih uvjeta za donošenje odluka o izgradnji nuklearnih elektrana.

Uzevši u obzir postavke iz Dogovora, kao i neke druge bitne elemente, ocjenjuje se, u ovoj fazi spoznaja, da bi prednost trebalo dati partneru iz one države koja u najvećoj mjeri zadovoljava ove zahtjeve*:

— sama je nezavisna u dotičnom području, to jest u najvećoj je mjeri ovladala tehnikama i tehnologijama vezanim za tip nuklearne elektrane koji nudi:

  a) proizvodnjom opreme, projektiranjem, izgradnjom i eksploatacijom tih elektrana (naglasak je na reaktorskom dijelu, a značajan je i konvencionalni dio, turbina i generator prvenstveno; odluke uz ovaj dio mogu se, međutim, donositi i nevezano uz reaktorski dio);
  b) gorivim ciklusom (naglasak je na kritičnim, tehnološki teško dostupnim fazama, ili na tržištu usluga deficitarnim fazama; obogaćenje urana ili teške vode; prerada ozračenog goriva, izrada goriva iz miješanih oksida, obrada visokoaktivnog otpada)
— može osigurati dobavu deficitarnog urana (goriva) iz vlastitih ili osiguranih rezervi urana
— može osigurati na tržištu deficitarne usluge gorivog ciklusa
— ne nameće neprihvatljive političke uvjete i ograničenja na izvoz opreme, goriva i tehnologija
— posjeduje iskustvo u široj međunarodnoj suradnji ovakvog tipa, kao i organizaciju koja će omogućiti uspješnu suradnju; ima povoljne uvjete za uspješnu suradnju u Jugoslaviji
— pruža uvjete za visok stupanj učešća jugoslavenskih organizacija u realizaciji sljedećih nuklearnih elektrana i postrojenja gorivog ciklusa, kao i uključivanje u usvajanje ekonomičnijih reaktora i gorivog ciklusa iduće generacije
— predstavlja stabilnog i pouzdanog partnera
— nudi reaktor za koji se mogu naći isporučioci goriva, kritičnih usluga i materijala i u drugim zemljama; nudi povoljne mogućnosti za suradnju na trećim tržištima
— nudi opremu, usluge, tehnologiju itd. pod prihvatljivim komercijalnim uvjetima i uvjetima financiranja.

Za izbor partnera posebno je značajno i pitanje naše međusobne robne razmjene, kao i bilateralnih odnosa uopće.

Spomenuti Dogovor predviđa jedinstven postupak za prikupljanje tehničkih, tehnoloških, komercijalnih, financijskih i drugih podataka i uvjeta od inozemnih organizacija, vlada i institucija. U njemu je predviđeno da se sam postupak regulira zasebnim društvenim dogovorom, kojim treba da se također utvrde i elementi za donošenje odluke.

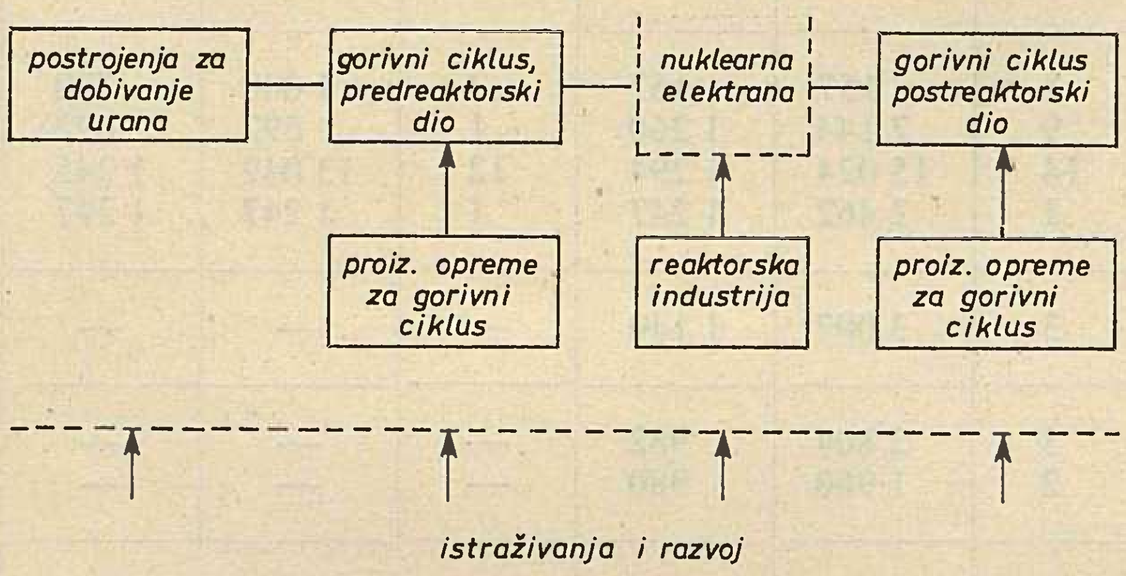
3. OSNOVNI ELEMENTI NUKLEARNE INDUSTRIJE

Civilna nuklearna industrija koncentrirana je na jedan cilj — proizvodnju električne energije. U budućnosti sve veću ulogu igrat će i proizvodnja toplinske energije. Premda se ova industrija u de-

* Redoslijed zahtjeva ne odgovara bezuvjetno i redoslijedu težine pojedinog zahtjeva.

taljima razlikuje ovisno o tipu reaktora i gorivog ciklusa, općenito je korisno uočiti da se radi o pet osnovnih dijelova:

— postrojenju za dobivanje urana
— postrojenju gorivog ciklusa (prednji ili predreaktorski, i stražnji ili postreaktorski dio)
— reaktorskoj industriji
— proizvodnji opreme za postrojenja gorivog ciklusa
— istraživanju i razvoju, vezanima za sve prethodne dijelove. Ona su bitna kako za poboljšanja postojećih reaktorskih konstrukcija i gorivog ciklusa, tako i za razvoj budućih tehnologija.



Sl. 1. Osnovni elementi civilne nuklearne industrije

Slika 1. pojednostavljeno prikazuje odnose među ovim dijelovima. Nisu prikazane moguće petlje, od kojih je najvažnija ona kojom se fisioni materijali izdvojeni nakon prerade ozračenog goriva (reprocesinga) vraćaju u predreaktorski dio gorivog ciklusa.

4. OPĆE MOGUĆNOSTI NABAVKE NUKLEARNE OPREME I TEHNOLOGIJA

Većih prepreka ne bi trebalo biti kod nabave opreme i proizvodnih tehnologija za proizvodnju opreme za reaktorsko postrojenje reaktora sadašnje generacije, a također niti kod nabave opreme i proizvodnih tehnologija za proizvodnju goriva na osnovi prirodnog ili slabo obogaćenog urana. Slična je situacija i kod proizvodnje teške vode, odlaganja radioaktivnog otpada, kao i eventualnih vanjskih skladišta za odlaganje ozračenog goriva.

Problemi postoje s tzv. senzitivnim fazama gorivog ciklusa (obogaćenje urana, reprocesing i refabrikacija). Nabava ovih postrojenja i tehnologije danas je općenito nemoguća. Izuzetak bi mogao biti proliferaciono rezistentan postupak kemijskog obogaćenja urana, koji je danas dosegao razinu izgradnje pilotnih postrojenja. Za dugoročnije osamostaljenje i u području ovih senzitivnih faza jedini izlaz je vlastiti razvoj. On bi, vjerojatno, bio nešto lakši kod povezivanja s cjelokupnim nuklearnim energetskim programom na zemlju koja je u posjedu odgovarajućih tehnologija i industrijskog iskustva s tim tehnologijama.

5. PROIZVOĐAČI I TIPOVI REAKTORA

Slijedi opći uvid u realizacije reaktora (reaktori u pogonu, izgradnji ili naručeni) u nuklearnim elektranama za sve zemlje i proizvođače danas osvjedočenih lakovodnih (PWR i BWR) reaktora te teškovodnih (PHWR) reaktora. Svrha je da se sagleda pozicija užeg broja zemalja, odnosno isporučilaca koji se nameću u prvi plan.

Tablica 1. daje pregled ovih realizacija. Vidljive su realizacije u vlastitoj zemlji i izvozu. Za SSSR tu su i podaci o kanalnim reaktorima hlađenim vodom, modernim grafitom (LWGR — sovjetska oznaka RBMK). Oni imaju visok udio po instaliranoj snazi u sovjetskoj nuklearnoj energetici, ali se ne predviđaju za izvoz.

Nisu uključeni plinom hlađeni grafitom moderirani reaktori. Značajne realizacije s ovim reaktorima, ali isključivo u vlastitoj zemlji, ima Velika Britanija. Kako se oni ne nude za izvoz i ne dolaze u obzir za realizacije u inozemstvu, neće se dalje razmatrati.

Što se tiče izvora tehnologije, na vlastitom razvoju počiva proizvodnja reaktora kod ovih proizvođača:

PWR: Westighouse (W), Babcock & Wilcox (B&W), Combustion Engineering (CE), SSSR
PHWR: AECL (Atomic Energy of Canada Limited), KWU (Kraftwerkunion)
BWR: General Electric (GE), ASEA ATOM.

Na W licenci (koja uskoro ističe) počiva proizvodnja PWR-a Framatom; iz iste licence potekla je proizvodnja PWR-a KWU (licenca istekla). I KWU i Faramatom mogu se danas smatrati samostalnim, i s obzirom na tehnološku nezavisnost za PWR u komparabilnoj poziciji.

Na licencama američkih proizvođača (GE W i B&W) zasnovana je, osim francuske i zapadnonjemačke, također i japanska, talijanska, belgijska i švicarska industrija PWR ili BWR reaktora.

Izvoznih realizacija ni iskustava u transferu tehnologije nemaju japanska, talijanska i švicarska reaktorska industrija. Combustion Enginering iz SAD također nema realizaciju nuklearnih elektrana u inozemstvu, a B&W (koji je i inače danas u vrlo teškoj situaciji) samo indirektno (preko BBR). Manjeg su značenja također i belgijski ACEC i zapadnonjemački BBR.

Svi značajniji zapadni izvoznici PWR-a osvojili su jedinice najvećih snaga, tj. one iznad 1 000 MW_e. Neki su te najveće jedinice plasirali i u izvoz. Sovjetski Savez pustio je u pogon PWR jedinicu 1 000 MW_e; takva je jedinica u izgradnji i u Bugarskoj.

Reaktor tipa BWR, po svim bitnim tehničkim i ekonomskim elementima, ne pruža neke prednosti u odnosu prema reaktoru tipa PWR. BWR je u komparabilnoj poziciji s PWR u pogledu ekonomije

Proizvođači lakovodnih i teškovodnih reaktora. Reaktori u pogonu, izgradnji i narudžbi.
Stanje polovicom 1979, osim podataka za PHWR (KWU i AECL) za koje je dano sadašnje stanje. Tablica 1

Zemlja	Tvrtka	Tip reaktora	U vlastitoj zemlji			Izvoz		
			broj reaktora	snaga (MWe neto)	snaga najveć. jedin. (MWe)	broj reaktora	snaga (MWe neto)	snaga najveće jedin. (MWe)
SAD	General Electric	BWR	68	65 719	1 269	22	13 300	1 056
	Westinghouse	PWR	77	75 280	1 250	32	22 661	1 120
	Bacock & Wilcox	PWR	23	22 392	1 260	—	—	—
	Combustion Engineering	PWR	32	35 571	1 285	—	—	—
	Allis Chalmers	BWR	1	50	50	—	—	—
SSSR		PWR	26	18 745	1 000	31	12 680	440
		BWR	1	50	50	—	—	—
		LWGR	30	20 948	1 500	—	—	—
SR Njemačka	KWU	PHWR	2	157	157	2	1 040	700
		BWR	9	7 144	1 260	1	692	692
		PWR	14	15 024	1 294	12	13 042	1 245
	BBR (Bazcock-Brown Bov. R.)	PWR	2	2 462	1 247	1	1 247	1 247
Švicarska	BBC-Baden	BWR	3	3 007	1 140	—	—	—
Italija	AMN	BWR	3	2 804	982	—	—	—
	EI	PWR	2	1 960	980	—	—	—
Švedska	ASEA-ATOM	BWR	9	6 840	1 060	2	1 320	660
Francuska	Framatome	PWR	37	36 405	1 285	4	3 644	922
Belgija	ACEC	PWR	5	3 650	1 000	1	200	200
Japan	Toshiba	BWR	7	5 565	1 100	—	—	—
	Hitachi	BWR	3	2 300	1 100	—	—	—
	Mitsubishi	PWR	8	5 060	890	—	—	—
Kanada	AECL	PHWR	25	15 381	881	6	2 360	629

(investicije, cijena kWh), u pogledu potroška urana i neophodnih faza gorivnog ciklusa, kao i u pogledu nuklearne sigurnosti. Slična je situacija i u pogledu mogućnosti usvajanja proizvodnje opreme. U pogledu dugoročnih izgleda (to jest mogućnosti da se na dulji rok istim reaktorskim konceptom rješavaju energetski problemi uz manji potrošak urana) prije je PWR u prednosti (koncepti visokih konvertora na osnovi PWR). Pogonski rezultati, gledajući svjetske prosjeke, kod BWR su nešto slabiji nego kod PWR. Pogotovo su dosadašnji rezultati nekih BWR proizvoda znatno slabiji (zapadnonjemački BWR); s druge strane ASEA-ATOM (Švedska) ima dobre pogonske rezultate sa svojim BWR reaktorima. Udio BWR-reaktora općenito je u opadanju. Po mogućnostima opskrbe gorivom te kompletnosti ponude (uključujući i gorivi ciklus i rad na novim tehnologijama) potencijalni partneri za BWR su ili u komparabilnoj poziciji (GE odnosno SAD npr.), ili u slabijoj poziciji od onih za PWR (ASEA-ATOM odnosno Švedska npr.). U našoj prvoj nuklearnoj elektrani u pogonu je reaktor tipa PWR. Uloženi su desetogodišnji napori da se upozna problematika tipa PWR. Reaktori tipa BWR u svom osnovnom konceptu, ponašanju u normalnim i posebnim situacijama znatno se razlikuju od PWR. Razlika je tu veća nego između PWR i teškovodnog Candu reaktora. Uzevši sve ovo u obzir, autor ovog članka ne vidi razloge koji bi opravdavali usvajanje BWR kao osnove za daljnju izgradnju nuklearnih elektrana u zemlji. Nasuprot tome teškovodni Candu-reaktor posjeduje u odnosu prema PWR neke značajne prednosti (manji potrošak urana i povoljne dugoročne izglede, te lakše usvajanje proizvodnje reaktora i goriva) koje nalažu da se ozbiljnije razmotri. No on ima i nekih nedostataka. Vidi L 3.

Zapadnonjemački teškovodni reaktor (teškovodni reaktor s tlačnom posudom), sveukupno gledano, predstavlja manje povoljnu soluciju od teškovodnog Candu-reaktora (teškovodni reaktor s tlačnim cijevima), vidi L 3. Njega je akceptirala Argentina. U SR Njemačkoj on se ne predviđa i smatra se ekonomski nepovoljnom solucijom.

Ako se prihvati da prvenstvo treba dati tehnološki samostalnim isporučiocima, koji uz to posjeduju znatnije iskustvo s izvoznim realizacijama, te ako se ograničimo na tipove PWR te teškovodni Candu, proizlazi da kao potencijalni partneri na strani reaktora u prvi plan dolaze (abecednim redom): AECL, Framatom, Kraftwerkunion, SSSR te Westinghouse. Pripadne zemlje su (abecednim redom): Francuska, Kanada, SAD, Savezna Republika Njemačka te SSSR. To su ujedno i zemlje koje su, po sveukupnosti svojih mogućnosti u području nuklearne energetike, najkompletnije i dosad najuspješnije na internacionalnom tržištu.

Temeljeći se na izloženoj logici razmišljanja, u prvi plan daljnje obrade u ovom članku stavljaju se ispred nabrojene zemlje odnosno isporučioci za reaktorski dio, te reaktori tipa PWR i teškovodni Candu reaktor. No to ne predstavlja i neko predodređivanje u bilo kojem smislu. Kako je već rečeno, materija vezana s ulaskom u natječaj i kriteriji poziva na ponude treba da se preciziraju posebnim društvenim dogovorom.

6. PROIZVODNI KAPACITETI I NJIHOVO KORIŠTENJE

Tablica 2. daje podatke o proizvodnim kapacitetima (GW_e/god.), kao i podatke o njihovu prosječnom godišnjem korištenju u razdoblju 1970—1979. prema L 4. Uočljivo je relativno nisko korištenje ovih kapaciteta. Današnje korištenje proizvodnih kapaciteta u Francuskoj je potpuno.

Tablica 2. Podaci o proizvodnim kapacitetima i približni podaci o njihovom prosječnom iskorištenju u razdoblju 1970—1979.

	Proizvodni kapacitet	Domaće narudžbe, period 1970—1979.*	Izvoz u periodu 1970—79.*	Prosječno godišnje iskorištenje proizvodnih kapaciteta
	GWe/god.	GWe/god.	GWe/god.	%
Francuska	7	3,4	0,6	57**
Kanada	3	1	0,2	40
SAD	25—30	12	3,2	55
SR Njemačka	6—8	1,6	0,8	35
SSSR				
Švedska	1—2	0,5	0,1	40

* Uključene su sve narudžbe, od kojih se neke i neće realizirati.
** Današnje korištenje kapaciteta u Francuskoj iznosi 100%.

U vezi s povoljnom klimom za nuklearnu energetiku u ranim 1970-im godinama, kao i radi postignuća konkurentnih cijena na svjetskom tržištu, pojedini proizvođači razvili su relativno visoke proizvodne kapacitete koji nadmašuju domaće potrebe i tjeraju na izvoz, pogotovo u uvjetima sporije izgradnje na domaćem planu nego što je planirano. S obzirom na stanje narudžbi te situaciju u vlastitoj zemlji i izvozu, sljedeće godine mogle bi biti kritične za neke isporučioce. Ako ne dobiju znatnije narudžbe u zemlji i inozemstvu, njihova reaktorska industrija mogla bi biti ozbiljno ugrožena (L 4).

O potrebi relativno visokih proizvodnih kapaciteta za postizavanje konkurentnih cijena treba svakako voditi brigu pri izboru opreme koju bi trebala usvojiti domaća industrija. Teškovodni kanadski reaktor Candu jest, ako se razmatra proizvodnja kompletnog reaktora, pogodniji za manje industrije od PWR-a. Odnosno, njegova proizvodnja može se lakše integrirati u postojeće industrijske kapacitete.

7. IZGRADNJA U POJEDINIM ZEMLJAMA

S velikom odlučnošću i veoma uspješno odvija se program realizacije nuklearnih elektrana u Francuskoj i SSSR-u. Francuska ima trenutno najintenzivniji program izgradnje nuklearnih elektrana u svijetu i on se vrlo uspješno ostvaruje. U obje ove zemlje reaktori se kontinuirano grade i dalje ugovaraju, a gorivni ciklus razvija se uspješno, kako u predreaktorskom, tako i postreaktorskom dijelu. Postoji relativno slaba opozicija ovom razvoju. Također, u obje ove zemlje provodi se uspješno program razvoja brzih oplodnih reaktora.

Situacija u SAD i SRNJ je drugačija. De facto, moratorij u ugovaranju reaktora trajao je u tim zemljama veći broj godina. Reaktorska industrija u tim zemljama slabo je zaposlena i nalazi se, dijelom, na granici podnošljive nezaposlenosti. U pogledu daljnjeg razvoja gorivog ciklusa postoje u SRNJ znatne nesigurnosti i dileme. Slična situacija donedavno je vladala i u SAD, kako u području gorivog ciklusa, tako i u području razvoja novih reaktora.

Kanada je negdje između tih dvaju ekstrema. Nuklearne elektrane grade se s intenzitetom koji je manji nego što je predviđeno.

Tablica 3. daje uvid u nuklearne elektrane u pogonu. Uključeno je 8 zemalja s najvećom snagom u pogonu, te podatak za svijet ukupno (23 zemlje).

Tablica 3. Nuklearne elektrane u pogonu, stanje 31. XII 1981. (L5)

	Ukupna snaga (GWe)	Broj jedinica	Proizvodnja u 1981. (1980) (TWh)
SAD	59,9	75	289 (265)
Francuska	22,5	30	105 (61)
Japan	17,3	25	84 (83)
SSSR	16,0	37	75* (65)*
SRNJ	9,1	14	53 (44)
Velika Britanija	9,0	32	39 (38)
Švedska	6,7	9	38 (27)
Kanada	5,8	11	43 (41)
Svijet ukupno (23 zemlje)	165,3	276	828 (710)

* procjenjeni podaci.

8. TEHNIČKA I DRUGA ZAVISNOST

Osim SAD i SSSR-a, sve ostale zemlje u većoj ili manjoj mjeri ovisne su na području nuklearne energetike bilo o ovim zemljama, bilo o nekim drugim. SR Njemačka i manjim dijelom Francuska, ovise o inozemnom uranu. Kanada dijelom ovisi o isporukama nekih sirovina, materijala i opreme iz SAD i nekih drugih zemalja. Za gorivi ciklus danas u upotrebi kod svog Candu-reaktora Kanada je u velikoj mjeri samostalna. Sve te zapadne zemlje u svojoj nuklearnoj politici više ili manje ovise o SAD. Tehnologija PWR-a u Francuskoj te PWR-a (i BWR-a) u SRNJ porijeklom je iz SAD, no, kako je već rečeno, do danas su obje ove zemlje postigle dalekosežnu tehnološku samostalnost. SR Njemačka se na području gorivog ciklusa danas još u većoj mjeri koristi uslugama u inozemstvu, prije svega na području obogaćenja urana. Ona također koristi strane kapacitete za reprocesing svog ozračenog goriva. Francuska je na području gorivog ciklusa posve samostalna, odnosno kompletna.

9. REALIZACIJE U INOZEMSTVU. ISKUSTVA U KOOPERACIJI I TRANSFERU NUKLEARNE TEHNOLOGIJE

Slijedi kratki pregled o inozemnim realizacijama nuklearnih elektrana za zemlje koje se nameću u prvi plan:

Francuska (L6)

Francuska nuklearna industrija ima sljedeće eksportne realizacije (sve 900 MW_e PWR):

— 3 jedinice u Belgiji (1 u pogonu, 2 u izgradnji)
— 2 jedinice u Južnoafričkoj Republici, u izgradnji
— 2 ugovorena reaktora u Južnoj Koreji.

Za dvije jedinice ugovorene s Iranom došlo je do prekida ugovora iz poznatih razloga.

Kod svih ovih realizacija radi se o prodaji opreme, bez značajnijeg transfera tehnologije.

Tajvan, Portugal, Finska, Meksiko i Kina te naša zemlja promatraju se kao daljnji potencijalni naručioci Framatom-reaktora. Isto vrijedi za Egipat.

Suradnja s Belgijom počela je zajedničkom izgradnjom PWR-a 300 MW_e u Choozu. Kod daljnjih jedinica u Belgiji (Tihange 1 i 2, Doel 3) Framatom je jedan od osnovnih nosioca ugovora, u zajednici s belgijskim ACECO i Westinghousom (kod Tihange 1). Ovi ugovori nisu tipa ključ u ruke (NEI*, July/Aug. 1980. supplement).

Jedinice u Južnoafričkoj Republici su kompletne elektrane tipa »ključ u ruke«. Electricité de France (EdF) osigurava izobrazbu pogonskog osoblja.

Južna Koreja ugovorila je isporuku dva NSSS-a, pomoć u vođenju kompletnog projekta (francuska strana kao konzultant), prvo punjenje gorivom, kao i isporuku obogaćenog urana za 10. god. za oba reaktora. Koreja će dati dio isporuka za nuklearni dio (uglavnom tzv. »balance of nuclear island«), montažu, ispitivanja te puštanje u pogon francuske i vlastite opreme te građevinske radove. Framatom vrši angažiranje korejske industrije i preuzima potpunu odgovornost za funkcioniranje čitavog nuklearnog dijela. Udio korejske strane u isporukama nije posve fiksiran. O tome koliko će uspjeti angažirati južnokorejsku industriju, ovisi (među ostalim) da li će Framatom dobiti kasnije isporuke.

U toku su razgovori za eventualnu francusku isporuku postrojenja za proizvodnju PWR goriva u Republici Koreji. Francuska je isporučila postrojenje za konverziju Brazilu. Nije poznato da je Francuska zaključila neke druge isporuke za postrojenja gorivog ciklusa u inozemstvu.

Kanada (L 6)

Jedinice PHWR — Candu, u pogonu u Pakistanu (Kannup 125 MW_e) te Indiji (Rapp 200 MW_e), realizirane su praktički kao objekti »ključ u ruke«. Slično vrijedi za jedinicu u izgradnji u Republici Koreji (Wolsung 630 MW_e, predviđeni ulazak u pogon 1982). Jedinica Cordoba u Argentini (600 MW_e) gradi se na osnovi ugovora po paketima, pri čemu je s AECL ugovoren nuklearni dio postrojenja.

Elektrana Cernavoda u Rumunjskoj (ulazak u pogon predviđen za 1985) ugovorena je u specifičnim uvjetima. AECL isporučuje »know how« za reaktorski dio na papiru (nacrti, upute za projektiranje, kompjutorski kodovi, . . . vezani uz projektiranje, pogon, konstrukciju Candu, kontrolu kvalitete, . . .), na osnovi licencnog odnosa. Zatim, AECL je angažiran za projekt reaktorskog dijela, obuku personala i tehničku ispomoć. Osim toga, Rumunji su ugovorili s AECL da on za njih nabavlja opremu nuklearnog dijela na osnovi »cost + fee«. Ove tri djelatnosti kanadske strane regulirane su trima zasebnim ugovorima. Sva osnovna nuklearna oprema za prvu rumunjsku Candu-elektranu bit će proizvedena u Kanadi. Prema informacijama s kanadske strane Rumunji nisu dosad imali zahtjeva na strani gorivog ciklusa. Oni od AECL-a također nisu kupili licencu za proizvodnju teške vode. Klasični dio (turboagregat, elektropostrojenje, . . .) za elektranu Cernavoda, kao i pomoćne sisteme uz nuklearni dio, Rumunji su ugovorili u veljači 1981. s talijanskim Ansaldo Impianti — GE. Ansaldo će isporučiti termalni dio, GE-turbogenerator, dok će pomoćni sitemi uz nuklearni dio biti isporuka Nira (Nucleare italirana reattori avanzati) koja ima licencu za Candu-tehnologiju.

Prema NEI, Sept. 1981, dogovoreni su s Rumunjskom ugovorni uvjeti i za drugi Candu 600 za postrojenje Cernavoda. Prema istom izvoru informacija, očekuje se da će kod prve jedinice (čiji dovršetak je planiran za 1987) kanadski sadržaj isporuka biti oko 85%, a kod druge oko 75%.

* Nuclear Engineering International

Na projektu Cordoba u Argentini cijene i rokovi znatno su premašeni. Nakon potpisa ugovora Kanada je zahtijevala reviziju uvjeta za kontrolu (safequards), kao i reviziju cijene, navodno zbog visoke inflacije u Argentini. Očekuje se da će ova jedinica ući u pogon 1982. god., umjesto prvotno predviđene 1980. Prekoračenje cijena i rokova, nemogućnosti nuđenja kompletnog postrojenja, kao i potrošeni safequard — zahtjevi Kanade smatraju se glavnim razlozima zbog kojih Kanada nije uspjela dobiti iduću narudžbu u Argentini (Attucha II, koju je dobio KWU).

Radovi na elektrani Wolsung, na kojoj je znatan dio opreme klasičnog dijela korejske proizvodnje, napreduju prema izjavama AECL vrlo dobro.

Licencna dokumentacija za Candu isporučena je i Japanu.

Na osnovi kupnje licence te isporuke prvih reaktora Indija se osposobila za izgradnju Candu jedinica snage 235 MW_e. Nakon 1985. godine planira se izgradnja 500 MW_e jedinica. Do sada su u pogonu 2 Candu-reaktora Rajasthan (kratko RAPP 1 i 2), prvi od 1973. god., drugi od 1980. god. Već na RAPP 2 oprema je najvećim dijelom indijska. Kod RAPP 1 polovica goriva već kod prve kritičnosti bila je indijske proizvodnje. Reaktori Madras 1 i 2 u izgradnji, svaki po 235 MW_e bruto, u potpunosti su indijske proizvodnje. (Prva jedinica Madras 1 trebala je, prema podacima iz 1977, ući u pogon 1978. god. U 1980. god. ona još nije bila u pogonu, NEI march 1981.)

Nije poznato da je Kanada do sada isporučila postrojenja ili tehnologiju iz područja gorivog ciklusa, kao što je npr. proizvodnja goriva ili neke druge faze.

SAD (L 6)

Na osnovi izvorne američke tehnologije (Westinghouse i General Electric) stvorena je reaktorska industrija u SRNJ, Francuskoj, Japanu, Italiji, Španjolskoj, Belgiji i Švicarskoj (tj. praktički u svim zemljama koje ovu industriju imaju, osim SSSR-a, Švedske i Kanade).

Proizvodnja goriva u tim zemljama također je pretežno potekla iz licencnih aranžmana s firmama iz SAD.

Ostale faze iz gorivnog ciklusa SAD nisu transferirale na svoje partnere. SAD su, pogotovo u posljednje vrijeme, nastojale spriječiti razvoj senzitivnih faza i kod svojih zapadnih saveznika.

Westinghouse je isporučio u inozemstvo 32 PWR jedinice s okruglo 23 000 MW_e (tablica 1, stanje 1979. godine). Combustion Engineering nije dosada izvozio nuklearne elektrane u inozemstvo. To direktno nije činio ni Babcock & Wilcox (koji ima nekoliko inozemnih realizacija u toku preko BBR).

Posebno uspješnim Westinghouse smatra transfer svoje tehnologije na Framatom.

Savezna Republika Njemačka (L 6)

SRNJ (KWU) ima deset nuklearnih jedinica prodanih u inozemstvo, u ukupnoj snazi oko 9 000 MW_e. To su:

Borseele, Nizozemska	PWR	450 MW_e, 1974*
Gössgen, Švicarska	PWR	1 000 MW_e, 1979
Tullnerfeld, Austrija	BWR	720 MW_e
Trillo, Španjolska	PWR	2 × 1040 MW_e
Regodola, Španjolska	PWR	1 100 MW_e
Angra, Brazil	PWR	2 × 1300 MW_e
Attucha, Argentina	PHWR	365 MW_e, 1975
	PHWR	745 MW_e

Osim toga, KWU je sklopio ugovor za 2 × 1 300 MW s Iranom koji je prekinut. Prema najnovijoj situaciji postoje izgledi da će ipak doći do realizacije ovog ugovora. KWU je izvozio sva tri tipa reaktora (PWR, BWR, PHWR).

Može se ocijeniti da SRNJ ima i bogata iskustva u međunarodnoj kooperaciji i transferu na području nuklearne tehnologije. Primjer za šire i dugoročnije angažmane ove vrste jesu Brazil i Argentina, te dijelom Španjolska. Aranžmani SRNJ s Brazilom i Argentinom izazvali su određene probleme, prije svega u odnosima sa SAD i Kanadom.

Suradnja SRNJ — Brazil na području nuklearne energije najkrupniji je tehnološki transfer te vrste u svijetu. Osim elektrana obuhvaćen je velikim dijelom i gorivi ciklus; prospekcija urana i njegovo dobivanje, obogaćenje urana i proizvodnja gorivih elemenata. Također je uključena ispomoć za reprocesing i rješenje problematike nuklearnih otpadaka (ugovor o tehničkoj pomoći koji uključuje osnovni projekt postrojenja za reprocesing s participacijom brazilskih stručnjaka, kao i obuku brazilskog osoblja u SRNJ). Na osnovi zajedničkih ulaganja (»joint venture«), s udjelima njemačke industrije od 25%, izgrađena je infrastruktura za proizvodnju teških reaktorskih komponenata, gradi se postrojenje za obogaćenje urana na osnovi sapnica (»Trenndüsenverfahren«), a također je stvorena zajednička organizacija za projektiranje nuklearnih elektrana u Brazilu. No, proizvodnja gorivih elemenata ne gradi se na osnovi zajedničkog ulaganja. Tu je njemačka strana dala projekt i isporučuje opremu te izobražava kadar. U transferu općenito sudjeluju njemački nuklearni instituti i drugi industrijski instituti, inspektorati (Techniche Überwachungsvereine) i organi nadležni za sigurnost i izdavanje dozvola. U realizaciji ove kooperacije s Brazilom došlo je do određenih kašnjenja, no čini se da se ona u osnovi odvija uspješno. Brazilski udio u opremi i radovima trebao bi se popeti od početnih 40% kod prvih jedinica do reda 80%. Osam 1 300 MW_e nuklearnih jedinica na osnovi ove kooperacije trebale bi u Brazilu, prema današnjim spoznajama, ući u pogon do 1995. odnosno 2000. god., što je 5 do 10 godina kasnije

nego je bilo pretpostavljeno 1975, kad je potpisan sporazum u KWU. Postrojenje za obogaćenje urana s početnim kapacitetom 200 t obogaćenog urana na god. trebalo bi ući u pogon 1986. (Postrojenja za proizvodnju U_3O_8 i konverziju u UF_6 u Braziliji realiziraju se u kooperaciji s francuskim tvrtkama. Na osnovi dobrog iskustva iz izgradnje i pogona teškovodnog reaktora Attucha I (koji je KWU isporučio na osnovi ugovora »ključ u ruke«), za razliku od jedinice Cordoba koja se s kanadskim AECL i talijanskim Italimp gradi na osnovi ugovora po paketima), a također i manje oštrih zahtjeva njemačke strane na kontrolu argentinskih nuklearnih aktivnosti. KWU je dobio ugovor za Attucha II s opcijom na daljnja postrojenja. Na sličnoj osnovi kao i u Brazilu, formirana je zajednička projektno-inženjerska organizacija za nuklearne elektrane, s udjelom KWU-a od 25%. Kod projekta Attucha II njezina je osnovna zadaća izbor i angažiranje domaćih isporučilaca. KWU je, međutim, odgovoran i za argentinske isporuke. Argentinska strana ima otvorene ruke da, nakon isteka 10 godina, zatraži istupanje KWU-a iz ove zajedničke organizacije. Predviđeno je da se argentinski udio u opremi i radovima od 40% popne na 70% tokom izgradnje sljedećih triju postrojenja.

SSSR (L 6)

Kapaciteti u nuklearnim elektranama u SSSR-a (reaktori tipova VVER*, RBMK i ostali), kao i u ostalim zemljama članicama SEV-a (reaktori tipa VVER sovjetske isporuke ili proizvedeni na osnovi sovjetske izvorne tehnologije izvan SSSR) dani su u tablici 4. prema podacima MAAE iz 1980. god.

Tablica 4. (L7).

	U pogonu MWe (broj jedinica)	U izgradnji MWe (broj jedinica)	Planirano da bude u pogonu 1990. god. MWe
SSSR	12 000 (32)	13 760 (15)	~ 90 000
Bugarska	880 (2)	880 (2)	
Čehoslovačka	880 (2)	2 640 (6)	
Njemačka DR	1 830 (5)	1 760 (4)	
Mađarska	—	880 (2)	37 000
Poljska	—	880 (2)	
Rumunjska	—	—	
Kuba	—	440 (1)	
Ukupno	15 590 (41)	21 240 (32)	~ 12 0000

Noviji podaci SEV-a daju sljedeću sliku izvan SSSR-a (sve VVER, osim Candu u Rumunjskoj), tablica 5:

Prvi blok VVER 1 000 izvan SSSR-a u izgradnji je u Bugarskoj kao peti blok NE Kozloduj. Na istoj

Tablica 5. (L8)

	U pogonu: broj jed. × MWe	U izgradnji i pripremi: broj jed. × MWe
Bugarska	3 × 440	1 × 440 3 × 1 000
Čehoslovačka	2 × 440	10 × 440 4 × 1 000
Njemačka DR	1 × 70 4 × 440	4 × 440 2 × 1 000
Madarska		4 × 440
Poljska		2 × 440
Rumunjska		4 × 600 Candu 1 × 1 000
Kuba		2 × 440

lokaciji planiran je još jedan VVER 1 000. Na novoj lokaciji Belene na Dunavu predviđaju se blokovi VVER 1 000. Na lokaciji NE Paks u Mađarskoj, na kojoj su trenutno u izgradnji 4 bloka VVER 440, postoji već sva infrastruktura sposobna za prihvat daljnjih 4 VVER 1 000 blokova.

Prema L 8 između SSSR-a i Rumunjske sklopljen je bilateralni ugovor za izgradnju elektrane s VVER 1 000.

Očekuje se da će potkraj stoljeća nuklearne elektrane u zemljama SEV-a davati 40—45% elektroenergije. Znatni kapaciteti reaktorske industrije izgrađeni su u Čehoslovačkoj.

Čehoslovačka je, osim SSSR-a, proizvođač komponenti za reaktore VVER 440 (reaktorske posude, parogeneratori, turbogrupe i druga krupna oprema), za svoje potrebe i potrebe drugih zemalja SEV-a (L 9).

Primjer uspješne realizacije za SSSR jesu jedinice Loviisa 1 i 2 u Finskoj. Ugovor za prvu jedinicu VVER 440 potpisan je polovicom 1970. god. Ona je ušla u pogon 1977, a druga jedinica 1979. god. Glavne reaktorske komponente, osim primarnih crpki proizvedenih u Finskoj, odgovaraju onima u novovoronješkoj elektrani. Reaktor je smješten unutar kontejnmenta, a sigurnosni uređaji koncipirani su prema sigurnosnoj regulatici na snazi u SAD Znatan je dio opreme i radova finski (L10).

10. OSNOVNA PODRUČJA MOGUĆE KOOPERACIJE

Konkretnije pisane prijedloge moguće kooperacije podnijele su Francuska, Kanada i SR Njemačka. Nosioci su tih prijedloga organizacije Framatom,

* VVER je sovjetska verzija reaktora tipa PWR. Postoje izvedbe od 440 MWe (VVER 440) i 1 000 MWe (VVER 1 000).

Alsthom Atlántic i Cogema za Francusku, AECL za Kanadu, te KWU za SRNJ. Prijedloge koji se uglavnom odnose na reaktorski dio podnijela je i ASEA-ATOM (Švedska) za BWR. Prezentaciju svojih mogućnosti u općem vidu izvršile su nedavno i SAD.

Prijedlozi francuske i kanadske strane odnose se na nuklearnu energetiku; prijedlozi SRNJ obuhvaćaju još i suradnju na širem energetskom planu, uključujući korištenje ugljena za proizvodnju plina i tekućih goriva u svrhu nadomjestka nafte.

11. GORIVO I GORIVI CIKLUS. NOVE TEHNOLOGIJE

Ova dva područja posebno su značajna za opredjeljenje. Namjera je da se situacija u pogledu goriva i gorivog ciklusa prezentira u jednom od sljedećih priloga. Slično je i s radom na razvoju novih nuklearnih tehnologija (iduća generacija energetskih reaktora).

LITERATURA

[L 1] Dogovor o osnovama dugoročnog plana Jugoslavije za razvoj i primjenu nuklearne energije u energetici do 2000. godine. Službeni list SFRJ, br. 18 od 1982. god.

[L 2] Veselin Đuranović: Osnovne smjernice razvoja nuklearne energetike u SFR Jugoslaviji do 2000. godine. Nuklearna tehnologija br. 1, 1981. god.

[L 3] J. Lakota, V. Knapp, V. Natasić, V. Štambuk, B. Bordukalo, M. Horvatić: Usporedba teškovodnih PHWR i tlakovodnih PWR reaktora nuklearnih elektrana. Institut za elektroprivredu Zagreb, lipanj, 1980.

[L 4] M. Lónnroth, W. Walker: The viability of the civil nuclear industry. International consultative group on nuclear energy, 1979.

[L 5] Scoop energie. Bulletin mensuel d'information, EdF. 15. Febr. 1982.

[L 6] J. Lakota, M. Butković, V. Kuterovac: Prethodna evaluacija zemalja potencijalnih isporučilaca nuklearnih elektrana tipova PWR i PHWR. Institut za elektroprivredu Zagreb, studeni 1981.

[L 7] Nuclear power in the USSR. IAEA Bulletin, April 1980.

[L 8] V. Jović: Informacija o izgradnji, montaži i eksploataciji nuklearnih elektrana u zemljama članicama SEV. Sept. 1981.

[L 9] Study tour on nuclear power development, CSSR, GDR, USSR, november 1979. IAEA, Vienna sept. 1979.

[L 10] Novo-Voronezh type reactor. IAEA interregional training course, Karlsruhe Sept. — Oct. 1978.

KEY WORDS:

NUCLEAR POWER PLANTS
REACTOR SUPPLIERS
SELECTION

CONTRIBUTION TO ACQUAINTANCE WITH POTENTIAL PARTNERS FOR THE FUTURE NUCLEAR POWER PROGRAMME (PART 1)

Paper deals with elements which should be of influence for the selection of foreign partner (s). Some overall picture of several potential partners is presented, with emphasis on the nuclear part of the power plant.

EIN BEITRAG ZUM KENNENLERNEN DER POTENTIELLER PARTNER FÜR ZUKÜNFTIGES KERNKRAFTWERKSPROGRAMM (1. TEIL)

Presentiert werden die Elemente die den Partnerauswahl beeinflussen sollten. Weiterhin wird ein Einblick in die Möglichkeiten mehrerer potentieller Partner gegeben, besonders was den nuklearen Teil des Kraftwerkes betrifft.

К ОЗНАКОМЛЕНИЮ С ВОЗМОЖНЫМИ ПАРТНЕРАМИ ПО СООРУЖЕНИЮ БУДУЩИХ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

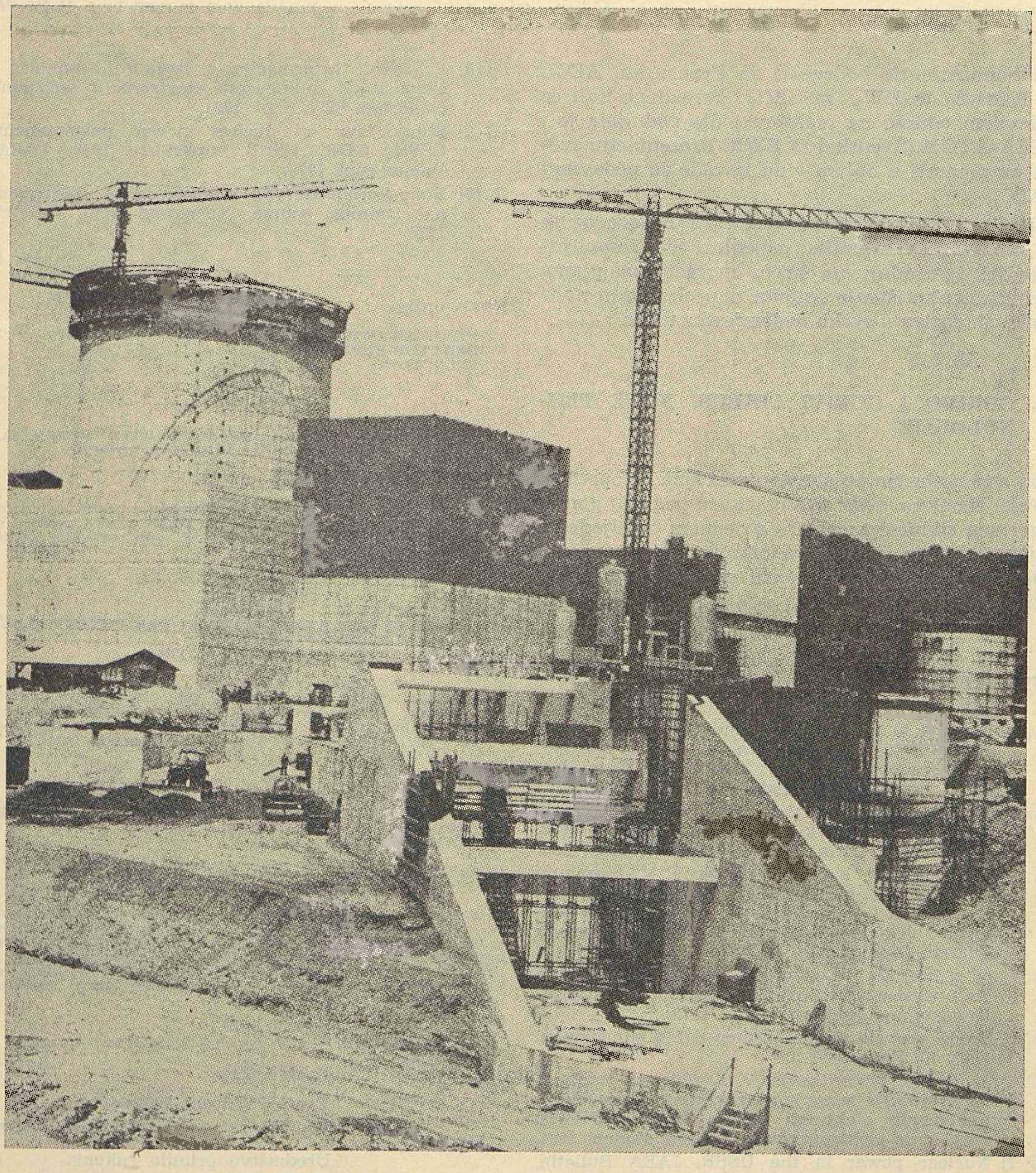
(1-ая часть)

В статье представлены элементы, которые должны были бы оказывать влияние на выбор зарубежного (зарубежных) партнера по сооружению будущих атомных электростанций. После этого сделано введение в возможности и предшествующие выполнения установок возможными партнерами с ударением на реакторной части атомной электростанции.

Naslov pisca:

Prof. dr. Josip Lakota, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
11. 06. 1982.



hidroelektra

SLOŽENA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA

Zagreb, Dakićev trg 10

Energija God. 31 (1982) br. 9—10, 347—353

UTVRĐIVANJE PROJEKTNE VELIKE VODE PREMA PRINCIPIMA NUKLEARNE SIGURNOSTI

Mr Damir Subašić, Zagreb

UDK 621.039.5

PREGLEDNI RAD

Za lokacije nuklearnih elektrana na obalama rijeka analizirana je primjena principa nuklearne sigurnosti u postupku utvrđivanja projektne velike vode. Dan je prikaz metoda koje za utvrđivanje velikih voda preporuča Međunarodna agencija za atomsku energiju, te pregled metoda koje se za to koriste u zemljama s vrlo razvijenim nuklearnim programom. Prikazana su naša dosadašnja saznanja i iskustva stečena u postupku utvrđivanja projektne velike vode za NE Krško.

Ključne riječi: nuklearna elektrana, nuklearna sigurnost, rizik poplave, NE Krško, lokacija NE.

1. NUKLEARNA SIGURNOST I LOKACIJA

Zaštita ljudi od neprihvatljivog radioaktivnog ozračenja iz nuklearnih elektrana (NE) glavni je razlog niza aktivnosti koje sve zajedno čine takozvanu neklearnu sigurnost. U fazi izbora i evalucije lokacije za NE aktivnosti u okviru nuklearne sigurnosti mogu se podijeliti prema tri glavna aspekta razmatranja:

1 — događaji i pojave u regiji lokacije koji mogu biti prirodnog ili od ljudi stvorenog porijekla,
2 — karakteristike okoliša koje mogu utjecati na prijenos radioaktivnosti ispuštene iz NE do ljudi,
3 — gustoća i raspodjela naseljenosti ljudi u regiji lokacije.

Razmatranje i proučavanje događaja i pojava u regiji lokacije uključuju sve prirodne i ljudskim aktivnostima izazvane događaje i pojave koje mogu ugroziti sigurnost i pouzdanost NE kao što su potres, poplava, ekstremne meteorološke pojave, eksplozije, pad aviona na lokaciji itd. Studiranje ovih vanjskih (s obzirom na objekte NE) događaja i pojava provodi se s obzirom na njihovu frekvenciju i žestinu.

Rezultat takvih studija može biti odbacivanje lokacije zbog znatne vjerojatnosti javljanja ekstremnih pojava ili događaja, protiv kojih raspoloživim znanjem i tehnologijom nije moguće zaštititi NE. Primjer su takvih pojava pomicanje tla zbog aktivnosti rasjeda, kolaps tla zbog podzemnih jama itd. Ako studije pokažu da su pojave i događaji takvi da je od njih moguće štititi NE, utvrđuju se projektni podaci i parametri. Oni inžinjerskim jezikom definiraju efekte protiv kojih NE treba osigurati projektom.

Kako svi dijelovi nisu jednako bitni za sigurnost i pouzdanost NE, projektom se osiguravaju protiv utvrđenih ekstremnih vanjskih pojava i događaja samo i u prvom redu:

— strukture, sistemi i komponente čije oštećenje može izazvati ozračenje ljudi u ili oko NE
— strukture, sistemi i komponente čija je funkcija sprečavanje prerastanja normalnih pogonskih događaja u akcident
— dijelovi čija funkcija je ublažavanje posljedica ako dođe do otkazivanja funkcije prethodno spomenutih struktura sistema i komponenata.

Osnova za utvrđivanje projektnih parametara od ekstremnih događaja i pojava nije jednostavna ni jednoobrazna. Princip je da nivo radiološkog rizika mora biti jednak za sve uzroke koji se u NE mogu pojaviti. To drugim riječima znači da radiološki rizik od vanjskih događaja i pojava ne smije premašiti ekstremno nizak nivo radiološkog rizika od kvarova unutar elektrane. Na tom principu utvrđeni projektni parametri osiguravaju da prije spomenuti sigurnosni dijelovi NE neće izgubiti svoju funkciju čak i u slučaju javljanja vanjskih događaja ili pojava ekstremno male vjerojatnosti a ekstremno velike žestine.

Utvrđivanje projektnih parametara ima vrlo veliku težinu jer preuveličavanje problema bitno povećava troškove zaštite, a time i cijenu izgradnje NE, dok potcjenjivanje problema može imati još teže, pa i skuplje posljedice. Znanje i iskustvo eksperata u inženjerskim procjenama nužno je u tom procesu.

Za prirodne događaje i pojave (potres, poplava, olujni vjetar itd.) proces utvrđivanja projektnih parametara počinje njihovom identifikacijom i klasifikacijom po žestini. Sljedeći korak je prikupljanje povijesnih podataka o pojavama i pripadnim žestinama, te kritička analiza vjerodostojnosti podataka. Metoda za obradu povijesnih podataka za analizu i utvrđivanje projektnih parametara mora biti takva da zadovoljava karakteristike regije i da je suvremena. Veličina regije koja se obrađuje mora biti takva da uključi sve važne činioce za događaje i pojave na lokaciji.

2. POJAVA VELIKE VODE

Jedna od prirodnih pojava koja može ugroziti sigurnosne dijelove NE, a time sigurnost i pouzdanost objekta jest pojava visoke vode — poplava. Ovdje neće biti govora kako inženjerskim zahvatima zaštititi NE od visoke vode, nego o tome kako na temelju spomenutih općih principa utvrditi projektne parametre za zaštitu od visokih voda. Uzroci nastanka visokih voda mogu biti oborine, topljenje snijega, kvar na nekom objektu koji kontrolira protok seizmičkog ili hidrološkog uzroka, ili posljedica pogrešnog rukovanja. Uzrok može biti i pojava leda, zatrpavanje korita itd.

Identifikacija mogućih uzroka pojave visoke vode na nekoj lokaciji, te eliminacija nepostojećih uzroka prvi je korak za utvrđivanje projektnih parametara. Drugi je korak prikupljanje podataka o vodostaju na lokaciji ili na mjestu koje se može smatrati referentnim za lokaciju, zatim podataka o poplavama s kritičkom analizom vrijednosti tih podataka. Prikupljene podatke o mogućim uzrocima, frekvenciji i žestini poplave potrebno je odgovarajućom metodom obraditi i utvrditi projektnu poplavu. Izbor metode kojom se utvrđuje projektna podloga ključni je čin koji nikako ne provode samo hidrolozi, jer prihvatljivi radiološki rizik od poplave mora biti usuglašen s općim nivoom rizika. Na taj je način jednom određena metoda u nekim zemljama utvrđena propisima ili čak zakonima. Kako je regulativa za izgradnju i pogon NE u Jugoslaviji još u početnoj fazi stvaranja, to mi još nemamo ozakonjenog stava o metodi za utvrđivanje projektne poplave. Bez tih propisa izgradili smo NE Krško i pripremamo nekoliko lokacija za izgradnju NE. Zbog toga je danas nužno postaviti pitanje da li smo na primjeru izgradnje NE Krško stekli i definirali saznanja o ovom problemu koja nam mogu nadomjestiti nedostatak propisa ili biti osnova za njihovu izradu. Prije nego što pokušamo dobiti odgovor na ovo pitanje potrebno je vidjeti pristupe drugih ovom problemu, te kako su ti pristupi prilagodljivi našim prilikama.

3. PROPISI

MAAE

Kako je našim propisom (1) utvrđeno da će se tamo gdje nemamo definirane stavove shodno »primjenjivati odgovarajuće odredbe i preporuke Međunarodne agencije za atomsku energiju (MAAE)«, potrebno je prije svega dati pregled stavova MAAE u pogledu utvrđivanja projektne poplave. U tu svrhu MAAE priprema, u sklopu šire akcije, da izda preporuke — upute za određivanje projektne velike vode pod oznakom NUSS 50-SG-S 10 A (2). Ove upute daju tehniku za utvrđivanje projektnih podloga koje trebaju osigurati zaštitu vitalnih dijelova NE te time održati nizak nivo radiološkog rizika.

Obuhvaćeno je nekoliko tipova metoda koje se mogu koristiti da se utvrdi takozvana maksimalno moguća velika voda (Probable Maximum Flood — nadalje označavana kao PMF). To je, bilo zbog fizikalnih granica ili zbog vrlo male vjerojatnosti, po intenzitetu ili žestini granična velika voda koja se može razumno očekivati od nekog uzroka.

Od svih mogućih pojava velikih voda različitih uzroka najteže je utvrditi PMF od otjecanja oborina u slivnom području. Jedanput utvrđena PMF od otjecanja oborina uspoređuje se s utvrđenim PMF-ovima drugih uzroka i s njima se kombinira radi utvrđivanja razumno nepovoljne kombinacije uzroka velike vode. Za takvu PMF kombiniranih uzroka definiraju se projektni parametri. Zbog toga ćemo se ovdje zadržavati samo na prikazu dijela upute MAAE ili propisa i prakse drugih zemalja koji govore o utvrđivanju PMF uzrokovanom otjecanjem oborina.

U fazi preliminarnih ispitivanja lokacije MAAE preporuča da se PMF utvrdi jednom od niza statističkih empiričko-aproksimativnih metoda. Stav je MAAE da samo tako utvrđena PMF ne može biti projektna podloga, pa čak i ako je utvrđena vrlo konzervativno.

Potrebno je utvrditi PMF još najmanje jednom potpuno neovisnom metodom. To praktički znači da ako uzmemo za PMF visoku vodu vrlo male frekvencije (uobičajeno je 10^{-4} po godini iako neke zemlje čak uzimaju 10^{-7}), još uvijek trebamo utvrditi PMF nekom drugom neovisnom metodom. Kako sve statističke metode kod tako malih vjerojatnosti uvode vrlo velik stupanj nesigurnosti, a radi se o velikim vodama koje sežu do fizičkih granica sliva u generaciji protoka, MAAE preporučuje determinističku metodu. Ova i statistička metoda se ne isključuju, nego su komplementarne.

Deterministička metoda zahtijeva znatne i pouzdane meteorološke podatke nad cijelim slivom, a bazira se na konceptu »maksimalno mogućih oborina« (Probable Maximum Precipitafion PMP). Taj koncept predstavlja utvrđivanje oborina na slivnom području koje se po količini i trajanju približavaju i aproksimiraju maksimalne oborine koje su fizikalno moguće u okviru suvremenih hidrometeoroloških saznanja. Procedura utvrđivanja PMP zavisi od brojnih faktora koji su svi zapravo jedinstveni za pripadno slivno područje. Neka jedinstvena opća procedura i ne postoji, nego se za svako slivno područje provode klimatološke studije i utvrđuju ekstremne oborine (3).

Kada meteorološki podaci nisu dovoljni ili pouzdani za proračun PMP pa se ne može deterministički izračunati PMF, a postoje hidrološki podaci za dugi period godina (viši od 30), MAAE preporuča konzervativnu stohastičku metodu. Ova metoda se bazira na kombinaciji determinističkih i statističkih analiza i sinteza vremenskog niza podataka s težnjom da se taj niz ekstrapolira na veličine rijetkih događaja. Prednost je ove metode što je omogućuje da se pogreška rezultata dobije teorijski, a nedostatak je što metoda daje samo nivo visoke vode, a ne i druge projektne parametre (protok, brzina promjene protoka — hidrograf). Iako ova metoda

nije prihvaćena još ni u jednoj zemlji, MAAE ju preporuča kada nije moguće provesti deterministič-ku metodu.

Dakle, ako imamo dovoljno meteoroloških podataka, MAAE preporuča prije svega determinističku metodu kao dopunu statističkih metoda. Bazira se na činjenici da je visoka voda posljedica fizičkih procesa koje je moguće definirati te pretpostavke da se pojave u tom procesu mogu identificirati i kvantificirati.

Ova metoda koristi modele u kojima se parametri i njihove vrijednosti mogu objasniti fizikalnim odnosima, a matematički se daju prikazati. Svrha je da se utvrdi potencijalna gornja granica velike vode, bez obzira na frekvenciju njezine pojave. Evaluacija PMF od oborina ovom metodom često se radi pristupom jediničnog hidrografa. To traži niz transpozicija, maksimiziranja i utvrđivanja koeficijenata, gdje je nužna tijesna suradnja iskusnih meteorologa i hidrologa. Kako je pristup jediničnog hidrografa prihvaćen od nekoliko zemalja, ovdje će ukratko biti prikazani njegovi koraci.

a) Izabere se oborinski događaj. To može biti PMP sam ili u kombinaciji s manjom olujom koja može prethoditi ili slijediti PMP, ovisno o tome što je nepovoljnije za poplavu.
b) Utvrde se gubici oborina. Ostatak oborina otječe i pridonosi protoku.
c) Model otjecanja (najčešće jedinični hidrograf) pripremi se, kalibrira i testira.
d) Utvrdi se bazni protok u vrijeme poplave.
e) Ostatak oborina iz b) primijeni se na jedinični hidrograf (ili na drugi model otjecanja). Tako nastaje hidrograf poplavnog protjecanja.
f) Na utvrđeni bazni protok dodaje se hidrograf poplavnog protoka, što čini ukupni protok na mjestu koje nas zanima.

SAD

Da nije naše ozakonjenje upućenosti na preporuke MAAE, propisi SAD iz oblasti reguliranja izgradnje i korištenja NE bili bi nam zbog svoje kvalitete, opsežnosti i konkretnosti prvi na koje bi se trebalo obazrijeti i oslanjati. No kako je MAAE u svojim stavovima uglavnom prihvatila u nešto poopćenom obliku pristup SAD, to u razmatranju propisa nakon razmatranja preporuka MAAE treba spomenuti samo razlike. Osim nekih drugih uzroka ovim razlikama, a o tome ćemo govoriti nešto kasnije, razlike uglavnom potječu što su propisi SAD propisi za jednu zemlju s približno jedinstvenim prirodnim uvjetima, u prvom redu hidrometeorološkim uvjetima. Preporuke MAAE su preporuke za sve zemlje svijeta čiji su prirodni uvjeti nerijetko potpuno različiti. U propisima SAD (4) i pripadajućim uputama (5) za utvrđivanje projektnih parametara velikih voda zahtijeva se samo deterministički pristup. Ovakav jednoznačan stav potječe od nekoliko događaja koji su se zbili u SAD 30-ih godina ovog stoljeća. Najilustrativniji se zbio na rijeci Pecos u Texasu. Na osnovi 53-godišnjeg bilježenja vodostaja, u kojem periodu je najveći protok bio 2 830 m³/s, bila je izračunata visoka voda frekvencije jednom u 10 000 godina u iznosu protoka od 5 600 m³/s. Metoda izračuna bila je statistička. U 54. godini bilježenja pojavila se ekstremna visoka voda protoka od 27 000 m³/s.

Nakon takvih događaja potpuno je odbačen statistički pristup i kao jedini prihvaćen je deterministički. Za potrebe zaštite NE izdao je Američki institut za standarde (American National Standard Institute — ANSI) standard za utvrđivanje projektnih parametara za obranu od poplave (6). Da bi pojednostavila utvrđivanje PMF od otjecanja oborina u slivu, što je i najproblematičniji posao, upravno tijelo NRC (Nuclear Regulatory Commision) je izradila upute (5). U tim uputama daje se niz karata SAD s ucrtanim izolinijama PMF od otjecanja, a parametar je veličina slivnog područja. Te linije su izračunate vrlo konzervativno, što između ostalog, znači pretpostavke da nema gubitka oborina i da oborine najnepovoljnije za poplavu koincidiraju. Na osnovi ovih karata PMF od otjecanja može se utvrditi za nekoliko minuta za bilo koju lokaciju u SAD. Naravno da primjena ovih karata na neka područja izvan SAD nema nikakvog opravdanja. Ono što je za nas interesantno iz pristupa SAD jest oslanjanje jedino i definitivno na determinističku metodu utvrđivanja PMF, te sklonost jednostavnijem pristupu makar on bio dosta konzervativniji. Ovdje je potrebno podsjetiti se da što je konzervativnost utvrđivanja projektnih podloga veća, veća je i sigurnost, ali je veća i cijena zaštite. Naravno da u tom slučaju ne možemo biti sigurni da je visina cijene potpuno opravdana i adekvatna potrebnoj zaštiti. Drugim riječima, što je veća konzervativnost, izloženost ljudi radiološkom riziku je manja, ali to smanjenje rizika košta. Ostaje pitanje koliko je neko društvo u mogućnosti da postigne i spusti granicu rizika. Očito da je stav koji vrijedi za hidrološke probleme u SAD posljedica ne samo prirodnih prilika u toj zemlji, nego i mogućnosti te zemlje da dosegne željeni nizak nivo rizika. Mogućnosti drugih zemalja, a pogotovo zemalja u razvoju, sigurno su različite, dok je potreba za energijom ista ili veća. To je i razlog što MAAE u svojim uputama ostavlja mogućnosti svima da prema svojim mogućnostima utvrde nivo rizika.

SR Njemačka

Unatoč već dobro razvijenom nuklearnom programu i izgrađenih 11 NE sa oko 9 000 MW_e snage i proizvedenih 53,4 milijuna MWh u 1981. godini (7), u SR Njemačkoj se tek sada dovršava usuglašavanje prijedloga pravilnika »Zaštita nuklearnih elektrana od velikih voda« (8). Prema posljednjoj verziji ovog prijedloga od 1. 12. 1981. njime se utvrđuje osnova za dimenzioniranje zaštite (projektni parametri), opseg zaštite, kombinacija opterećenja na relevantne dijelove objekata i mjere zaštite od velikih voda.

U dijelu u kojem se definira postupak utvrđivanja projektnih parametara u tom procesu zahtijeva se obuhvaćanje svih utjecajnih veličina. Traži se razmatranje i kombinacija relevantnih utjecajnih veličina, i to takvih kombinacija koje pridonose porastu protoke. Od svih mogućih kombinacija mjerodavna je ona koja izaziva najveću veliku vodu. Ta najveća velika voda jest onda projektna velika voda. Nadalje, traži se prikaz zavisnosti velikih voda u povratnom razdoblju, te procjena utjecaja mogućih zahvata na pojavu velike vode.

Sam kriterij za utvrđivanje projektne velike vode jest frekvencija te pojave. Usuglašeno je da je ta frekvencija reda veličine jedanput u 10 000 godina. U popratnom materijalu uz prijedlog pravilnika (9) dana su objašnjenja predloženih stavova. Može se vidjeti da »nije predviđeno da se u ovom pravilniku obradi pitanje izbora hidrološkog postupka u praksi i njegovih prednosti«. Nadalje stoji da je »za projektnu veliku vodu usvojen događaj s vrlo velikim povratnim periodom, reda veličine 10 000 godina. Time je uvažena i međunarodna praksa koja ide za ekstremnom sigurnošću.«

U komentaru izbora statističke metode utvrđivanja projektne velike vode ne spominju se nikakve moguće alternative. Navodi se samo da je Radna grupa ponovno preispitala povratne periode pojave velike vode s aspekta podobnosti za statistička razmatranja. Zaključak je da su potpuno podobni i da je to bilo osnova za izbor frekvencije pojave kao kriterija za utvrđivanje projektne velike vode.

Velika Britanija

Komercijalno korištenje nuklearne energije u mirnodobske svrhe započeto je još 1956. godine. puštanjem u pogon prve nuklearne elektrane Calder Hall. Danas ta elektrana sa 17 drugih čini ukupno 9 000 MW_e »nuklearne« snage, a u 1981. godini proizvedeno je 38,8 milijuna MWh »nuklearne« energije (7). Iako su ove elektrane posebnog tehnološkog tipa (GCR i AGCR), ta posebnost ne dolazi do izražaja kada treba elektranu osigurati od vanjskih događaja kao što je pojava visoke vode. Propisi za zaštitu od visoke vode ne postoje, no nadležni državni inspektorat NII (Nuclear Instalation Inspectorate) radi lakšeg ishođenja dozvola izdao je Kriterije za procjenu nuklearne sigurnosti (Safety Assessement Criteria) (10). Ideja je da ovi kriteriji nakon nekog vremena primjene prerastu u propise, a do tada da služe kao orijentacija onima koji pripremaju podloge za dobivanje dozvole.

U 11. poglavlju pod brojem NJI/CR/11/3 dani su kriteriji za zaštitu od poplave. Osnovni princip je da NE treba projektom biti osigurana od nastanka neprihvatljivog radiološkog rizika kao posljedice pojave velike vode koja se može očekivati s vjerojatnosti ne većom od 10^{-4} po godini. Za lokacije na obalama rijeka očekivani nivo velike vode jest nivo koji se izvodi od maksimalnog protoka utvrđenog na osnovi vjerojatnosti pojave jedanput u 10 000 godina ili utvrđene na osnovi PMF. Meteorološke karakteristike koje je nužno uzeti u obzir za utvrđivanje PMF jesu maksimalne oborine, zamrznutost tla i maksimalno topljenje snijega. Za nas je vrlo interesantno da se preporuča ili probabilistička ili deterministička metoda utvrđivanja velike vode. Još interesantnije je da se daje komentar kada treba primijeniti jednu, a kada drugu metodu. Naime, probabilistički je pristup prihvatljiv samo ako postoje pouzdani podaci o protoku kontinuirano za posljednjih barem 25 godina i ako nije bilo ili neće biti velikih promjena u slivnom području. Za rijeke gdje nema takvih podataka PMF se može računati iz PMP i karakteristika sliva.

Druge zemlje Evrope

Od svih zemalja Evrope SR Njemačka je najdalje otišla u propisivanju i ozakonjivanju zaštite NE od velikih voda. Statistički pristup definiranju projektne velike vode zadržan je u većini zemalja. Neke zemlje imaju definirane eliminirajuće kriterije za lokacije zbog mogućnosti pojave ekstremne velike vode. Na primjer, u Italiji postoji stav da ne treba locirati NE u relativno uskim dolinama ako se uzvodno nalaze jezera, rezervoari ili brane (11).Čini se ipak da postoji trend primjenjivanja determinističkog pristupa, pogotovo kada stav MAAE bude i služben, to jest kada upute MAAE budu objavljene u definitivnoj verziji.

4. PROJEKTNA VELIKA VODA ZA NE KRŠKO

Tenderska dokumentacija za NE Krško (12) dovršena 1971. godine sadrži podatke o protoku rijeke Save, i to minimalan, prosječni minimalan, prosječni, prosječni maksimalan i maksimalan protok u razdoblju 1913—1958. godine. Maksimalan protok u tom razdoblju bio je 3 035 m^3/s. Također se navodi i maksimalni nivo velike vode koji odgovara protoku od 3 035 m^3/s i iznosi 154,50 m nadmorske visine. Dakle, u tenderu su dani neobrađeni prikupljeni podaci o rijeci Savi kod lokacije NE Krško.

U Preliminarnom sigurnosnom izvještaju (13), koji je pisan prema detaljnim uputama NRC (14), na mjestu gdje se traže podaci o protoku za PMF stoji da je PMF takva velika voda čija je frekvencija jedanput u 10 000 godina. Iznos protoka takve velike vode jest 3 600 m^3/s, a izračunata je 1975. godine iz podataka s vodomjerne stanice Radeče, uz dodatak za porast protoka od Radeča do lokacije NE Krško. Istom metodom ti su proračuni 1976. godine ponovljeni, ali sada na osnovi podataka u razdoblju 1926—1974. Izračunat je protok od 4 272 m^3/s (15), i ta je veličina zadržana i u prvoj verziji Konačnog sigurnosnog izvještaja (FSAR).

U okviru evaluacije sigurnost NE Krško MAAE je poslala u službenu misiju, između ostalih, i eksperta za hidrologiju. On je u Jugoslaviji boravio od 19. 9. do 5. 10. 1980. U službenom izvještaju (16)

utvrdio je da je zaštita od velike vode NE Krško provedena na osnovi statističkom metodom (jedanput u 10 000 godina) utvrđene projektne velike vode. Preporučio je da se učini kritička analiza statističke metode i utvrđenog protoka od 4 272 m³/s i da se dodatno izračuna deterministčkim pristupom PMF.

Zbog toga je do ožujka 1981. dovršena druga verzija hidrološkog dijela FSAR-a (17), u kojoj je uključen i proračun PMF deterministčkom metodom. Dobiven je protok od 10 500 m³/s na profilu NE Krško, uz pretpostavku da oborine (PMP) najnepovoljnije koincidiraju i da nema gubitaka oborina. Ta druga verzija hidrološkog dijela FSAR-a predana je na ocjenu našem nadležnom upravnom tijelu radi ishođenja dozvole za puštanje NE Krško u probni pogon. Stručna komisija za ocjenu podobnosti NE Krško za puštanje u rad zaključila je na svojoj sjednici 10. 9. 1981. (18) da se kritički analizira deterministički proračun protoka po preporukama MAAE i da se nakon toga zauzme stav o tim proračunima. Osnova za takav stav Komisije bila je i studija velikih voda kod NE Krško (19), u kojoj je iznesena, između ostalog, statistička analiza velikih voda prema konvencionalno korištenim zakonima raspodjele, te je dodatno korištena i jedna nova statistička metoda. Po toj metodi — metodi maksimalne vjerojatnoće — izračunat je protok kod NE Krško u iznosu od 6 545 m³/s za frekvenciju jedanput u 10 000 godina. Specifičnost je ove metode što daje rezultate koji mogu biti premašeni samo u 5% slučajeva ili manje, to jest izračunata vrijednost, u ovom slučaju 6 545 m³/s, u 95% slučajeva pojave 10 000-godišnje velike vode neće biti premašena.

Ispunjavajući zahtjev Komisije, izrađena je treća verzija hidrološkog dijela FSAR-a (20) koji je Komisija prihvatila, a prijevod uručen MAAE i na njega nije bilo komentara. U trećoj verziji hidrološkog dijela FSAR-a, u kojoj se razmatra projektna visoka voda, vremenska serija maksimalnih godišnjih protoka iz razdoblja 1926—1975. obrađena je pomoću 5 uobičajenih teorijskih funkcija razdiobe. Za frekvenciju jedanput u 10 000 godina dobivene su vrijednosti protoka od 3 582 do 3 578 m³/s u Radeču. Prilagodljivost teorijskih funkcija na zabilježene podatke provjeravana je testom Kolomagonova i χ^2 testom. Utvrđeno je da Pearsonova funkcija III tipa daje najkvalitetniju distribuciju. Protok utvrđen po toj funkciji iznosi 3 790 m³/s za Radeče, odnosno 3 927 m³/s za NE Krško.

Uvršten je proračun 10 000 godišnje velike vode i metodom maksimalne vjerojatnosti, što iznosi 6 315 m³/s kod Radeča ili 6 545 m³/s kod NE Krško. Deterministički proračun PMF dan je ovom prilikom u nešto modificiranom obliku prema prethodnome (17). Jedna od glavnih promjena jest u tome što nije uzet konzervativni pristup, to jest da oborine u slivnom području koncidiraju u smislu nastanka najvećeg protoka u Savi. Razmatranjem transpozicije karakterističnih atmosferskih poremećaja, što je za sliv Save bitan događaj za nastanak PMP, utvrđene su oborine za 1, 2, 3 i 4 dana u iznosu 230, 334, 364 i 398 mm, te i iznos desetodnevnih vjerojatno maksimalnih oborina od 594 mm. Te su oborine utvrđene deterministički, a ne statistički kao u prethodnoj verziji deterministčkog proračuna (17). Druga je glavna modifikacija u tome što nije prihvaćen konzervativno uzeti koeficijent otjecanja u iznosu 1. Iz spoznaja o odnosu oborina koje padnu i koje otječu, a koji je dobiven iz prikupljenih hidrometeoroloških podataka u razdoblju 1925—1974. godine, utvrđen je gubitak otjecanja sa 95% stupnjem sigurnosti. Ukupni rezultat ovih dviju modifikacija jest utvrđen efektivni dio PMP za sliv Save do Krškog u iznosu od 365.1 mm Takvim modifikacijama lokalnim je prilikama prilagođen deterministički pristup, te se za PMF kod Radeča dobio protok od 6 260 m³/s, a kod Krškog 6 500 m³/s. Također je izračunat iznos protoka PMF kod Zagreba koji iznosi 7 740 m³/s. Tu je veličinu interesantno usporediti sa 1000 godišnjim protokom Save kod Zagreba koji iznosi 3 650 m³/s (21), na koji je protok obrana Zagreba i projektirana.

Diskutirajući što je učinjeno da se obrani NE Krško od visoke vode, spominjali smo, kao uostalom i u cijelom ovom tekstu, samo visoke vode koje nastaju otjecanjem oborina u slivnom području. Za NE Krško takav pristup ima i dodatno opravdanje.

Naime, PMF, koje na lokaciji NE Krško mogu nastati od svih drugih uzroka (rušenja brane ili drugi) neznatne su po svom intenzitetu prema PMF od otjecanja oborina. Kako je zbog toga ova PMF ujedno i projektna, na kraju ovog prikaza za NE Krško još ćemo se malo udaljiti od teme i prikazati kako je izabrana projektna PMF i kako je provedena zaštita.

Za NE Krško je za vrijeme izgradnje utvrđen velik broj protoka. Tablica 1. daje prikaz svih, i to kronološki kako su bili utvrđivani. Još 1976. godine utvrđena je projektna visoka voda protoka 4 272 m³/s. To je veličina za 9% veća od protoka za koji je dokazano da je statistički najprihvatljivija (Pearson tip III). S obzirom na prisutne tendencije pogoršanje vodnog režima velikih voda u gornjem toku Save ova je razlika korisna, opravdana i realna. Uspoređivanje projektne PMF od 4 272 m³/s sa PMF utvrđenom metodom maksimalne vjerojatnoće od 6 545 m³/s ili deterministčki utvrđenim PMF od 6 500 m³/s pokazuje se da je NE Krško zaštićena od 2/3 maksimalno vjerojatne visoke vode. Ako se promatra nivo vode kod ovih protoka, te visina lijevog i desnog nasipa te platoa elektrana pokazuje se sljedeće: »Obrambeni sistem NE projektirana za 10 000-godišnje veliku vodu 4 272 m³/s daje adekvatan stupanj zaštite tom objektu. Za ponašanje sistema kod pojave PMF 6 500 m³/s plato NE neće biti ugrožen, uz pretpostavku da se preko desne inundacije osigurava uklanjanje povećanih količina« (20).

TABLICA 1.

Popis svih protoka koji su za različite potrebe izgradnje NE Krško bili izračunati i razmatrani u evaluaciji zaštite NE Krško od velike vode

Red. br.	Protoka (m^3/s)	Povratni period (godina)	Metoda proračuna	Namjena proračuna	Proračun napravljen (godina)
1.	3 035	—	maksimalno zabilježeni protok 1913—1958.	za tender	1971.
2.	3 600	10 000	Log. Pearsonova raspodjela	za PSAR	1975.
3.	4 272	10 000	Log. Pearsonova raspodjela	za PSAR	1976.
4.	4 272	10 000	Log. Pearsonova raspodjela	za projektiranje	1976.
5.	4 272	10 000	Log. Pearsonova raspodjela	za FSAR	1976.
6.	10 500	—	deterministička konzervativna	za FSAR	1981.
7.	5 572	10 000	Log-normalna raspodjela	za FSAR	1981.
8.	4 948	10 000	Gibrat Gauss raspodjela	za FSAR	1981.
9.	3 711	10 000	Goodvish raspodjela	za FSAR	1981.
10.	3 926	10 000	Pearson tip III raspodjela	za FSAR	1981.
11.	5 168	10 000	Gumbel raspodjela	za FSAR	1981.
12.	6 545	10 000	metoda maksimalne vjerojatnoće	za FSAR	1981.
13.	6 500	—	deterministička	za FSAR	1981.

5. ZAKLJUČAK

Iz izloženog se vidi da smo na izgradnji NE Krško stekli sva bitna saznanja i velika iskustva u utvrđivanju projektne velike vode za NE. Za NE Krško projektna visoka voda utvrđivana je na osam načina koji su u biti probabilistički i na dva po konzervativnosti različita deterministička načina (tablica 1). Vjerojatno da neki drugi način uopće nije do sada korišten. Također je vrlo vjerojatno da ne postoji NE na kojoj je projektna visoka voda utvrđivana pomoću više metoda. Kako kvantiteta načina proračuna ne znači automatski i željenu kvalitetu rezultata, postupak primijenjen za NE Krško sigurno ne treba slijediti.

Saznanja i iskustva stečena u tom procesu dragocjena su, ali ih treba pravilno i razumno koristiti. Kao prvo treba unaprijed utvrditi metodu proračuna projektne velike vode. Najvažnije je da izabrana metoda bude prilagođena našim prirodnim (u ovom slučaju hidrometeorološkim) uvjetima. Na primjeru NE Krško vidjeli smo da i dvije potpuno različite metode mogu dati usuglašene rezultate ako su dobro prilagođene lokalnim uvjetima. Metoda mora, svakako, biti u skladu s najnovijim razvojem saznanja u ovom području, što znači da ne smije biti zastarjela. Kod izbora orijentaciju mogu dati pristupi drugih zemalja. Također treba imati na umu preporuke MAAE. Iako su te preporuke za nas zakon dok nemamo svojih propisa, njihova nam općenitost omogućuje da uglavnom zadržimo vlastiti stav. Nivo sigurnosti koji će se postići izabranom metodom određenim projektnim parametrima mora biti ekstreman i u našim prilikama neuobičajeno visok, no ipak treba biti prilagođen našim mogućnostima i našim potrebama za energijom.

Ovaj tekst trebao bi omogućiti lakši izbor metode. Sagledavajući sve što je u njemu napisano ostaje dilema da li se odlučiti za probabilistički ili deterministički pristup. Probabilistički pristup bio bi jednostavniji, a podržava ga vrlo dugi niz zabilježenih podataka na nekim našim rijekama. Protiv njega je, svakako, ponajprije nesigurnost ekstrapolacije rezultata na ekstremno rijetke događaje za ma kakav se povratni period odlučili. Drugo, protivan je preporukama MAAE, no čini se da je to ipak manje važno. Konačno, ako je probabilistički pristup dobar za većinu zemalja Evrope, moglo bi se dokazati da je dobar i za Jugoslaviju. Deterministički pristup je svakako manje komotan. Pri odluci za taj pristup treba voditi brigu o tome što on znači za lokacije na obalama Dunava. Postavlja se pitanje da li je uopće moguće provesti takav proračun. Ako je i moguće, onda to svakako ne može biti u okviru samo jednog projekta i na njegov teret. To je pothvat koji bi trebalo poduzeti više zemalja. Bilo kako bilo, deterministički pristup dolazi u obzir samo bez velike konzervativnosti. Jugoslavija, sigurno, nije u prilici da kroz konzervativno utvrđene projektne parametre plaća za nešto što ne postoji. Da to izbjegnemo, potrebno nam je samo znanje, a to posjedujemo.

Kako je našim programom predviđena izgradnja svega nekoliko NE do 2000 godine, nameće se iz svega ovdje iznesenog da se izbor i definiranje metode za utvrđivanje projektne velike vode provodi od slučaja do slučaja. To može značiti da se metoda izabire i definira posebno za svaku loka-

ciju ili eventualno za sve lokacije na jednoj istoj rijeci ili slivnom području. Loša strana takvog pristupa pokazuje se u fazi prethodnih evakuacija i izbora najbolje lokacije, jer je otežano uspoređivanje po kriteriju ugroženosti od poplave. Zbog toga bi za te faze, kada se utvrđuju tek prethodni projektni parametri, trebalo koristiti isključivo probabilističke metode, uzimajući povratno razdoblje od 10 000 godina.

Primjenjujući takav pristup za prvu NE iz našeg programa — NE Prevlaku, izbor daje determinističku metodu uz uvjet da je stupanj konzervativnosti što je razumno moguće niži. Za drugu iz našeg programa — NE Slavoniju, lociranu na obali Dunava, izbor po predloženom pristupu daje probabilističku metodu s povratnim razdobljima od 10 000 godina. Ako zabilježeni podaci opažanja protoka ne bi bili najbolje prilagođeni nekoj od teorijskih statističkih funkcija, raspodjela metode maksimalne vjerojatnosti bila bi vrlo pogodna. Iako po njoj dobiveni rezultati sadrže određen stupanj konzervativnosti (adicioni član u rezultatu), čini se da je ta konzervativnost s obzirom na probabilistički pristup nužna i da upravo tako dobiveni rezultati mogu osigurati željeno nizak nivo rizika. Odluke o izboru i definiranju metode utvrđivanja projektne velike vode za NE nikako ne može donositi investitor tih objekata, nego nadležni republički organ uprave. Za SR Hrvatsku sretna je okolnost da je nadležni republički organ uprave već bio uključen u razmatranje zaštite NE Krško od velike vode, te je i bio nadležan da donošenje konačnih odluka iz ovog djelokruga za NE Krško.

LITERATURA

1. Pravilnik o tehničkim normativima i uslovima za lokaciju, izgradnju, probni rad. puštanje u rad i korišćenje nuklearnih objekata i postrojenja, Službeni list SFRJ broj 25, 1978.
2. International Atomic Energy Agency, Safety Guide on Determination of Design Basis Floods for Nuclear Power Plants on River Sites, Revision No 6, Vienna 1979.
3. International Atomic Energy Agency, Extreme Meteorological Events in Nuclear Power Plant Siting Excluding Tropical Cyclones, Vienna 1981.
4. US Code of Federal Regulations, Title 10-Energy, Parts 0-199, 1977.
5. U. S. Nuclear Regulatory Commision, Regulatory Guide 1.59, Design Basis Floods for Nuclear Power Plants, Revision 2, 1977.
6. American National Standards Instsitute (ANSI), Standard N 170, Standard for Determining Design Basis Flooding at Power Reactor Sites, 1976.
7. Nucleonics Week, Vol. No. 4, Jannary 28, 1982.
8. Sicherheitstechnishe Regel des Kerntechnischen Ausschuss, KTA 2207, Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser, Entwurf, Fassung 1981.
9. Kerntechnischen Ausschuss, Dokumentations — unterlage zur Regelerstellung KTA 2207, 1981.
10. U. K. Health and Safety Executive, HM Nuclear Instalations Inspectorate, Safety Assessment Criteria for Nuclear Power Reactors and Associated Plant. Section 11, Document Number NII/CR/11/3 Flood Protection, Issue No. 2, 1977.
11. Comitato Nazionale Per Lenergia Nucleare, Central Directorate for Nuclear Safety and Health Protection, Nuclear Power Plant Site Requirements and Selection Methods, Doc. DISP (77) 2, Rome 1977.
12. Elektroprivreda of Zagreb, Savske Elektrane of Ljnubljana and Termoelektrarna Šoštanj, Nuclear Power Plant Krško — Tehnical Specification, Section 1 — Site, 1971.
13. Nuklearna elektrarna Krško, Preliminary Safety Analysis Report, 2. 4. Hydrology, 1975.
14. US Atomic Energy Commision, Regulatory Guide 1.70 Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, Revision 1, 1972.
15. D. Legiša: Vodnogospodarske raziskave za NE Krško, Posvetovanje Nuklearne elektrarne in zaščita pred sevanjem, Čateške toplice, 1980.
16. L. G. Hulman: Report on L. G. Hulman International Atomic Energy Agency Mission to Yugoslavia for Evaluation of Hydrology at The Krško Reactor Site, Tetra Tech, Inc. California, 1980.
17. Vodnogospodarski inštitut Ljubljana, NE Krško — Konačno varnostno poročilo, 2. 4. Hidrologija, 1981.
18. Stručna komisija za ocjenu podobnosti NE Krško za puštanje u rad, Pregled obaveza NE Krško za suglasnosti u postupku izdavanja dozvola po zaključcima stručne komisije na sjednici održanoj 10. 9. 1981. Zagreb, 1981.
19. D. Srebrenović: O velikim vodama Save kod Krškog, Zagreb 1981.
20. Nuklearna elektrarna Krško, Final Safety Analysis Report, 2. 4. Hydrology, 1981.
21. D. Srebrenović i suradnici: Analiza režima velikih voda Save, Direkcija za Savu, Zagreb 1975.

KEY WORDS:

NUCLEAR POWER PLANT, NUCLEAR SAFETY, FLOOD RISK, NPP KRŠKO, SITING OF NPP

CALCULATION OF DESIGN BASIS FLOOD ON PRINCIPLE OF NUCLEAR SAFETY

For siting of nuclear power plants on river banks, it is analysed an application of nuclear safety principle in calculation of design basis flood. It is presented a method for calculation of flood water level which is recommended by IAEA, as well as a review of methods that are used in countries whit great nuclear programms. It is also presented our up to day knowlage, and experiances for calculation of design basis flood for NPP Krško.

AUFSTELLUNG DER BEMESSUNGHOCHWASSER IN BEZUG AUF DIE SICHERHEIT VON KERNKRAFTWERKEN

Zur Standortbestimmung von Kernkraftwerken an Flussläufen werden die Möglichkeiten der Anwendung von Gesichtspunkten der Kernkraftsicherheit auch für Ermittlungen des zugehörigen Höchstwasserstandes (Höchstwasserführung) untersucht. Beschrieben wird eine Methode zur Bestimmung der Höchstwasserführung, die von der internationalen Atombehörde empfohlen wird und in Staaten mit hochentwickelten Kernkraftprogrammen angewendetv wird. Behandelt werden die bisherigen eigenen Erfahrungen und Feststellungen bei Untersuchungen der Hochwasservoraussagen im Kernkraftwerk Krško.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ БОЛЬШОЙ ВОДЫ НА ПРИНЦЫПАХ АТОМНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Для местоположения атомных электростанций на берегу рек анализировано применение принципа атомной безопасности в процессе определения проектной большой воды. Излагается метод определения большой воды, рекомендуемый Международной агенцией по атомной энергии, а также обзор методов, применяемых в странах с весьма развитой атомной программой. Описаны югославские познания и опыт, полученные до сего времени в процессе определения проектной большой воды для случая АЭС »Кршко«.

Naslov pisca:

mr Damir Subašić, dipl. ing

Elektroprivreda Zagreb

Uredništvo primilo rukopis 30. 04. 82.

SOUR

MONTING

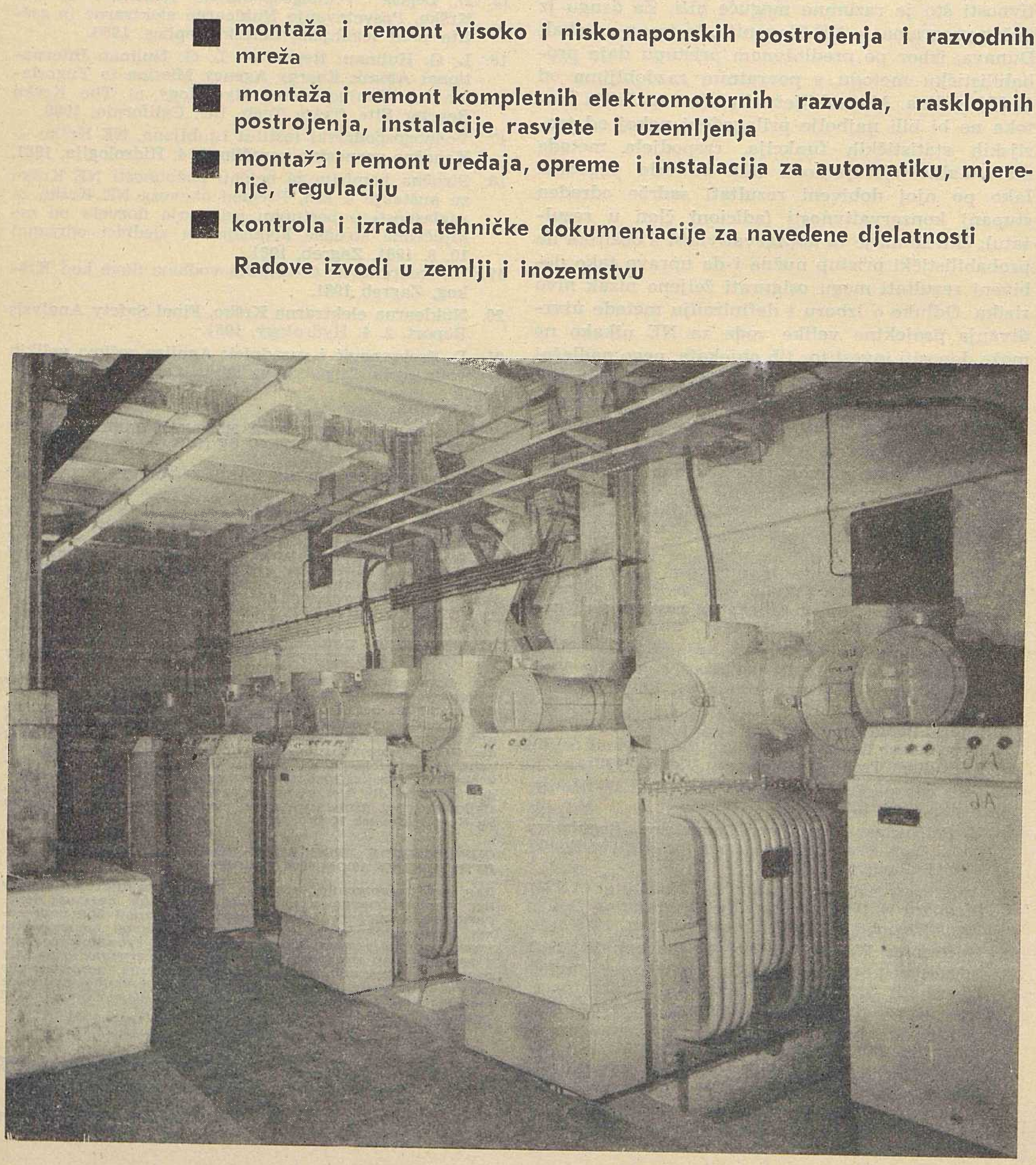
ZAGREB n.sol.o.

Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOUR za elektromontažne radove

ZAGREB • Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti

Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



Energija God. 31 (1982) br. 9—10, 355—369

GLAVNE ELEKTRIČNE SHEME S RJEŠENJEM NAPAJANJA VLASTITE POTROŠNJE ZA VELIKE JEDINICE TERMOELEKTRANA I NUKLEARNIH IZVORA

Josip M i č u g a, Zagreb

UDK 621.311.22:621.039.5
PREGLEDNI RAD

Prikazana su koncepcijska rješenja za glavnu električnu shemu i sheme vlastite potrošnje najčešće prisutna kod realizacija velikih klasičnih termoelektrana i nuklearnih energetskih izvora u svijetu s dilemama oko izbora adekvatnih i najsigurnijih varijanti za odgovarajuće uvjete i sredine.

Uz to je dan kratak osvrt o potrošačima, opterećenju i osnovnim parametrima za postrojenja vlastite potrošnje.

Ključne riječi: električna shema, vlastita potrošnja (v. p.) električno postrojenje, napajanje v. p., termoelektrana, nuklearna elektrana

1. UVOD

Potrošnja električne energije u svijetu i u našoj zemlji u stalnom je porastu. Ta pojava uvjetovana je tehnološkim napretkom, odnosno porastom društvenog proizvoda, što je neminovnost za ovaj svijet u kojem živimo i radimo. Rast potrošnje električne energije, koji se kreće u raznim zemljama u rasponu od 3 do 12% godišnje, zahtijeva stalnu izgradnju sve snažnijih energetskih izvora. Sve manji udio u pokrivanju rastuće potrošnje imaju hidroenergetski potencijali, jer su većim dijelom iskorišteni. Zbog toga je u posljednje vrijeme sve više prisutna intenzivna izgradnja snažnih termoelektrana na kruta goriva i nuklearnih izvora.

Optimizacija pri izgradnji takvih izvora zahtijeva primjenu blokova velikih snaga. Tako za klasične termo izvore snage izgrađenih jedinica dosižu do 1 000 MWE, kod nuklearnih 1 500 MWE, a u razvoju su i veće jedinice.

Za siguran rad kod normalnih uvjeta, kod kratkotrajnih prijelaznih stanja, pokretanja i normalnog zaustavljanja, a posebno kod zaustavljanja u kvarnim režimima, kod tako krupnih i važnih energetskih postrojenja bitno je očuvanje kontinuiteta u opskrbi vlastite potrošnje električnom energijom. S rastućim jediničnim snagama blokova prisutan je i rast jediničnih snaga elektromotornih pogona vlastite potrošnje, a time i zahtjevi vezani za način napajanja. Ti zahtjevi osobito su izraženi i strogi kod nuklearnih izvora, gdje su prisutni naročito osjetljivi ili tzv. bitni potrošači, koji zahtijevaju poseban tretman.

Sve to postavlja pred investitore i projektante poseban zadatak i odgovornost pri koncipiranju glavne električne sheme, kao i sheme napajanja vlastite potrošnje za velike blokove klasičnih i nuklearnih izvora.

U prikazu koji slijedi želi se dati pregled i osvrt na neka suvremena rješenja koja danas egzistiraju u svijetu, te ukazati na dileme prisutne kod prilaza i gledanja na pojedine koncepcije za različite uvjete i sredine.

Kako se i u našoj zemlji teži izgradnji sve većih termojedinica i nuklearnih jedinica, ovim napisom želi se dati prilog za nalaženje adekvatnih i optimalnih rješenja.

2. POTROŠAČI I OPTEREĆENJA VLASTITE POTROŠNJE ELEKTRANA

Kod razmatranja električne sheme vlastite potrošnje (v. p.) za neki energetski objekat prisutni su kao bitni faktori vrsta i karakteristike potrošača, te njihova opterećenja. S porastom snaga potrošača i opterećenja vlastite potrošnje u termoelektranama (TE) i nuklearnim elektranama (NE) dolazi do uvećavanja sklopnih postrojenja, njihovih osnovnih parametara, a time i složenosti u iznalaženju prihvatljivih rješenja. To je osobito prisutno danas, kad se ide na građenje TE i NE s veoma visokim jediničnim snagama, čime manje-više zavisno rastu i opterećenja v. p. Ta se zavisnost u postocima, a prema iskustvu za velike blokove s raznim pogonskim gorivima kreće u ovim okvirima:

— za TE na kruta goriva (ugljen) 8%
— za TE na tekuća goriva 6%
— za NE sa lakovodnim reaktorima 4—6%

Navedene vrijednosti su orijentacijske za tipična rješenja, a za specifične slučajeve mogu se dosta

izmijeniti. Faktori koji mogu dosta utjecati na opterećenje v. p. jesu izabran sistem hlađenja, koje može biti protočno ili kružno s rashladnim tornjevima, vrsta pogona napojnih pumpi, zatim razne konstrukcije kotlova kod TE i dr.

Suvremeni blokovi imaju velik broj elektromotornih pogona čija snaga prelazi 180 kW (preko 50 kom. po jedinici), a najveće jedinične snage elektromotora prelaze 10 000 kW. To su prije svega elektromotori napojnih pumpi i pumpi rashladne vode. U tablici 1. prikazane su jedinične snage elektromotora za blokove raznih snaga u TE izgrađenih u SAD.

Tablica 1.

NAZIV POGONSKOG MEHANIZMA	Snaga bloka (MW)			
	413	520	666	827
	Jedinična snaga pogon. elektromotora (kW)			
napojne pumpe	7 000	turbo	5 000	10 000
pumpe rashladne vode (cirkulacione)	1 250	2 500	2 000	1 500
kondenzatne pumpe	600	1 000	1 500	1 280
pomoćne niskotlačne pumpe	300	600	1 000	1 500
usisni ventilatori	—	7 000	6 000	5 000
tlačni ventilatori	5 500	8 000	3 500	6 000
kompresori za opće potrebe	100	400	600	600

Uočava se da snage elektromotora ne rastu linearno sa snagama blokova, što se može protumačiti konstruktivnim rješenjima i posebnostima, a to osobito vrijedi za kotlove.

U tablici 2 dana su sumarna opterećenja grupa osnovnih potrošača za blok jedne NE od 1 000 MWe izgrađen u Švicarskoj s lakovodnim reaktorom. U tablici su prikazana i ukupna opterećenja v. p. kod nominalnog tereta bloka Pv. p., zatim ukupno prividno opterećenje v. p. Sv. p. uz $\cos\varphi = 0{,}88$ i $\eta = 0{,}95$ i na kraju snaga za dimenzioniranje transformatora Str, pri čemu se računalo s rezervom od oko 30%.

Tablica 2.

NAZIV POTROŠAČA	Sumarna opterećenja kod naziv. tereta bloka (kW—KVA)
cirkulacione pumpe reaktora	10 000
napojne pumpe	12 000
kondenzatne pumpe	4 000
pumpe rashladne vode kondenzata	12 000
ostali potrošači	10 000
ukupno vlastita potrošnja Pv. p. (kW) kod nazivnog tereta bloka	58 000
ukupna prividna snaga vlastite potrošnje uz $\cos\varphi = 0{,}88$ i $\eta = 0{,}95$ $Svp = \frac{Pv.\,p.}{\eta \cos\varphi} = (MVA)$	69 000
snaga za dimenzioniranje transformatora Str uz rezervu od oko 30%	90 000

U tablici 3. prikazane su približne vrijednosti opterećenja v. p. za NE s lakovodnim reaktorima snaga 1 000—2 000 MWe. Posebno su dane vrijednosti primjenom napojnih pumpi s turbopogonom, a posebno s elektromotornim pogonima. Razlike su evidentne jer napojne pumpe sudjeluju gotovo sa 30% opterećenja v. p.

U tablici su iskazane prekidne moći (Ppr.) na srednje naponskim postrojenjima kod rješenja sa 4 sitema sabirnica. Ostale oznake veličina iste su kao za tablicu 2.

Tablica 3.

Snaga bloka (MW)	Vrsta pogona napojnih pumpi					
	turbopogon			elektropogon		
	Pvp MW	Svp MVA	Str MVA	Pvp MW	Svp MVA	Str MVA
	Ppr. = 350 MVA			Ppr. = 500 MVA		
1 000	38	45	54	58	69	83
1 300	50	60	72	75	90	108
	Ppr. = 500 MVA			Ppr. = 750 MVA		
1 700	65	77	92	98	117	140
2 000	76	90	108	116	138	166

Dimenzioniranje transformatora priključenih na otcjep bloka ili mrežu, a preko kojih se napaja v. p., vrši se zavisno od ukupne prividne snage instaliranih potrošača. Pri tome treba uzeti u obzir rezervu potrebnu kod prekapčanja i drugih kvarnih i nenormalnih pogonskih prilika.

Kod manjih blokova, do 200 MW, uobičavalo se dimenzionirati transformatore za v. p. s većim rezervama, što je i ekonomski snošljivo. Drugačija je situacija s velikim jedinicama, gdje se ovo pitanje oštrije postavlja, jer je ekonomski faktor utjecajniji, pa za svaki energetski izvor treba provesti detaljniju analizu.

Radi ostvarenja manje rezerve u transformaciji, reducira se dio potrošača na v. p. kod ispada i drugih kvarnih pogonskih prilika. Neki motorni pogoni rješavaju se s više jedinica, ali bez stvarne rezerve (npr. pumpe rashladne vode i dr.)

Od snage i izvedbe transformatora v. p. u velikoj mjeri ovisi snaga kratkog spoja na sabirnicama postrojenja v. p. Tako imamo slučaj da kod najvećih jedinica snaga kratkog spoja prekorači željene vrijednosti. Zbog toga treba težiti da se te vrijednosti ograniče na standardizirane izvedbe prekidne moći opreme, tj. na 350 MVA; 500 MVA i 750 MVA. To se postiže tehničkim rješenjima sklopnih postrojenja za v. p. izvedenih s više sekcioniranih sabir-

nica i jednolikim raspoređivanjem grupa potrošača na njima. Za manje blokove zadovoljavaju dvije, a za veće formiraju se po četiri sekcije sabirnica. U tablici 4. prikazani su približni odnosi između prekidne moći na postrojenjima v. p. srednjeg napona i snaga transformatora preko kojih je napajana v. p. blokova.

Tablica 4.

Prekidna moć Ppr (MVA)	Ukupna snaga transformatora za napajanje v. p. (MVA)	
	jedan dvonamotajni transformator	dva tronamotajna transformatora
350	23	92
500	33	132
750	49	196

3. OSNOVNI PARAMETRI U POSTROJENJIMA v. p. I NJIHOVA POGONSKA ODSTUPANJA

Parametri o kojima će biti govora, a bitni su za izbor sheme postrojenja v. p. i za siguran rad energetskog objekta jesu napon, prekidna moć i frekvencija.

Posebnu pažnju treba pridati izboru napona, a s tim u vezi i prekidne moći na postrojenju. U grubome na postrojenjima v. p. prisutna su dva naponska nivoa, i to:

— srednjonaponski
— niskonaponski.

Pri tome se misli na izmjenične napone, dok su istosmjerni poglavlje za sebe.

Za blokove manjih snaga najčešće se srednjonaponski nivo pokriva naponom 6,3 (6,6) kV, a niskonaponski sa 0,38 kV odnosno 0,5 kV. U današnjim prilikama i u budućnosti, s pojavom znatno većih jedinica, ne zadovoljavaju navedeni naponi, pa se prišlo uvođenju novih, i to na srednjem nivou 13,8 kV; 10,5 kV,4,16 kV i na niskom 660 V. Nerijetko se susreću rješenja da na srednjem ili niskonaponskom postrojenju v. p. imamo i po dva različita napona. Odlučujuću ulogu za izbor broja i veličina napona kod projektiranja novih objekata imaju tehničko-ekonomske analize.

S promjenom napona bitno se mijenjaju nazivna struja i prekidna moć u postrojenju. Posebno je to važno za prekidače. Zbog ekonomičnosti ne bi se smjelo ići na izbor opreme za v p. čija nazivna struja prelazi 3 000 A, odnosno maksimalno 3 600 A. Prekidna moć za koju se izrađuje oprema ograničena je zbog cijene koštanja. Približne vrijednosti koje vrijede u odnosu na naponske nivoe postrojenja v. p. prikazane su u tablici 5.

Iznad vrijednosti u tablici moglo bi se ići samo u izuzetnim slučajevima. Treba pripomenuti da se dimenzioniranje prekidača u postrojenjima v. p. vrši osim na prekidnu moć i na udarnu struju kratkog spoja, na koju dosta utječu asinhroni motori. Zbog toga se događa da prekidna moć nije iskorištena u cijelosti.

Tablica 5.

Prekidna moć prekidača na srednjem naponu (MVA)	Naponi postrojenja v. p. i njihovi odnosi (kV)
do 350	6,3 (6,6)/0,38 ili 6,6/0,5
500	6,3 (6,6)/0,38 ili 6,6/0,5 10/6,6/0,38 10/6,6/0,5 10/0,5
750	10 kV s raznim kombinacijama kao za 500 MVA

Velik utjecaj na izbor napona imaju asinhroni elektromotori za pogon raznih pogonskih mehanizama, a s vrlo širokim dijapazonom priključenih snaga. Veliki elektromotori snage preko 4 MW imadu znatno otežane uvjete pokretanja zbog velikog zakretnog momenta. Padovi napona kod pokretanja ne smiju prijeći iznose od 15% do maksimalno 20% od nominalnog napona, jer u protivnom zbog sniženja momenta nije sigurno da će se osigurati nominalna brzina vrtnje, a time i stacionarno stanje.

Stoga je za veće snage elektromotora rješenje veći pogonski napon. Primjer s elektromotorom od 6 600 kW pokazuje da, ako je građen za 4,16 kV kod pokretanja napon padne na 76% Un, što je ispod dopuštene granice, a za napon 6,9 kV padne na 82% Un, što zadovoljava.

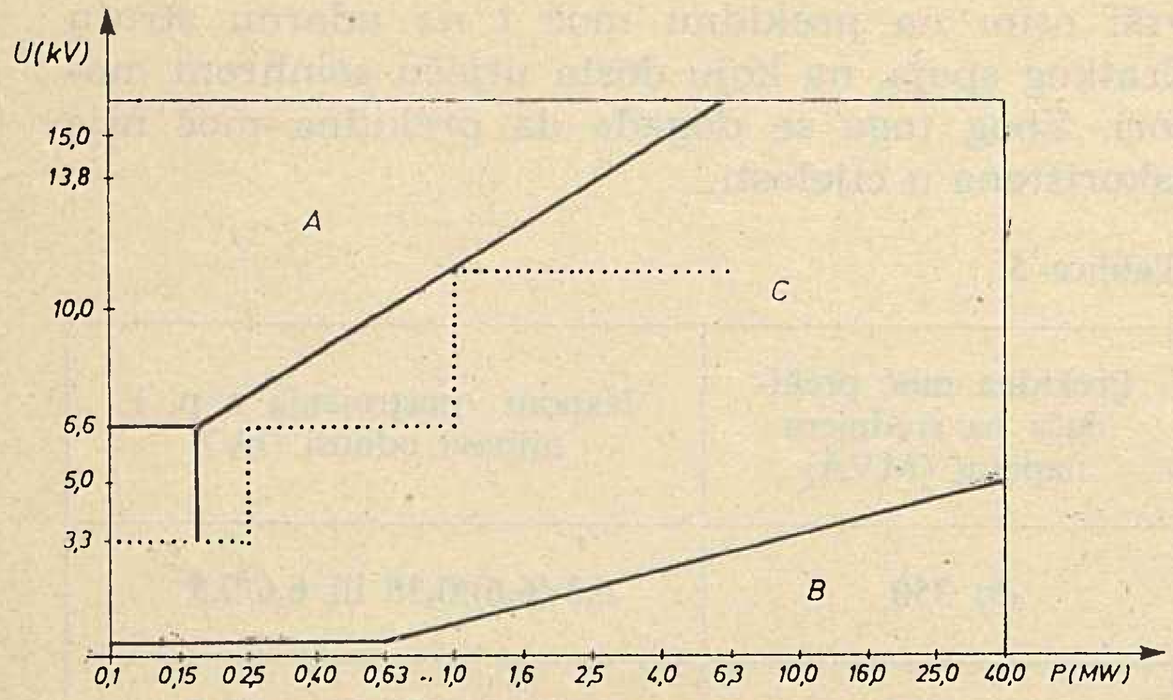
Takve prilike uvjetovale su uvođenje napona 10 kV i višeg. S ekonomskog aspekta valja primijetiti da su elektromotori za napon 10 kV skuplji za oko 20% od onih za 6,6 kV, a i stupanj djelovanja im je nešto niži. Zato za 10 kV napon dolaze u obzir elektromotori čija je snaga veća od 630 kW.

I na području niskog napona ima u primjeni više napona. Najčešći su 380 V za elektromotore do 220 kW, zatim 500 V za elektromotore do 300 kW. Ograničenja snaga kod ovih napona ne predstavlja konstrukcija, već izvedba priključaka s velikim presjecima kabela.

Na dijagramu sl. 1 dani su odnosi snaga i napona za trofazne elektromotore.

Primjenom napona 10 kV i 0,38 kV (0,5 kV za blokove preko 500 MW) ostaje nepokriveno područje za snage 220 kW (300 kW) do 630 kW. Zbog toga se uvode novi naponi ili 660 V ili 4,16 kV. Ali i u tom slučaju zadržava se napon 380/220 V, jer to zahtijevaju manji elektromotorni pogoni armatura i slično kao standardiziranu tvorničku izvedbu.

Kabeli također utječu na izbor napona. S troškovne strane s većim naponima dobiju se povoljniji



A = područje abnormalno visokog napona
B = područje abnormalno visoke struje
C = područje primjene prema preporukama IEC-a

Sl. 1. Odnosi snaga P i napona U kod trofaznih elektromotora

rezultati. Kod dimenzioniranja kabela treba uvažavati termička i dinamička naprezanja kod pojave kratkog spoja. Tako snage kratkog spoja 500 MVA na postrojenju 6,6 kV, odnosno 750 MVA na postrojenju 10 kV, zahtijevaju presjeke kabela od 185 do 240 mm². Zbog krutosti trožilnih kabela većih presjeka otežano je njihovo polaganje, pa je i to jedan od razloga ograničenih veličina kratko spojnih snaga na postrojenjima v. p.

Interesantno je istaći i ulogu impendance transformatora preko kojih se napaja postrojenje v. p. S jedne strane, zbog dopustive granice pada napona na postrojenju od 15—20% poželjno je da impendanca bude što manja, dok ograničena prekidna moć zahtijeva što veću vrijednost impendancije. Postupnim proračunom određuje se impendancija transformatora koja zadovoljava objema zahtjevima. Jasno da iz toga proizlaze ograničenja (vidi tablicu 4).

U pogledu izbora napona za velike blokove može se konstatirati da su sve više prisutna rješenja sa naponom 10 kV kod jedinica iznad 500 MW ili sa dva napona na srednjenaponskom nivou (10 kV i 6 kV; 6,9 i 4,16 i dr.), a za blokove najviših snaga dolaze rješenja i s naponom 13,8 kV. Na priloženim shemama uz poglavlje 5. vide se neka od izvedenih rješenja u svijetu.

Kada se govori o parametrima u postrojenju v. p. svakako je interesantno spomenuti nešto i o njihovim pogonskim odstupanjima, a da ipak zbog toga ne dođe do oštećenja same opreme i neželjene prorade zaštite. To je naročito prisutno u kvarnim prilikama na mreži, kada je jako važno da ne dođe do ispada elektrane.

Napon i frekvencija su parametri koji su bitni za održavanje stabilnosti pogona.

Za razvijanje zemlje Zapada vrijede određeni kriteriji za savladavanje nekih očekivanih izvanrednih stanja:

— Kod punog rasterećenja bloka neminovno dolazi do momentanog porasta napona i frekvencije koji ne smiju utjecati na rad pomoćnih pogona i bloka.
— Kod ispada dalekovoda ili nekih drugih elektrana na mreži dolazi do smanjenja napona i frekvencije mreže. Za elektrane u pogonu tada se postavljaju ovi uvjeti:

a) s padom frekvencije do 48,5 Hz omogućen je trajan pogon bloka s punom snagom;

b) kod frekvencija između 48,5 do 47,5 Hz moguć je pogon od otprilike 10 min, po mogućnosti s umanjenom snagom;

c) kod frekvencije 47,5 Hz odvaja se blok s mreže i nastavlja rad napajanjem vlastite potrošnje elektrane.

Takvi uvjeti nalažu da se oprema v. p., posebno elektromotori, projektiraju prema ovim navedenim zahtjevima:

— Uz sniženje napona na 85% Un, a unutar frekventnog područja od 50—48,5 Hz, postrojenje v. p. treba izdržati puno otperećenje bez štetnog zagrijavanja u trajanju od 60 minuta.
— Uz sniženje napona na 85% Un i pada frekvencije na 47,5 Hz, postrojenje v. p. treba izdržati puno opterećenje u trajanju oko 10 minuta.
— Uz sniženje napona na 70% Un elektromotori na v. p. ne smiju ispasti iz koraka.
— Kod trenutačnog sniženja napona na oko 40% Un u trajanju oko 0,5 sek (kratki spoj na mreži), zatim ponovno dizanje na 70% Un, a nakon nekoliko sekundi na 85% i 100% Un, elektromotori se moraju ponovno vratiti na puni zalet.
— Kod napona od 85% Un, odnosno 80% Un, treba biti omogućeno pokretanje elektromotora iz mirnog stanja.

Osim nabrojenih zahtjeva, preporuča se da se za napajanje v. p. predvide regulacijski transformatori, kako bi se mogao održati trajan rad postrojenja i kod dužih trajanja loših naponskih prilika na mreži.

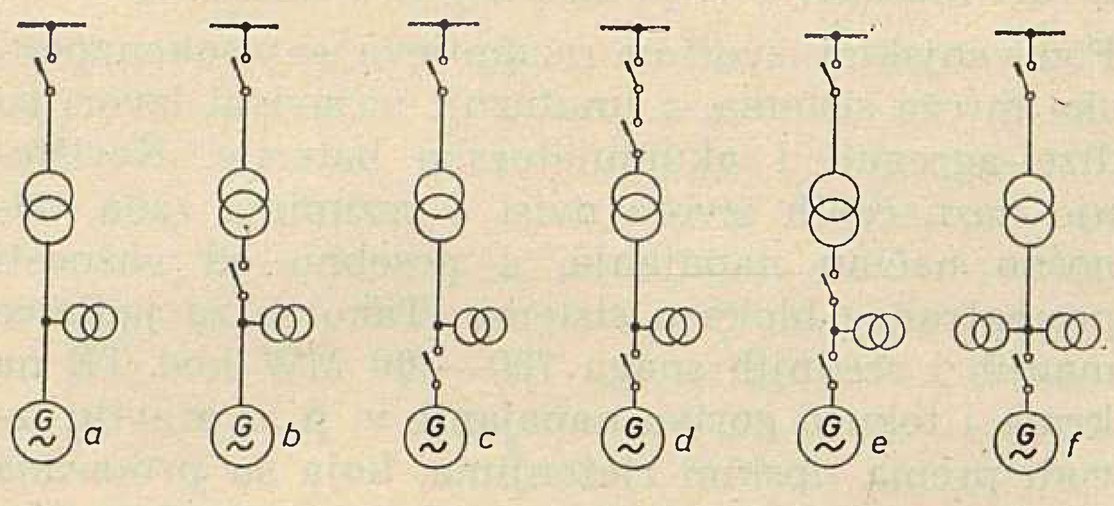
4. KONCEPCIJA GLAVNE SHEME: GENERATOR-BLOK TRANSFORMATOR S OTCJEPOM v. p.

Glavna shema elektrane obuhvaća generator, vezu na blok transformator s otcjepom za napajanje vlastite potrošnje, sam blok-transformator i priključak na mrežu. Unutar nabrojenih veza ugrađuju se sklopni aparati, mjerni transformatori i druga pomoćna oprema. Veza generator — blok-transformator izvodi se u blok spoju s okloplje-nim generatorskim sabirnicama. Koncepcijska rješenja za glavnu shemu mogu biti raznolika, s nizom modifikacija prilagođenima za određene prilike i objekte.

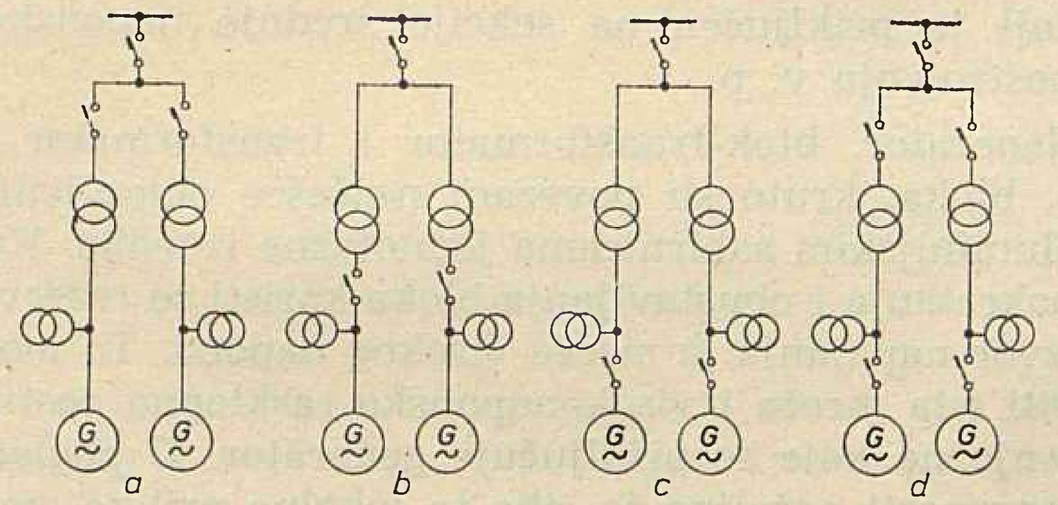
Pri usvajanju određene koncepcije za neki objekt od niza faktora dva su odlučujuća, i to investicijska

ulaganja i pogonska sigurnost. Između ta dva oprečna zahtjeva treba naći za svaki konkretan objekt, ovisno o njegovoj ulozi u energetskom sustavu, prihvatljivo rješenje.

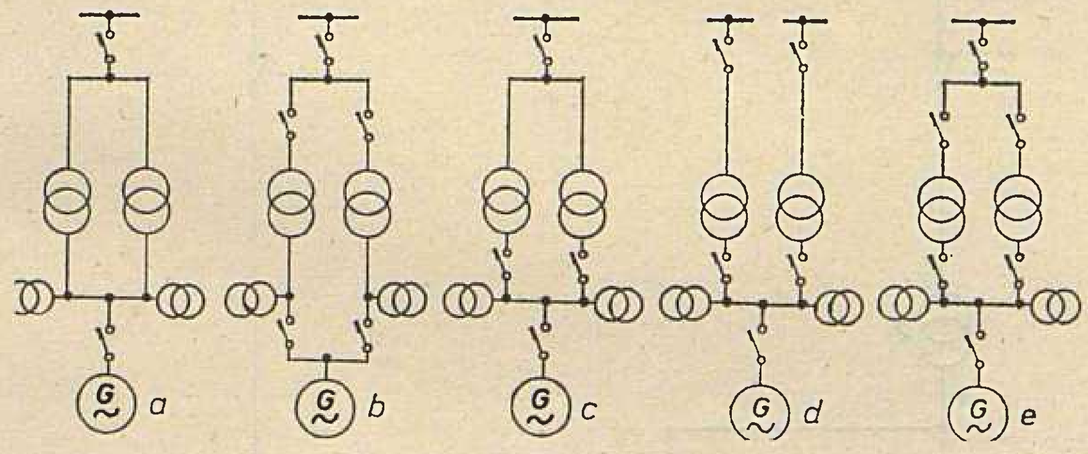
Na slikama 2, 3. i 4. prikazana su principna rješenja za glavnu shemu bloka raznih varijanta izvedbi.



Sl. 2. Načelna rješenja glavne sheme s otcjepom v. p. za jednobločne izvedbe



Sl. 3. Načelna rješenja glavne sheme s otcjepom v. p. za dvobločne izvedbe



Sl. 4. Načelna rješenja glavne sheme s otcjepom v. p. za blokove NE 1000 MWe i više

Na sl. 2. prikazana su rješenja sheme s jednim blokom. Shema »a« pokazuje najjednostavnije, a i najjeftinije rješenje koje se primjenjuje kod klasičnih blokova manjih i srednjih snaga. Veza na generatorskom naponu krute je izvedbe. Za pokretanje i obustavljanje bloka, kao i za rezervno napajanje v. p. potreban je poseban izvor preko mrežnog transformatora. Nezgodna strana takvog rješenja jest ta da se prekapčanja v. p. vrše za vrijeme pogona s kratkotrajnim prekidima. Prekapčanja su obično automatizirana.

Rješenje prema shemi »b« dopunjeno je generatorskim učinskim prekidačem ispred blok-transformatora. Na taj način kvarovi na blok-transformatoru ili smetnje na mreži bivaju iskapčani putem ovog prekidača, što omogućuje da blok ostaje u pogonu, a time i neprekinuto napajanje v. p. preko otcjepa. Za pokretanje i zaustavljanje bloka, u slučaju kvara na generatoru nužan je poseban izvor kao kod sheme »a«.

Prema shemi »c« predviđen je generatorski učinski prekidač ugrađen na sabirnicama iza generatora. Otcjep za v. p. izvodi se između prekidača i blok-transformatora. Prednost je ovakvog rješenja da se pokretanje i obustava bloka može vršiti iz mreže preko blok-transformatora, a na taj se način može izostaviti rezervni izvor preko mrežnog transformatora. Ako se ipak osigura rezervni izvor, onda je dovoljno umjesto učinskog generatorskog prekidača primijeniti jeftiniji učinski rastavljač.

Osim toga, prednosti su ovakvog rješenja, da ne dolazi do prekida u napajanju v. p. u pogonu, a kvarovi na transformatorima i sabirnicama brzo se iskapčaju putem generatorskog prekidača, čime znatno smanjuju razaranja na mjestu kvara. Loša je strana rješenja da iskapčanje kvarova generatorskim prekidačem prekida kontinuitet napajanja v. p. od generatora. Kvarovi slične vrste dosta su rijetki.

Shema »d« razlikuje se od rješenja prema »c« time što se na visokonaponskoj strani iza blok-transformatora ugrađuju dva učinska prekidača umjesto jednog, čime se povećava sigurnost za slučaj kvara na visokonaponskom postrojenju i mreži.

Rješenje dano shemom »e« s dva prekidača na generatorskom naponu najskuplje je u ovoj grupi, ali i najsigurnije. Eliminiran je nedostatak iz sheme »c«, a rezervni izvor je potreban u izuzetnim slučajevima, što znači izostajanje prekapčanja v. p. kod promjena režima rada bloka.

Na fhemi »f« prikazano je rješenje s jednim generatorskim prekidačem kao kod »c«. Bitna razlika je što se umjesto jednog transformatora v. p. u otcjepu uzimaju dva, a to je pogonski sigurnije. Takva su rješenja kod najvećih jedinica vrlo česta zbog grupiranja potrošača na više sekcija i ograničavanja kratkospojnih snaga na sabirnicama v. p., te veće pogonske sigurnosti.

Primjena shema s generatorskim učinskim prekidačima zbog visokih troškova dolazi u obzir pretežno kod jedinica većih snaga (500 MW i više). Sheme iz sl. 2.e i 2.f primjenljive su kod NE. Efikasnost kombinacija s generatorskim prekidačima sa svim nabrojenim prednostima dolazi do izražaja samo ako imamo pouzdanu zaštitu sa selektivnim djelovanjem.

Na sl. 3. prikazane su sheme za dvobločna rješenja. Sve što je rečeno za jednobločna rješenja iz sl. 2. vrijedi za odgovarajuću shemu u ovom slučaju. Razlike su u načinu priključka visokonaponske strane.

Na sl. 4. prikazane su sheme sa pet varijantnih rješenja, primjenjiva za najveće jedinice snage od 1 000 MW i više, a posebno kod NE. Karakteristično je za sve varijante da se svaka jedinica predviđa sa po dva blok-transformatora i dva transformatora v. p. bloka u otcjepu, dimenzioni-

ranih za 50% nazivne snage. Ako dođe do kvara ili ispada jednog blok-transformatora, blok može raditi s polovičnim kapacitetom i napajati v. p. U slučaju ispada jednog transformatora v. p. bloka s drugim omogućeno je sigurno zaustavljanje bloka. Na shemi 4.a—c dana su rješenja s ugradnjom generatorskih prekidača u raznim kombinacijama, a za sva je bitno da omoguće pokretanje i obustavu bloka iz mreže najvišeg napona preko blok-transformatora, odnosno kontinuirano napajanje v. p. bloka. Na shemama su prikazane razne kombinacije s prekidačima i priključcima na visokonaponskoj strani. Posebno se izdvaja varijanta »d« po kojoj je svaki blok-transformator priključen na odvojeni sistem, čime se još više dobiva na sigurnosti napajanja v. p.

Najsigurnije, ali ujedno i najskuplje rješenje jest ono prema shemi »e« kod kojeg u slučaju ispada jednog blok-transformatora napajanje v. p. ostane s oba transformatora u otcjepu u kontinuiranom pogonu.

Za sve sheme prema sl. 4. pozitivno je i zajedničko da nije nužno rezervno napajanje v. p. preko mrežnog transformatora. U kvarnim situacijama za bitne potrošače predviđa se dopunski unutarnji izvor s dizel-agregatima.

Općenito valja naglasiti posebnost koja se iskazuje pri realizaciji glavne sheme za TE i NE. Pretežni dio ugrađene opreme je maloserijske proizvodnje, razrađene u projektnom rješenju za odgovarajući objekat. Zbog toga treba biti naročito pažljiv kod izbora tehničkih rješenja i parametara za opremu.

5. RJEŠENJA SHEMA NAPAJANJA VLASTITE POTROŠNJE

Shema vlastite potrošnje elektrane sačinjena je od dijela za napajanje iz vanjskih ili unutarnjih izvora, sklopnih postrojenja srednjeg i niskog napona s pripadajućim razvodima i podrazvodima, te priključcima do pojedinih potrošača. Važnost i složenost sheme v. p. zahtijeva temeljitu i studioznu razradu da bi se udovoljilo svim uvjetima za siguran rad mnogobrojnih i raznolikih mehanizama. Posebno to dolazi do izražaja kod velikih jedinica NE.

Osobito važna uloga pridaje se izvorima i načinu napajanja v. p. Zavisno od režima rada bloka napajanje v. p. dijelimo na:

— normalno
— rezervno ili kvarno.

U normalno napajanje ubrajaju se tri karakteristična pogonska stanja, i to:

— pokretanje bloka iz hladnog stanja
— redovni pogon sa zadanim teretom
— zaustavljanje bloka po nalogu.

Rezervno napajanje dolazi u obzir u slučajevima kvarnih prilika ili revizija na dijelu postrojenja za normalno napajanje, kao i kod poremećaja na mreži.

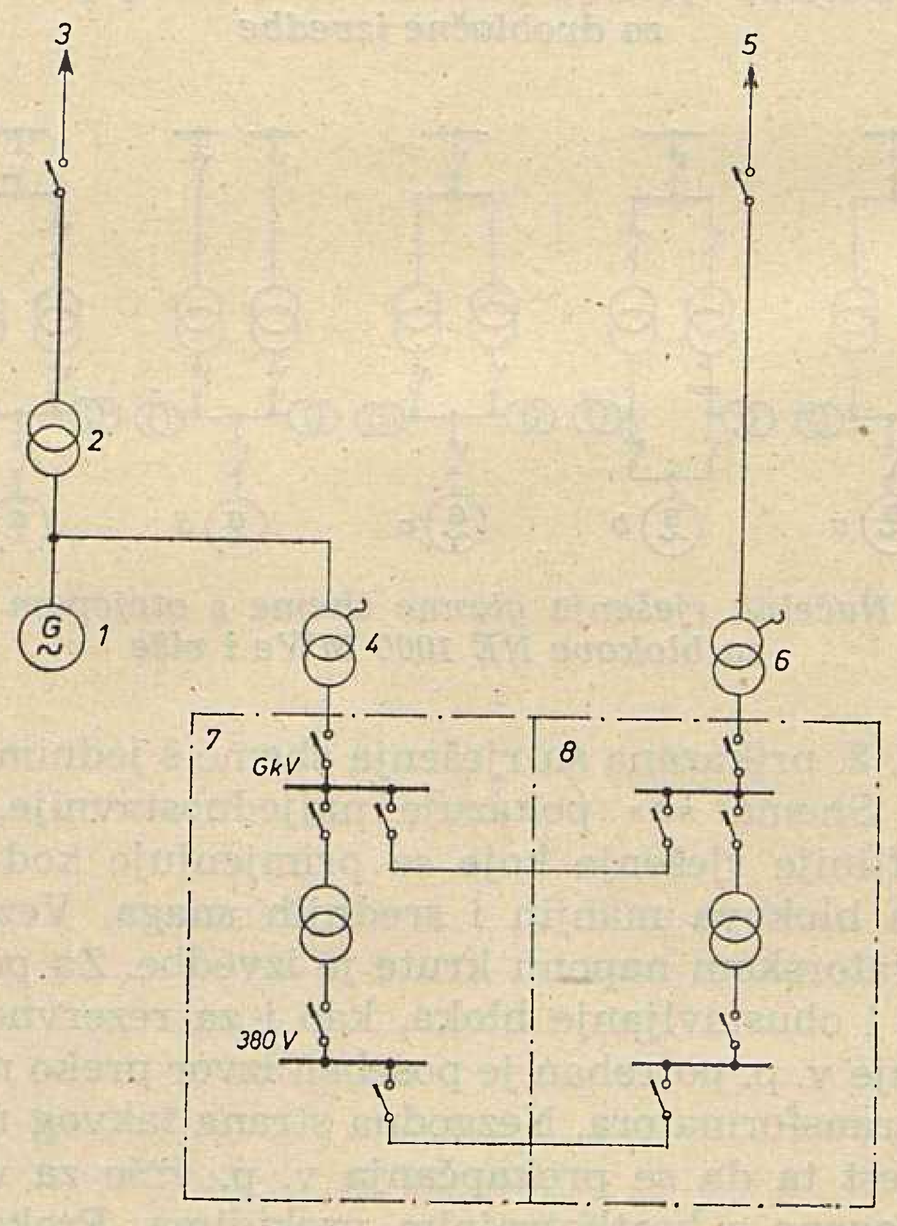
Za sva nabrojena stanja treba osigurati sigurne vanjske ili unutarnje izvore opskrbe električnom energijom.

5.1. Izvori i način napajanja v. p.

Izvori napajanja v. p. su vanjski i unutarnji.

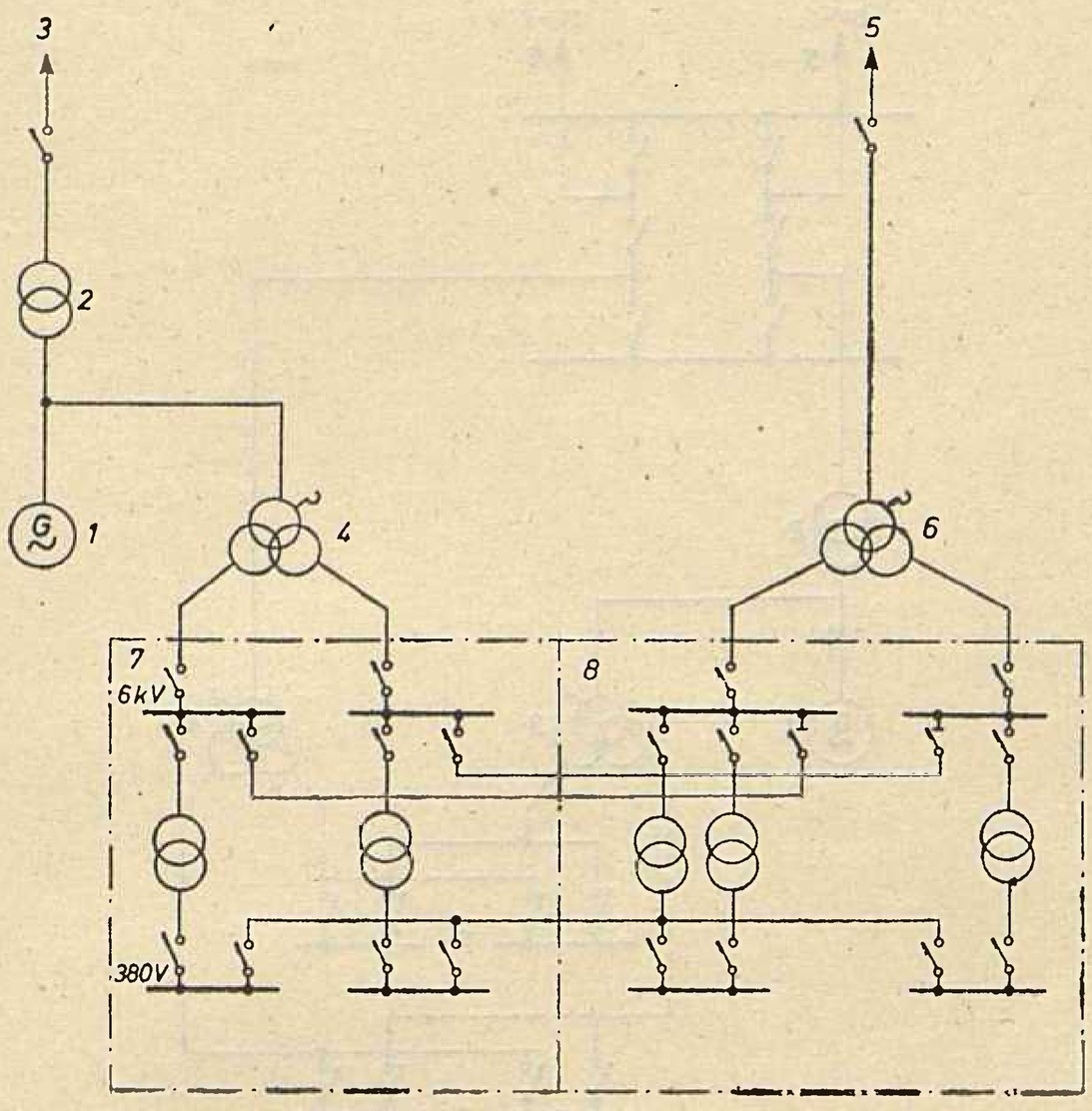
Pod vanjskim izvorima razumijeva se visokonaponska mreža sistema, a unutarnji nezavisni izvori su dizel-agregati i akumulatorske baterije. Korištenje naznačenih izvora ovisi o režimima rada, odnosno načinu napajanja, a posebno od važnosti promatranog bloka u sistemu. Tako se za jedinice manjih i srednjih snaga 100—300 MW kod TE na kruta i tekuća goriva napajanje v. p. u pravilu izvodi prema tipskim rješenjima, koja su prikazana na shemama sl. 5. i 6. U normalnim pogonskim prilikama napajanje se vrši s otcjepa na generatorskom naponu, a preko transformatora v. p. bloka koji je priključen na sekcije srednje naponskog postrojenja v. p.

Generator, blok-transformator i transformator v. p. bloka, kruto su povezani najčešće oklopljenim aluminijskim sabirnicama jednofazne izvedbe. Kod pokretanja i obustavljanja bloka koristi se rezervni izvor napajanja iz mreže visokog napona. To može biti ista mreža i visokonaponsko rasklopno postrojenje na koje se priključuje generator. U pogledu sigurnosti poželjno je, ako to lokalne prilike omo-



TUMAČ OZNAKA:
1 - turbogenerator; 2 - blok-transformator; 3 - visokonaponski priključak na mrežu; 4 - transformator v.p. bloka; 5 - priključak na mrežu za pokretanje i rezervu; 6 - mrežni transformator; 7 - postrojenje v.p. bloka; 8 - postrojenje opće potrošnje elektrane.

Sl. 5. Principna el. shema napajanja v. p. za blokove do 200 MW u TE



Sl. 6. Principna el. shema napajanja v. p. za blokove TE do 300 MW
(Tumač oznaka kao za sl. 5.)

gućuju, da se priključak provede na odvojenu mrežu, odnosno drugi naponski nivo.

Rezervno napajanje obavlja se preko mrežnog transformatora priključenog na sekcije sabirnica srednjonaponskog postrojenja opće potrošnje.

Kada je nakon pokretanja obavljena sinhronizacija bloka na mrežu, provodi se brzo prekapčanje v. p. bloka iz rezervnog izvora na vlastiti izvor na generatorskom otcjepu. Prekapčanje je obično automatizirano. Izvor napajanja preko mrežnog transformatora osim za pokretanje i obustavu bloka koristi se i kao rezervni izvor u slučaju kvarnih prilika na transformatoru v. p. bloka ili dijelu postrojenja za normalno napajanje v. p.

Oba transformatora za napajanje v. p. u pravilu su regulacijska, a izvedeni su ili kao dvonamotajni ili tronamotajni. Snaga mrežnog transformatora ovisi o koncepcijskom rješenju kompletne elektrane na promatranoj lokaciji. Najčešće su kod elektrana s jednim blokom oba transformatora iste snage. Ako pak ima više jedinica s kojima se poslužuje zajednički rezervni izvor, onda je uobičajeno da mrežni transformator bude dimenzioniran tako da se istovremeno može pokrenuti jedan blok i preko njega da se vrši rezervno napajanje v. p. drugog bloka.

Kod elektrana s više blokova u pravilu se uzimaju po dva rezervna transformatora.

Unutarnji nezavisni izvori napajanja u TE i NE jesu dizel-agregati i AKU-baterije. Dizel-agregat se sve češće pojavljuje u TE, premda nije obavezan, a služi za napajanje nekih vitalnih potrošača u kvarnim režimima. To su:

— uljna pumpa za podmazivanje ležajeva
— pumpa za brtvljenje osovina generatora
— uređaj za prekretanje osovine generatora
— važniji motorni pogoni armatura i dr.

AKU-baterija obično je predviđena za napon 220 V, a koristi se za uređaje upravljanja, zaštite, signalizaciju, neke osjetljive motorne pogone, pomoćnu rasvjetu i dr. Opisani izvori i način napajanja kod klasičnih jedinica srednjih snaga ne zadovoljavaju sve zahtjeve kod velikih jedinica, a posebno kod NE.

Osim zahtjeva za sigurnim i kontinuiranim napajanjem potrošača v. p., tu se pojavljuju sve veće snage potrošača, što stvara dodatne probleme. Kod nuklearnih elektrana zahtijevi sigurnosti su posebno naglašeni. Najrazvijeniju regulativu na tom području imaju Amerikanci (SAD) gdje djeluju komisije (USAEC — »United States Atomic Energy Commission«, odnosno USNRC — »United States Nuclear Regulatory Commission«), koje su izradile niz preporuka za primjenu standarda. Postoji još niz organizacija koje se bave izdavanjem standarda. Sistemski standardi daju samo opće smjernice i zahtjeve pojedinim sistemima, dok je razrada i primjena stvar projektiranja.

Jedan od niza sistema koji se odnosi na NE jest sistem za opskrbu električnom energijom za klasu 1E potrošača, za koji vrijedi standard IEEE 308 (»Criteria for Class 1E Electric Systems for Nuclear Power Generating Systems«).

Općenito, unutarnji sistemi opskrbe i razvoda v. p. dijele se i na:

— sistem za opskrbu klase 1E potrošača
— sistem ostalih potrošača.

Na sistem klase 1E priključuju se potrošači koji u svim zamislivim nezgodama u svakom momentu i bez ograničenja moraju imati osigurano neprekinuto napajanje električnom energijom. U tu grupu tzv. bitnih potrošača ulaze prvenstveno oni u sklopu hlađenja jezgre reaktora.

Tu se još priključuje napajanje pretvarača, ispravljača, uređaja regulacije, računala, instrumentacija i dr.

Sistem klase 1E potpuno je odvojen na srednjonaponskom nivou postrojenja 6,3 kV ili 10,5 kV, a sastoji se od dvije ili više sekcioniranih sabirnica. Osnovni kriteriji koji vrijede za klasu 1E potrošača:

— osiguranje višestrukog napajanja na vanjskim izvorima, a najmanje 2 × 100%,
— konzekventno prostorno i električno razdvajanje višestrukih sistema,
— najveća moguća sigurnost komponenata
— osiguranje višestrukog napajanja s vlastitim izvorima (dizel-agregatima), a najmanje 2 × × 100% za bitne potrošače kod potpunog prekida opskrbe iz vanjskih izvora.

Udovoljavanje naznačenih kriterija pretpostavlja odgovarajuće koncipiranje električne sheme, te specijalno izvođenje i dopunsko opremanje sistema.

Zahtjev za osiguranjem višestrukog napajanja s vanjskim izvorima pretpostavlja posjedovanje najmanje dva visokonaponska voda priključena na električnu mrežu neovisnih sistema, od kojih je u svakom momentu moguće dobivanje pune snage za napajanje v. p. bloka. Uobičajeno je da se to realizira sa dva nivoa napona, i to na najvišem naponu (380 kV i više) priključuje se blok-transformator, a na nižim naponima (110 kV ili 220 kV) mrežni transformator u svojstvu drugog ili rezervnog izvora.

Električno razdvajanje sistema znači da je 1E sistem napajan neovisno o sistemu ostalih potrošača i da međusobno nisu povezani. Prostorno razdvajanje sitema znači da je smještaj postrojenja, opreme, razvoda s kabelskim trasama i dr. riješen u odvojenim prostorima i kanalima.

Vlastiti izvori, koji se rješavaju s dizel-agregatima, a priključuju se na 1E sistem sabirnica na srednjonaponskom nivou (6,3 kV ili 10 kV) trebaju biti najmanje dvostruko kapacitirani za pokrivanje opterećenja svih potrošača. Na reaktorskom postrojenju dizel-agregati trebaju kod kvarnih situacija omogućiti:

— pouzdano obustavljanje reaktora
— odvajanje ostatka topline iz reaktora
— djelovanje uređaja regulacije i instrumentacije
— aktiviranje zaštitnih sistema i izoliranje kontejmenta.

Namijenjena uloga dizel-agregata zahtijeva posebnu pažnju u izboru njihovih karakteristika.

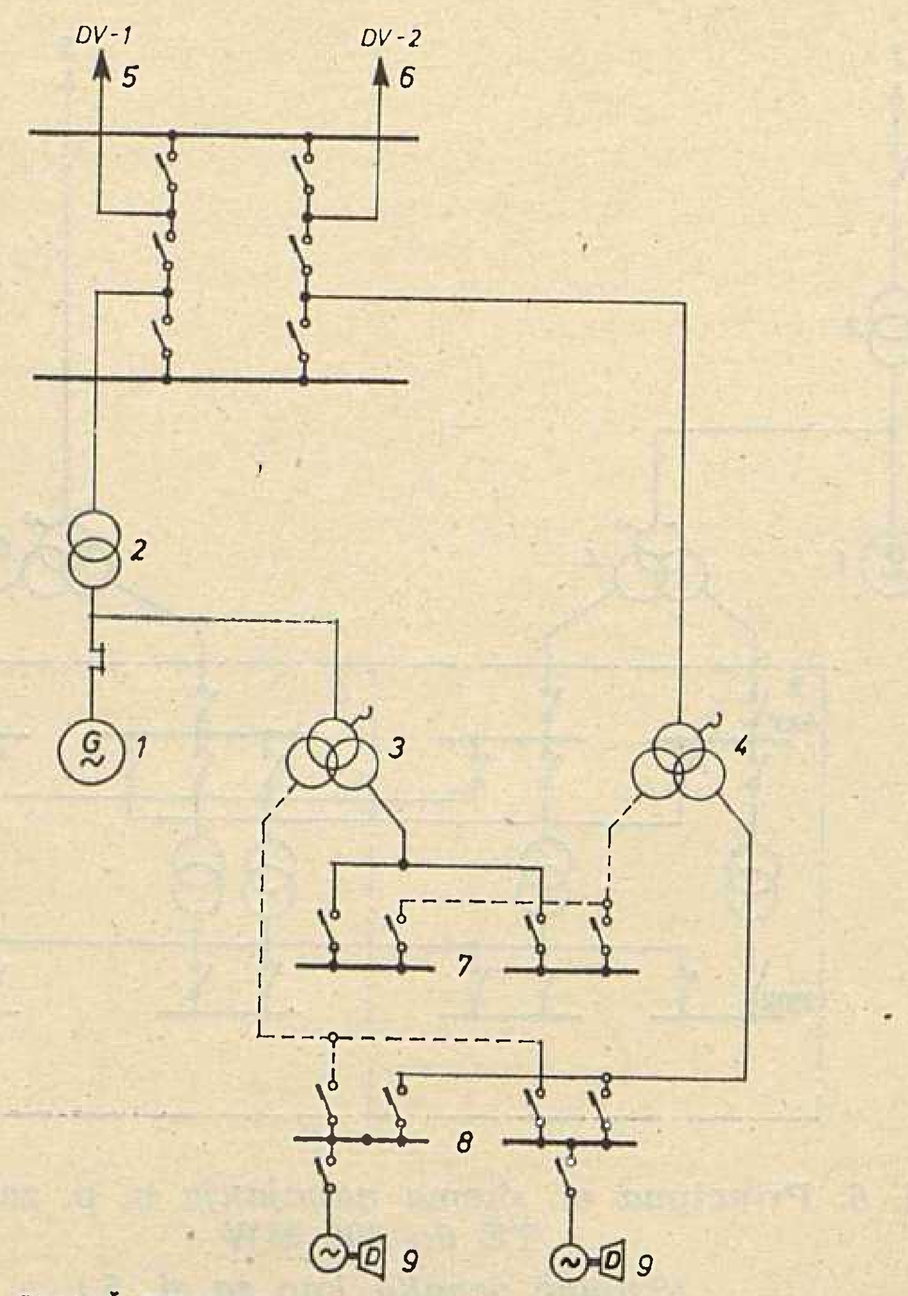
Dolaze u obzir visokoturažni agregati s relativno malim zamašnim masama, dobrim regulacijskim karakteristikama i s mogućnošću brzog preuzimanja tereta.

Neki bitni potrošači, čije napajanje preuzimaju dizel-agregati u kvarnim uvjetima predviđeni su s jediničnim snagama oko 500 kW (cirkulaciona pumpa za hlađenje reaktora) čiji je moment upuštanja dvostruki od nominalnog. Da bi se svladalo preuzimanje više tako velikih potrošača, predviđa se njihovo upuštanje s vremenskim zatezanjem i ravnomjerna raspodjela na više sekcija.

Upuštanje agregata provodi se automatski, a vrijeme od puštanja komprimiranog zraka za start do paljenja goriva iznosi 4 sek, dok vrijeme od dobivanja signala za pokretanje do pune brzine, odnosno nominalnog napona na sabirnicama iznosi 10 sek.

Dizel-agregati u NE grade se za snage 2—5 MW.

Na sl. 7. dana je principna tipska shema napajanja v. p. za NE prema opisanim važećim kriterijima u SAD. Dalekovodima označenim sa DV—1 i DV—2 provedeno je priključivanje na odvojene sisteme. U normalnim uvjetima napajanje v. p. provodi se preko otcjepa, a rezervno napajanje osigurano je preko mrežnog transformatora (4) s kojeg se obavlja i pokretanje bloka. Sklopna postrojenja strogo su odijeljena, i to od izvora do razvoda po sekcijama za normalno napajanje v. p. (7) i



TUMAČ OZNAKA:
1 - turbogenerator; 2 - blok-transformator; 3 - transformator v.p. bloka; 4 - mrežni transformator; 5 - visokonaponski priključak na mrežu; 6 - priključak na mrežu za pokretanje i rezervu; 7 - sekcija normalnog napajanja v.p.; 8 - sekcija rezervnog napajanja v.p.; 9 - dizel agregati; 10 - generatorski učinski prekidač.

Sl. 7. Tipska el. shema napajanja v. p blokova NE po kriterijima SAD

rezervno napajanje — 1E sistema (8) na koje se priključuju dizel-agregati. Iz prikazane sheme može se uočiti da, za razliku od klasičnih TE, nema odvojenih sabirnica opće potrošnje za potrošače, koji u cijelosti ne pripadaju bloku. Kod NE je vrlo mali broj takvih potrošača, pa se raspoređuju na sekcije bloka.

Prekapčanje iz jednog na drugi izvor napajanja je automatizirano s vremenskim zatezanjem.

Za razliku od prakse koja se provodi kod NE u SAD uz uvažavanje kriterija Komisije AEC, u Evropi, odnosno SR Njemačkoj preferiraju se vlastita rješenja.

Ta rješenja polaze od stajališta da nije u svakom slučaju moguće, a niti opravdano po svaku cijenu osigurati drugi vanjski neovisan izvor napajanja. Zbog toga je usvojena koncepcija s učinskim prekidačem na generatorskom naponu, kod čega drugi vanjski izvor nije nužan. No bez obzira na rješenja s vanjskim izvorima u SRNj smatra se da su za bezuvjetnu sigurnost u napajanju bitnih potrošača uređaja reaktora kod kvarnih prilika najpouzdanija rješenja unutarnji izvori s dizel-agregatima. Njihov visoki stupanj sigurnosti u opskrbljivanju dokazan je dosadašnjom primjenom u bolnicama, aerodromima i drugim sličnim strateškim objektima.

Stajališta SRNj opravdavaju se nizom argumenata potvrđenih rezultatima ispitivanja. Izvor iz mreže najvišeg napona preko blok-transformatora i otcjepa s ugrađenim generatorskim učinskim prekidačem (vidi sl. 9) najsigurnije je napajanje v. p. kod pokretanja bloka i drugih pogonskih režima za velike jedinice. Drugi nezavisni izvor iz mreže koji se preferira u SAD nije uvijek pouzdano i sigurno rješenje.

Zbog velikih snaga potrošača v. p. (jedinične snage prelaze 10 MW) potrebno je imati na raspolaganju čvrstu vanjsku mrežu i dovoljnu snagu transformacije, što je naročito izraženo kod pokretanja i prekapčanja. Mreža 110 kV koja najčešće stoji na raspolaganju obično ne udovoljava takvim uvjetima, pa se danas već na izgrađenim elektranama ugrađuju učinski prekidači na generatorskom naponu, da bi se osiguralo sigurnije napajanje preko otcjepa. Osim toga, elementarne ili druge krupnije nepogode mogu izazvati raspad sistema i gubitak obaju vanjskih izvora, pa je teško govoriti o odvojenim sistemima i sigurnostima s takvim rješenjima, što ponovno daje prednost unutarnjim izvorima.

Prema tome uvođenje dvaju vanjskih izvora po svaku cijenu, a uz postojanje generatorskog učinskog prekidača ne bi bilo racionalno. Rješenja u praksi su različita i najčešće se prilagođuju lokalnim prilikama, odnosno prisutnosti bližih nezavisnih izvora ili mreža, a takav rezervni izvor koristi se samo kada otcjep nije raspoloživ.

Rješenja s dva vanjska izvora skopčana su i s problemom prekapčanja napajanja v. p., a posebno ako se to obavlja u kvarnim uvjetima sa sniženim vrijednostima napona i frekvencije ili su te vrijednosti nesinhronizirane, pa se prekapčanja provode s prekidima uz vremensko zatezanje radi sniženja zaostale vrijednosti napona na sabirnicama v. p. Posljedica toga je znatno sniženje brzine okretaja pogonskih elektromotora, pa kod ukapčanja nastupaju veliki strujni udari, što otežava i pravi složenijima prilike i uvjete kod prekapčanja, a osobito je izraženo kod NE s lakovodnim reaktorima. Kada se prekapčanje obavlja bez prekida, tada u kratkom vremenskom razdoblju oba transformatora za napajanje v. p. rade paralelno. Struje kratkog spoja u takvim uvjetima mogu narasti na dvostruke iznose i izazvati velika razaranja.

Usprkos mogućim neprilikama danas se dosta uspješno obavljaju prekapčanja, i to primjenom brzih automatskih uređaja.

Neprilike prekapčanja najbezbolnije se izbjegavaju uz primjenu rješenja s generatorskim učinskim prekidačem, gdje je osigurano kontinuirano napajanje v. p.

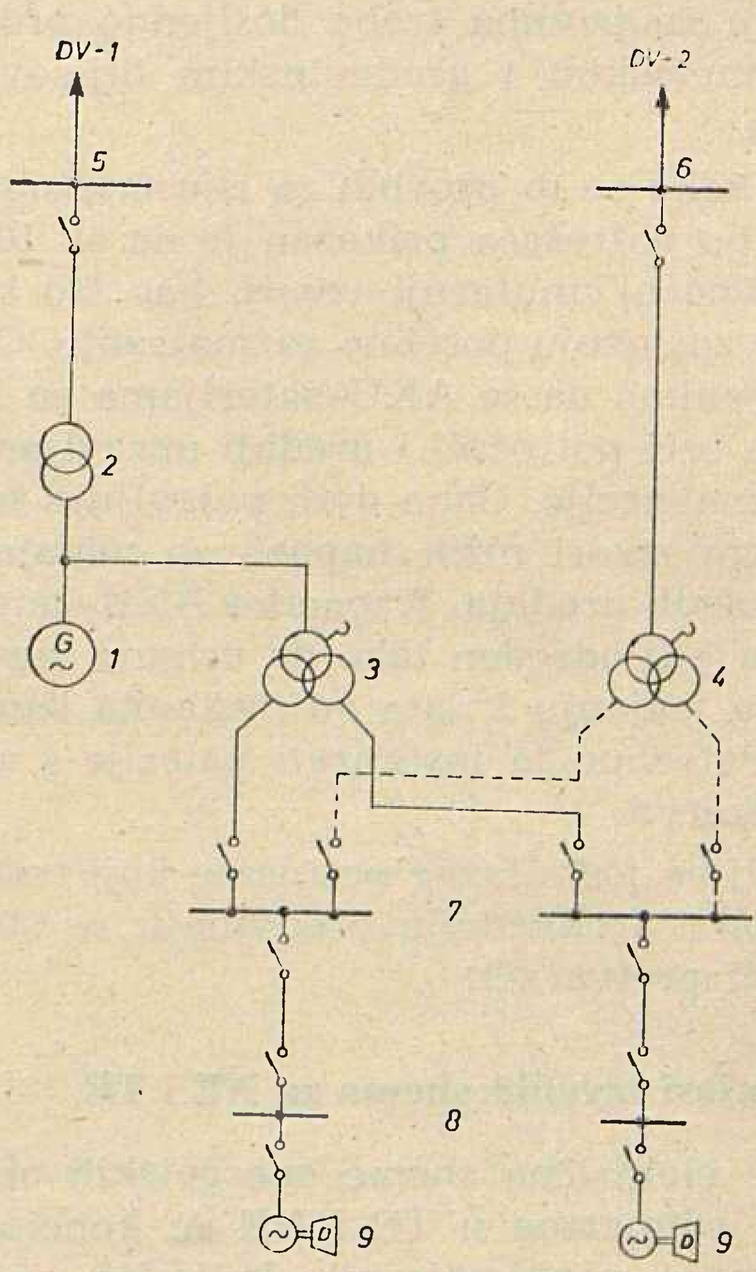
Kada se izabire optimalna varijanta uz tehničku stranu, značajnu ulogu mogu odigrati troškovi. Zbog toga treba provesti tehničko-ekonomsku analizu. Jedna takva analiza obavljena je u SAD na primjeru triju elektrana sa po dva bloka od 500 MW, 650 MW i 800 MW. Pokazalo se da je varijanta s mrežnim transformatorom povoljnija za elektranu 2×500 MWe, a za elektrane 2×650 MW i 2×800 MW povoljnije je rješenje s generatorskim učinskim prekidačem.

Ispitivanja su još pokazala da postrojenja s generatorskim prekidačem imaju manje pogonskih zastoja.

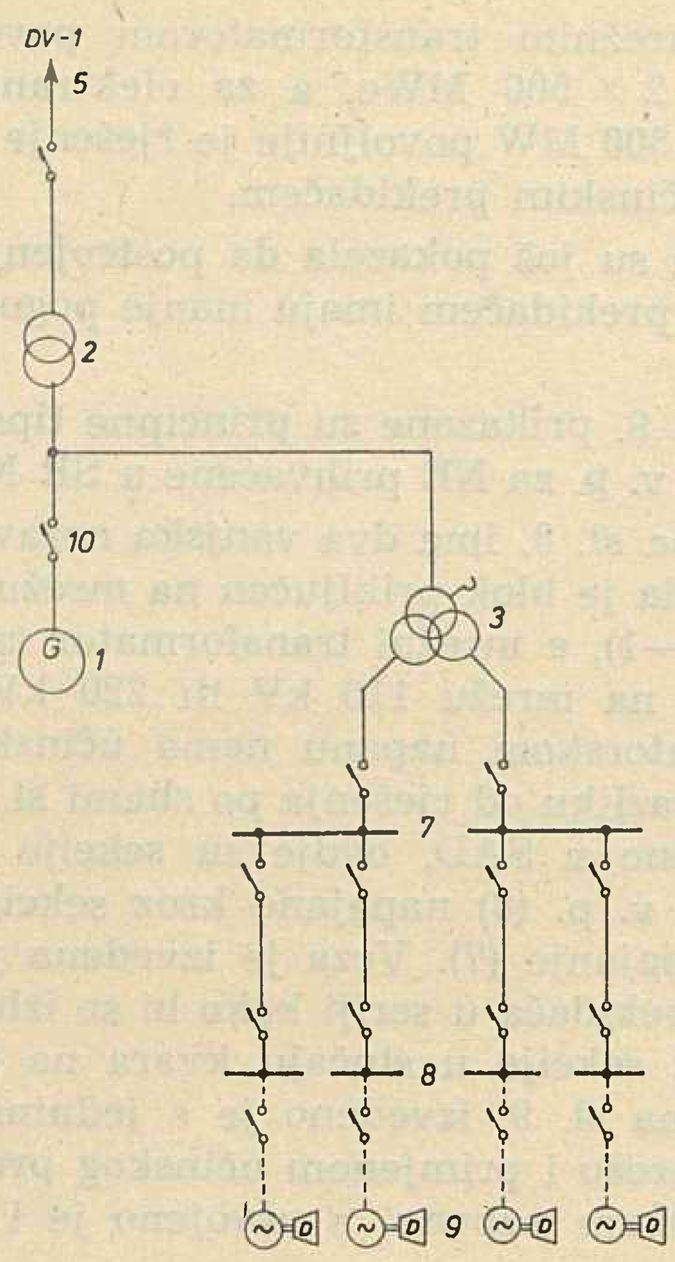
Na sl. 8. i 9. prikazane su principne tipske sheme napajanja v. p. za NE prihvaćene u SR Njemačkoj.

Rješenje na sl. 8. ima dva vanjska nezavisna izvora, s tim da je blok priključen na mrežu višeg napona (DV—1), a mrežni transformator za rezervno napajanje na mrežu 110 kV ili 220 kV (DV—2). Na generatorskom naponu nema učinskog prekidača. Za razliku od rješenja po shemi sl. 7. koje je primijenjeno u SAD, ovdje su sekcije rezervnog napajanja v. p. (8) napajane kroz sekcije za normalno napajanje (7). Veza je izvedena preko dva učinska prekidača u seriji kako bi se izbjegla neuporabivost sekcije u slučaju kvara na prekidaču. Rješenje na sl. 9. izvedeno je s jednim priključkom na mrežu i primjenom učinskog prekidača na generatorskom naponu, a usvojeno je i tipično je za SRNj.

Ovdje treba skrenuti pažnju na rješenja koja se primjenjuju za napajanje bitnih potrošača 1E sistema na sekcijama za rezervno napajanje. Predviđaju se četiri potpuno razdvojene sekcije, koje su u normalnim uvjetima napajane preko četiri priključka sa po dva serijski spojena prekidača. Unutarnje napajanje rješeno je tako da svaka sekcija ima dezel-agregat kapaciteta $4 \times 50\%$ nominalne snage. Na taj način svaki sistem hlađenja reaktora priključen je na odvojenu sekciju.



Sl. 8. Tipska el. shema v. p. u SRNj sa dva DV
(Tumač oznaka kao za sl. 7.)



Sl. 9. Tipska el. shema napajanja v. p. NE u SRNj s jednim DV
(Tumač oznaka kao za sl. 7.)

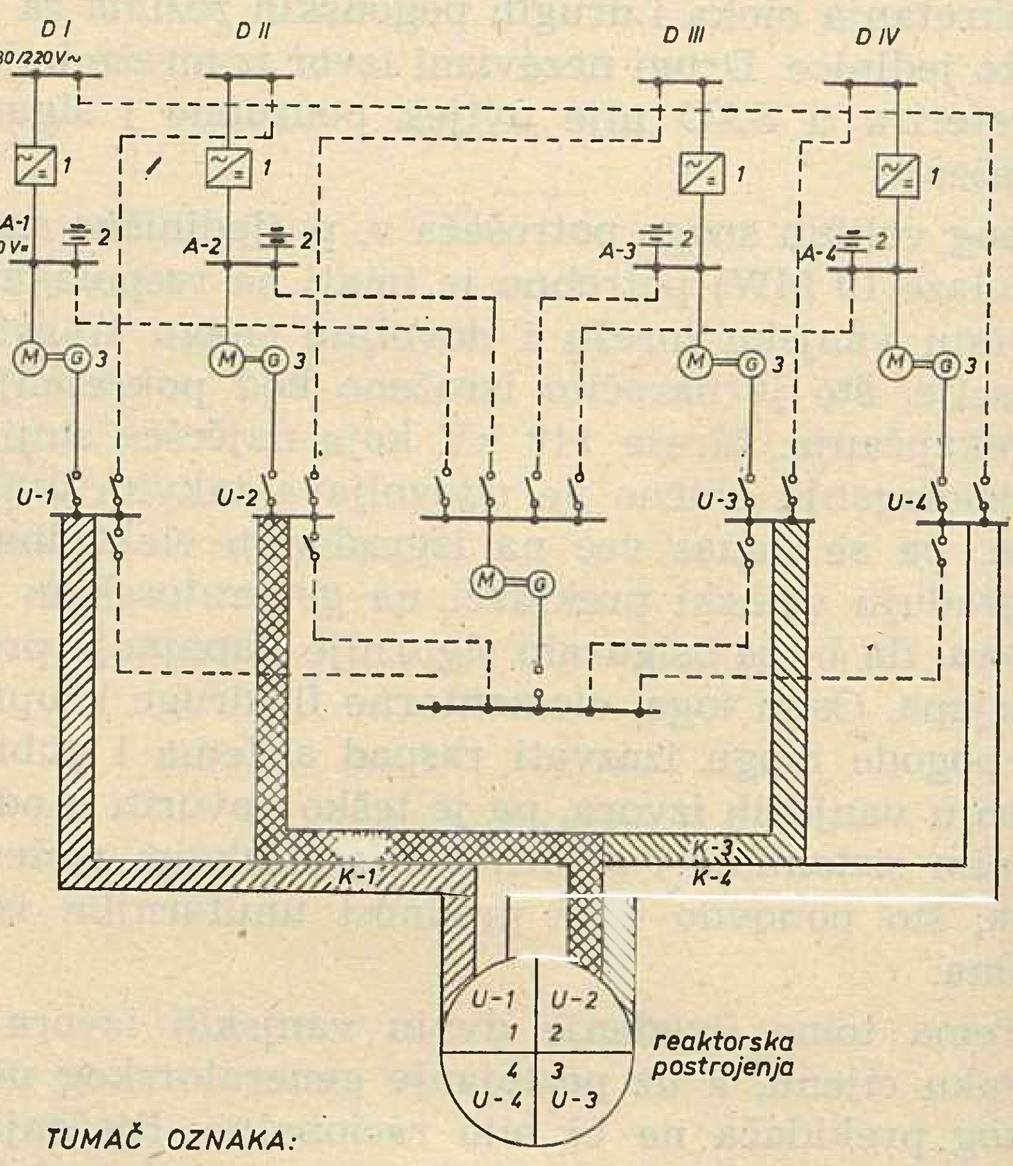
Zajednička karakteristika kompletnih sličnih shema napajanja vlastite potrošnje jest radijalna izvedba, i to od izvora do potrošača za sabirnice i razvod na svim nivoima napona. Izostavljene su međuveze sekcija, čime je onemogućeno prenošenje kvarova. To znači da gubitak jedne sekcije ne izaziva ispad bloka. Koncepciju radijalne izvedbe ili izvedbe u snopovima treba dosljedno provesti na svim tehnološkim i građevinskim dijelovima postrojenja.

Primjer kako se to provodi za istosmjerne izvore i razvode do potrošača prikazan je na sl. 10.
Razni pomoćni unutarnji izvori, kao što su AKU-baterije zaslužuju posebno razmatranje. Ovdje samo spomenimo da se AKU-baterijama za 220 V = napajaju veći potrošači i uređaji upravljanja i zaštite i signalizacije. Osim ovih pojavljuje se i drugi istosmjerni izvori nižih napona za napajanje raznih pomoćnih uređaja. Kapacitet AKU-baterija kod NE treba biti određen tako da osigura sigurno napajanje u trajanju 2 sata od nestanka izmjeničnog izvora. Potrebno je instalirati baterije s najmanje 100% rezerve.

Za osjetljive jednofazne potrošače koji trebaju stalan napon i frekvenciju predviđaju se statički ili rotirajući pretvarači.

5.2. Primjeri izvedbi shema za NE i TE

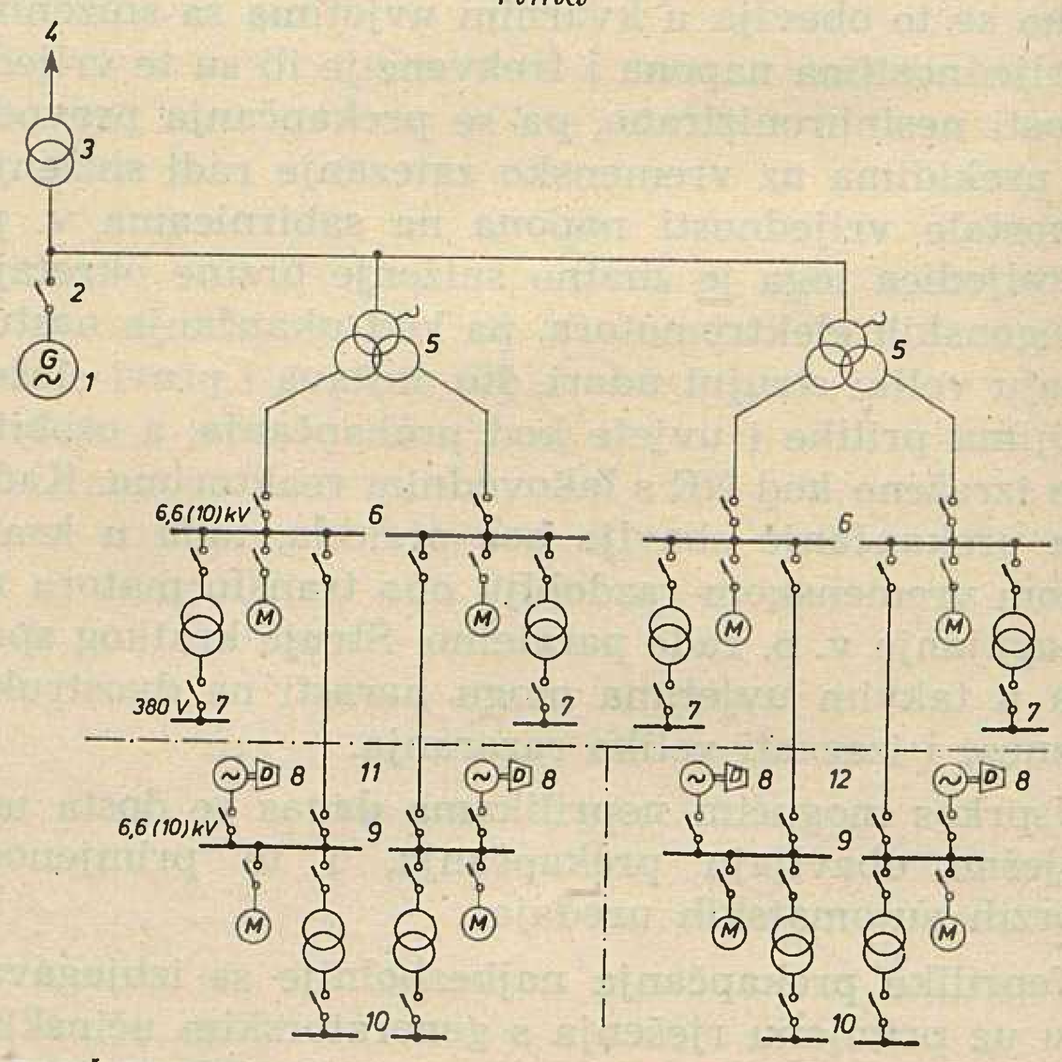
Izvedene električne sheme energetskih objekata s velikim jedinicama u TE i NE su koncipirane uz pridržavanje proklamiranih kriterija za sigurno napajanje v. p. Odstupanja od slučaja do slučaja plod su lokalnih prilika i tehničko-ekonomskih analiza za konkretna projektirana rješenja. U prikazu koji slijedi dat će se niz primjera izvedenih principnih shema s kratkim opisom karakterističnih rješenja za pojedine slučajeve velikih NE i TE u svijetu.



TUMAČ OZNAKA:

D I — D IV — sabirnice 380/220 V I sekcije dizel-agregata;
A I — A 4 — sabirnice 220 V = ; U 1 — U 4 — sabirnice za napajanje uređaja reaktora;
K-1 — K 4 — radijalni snopovi kabelskih trasa; ——— snopovi el. veze normalnog napajanja; - - - - - el. veze rezervnog napajanja; 1 — ispravljač; 2 — AKU-baterije; 3 — motor - - generatorski pretvarač.

Sl. 10. Shema radijalnog napajanja istosmjernim izvorima



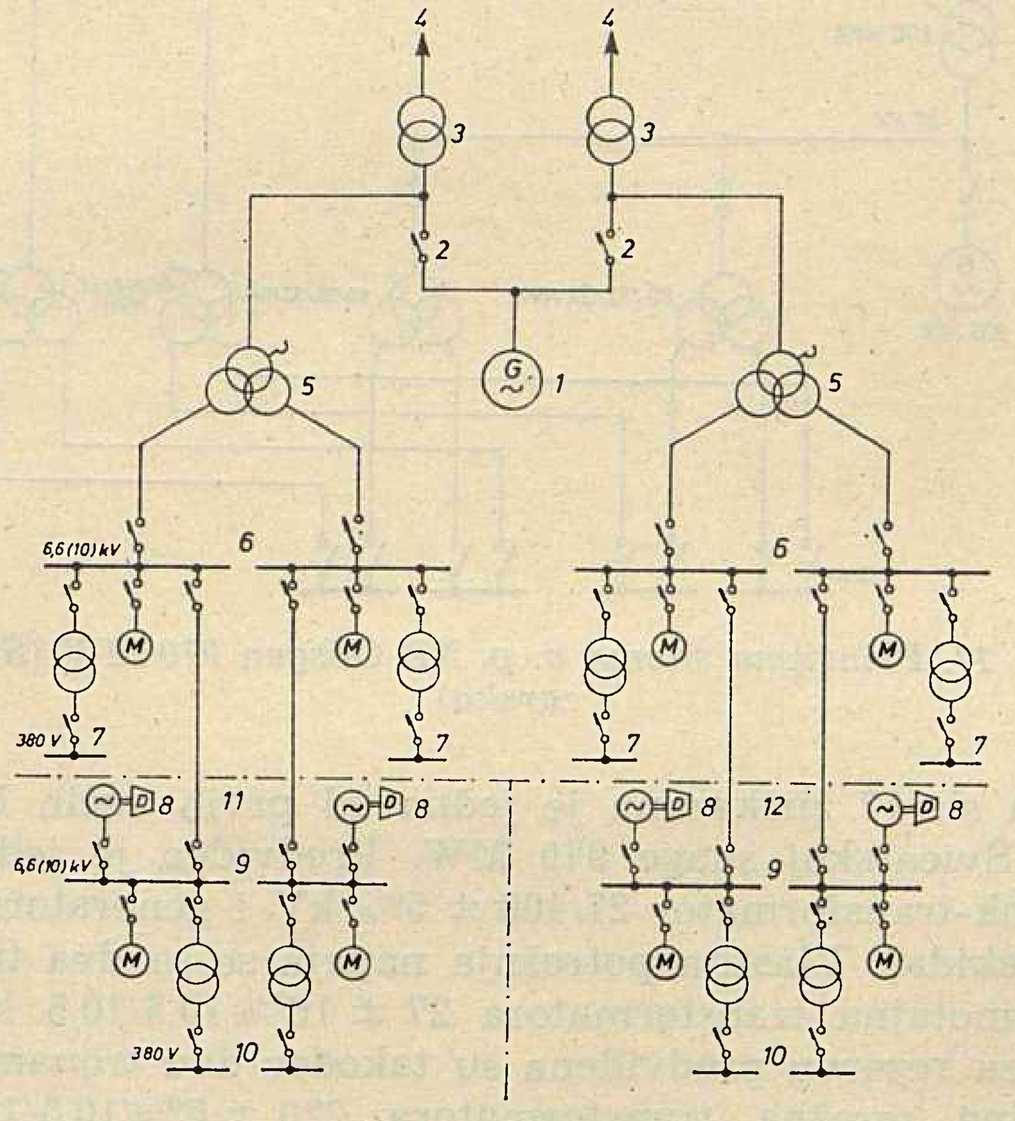
TUMAČ OZNAKA:

1 - turbogenerator; 2 - generatorski učinski prekidač; 3 - blok-transformator; 4 - visokonaponski priključak na mrežu; 5 - transformator v.p. bloka; 6 - sekcionirane sabirnice v.p. na 6,6 (10) kV; 7 - sekcionirane sabirnice na 0,4 kV; 8 - dizel agregati; 9 - sekcije rezervnog napajanja na 6,6 (10) kV (klase 1e potrošača); 10 - sekcije rezervnog napajanja na 0,4 kV (klase 1e potrošača); 11 - postrojenja rezervnog napajanja v.p. - ogranak A; 12 - postrojenja rezervnog napajanja v.p. - ogranak B.

Sl. 11. Principna el. shema v. p. NE snage 1 000—2 000 MWe s jednim blok-transformatorom i generatorskim učinskim prekidačem

Na sl. 11. prikazana je principna shema v. p. za NE snage 1 000—2 000 MWe s lakovodnim reaktorom (PWR). Zbog velikih snaga v. p. napajana je preko dva tronamotajna transformatora podijeljena na četiri sekcije sklopnih postrojenja.

Ugradnja generatorskog prekidača omogućuje pokretanje i zaustavljanje bloka preko blok-transformatora tako da nije nužan mrežni transformator. Rezervno napajanje bitnih potrošača v. p. bloka (grupe 1E) osigurava se dizel-agregatima.

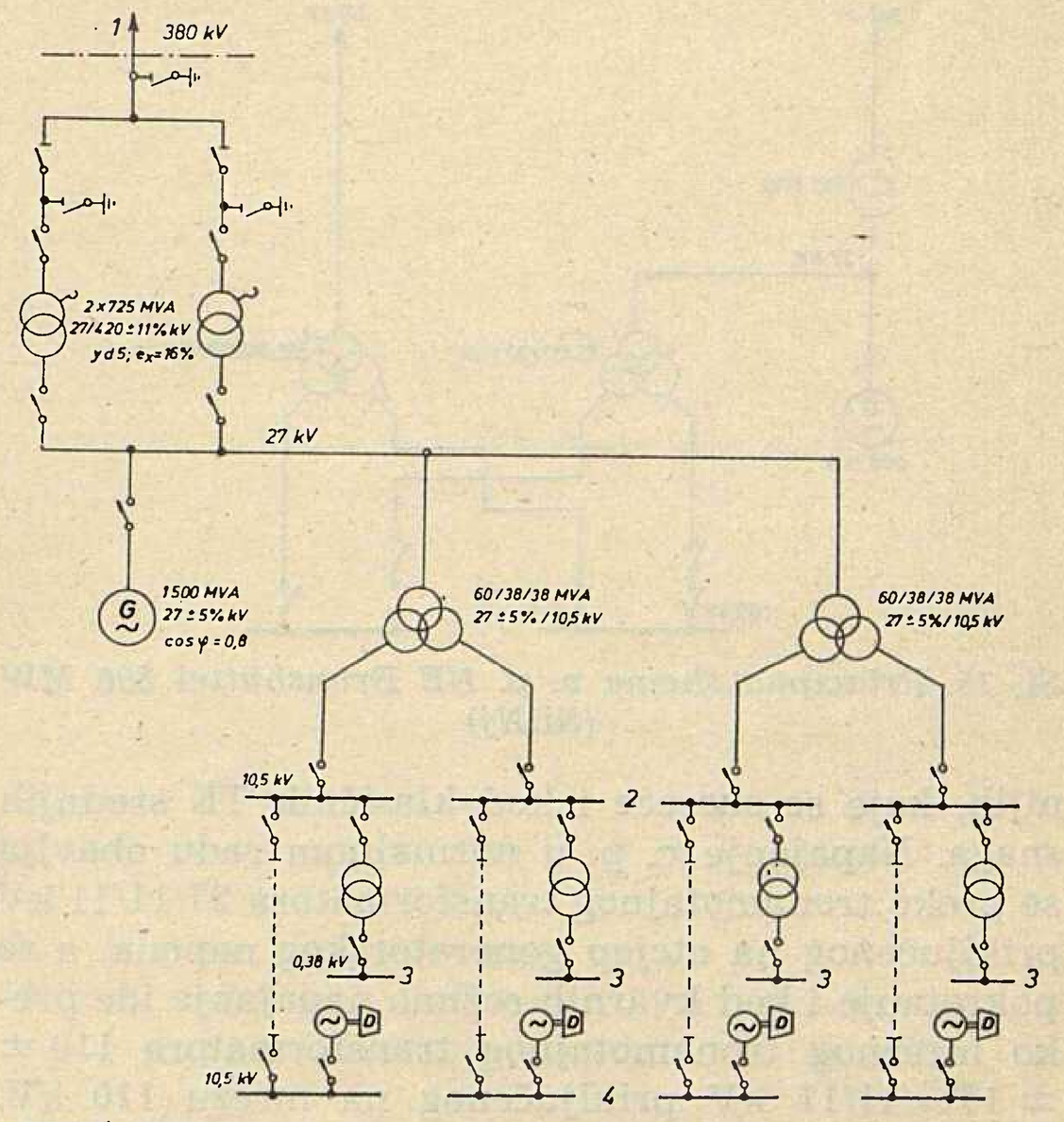


Sl. 12. Principna el. shema v. p. NE snage 1 000—2 000 MWe sa dva blok-transformatora, dva generatorska učinska prekidača i dva priključka na mrežu (DV) za jedan blok

(Tumač oznaka kao za sl. 11.)

Na sl. 12. prikazano je, za razliku od prethodnog, rješenje sa dva blok-transformatora za jedan blok i s posebnim generatorskim prekidačima za svaki transformator, te sa dva priključka na visokonaponsku mrežu. S takvom shemom omogućava se rad bloka uz pola snage kod kvara jednog blok-transformatora ili na visokonaponskom priključku. Specifičnost je da se i bez mrežnog transformatora udovoljava zahtjevima Komisije za atomsku energiju SAD u pogledu osiguranja višestrukog napajanja iz vanjskih neovisnih izvora.

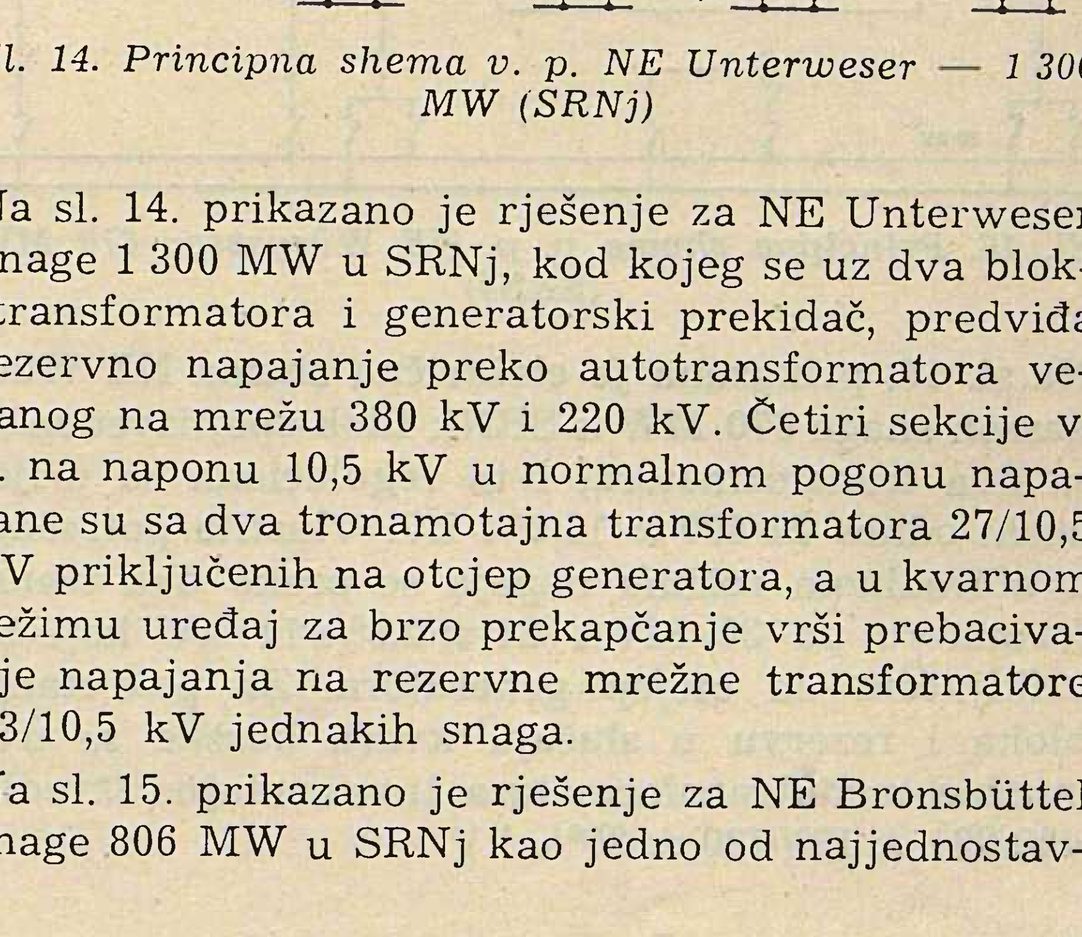
Na sl. 13. prikazana je električna shema napajanja v. p. primijenjena kod NE Biblis A. Ona je tipična za rješenja koja zastupa SR Njemačka, tj. s priključkom na jedan visokonaponski sistem. Razvod s napajanjem v. p. u normalnom režimu izveden je s četiri odvojene sekcije na 10 kV i 0,4 kV naponu. Sistem 1E ima također četiri odvojene sekcije, na naponu 10 kV koje su u kvarnim režimima napajane iz vlastitih rezervnih izvora, odnosno četiri dizel-agregata snage po 3 000 kW. Na taj način svaki sitem kvarnog hlađenja reaktora napajan je iz električno odvojenog izvora, čime je onemogućeno širenje kvara.



TUMAČ OZNAKA:

1 - visokonaponski priključak na mrežu; 2 - sabirnice srednjeg napona za normalno napajanje v.p; 3 - sabirnice niskog napona za normalno napajanje v.p; 4 - sabirnice srednjeg napona za rezervno napajanje v.p.

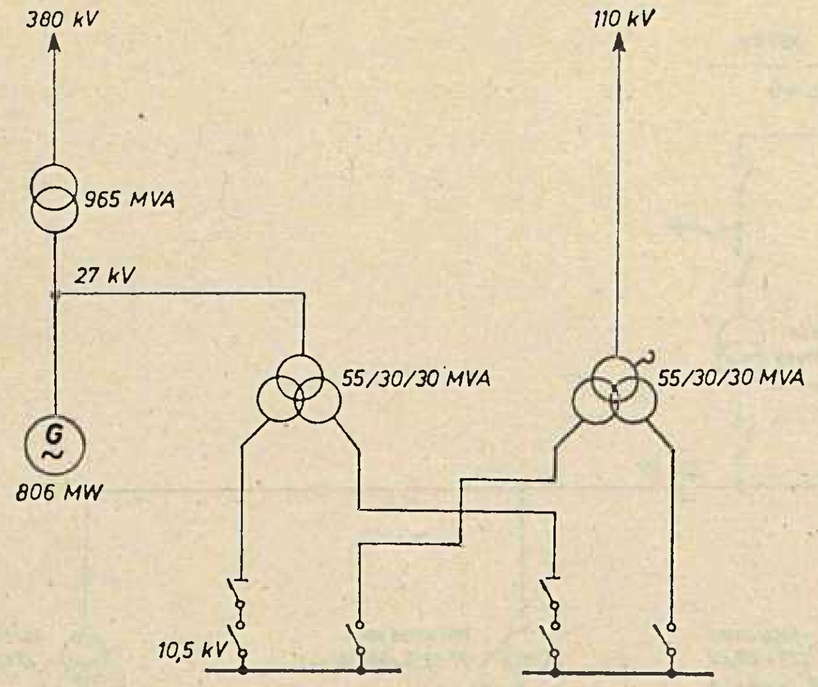
Sl. 13. Električna shema NE Biblis A snage 1 200 MW (SRNj)



Sl. 14. Principna shema v. p. NE Unterweser — 1 300 MW (SRNj)

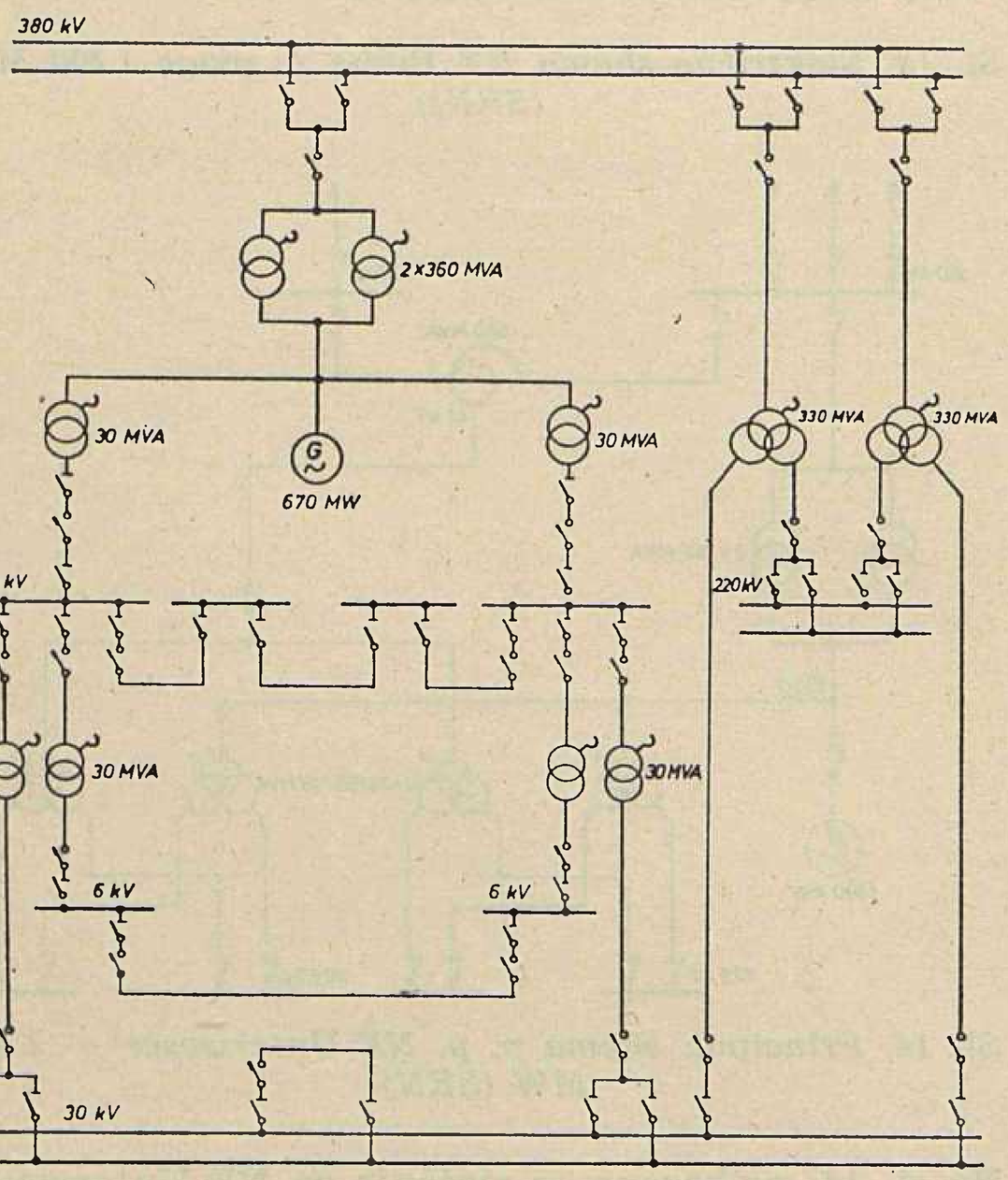
Na sl. 14. prikazano je rješenje za NE Unterweser snage 1 300 MW u SRNj, kod kojeg se uz dva blok-transformatora i generatorski prekidač, predviđa rezervno napajanje preko autotransformatora vezanog na mrežu 380 kV i 220 kV. Četiri sekcije v. p. na naponu 10,5 kV u normalnom pogonu napajane su sa dva tronamotajna transformatora 27/10,5 kV priključenih na otcjep generatora, a u kvarnom režimu uređaj za brzo prekapčanje vrši prebacivanje napajanja na rezervne mrežne transformatore 33/10,5 kV jednakih snaga.

Na sl. 15. prikazano je rješenje za NE Bronsbüttel snage 806 MW u SRNj kao jedno od najjednostav-



Sl. 15. Principna shema v. p. NE Brunsbüttel 806 MW (SRNj)

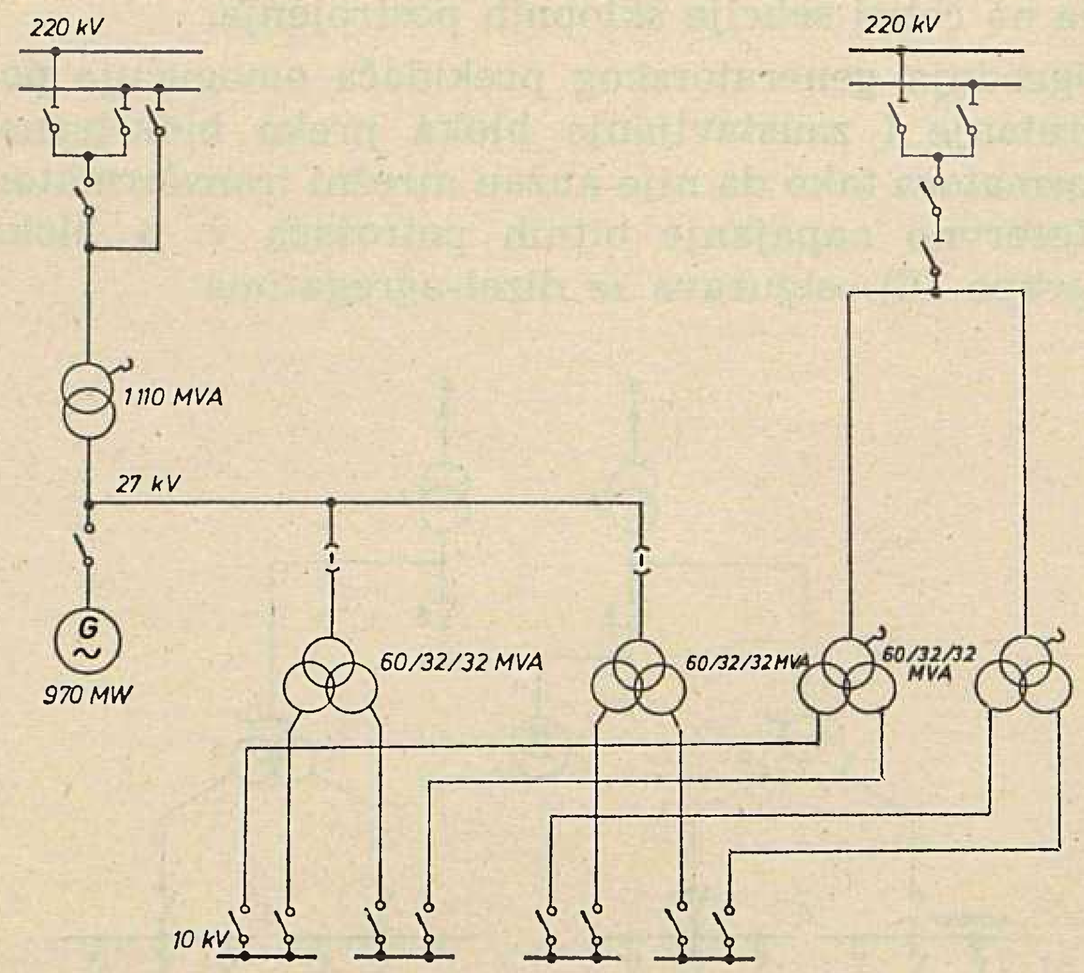
nijih, koje se susreće i kod klasičnih TE srednjih snaga. Napajanje v. p. u normalnom radu obavlja se preko tronamotajnog transformatora 27/11/11 kV priključenog na otcjep generatorskog napona, a za pokretanje i kod kvarnih režima napajanje ide preko mrežnog tronamotajnog transformatora 110 ± ± 16%/11/11 kV priključenog na mrežu 110 kV. Vlastita potrošnja ima dvije sekcije sabirnica na 10,5 kV.



Sl. 16. Principna shema v. p. NE Würgassen 670 MW (SRNj)

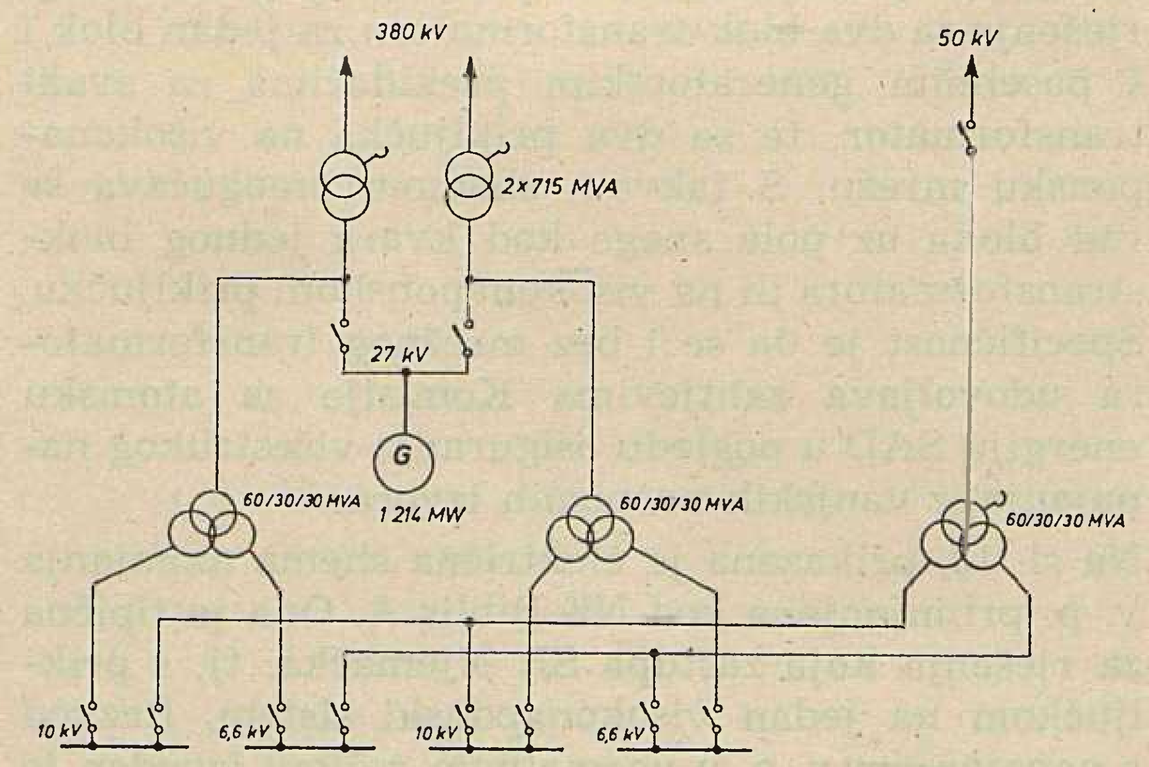
Na sl. 16. prikazana je električna shema NE Würgassen snage 670 MW u SRNj. Blok-spoj izveden je sa dva transformatora, i to regulaciona za prijenosni odnos 21/400 ± 16,2% kV. Vlastita potrošnja u normalnom režimu napaja se preko dva transformatora po 30 MVA 21 ± 2,5%/11 kV koji su priključeni na otcjep generatora. Za pokretanje bloka i rezervu u slučaju kvara koriste se dva mrežna međutransformatora tronamotajne izvedbe 400/231 ± 18%/30 ± 20% kV.

Karakteristično je za ovu shemu što ima dva srednjonaponska nivoa, i to 10 kV i 6 kV za napajanje vlastite potrošnje.



Sl. 17. Principna shema v. p. NE Gösgen 970 MW (Švicarska)

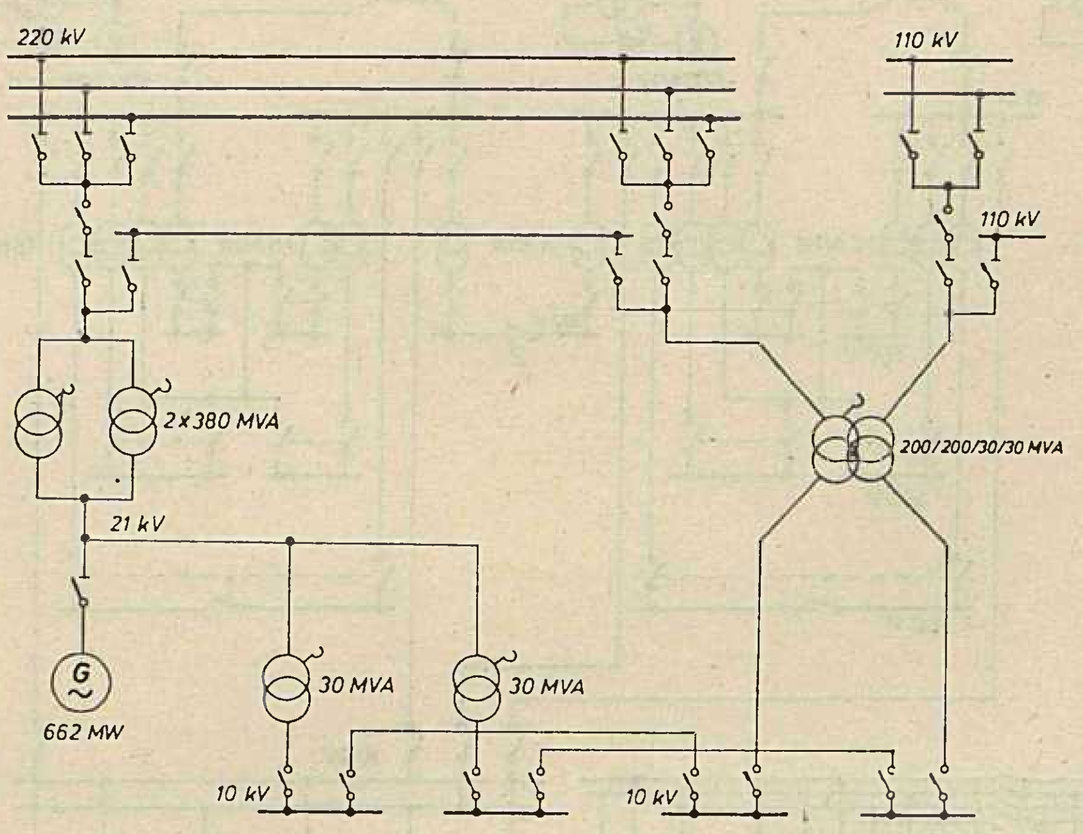
Na sl. 17. prikazana je jedna od prvih većih NE u Švicarskoj snage 970 MW. Predviđen je jedan blok-transformator 27/400 ± 5% kV i generatorski prekidač. Vlastita potrošnja napaja se sa dva tronamotajna transformatora 27 ± 16%/10,5/10,5 kV, a za rezervu predviđena su također dva tronamotajna mrežna transformatora 220 ± 5%/10,5/10,5 kV. Prevođenje napajanja vrši uređaj za brzo prekapčanje, a predviđena je blokada obiju transformatorskih grupa od paralelnog rada. Vlastita potrošnja ima četiri odvojene sekcije na nivou srednjeg napona.



Sl. 18. Principna shema v. p. Graben 1 214 MW (Švicarska)

Na sl. 18. prikazana je električna shema NE Graben snage 1 214 MW u Švicarskoj, predviđena sa dva generatorska prekidača i dva blok-transformatora priključena na visokonaponsko postrojenje 380 kV udaljeno 6 km od elektrane.

U normalnim uvjetima v. p. se napaja preko dva tronamotajna transformatora 27/10/6,6 kV, a za kvarni režim predviđen je jedan tronamotajni transformator iste jedinične snage napajan iz mreže 50 kV. Postrojenje v. p. na srednjem naponskom nivou riješeno je sa dva napona, i to dvije sekcije sa 10 kV, a dvije sa 6,6 kV.



Sl. 19. Principna shema v. p. NE Stade 662 MW (SRNj)

Na sl. 19. prikazano je rješenje za NE Stade snage 662 MW u SRNj, predviđeno s generatorskim rastavljačem i dva blok-transformatora 21/236 ± 5% kV. Napajanje v. p. u normalnim prilikama vrši se sa dva dvonamotajna transformatora 21 ± 18%/11 kV, i to svaki priključen na svoju odvojenu sekciju 10 kV. Za rezervno napajanje korišten je četveronamotajni mrežni transformator 220 ± 15%/110/ /11/11 kV.

Na sl. 20. prikazano je rješenje NE Sequoyah 1 i 2 snage 2 × 1 183 MW karakteristično za SAD.
Za svaki generator predviđeni su blok-transformatori jednofazne izvedbe, i to jedan 22,5/500 kV priključen na mrežu 500 kV, a drugi 22,5/161 kV na mrežu 161 kV. Između rasklopnih postrojenja 500 kV i 161 kV je mrežni međutransformator 1 200 MVA. Napajanje v. p. u normalnim prilikama vrši se preko dva dvonamotajna transformatora 24/6,9 kV za svaki blok. Pokretanje i rezervno napajanje ide preko dva mrežna tronamotajna transformatora 161/6,9/6,9 kV, priključena na mrežu 161 kV. Iz svakog od tih transformatora moguće je napajati svaku sekciju v. p. na nivou 6,9 kV.

U nastavku su dana dva prikaza rješenja za velike TE ložene na ugljen.

Na sl. 21. prikazana je jednopolna shema za kompletnu TE Neirat u SRNj s instaliranom snagom blokova 2 100 MW. Elektrana je građena u dvije etape tako da su s prvom etapom izgrađene tri jedinice po 300 MW, a u drugoj dvije 600 MW.

Karakteristično za rješenja u ovoj shemi jest sljedeće:

— svaki blok-transformator priključen je na mrežu posebnim dalekovodom 220 ili 380 kV

— osim prvog bloka za ostale jedinice primijenjeni su jednofazni tronamotajni blok transformatori iste tipske, snage i izvedbe

— za jedinice 300 MW usvojen je za srednjonaponski nivo 6 kV, a kod jedinica 600 MW — 10 kV

— niski napon riješen je sa 0,5 kV i 0,380 kV

— transformatori 6/0,5 kV i 10/0,5 kV unificiranih su snaga od 1,6 MVA

— vlastita potrošnja bloka napaja se preko sekcioniranih sabirnica za svaku jedinicu, a za opću potrošnju predviđene su posebne zajedničke sekcionirane sabirnice

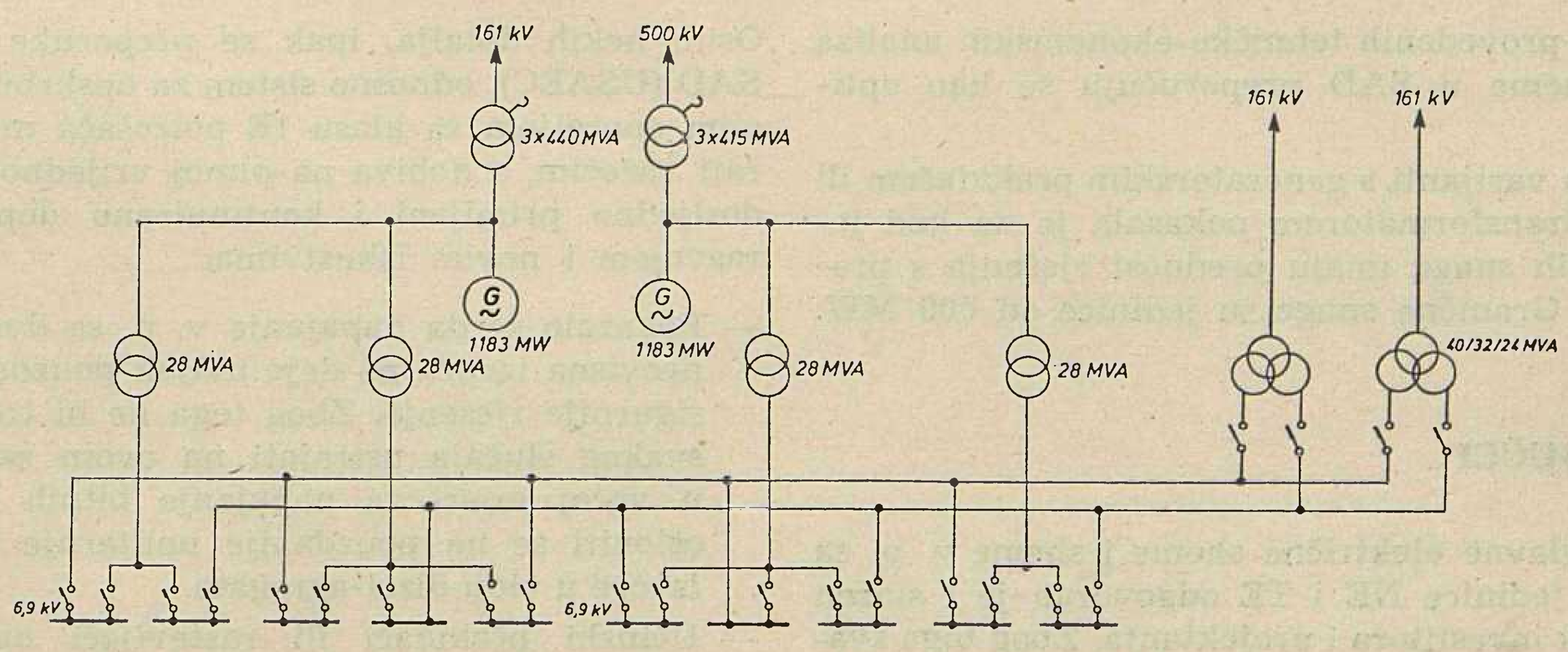
— pokretanje i obustava jedinica vrše se preko blok-transformatora iz mreže 220 kV odnosno 380 kV u koju svrhu svaki blok ima ugrađen učinski rastavljač na generatorskim izvodima

— za kvarne režime predviđeni su mrežni transformatori napajani iz 110 kV mreže.

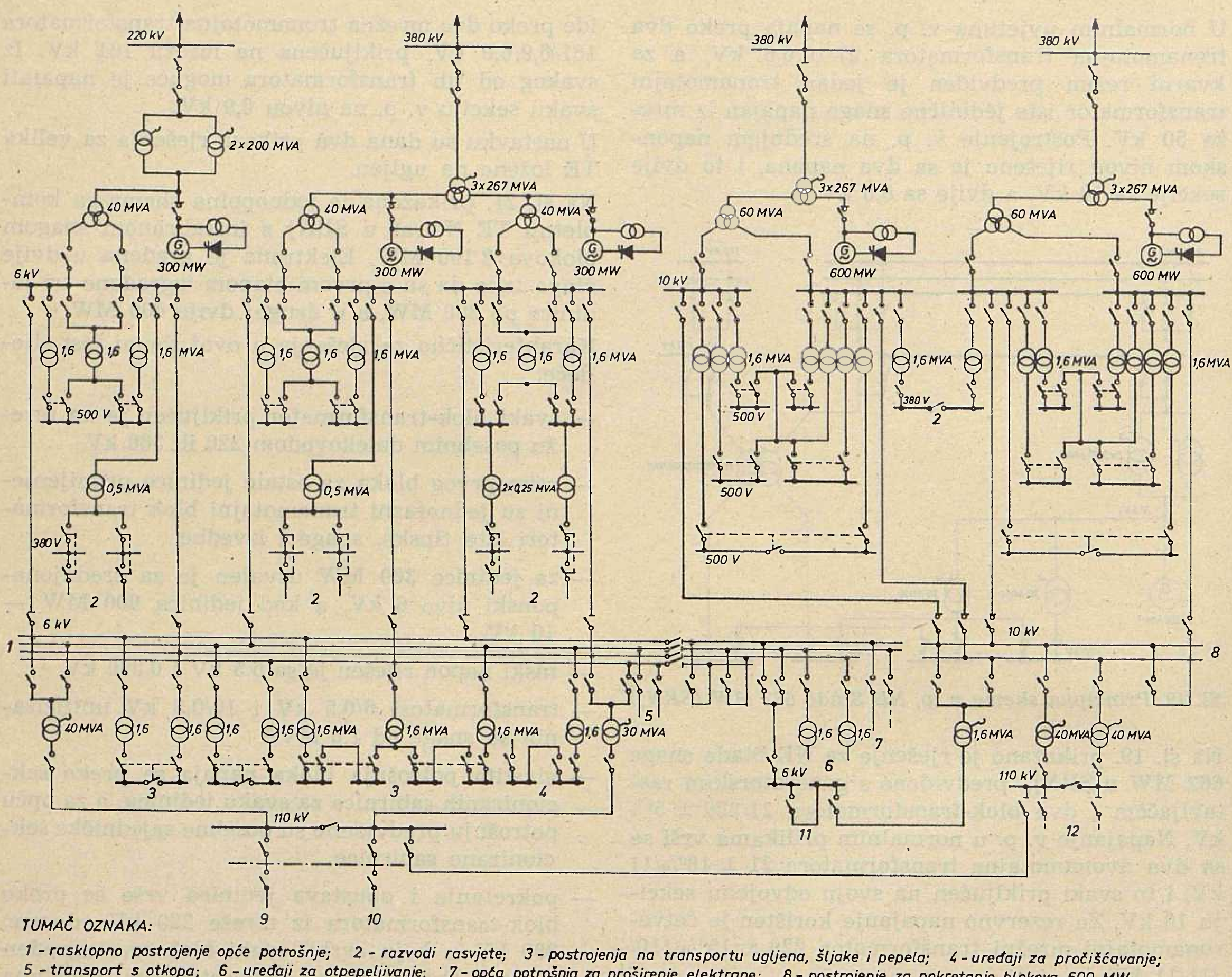
Na sl. 22. prikazano je rješenje razrađeno za TE sa dva bloka snage 650 MW, koje se primjenjuje uz stanovite modifikacije i za blokove 500 MW i 800 MW u SAD.

Specifičnosti za ove sheme jesu:

— primjena dvaju srednjonaponskih nivoa, i to 6,9 kV i 4,16 kV



Sl. 20. Principna shema v. p. NE Sequoyah 1 i 2. — 2 × 1 183 MW (SAD)



Sl. 21. Jednopolna el. shema TE Neirat snage 2 100 MW (SRNj)

— ugradnja po dva transformatora za napajanje v. p. bloka kod svake jedinice
— primjena generatorskog učinskog prekidača, čime je omogućeno pokretanje bloka iz mreže preko blok-transformatora i izostavljanje posebnog mrežnog transformatora.

Na osnovi provedenih tehničko-ekonomskih analiza ovakve sheme u SAD preporučuju se kao optimalne.

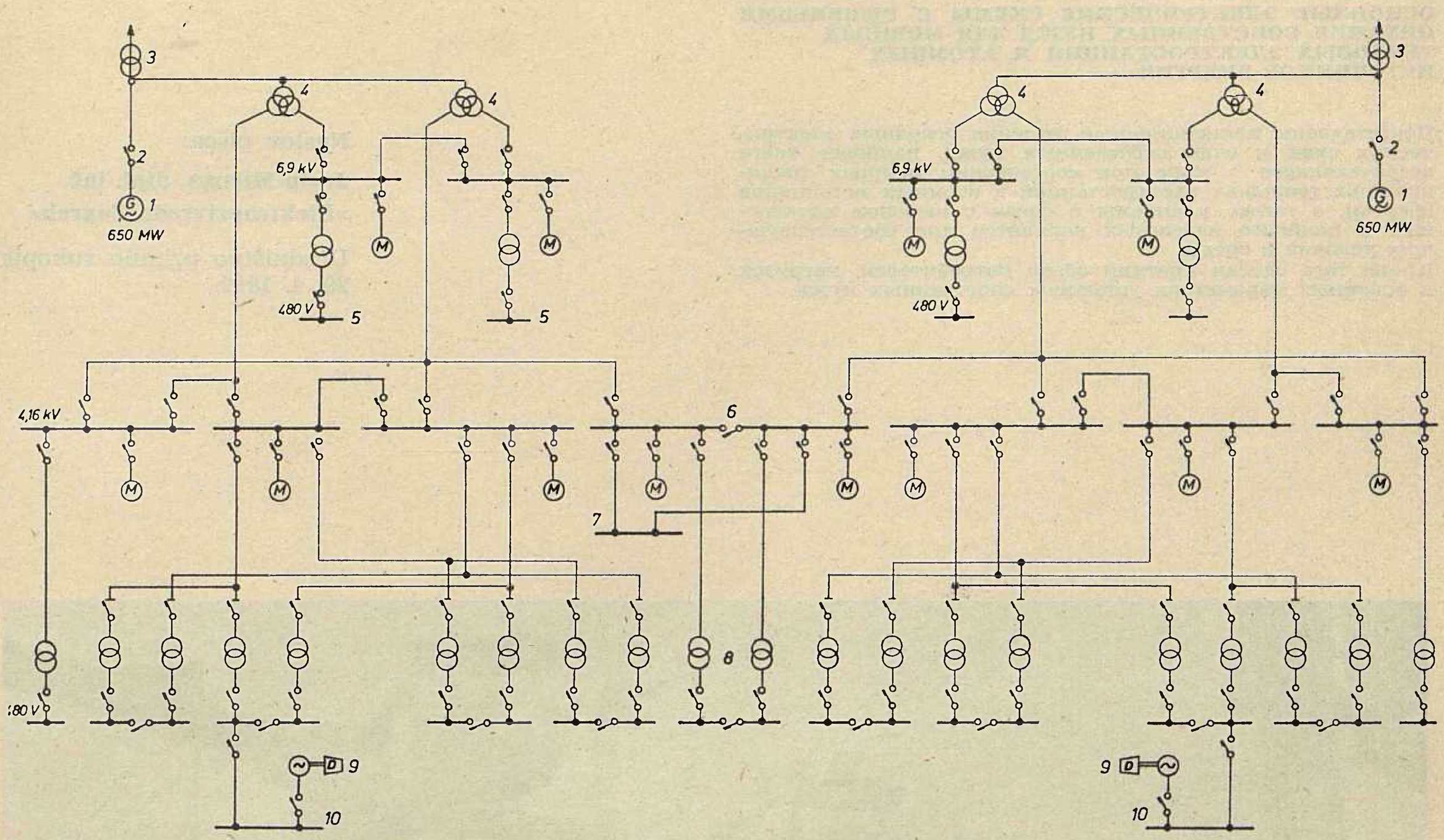
Usporedba varijanti s generatorskim prekidačem ili mrežnim transformatorom pokazala je da kod jedinica većih snaga imaju prednost rješenja s prekidačima. Granične snage su jedinice od 500 MW.

6. ZAKLJUČCI

— Izbor glavne električne sheme i sheme v. p. za velike jedinice NE i TE odgovoran je i složen zadatak investitora i projektanta. Zbog toga svaki slučaj treba pomno proanalizirati s tehničkih i ekonomskih aspekata i izabrati optimalno rješenje prilagodivo mjesnim uvjetima.
— U vezi sa zahtjevima za sigurnosti kod NE danas u svijetu još nema jedinstvenih kriterija, a tretiranje propisa ostaje predmet diskusije između proizvođača i korisnika oprema.

Osim nekih detalja, ipak se preporuke Komisije SAD (USAEC), odnosno sistem za opskrbu električnom energijom za klasu 1E potrošača može smatrati važećim, a dobiva na punoj vrijednosti ako se dosljedno primijeni i kontinuirano dopunjava s razvojem i novim iskustvima.

— Pokazalo se da napajanje v. p. sa dva vanjska neovisna izvora ne daje uvijek pouzdano i najsigurnije rješenje. Zbog toga ne bi trebalo kod svakog slučaja ustrajati na ovom zahtjevu, a u većoj mjeri za napajanje bitnih potrošača osloniti se na pouzdanije unutarnje nezavisne izvore u vidu dizel-agregata.
— Učinski prekidači ili rastavljači ugrađeni u spojnu vezu generator — blok-transformator



Sl. 22. Jednopolna električna shema v. p. TE 2 × 650 MW (SAD)

TUMAČ OZNAKA:

1 - turbogenerator; 2 - generatorski učinski prekidač; 3 - blok - transformator; 4 - transformator v.p. bloka; 5 - sabirnice 480 V za elektrofiltar; 6 - sabirnice opće potrošnje 4,16 kV; 7 - sabirnice postrojenja za ugljen 4,16 kV; 8 - T.S. 4,16 / 0,48 kV za pomoćne pogone; 9 - dizel - agregat; 10 - sabirnice 480 V dizel - agregata.

pružaju niz dodatnih mogućnosti i fleksibilnost u napajanju v. p. Na taj način povećava se sigurnost u radu energetskog izvora, što je naročito bitno za NE. Zato se treba zalagati za primjenu generatorskih prekidača kod NE, a i kod većih jedinica u TE.

— Izbor tranfsormatora za napajanje v. p. i njegovih karakteristika, te izvedbu postrojenja v. p. sa sekcioniranjem sabirnica treba uskladiti sa zahtjevom da snaga kratkog spoja na postrojenju ne prekorači standardne prekidne moći tvornički izvodive i primijenjene opreme. Općenito u što većoj mjeri nastojati primjenjivati tipska rješenja za postrojenja i serijsku opremu.

— Izabrana elektrooprema treba pouzdano raditi u svim režimima rada NE i TE, a to znači i kod tolerantnih odstupanja osnovnih parametara kao što su napon i frekvencija.

— Ekonomski faktori vezani na izbor opreme v. p. i kabela, zatim padovi napona kod pokretanja velikih jedinica nalažu rješenja postrojenja v. p. s više naponskih nivoa na srednjem i niskom naponu.

LITERATURA

[1] Energohozjajstvo za rubežom: No 5—1974; No 1—1976; No 3—1977; No 4—1978 i No 4—1979.

[2] G. Ofner und Dr. H. Poesposoetjipto: Die elektrische Eigenbedarfs versorgung für Grosskraftwerke Brown Boveri Mitteilungen No 6—1973.

[3] A. Hammestein: Kraftwerseigenbedarfsnetz mit 10/0,66 kV für 500 MW Blok Elektric No 26—1972.

KEY WORDS:

ELECTRICAL SCHEME, STATION LOAD, ELECTRICAL SUPPLY, SUPPLY OF STATION LOAD, THERMO POWER PLANT

THE MAIN ELECTRICAL SCHEME WITH SOLUTION FOR ELECTRICAL SUPPLY FOR THE BIG THERMAL AND NUCLEAR POWER PLANTS

In the article are presented conceptual solutions for the main electrical scheme and the scheme for the electrical demand that is mostly used for big thermal and nuclear power plants, as well as choice of adequate and safe solution for given condition and environment:
Also, a short review of consumers, loads, and basic parameters for self supply system is given.

VERSCHIEDENE ELEKTRISCHE GRUNDSCHALTBILDER FÜR DIE EIGENVERSORGUNGSANLAGEN GROSSER WÄRMEKRAFTWERKE UND KERNKRAFTWERKSANLAGEN

Gezeigt werden Vorschläge von Schaltplänen für den Eigenverbrauch bei der Errichtung von klassischen Wärme-Grosskraftwerken und Kernkraftwerken im Aus-und Inland, die bei Neuanlagen in Frage kommen. In diesem Zusammenhang werden Fragen behandelt, die wichtig für die Wahl zweckentsprechender und den Sicherheitsbedingungen genügender Einrichtungen unter bestimmten Umständen massgebend sind.
Die Arbeit bringt Unterlagen über die infrage kommenden Verbrauchsanlagen, Belastungen und Kennwerte für den Eigenverbrauch.

J. Mičuga: Glavne elektr. sheme s rješenjem napajanja vlastite potrošnje za ... — Energija God. 31 (1982) br. 9—10, 355—369

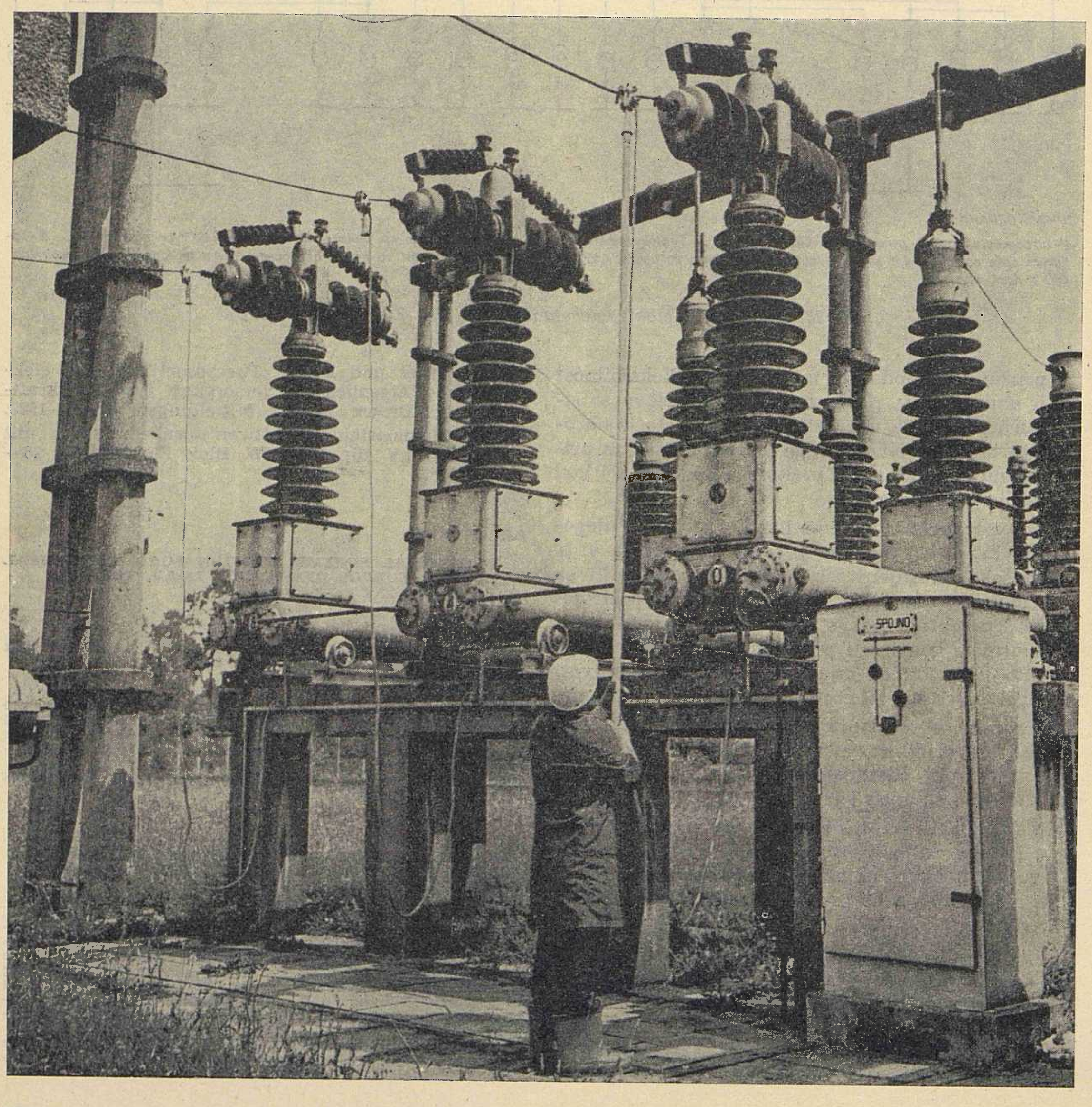
ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ С РЕШЕНЬЯМИ ПИТАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ДЛЯ МОЩНЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И АТОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Представлены концепционные решения основных электрических схем и схем собственных нужд, наиболее часто встречающиеся в мире при сооружении мощных традиционнњх тепловњх электростанций и атомных источников энергии, а также и дилемы в связи с выбором адекватных и наиболее надежных вариантов для соответствующих условий и среды.
Кроме того сделан краткий обзор потребителей, нагрузок и основных параметров установок собственных нужд.

Naslov pisca:

Josip Mičuga, dipl. inž.
»Elektroprivreda Zagreb«

Uredništvo primilo rukopis
29. 4. 1982.



Energija God. 31 (1982) br. 9—10, 371—374

UGRADNJA I ISPITAVANJE DIFERENCIJALNE ZAŠTITE VODOVA U MREŽI 35 kV »ELEKTROISTRE«

Mr Elio Sterpin, Pula

UDK 621.316.9
STRUČNI RAD

Opisana je ugradnja i način ispitivanja diferencijalne zaštite vodova koja se primjenjuje u »Elektroistri« Pula. Obrađen je postupak koji prethodi ispitivanju i postupak za ispitivanje na dva načina.

Dan je poseban osvrt ispitivanju diferencijalne zaštite u normalnim pogonskim uvjetima, koje je provedeno u mreži 35 kV Pazina. Na kraju su navedena pogonska iskustva stečena u dosadašnjoj eksploataciji diferencijalne zaštite vodova.

Ključne riječi: distributivna električna mreža, diferencijalna zaštita, električna ispitivanja, pogonska iskustva.

1. UVOD

Velik porast potrošnje električne energije u gradovima Istre (industrija, turizam, domaćinstva) uvjetovao je razvoj njihovih distributivnih mreža. Izrađene studije razvoja utvrdile su koncepciju oblikovanja tih mreža.

Prema ovoj koncepciji kabelsku mrežu 35 kV treba predvidjeti za zamkasti pogon, a izbor zaštitnih uređaja mora biti u skladu s takvom koncepcijom. Nadalje, s obzirom na činjenicu da su u mreži 35 kV »Elektroistre« kapacitivne struje zemljospoja znatno prekoračile vrijednosti kod kojih je još dopušten pogon s izoliranim zvjezdištem, provedeno je uzemljenje zvjezdišta transformatora posredstvom niskoomskog otpornika.

U takvom pogonu mreže veći su zahtjevi za relejnu zaštitu, koja mora selektivno proraditi i osigurati kontinuiran rad ostale zdrave mreže.

Od zaštitnih uređaja zahtijeva se:

— apsolutna selektivnost rada
— visoka sigurnost rada
— velika brzina rada.

Prethodnim zahtjevima u potpunosti udovoljava diferencijalna zaštita vodova u kombinaciji s ostalom relejnom zaštitom. Specifične okolnosti, kao što su relativno kratke dužine kabela 35 kV, zatim osiguranje pilotske veze posredstvom postojećih signalnih kabela, omogućile su izbor ovog načina zaštite u gradskim mrežama 35 kV »Elektroistre«.

2. IZBOR DIFERENCIJALNE ZAŠTITE

Od suvremenih diferencijalnih zaštita, »Iskra« u svom dopunskom programu zasad nudi diferencijalnu zaštitu vodova RYDHL u klasičnoj izvedbi, i RADHL u modularnoj izvedbi, proizvodnje švedske tvrtke ASEA.

Kabelska mreža 35 kV »Elektroistre« već je djelomično zaštićena diferencijalnom zaštitom tipa RYDHL, a uskoro i RADHL u modularnoj izvedbi.

Kompletna zaštita jednog voda sastoji se od dvije garniture releja RYDHL ili RADHL s prilagodnim transformatorima SLMA 3845 ili SLCE 8 i otpornicima za prilagođenje.

Ovamo pripada i garnitura uređaja za kontrolu pilotskog voda RHGA8 (7434210-BB u modularnoj izvedbi) s pripadnim elementima za postizanje ravnoteže (otpornici, kondenzatori, diode), koja signalizira da li je pilotski vod u prekidu ili u kratkom spoju.

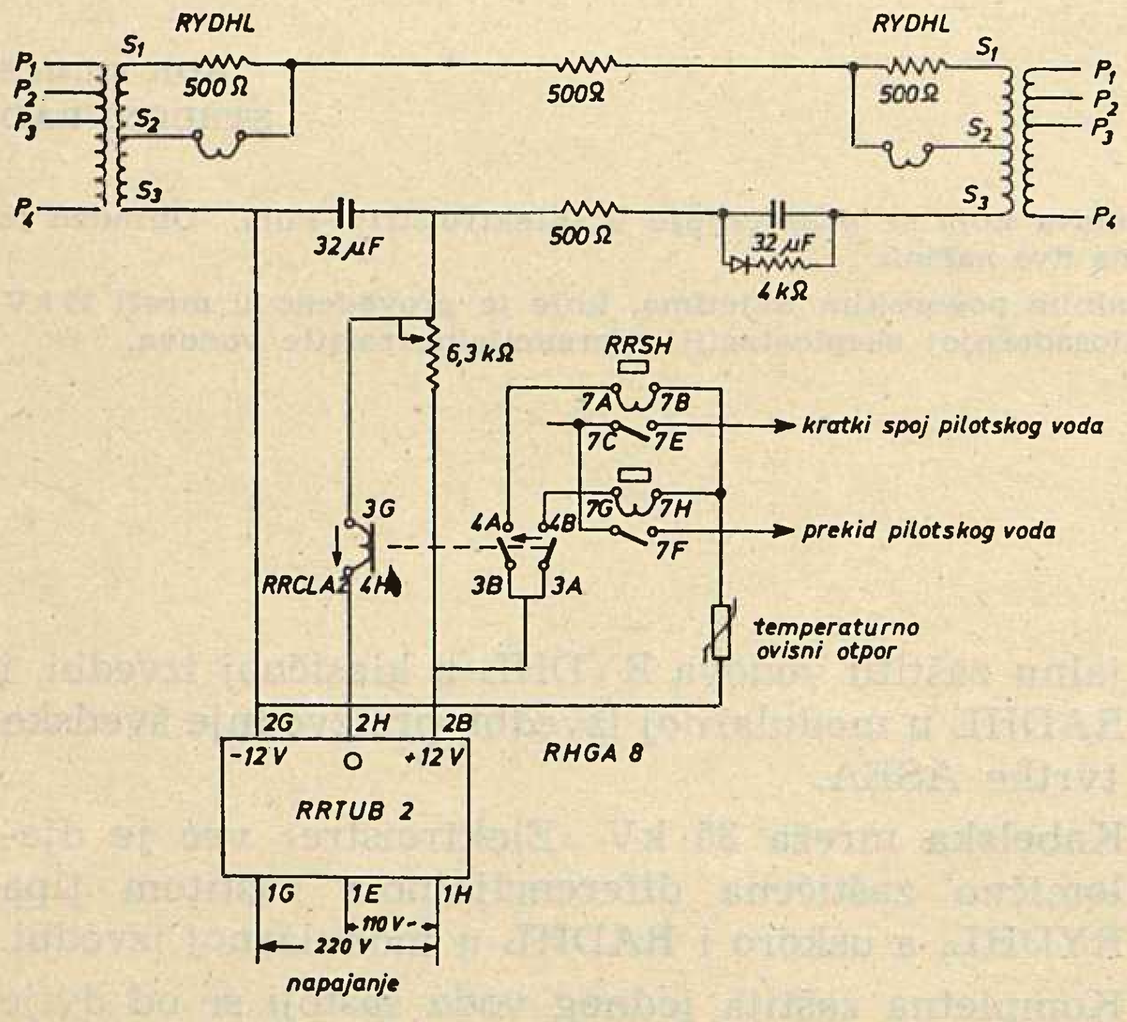
Prostor djelovanja diferencijalne zaštite obuhvaća područje između strujnih transformatora na oba kraja štićenog voda. Za zaštitu postrojenja izvan tog područja upotrebljavaju se kao kombinacija distantna i nadstrujna zaštita za višepolne i jednopolne kvarove, koje istovremeno služe i kao rezerva u slučaju zatajenja diferencijalne zaštite. Sigurnost djelovanja ove zaštite umnogome ovisi o kvaliteti i ispravnosti strujnih transformatora i pilotskog voda kojima je potrebno pri izboru pokloniti naročitu pažnju.

3. UGRADNJA DIFERENCIJALNE ZAŠTITE

Na oba kraja energetskog voda 35 kV diferencijalne zaštite tipa RYDHL satoji se od diferencijalnog releja u posebnom kućištu od prilagodnog transformatora SLMA 3845 (SLCE 8) koji je samostalan i bez kućišta i od ispitne preklopke OBA 81 tamo gdje postoji. Nakon pričvršćivanja ovih elemenata, na relejnoj ploči ili u relejnom ormaru izvrši se

pripadno ožičenje. Pri tome strujne grane moraju biti posebno obilježene, a njihov presjek ne smije biti manji od 2,5 mm², dok priključne redne stezaljke moraju biti veličine VS 16. Ostalo ožičenje može se izvršiti s vodičima presjeka 1,5 mm², te rednim stezaljkama VS 6.

Uz diferencijalnu zaštitu RYDHL montira se uređaj za kontrolu pilotskog voda RHGA8, i to na onom kraju energetskog voda gdje se želi imati signalizacija kvara (prilog 1). U tom slučaju osim



Sl. 1. Diferencijalna zaštita RYDHL s uređajem za kontrolu pilotskog voda RHGA 8

kućišta uređaja potrebno je adekvatno smjestiti samostalnu kombinaciju žičanog otpornika za regulaciju od 6,3 kΩ, termistora i kondenzatora od 32 mikrofarada.

Na drugom kraju energetskog odnosno pilotskog voda uz diferencijalnu zaštitu montira se samo stalna kombinacija diode, otpornika od 4 kΩ i kondenzatora od 32 mikrofarada.

Pilotski vod na diferencijalnu zaštitu priključuje se posredstvom razvodnog PTT-ormara, gdje su spojeni vodiči svih telefonskih i signalnih kabela koji ulaze u danoj trafo-stanici.

Kod diferencijalne zaštite i kontrole pilotskog voda u modularnoj izvedbi (RADHL + 7434210-BB) uređaji su smješteni u zajedničkom montažnom okviru od 19 cola koji je predviđen za ugradnju na vratima relejnog ormara TMC 6.

U tom je slučaju međusobno ožićenje uređaja tvornički izvedeno, te preostaje jedino povezivanje s mjernim transformatorima, učinskim prekidačem i signalnim uređajima.

4. ISPITIVANJE DIFERENCIJALNE ZAŠTITE

Glavno ispitivanje diferencijalne zaštite obavlja se nakon provedene ugradnje u postrojenju. Po dovršenoj montaži moraju se provjeriti priključne veze uređaja RYDHL + RHGA 8 odnosno RADHL + 7434210-BB na mjerne transformatore, učinski prekidač i signalne uređaje.

Provjeravaju se priključeni vodovi do mjernih transformatora, oznake stezaljki, polaritet, veza između releja i komandnih uređaja prekidača te signalnih uređaja.

Ako je ožičenje ispravno izvršeno, započinje se ispitivanje rada diferencijalne zaštite ovim redoslijedom:

— Mjeri se otpor petlje pilotskog voda, koji zajedno s otpornicima za podešavanje treba da je oko 1 000 oma.

Na taj način mogu se upotrijebiti pilotski vodovi s različitim otporima, koji ne smiju prekoračiti vrijednost od 1 000 oma. Pri tome unutar svakog diferencijalnog releja na oba kraja nalaze se otpornici za udešenje koji su vezani u seriju s pilotskim vodom. Otpornici se mogu udesiti na vrijednost između 0 i 470 oma.

Udešenje otpora je u stupnjevima s premještanjem kratkospojnih lamela.

— Kad je pilotski vod spojen i udešen na 1 000 oma, priključi se napajanje 100 V izmjenično iz mjernog polja 35/0,1 kV na uređaj za kontrolu pilotskog voda. Nakon toga stavi se šičani otpornik od 6,3 koma da bi most bio u ravnoteži.

Ako je spoj pilotskog voda ispravan, uređaj neće proraditi. U protivnom signalizirat će da je pilotski vod u prekidu, u kratkom spoju ili krivo spojen, pa ovu grešku treba ukloniti.

— Sljedeći korak je primarno ispitivanje diferencijalne zaštite pomoću uređaja koji se sastoji od strujnog transformatora 0—5 A spojenog paralelno s mjernim strujnim transformatorom stupnjevitog prijenosa omjera 5A/25, 50, 100, 250, 500, 1 000 A. Nakon izbora omjera narine se struja na pojedine mjerne strujne transformatore (po fazi i međufazno) u postrojenje.

Na taj način mogu se simulirati stanja kao kod stvarnih kvarova na energetskom vodu. U prilogu 2. prikazano je ispitivanje diferencijalne zaštite na kabelu 35 kV Pazinka 2, gdje je simuliran jednopolni i dvopolni kvar.

Princip ispitivanja temelji se na tome da ulazne i izlazne struje kroz strujne transformatore iste faze i istog prijenosnog omjera na oba kraja kabela moraju biti jednake. Ako se unutar štićenog kabela izvrši kratkospajanje žila (kvar), zaštita mora proraditi.

Općenito proradne struje po fazi zbog različitog broja namota prilagodnog transformatora iznose:

$$\text{faza R } 1 \cdot ni = Ipr$$

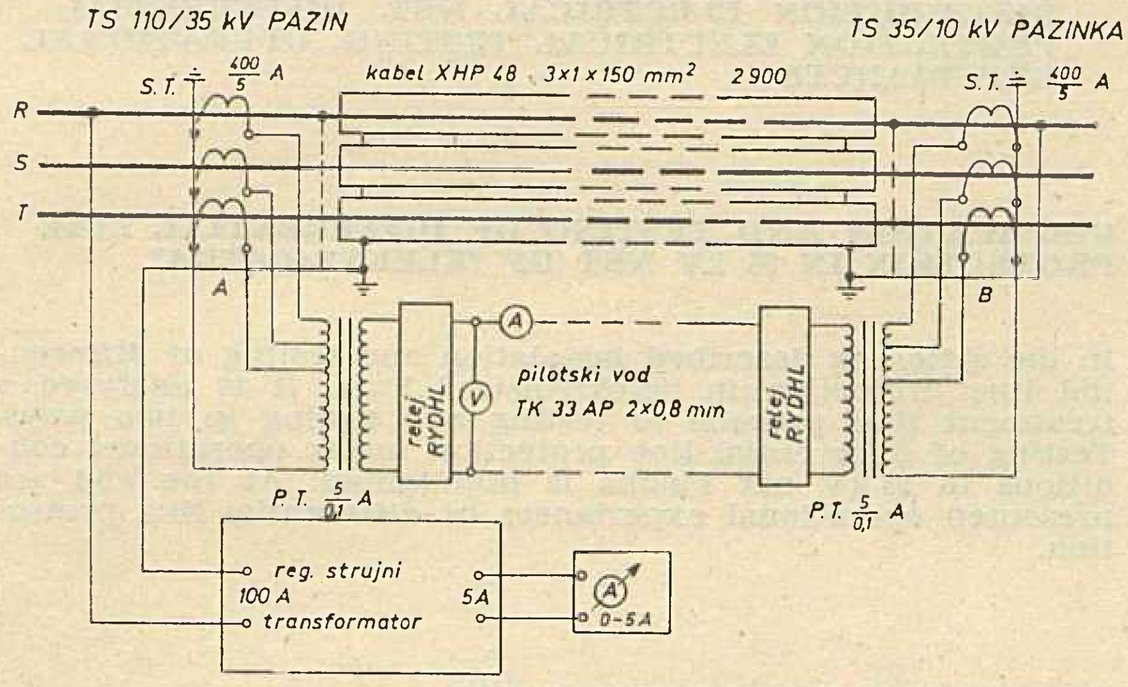
$$\text{faza S } 1{,}2 \cdot ni = Ipr$$

$$\text{faza T } 1{,}6 \cdot ni = Ipr$$

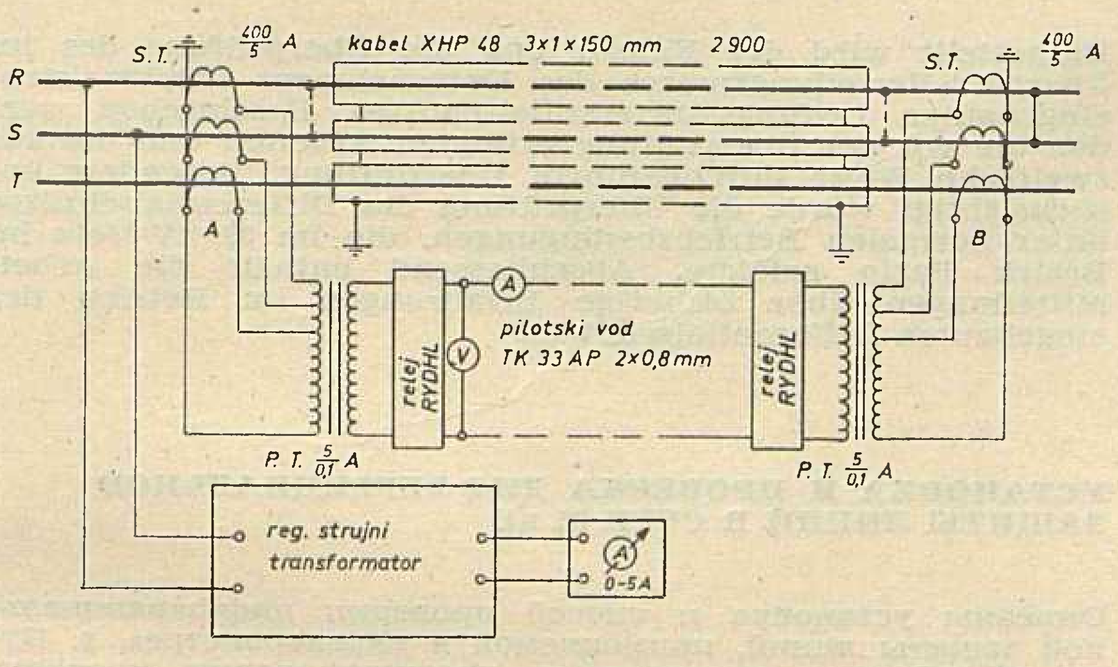
$$\text{za ni} = \frac{400}{5}\,\text{A} = 80$$

Ipr (R) = 80 A Ipr (S) = 96 A Ipr (T) = 128 A.

— Nakon ispitivanja diferencijalne zaštite s energetskim vodom u beznaponskom stanju moguća su ispitivanja u stvarnim pogonskim uvjetima. Ovamo pripada provjeravanje selektivnosti kod stvarnih kvarova (npr. jednopolni kratki spoj).



a) Simulacija jednopolnog kvara



b) Simulacija dvopolnog kvara

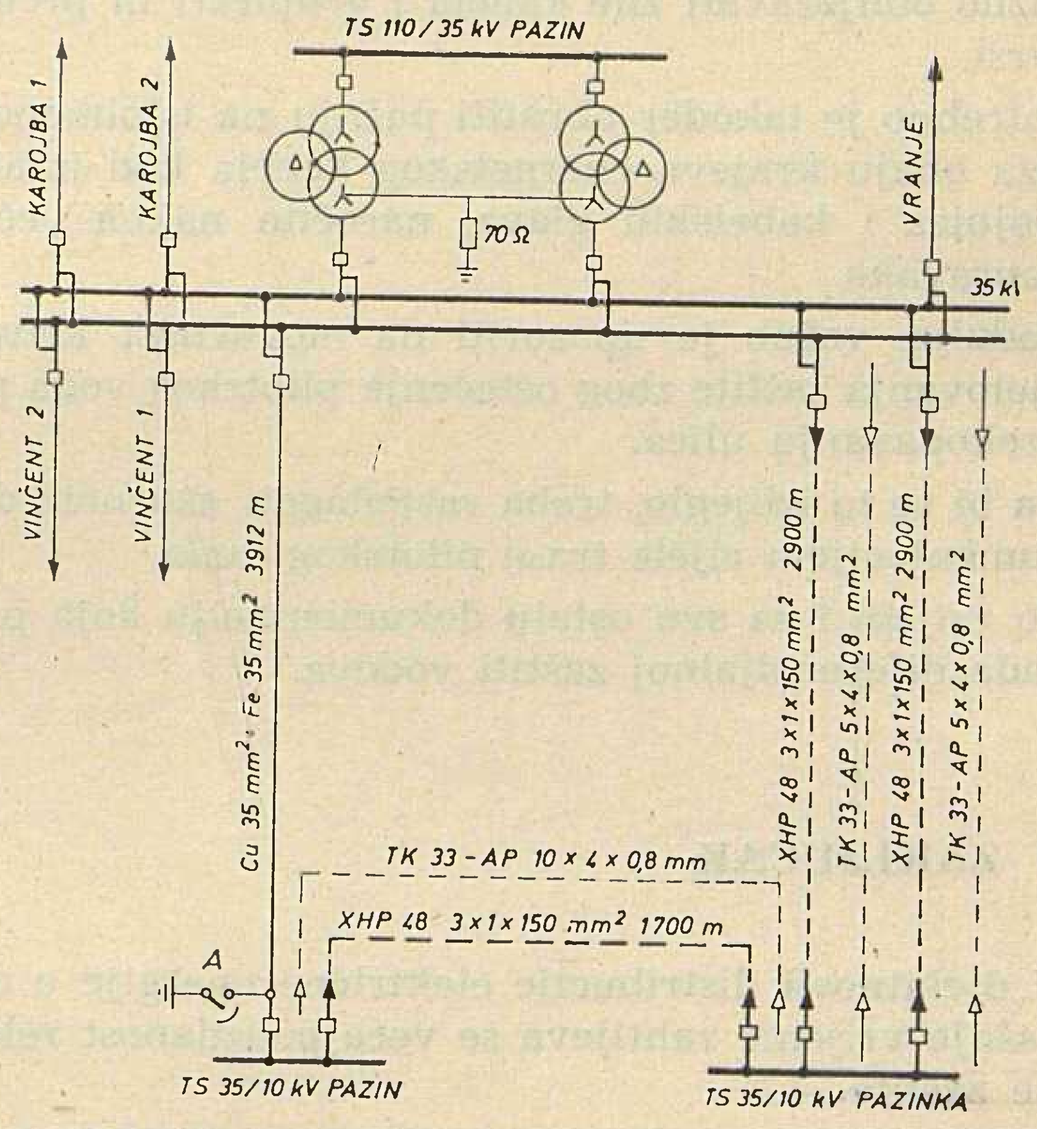
Sl. 2. Principijelna shema ispitivanja diferencijalne zaštite vodova

Način ispitivanja prikazan je u prilozima 3 i 4 35 kV mreže Pazina, gdje je izvršeno uzemljenje jedne faze posredstvom jednog pola odgovarajućeg prekidača M 38—16—8.

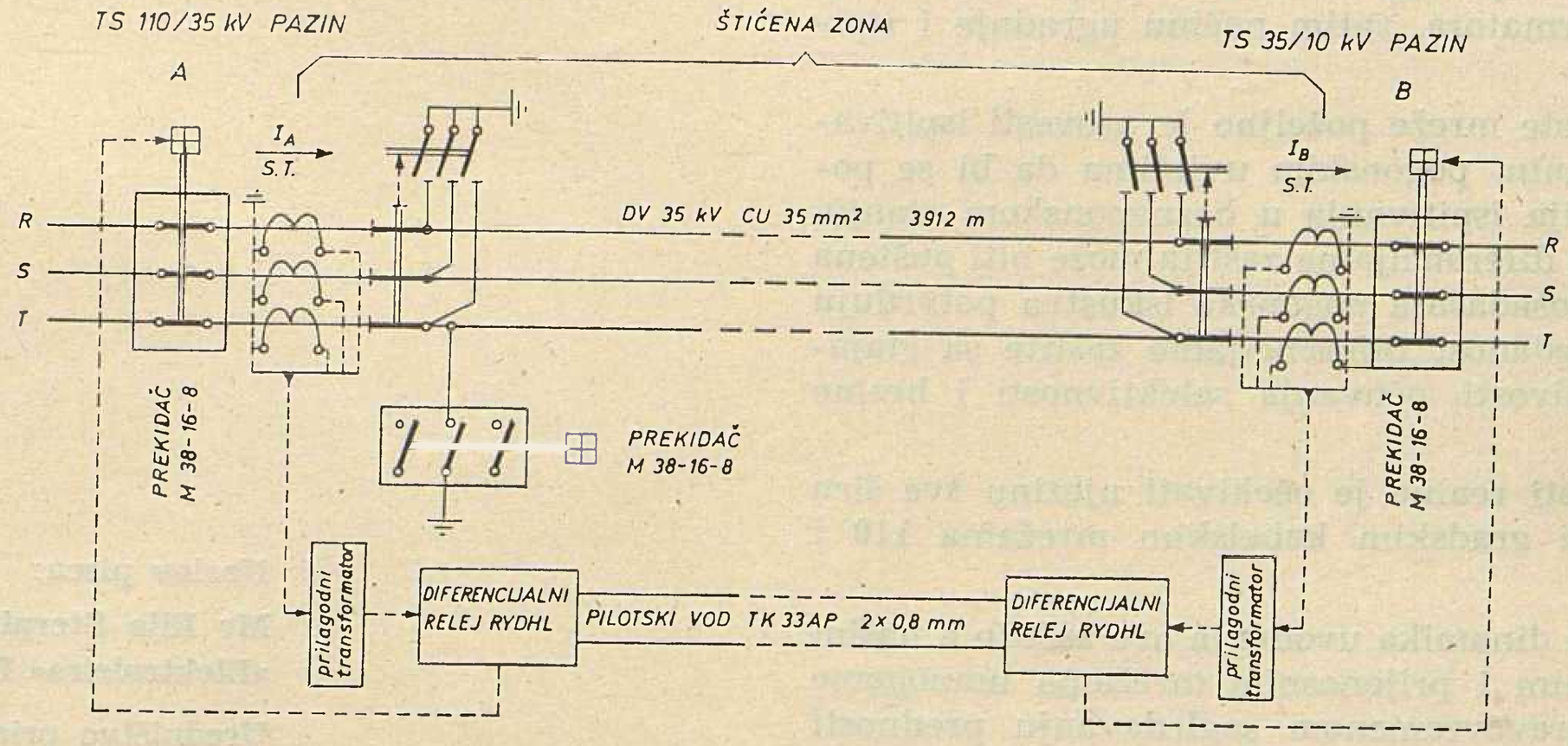
U toku ispitivanja proradila je diferencijalna zaštita voda 35 kV Pazin 2 na kojem je izvršen jednopolni kratki spoj.

Istovremeno proradila je neselektivno diferencijalna zaštita voda 35 kV Pazinka 1 zbog greške u ožičenju koja je kasnije uklonjena.

Treba istaknuti da je takvo ispitivanje najprikladnije za provjeravanje selektivnosti, stabilnosti i ispravnosti spoja daferencijalne zaštite. S tehničkog aspekta ne ugrožava se sigurnost postrojenja zbog brzine djelovanja zaštite i struje jednopolnog kvara (npr. 300 A) koja je reda veličine nazivne struje kabela.



Sl. 3. Jednopolna shema vodova 35 kV grada Pazin



Sl. 4. Ispitivanje diferencijalne zaštite pri jednopolnom kvaru u stvarnim pogonskim uvjetima

5. POGONSKA ISKUSTVA

U »Elektroistri« diferencijalna zaštita vodova primjenjuje se relativno kratko vrijeme. U toku dosadašnjeg rada pogonski događaji potvrdili su njezinu izvanrednu stabilnost kod poremećaja, kao što su unutarnji i vanjski kvarovi, promjena stanja mreža, varijacije napona, atmosferska pražnjenja itd.

Premda ono što je navedeno potvrđuje pouzdanost diferencijalne zaštite vodova, nije suvišno upozoriti na greške koje su posljedica ljudskog faktora. Višenamjenska upotreba telefonskog, odnosno signalnog kabela (daljinsko upravljanje, telefonija, relejna zaštita itd.) može biti uzrok krivog djelovanja diferencijalne zaštite zbog toga što različiti profil tehničkog osoblja rukuju tim kabelom.

Da bi se spriječilo pogrešno rukovanje, izuzetno je važno obilježavati žile kabela i grupirati ih prema svrsi.

Potrebno je također obratiti pažnju na istoimenost faza obaju krajeva energetskog kabela kod izrada spojnica i kabelskih glava, naročito nakon većih popravaka.

Nadalje, važno je upozoriti na mogućnost krivog djelovanja zaštite zbog oštećenja pilotskog voda pri prekopavanju ulica.

Da bi se to izbjeglo, treba raspolagati ažurnom dokumentacijom cijele trase pilotskog voda.

To vrijedi i za svu ostalu dokumentaciju koja pripada diferencijalnoj zaštiti vodova.

6. ZAKLJUČAK

U djelatnosti distribucije električne energije u današnje vrijeme zahtijeva se veća pouzdanost relejne zaštite.

Diferencijalna zaštita sa stajališta suvremene tehnologije odgovara ovom zahtjevu.

Radi ispravnog rada diferencijalne zaštite potrebno je posvetiti pažnju izboru pilotskog voda i strujnih transformatora, zatim načinu ugradnje i ispitivanju.

Kod zamkaste mreže poželjno je provesti ispitivanje u stvarnim pogonskim uvjetima da bi se potvrdila ranija ispitivanja u beznaponskom stanju. Nakon toga diferencijalna zaštita može biti puštena u pogon. Dosadašnja pogonska iskustva potvrđuju visoku pouzdanost diferencijalne zaštite sa stajališta osjetljivosti, očuvanja selektivnosti i brzine prorade.

U budućnosti realno je očekivati njezinu sve širu primjenu u gradskim kabelskim mrežama 110 i 35 kV.

Pri tome će dinamika uvođenja ove zaštite u našim distributivnim i prijenosnim mrežama umnogome ovisiti o pravovremenom sagledavanju prednosti koje ona pruža na temelju strane i vlastite prakse.

LITERATURA

[1] ISKRA: Diferencijalna pilotska zaštita vodova RYDHL, katalog »Zaštita i automatizacija u elektroenergetici«, Ljubljana, ožujak 1972.

[2] A S E A: Pilot — wire differential realy type RADHL Catalogue RK 61 — 10 E, October, 1978.

[3] E. STERPIN: Diferencijalna zaštita vodova, magistarski rad, Zagreb, listopad 1981.

KEY WORDS:

DISTRIBUTION ELECTRICAL NET, DIFFERENTIAL PROTECTION ELECTRICAL TESTING, OPERATIONAL EXPERIANCES

INSTALATION AND TESTING OF DIFFERENTIAL LINE PROTECTION IN 35 kV NET OF "ELEKTROISTRA"

In the article is described instalation and testing of differential line protection in "Elektroistra" Pula. It is analysed a treatment that precede to testing and testing in two ways. Testing of differential line protection under operational conditions in 35 kV net Pazina is highlighted. At the end are presented operational experiances of differential line protection.

EINBAU UND ÜBERPRUFUNG DES DIFFERENTIALSCHUTZES IM 35 kV-NETZ DES VERTEILUNGSUNTERNEHMENS »ELEKTROISTRA«

Dargestellt wird der Einbau und die Überprüfung des im Überland-Verteilungsnetzes des Unternehmens »Elektroistra« eingebauten Leitungs-Differentialschutzes. Beschrieben werden die vor der Überprüfung erfolgten Arbeiten und die auf zweifache Weise durchgeführte Überprüfung. Besonders berücksichtigt wurde die Überprüfung des Differentialschutzes unter normalen Betriebsbedingungen, die im 35 kV-Netz im Bezirk Pazin erfolgte. Abschliessend enthält die Arbeit Mitteilungen über bisherige Erfahrungen im Betrieb des eingebauten Differentialschutzes.

УСТАНОВКА И ПРОВЕРКА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ В СЕТИ 35 кВ

Описаны установка и способ проверки дифференциальной защиты линий, применяемой в »Электроистре«, г. Пула. Обработаны мероприятия, предшествующие проверке и способ проверки двумя методами. Отдельно сделан обзор проверки дифференциальной защиты в нормальных условиях эксплуатации, выполненной в сети 35 кВ г. Пазина. В конце приводится эксплуатационный опыт, приобретенный в предшествующем периоде применения дифференциальной защиты линий.

Naslov pisca:

Mr Elio Sterpin, dipl. ing.
»Elektroistra« Pula

Uredništvo primilo rukopis
10. 05. 1982.

Energija God. 31 (1982) br. 9—10, 375—376

POGONSKA PROBLEMATIKA REDUKCIJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

Josip Šuste, Zagreb

UDK 621.316.1.004
Stručni rad

U članku se govori o problemima i poteškoćama koje nastaju prilikom reduciranja potrošnje u distributivnoj mreži grada Zagreba iskapčanjem, kao i posljedicama ovakvog neuobičajenog režima rada.

Ključne riječi: distributivne mreže, redukcija el. energije, pogonska problematika.

U protekloj je zimi u dva maha, u prosincu 1981. god. i u veljači i ožujku 1982. god., nestašica raspoložive električne energije bila takva da se nakon iscrpljenja svih zakonom predviđenih stupnjeva redukcije i još uvijek nedovoljne štednje »moralo« pristupiti reduciranju potrošnje električne energije iskapčanjem u distributivnoj mreži. Takvo stanje, pogotovo na zagrebačkom području, nastalo je kao posljedica velikog manjka ostalih energenata, tj. zato što je istovremeno postojao znatan manjak ulja za loženje, gradskog i zjemnog plina, tekućeg plina, ugljena i drva za loženje. Logično je da je takvo stanje, koje zakonski nije predviđeno, dovelo elektroprivredu SRH u posebno težak položaj jer se zamjena električne energije drugim vrstama energije nije mogla obaviti, već je pretežno bio obrnuti slučaj, tj. električna energija zamjenjivala je ostalu energiju. To je naročito bilo istaknuto na području grijanja jer je prošlogodišnja zima bila jača i dugotrajnija nego prethodnih godina. O efektima pojedinih stupnjeva redukcije koje su prethodile prisilnom iskapčanju u distributivnim mrežama ne bih htio govoriti jer su oni općenito poznati, a dijelom već i zaboravljeni. Želio bih samo upozoriti na neke posljedice prouzročene iskapčanjem potrošača koje još i danas traju i o kojima se do sada premalo govorilo. Dapače, smatram da donosioci spomenutih mjera nisu bili ni svjesni s kakvim se sve problemima susreo stručno tehnički kader koji je propisane zahtjeve morao provesti.

U prvom periodu redukcije zahtjev koji je postavio Odbor za opskrbu ZEOH — RSIZ putem dispečerske službe odnosio se na iskapčanja radnim danima, dok je ocjena potrošnje u narednim danima bila zadovoljavajuća s obzirom na moguću proizvodnju. U praksi to je rezultirao enormnim porastom potrošnje na niskonaponskoj mreži subotom i nedjeljom (preko 20%), tako da je zbog preopterečenja ispadao iz pogona tolik broj transformatorskih stanica (istina kraće vrijeme) da se redukcija iskapčanjem praktički protegla i na te dane. Bilo je vrlo teško, da ne kažem nemoguće, uvjeriti sve potrošače da se iskapčanje subotom i nedjeljom stvarno ne obavlja, već da su brojni ispadi iz pogona rezultat preopterećenja.

Već u tom prvom periodu, kada je zbog željenih efekata uštede u potrošnji iskapčanje trajalo oko 8 sati dnevno za određena područja, pojavio se problem da se nakog isteka tog vremena *veći broj transformatorskih stanica nije mogao ukopčati!* Razlog tome je pojava da se nakon perioda od 6 do 8 sati bez električie energije, osobito kod potrošača na niskom naponu, velik broj trošila automatski priključio na mrežu i kod ukapčanja transfomatorske stanice 10/0,4 kV pojavljivao se *istovremeno* kao teret, što se u normalnim pogonskim prilikama *nikada* ne događa. Kao primjer navest ću ova trošila: hladnjake za duboko smrzavanje, hidrofore, crpke na uređajima za grijanje na druga goriva itd. Rezultat je bio još veća redukcija od predviđene, oštećenja na trošilima potrošača i zbog toga velika negodovanja, ogromno naprezanje potrošačkih instalacija i naše mreže. Kao primjer navest ću područje Rudeša gdje se pojedini niskonaponski strujni krugovi, koji su u normalnim prilikama opterećeni maksimalno 200—210 A, nisu u vrijeme redukcije mogli ukopčati ni u periodu od 00 do 01 sat noću jer se opterećenje kretalo između 350—400 A!

Sistem redukcije iskapčanjem bio je u Zagrebu takav da se po petodnevnom programu isklapalo 816 transformatorskih stanica 10/0,4 kV, i to svega 553 grupno (iz TS 30/10 ili 110/10 kV), a 263 pojedinačno. U takvom režimu rada, kada je od ponedjeljka do petka približno 1/5 područja bila isključena, na tom istom dijelu mreže bilježili smo više (nekad i do 5%!) kvarova nego na preostale 4/5 mreže u normalnom pogonu. To su očito bile posljedice izvanrednih naprezanja u mreži.

U toku provođenja redukcije nastale su takvim radom goleme štete i materijalni troškovi. Oni svakako nisu usporedivi sa štetama kod potrošača, ali su ipak značajni, jer se cijeli proces odvijao u relativno staroj i većim dijelom otpisanoj (65%) mreži. Kao primjer navodim samo starost transformatorskih stanica 10/0,4 kV:

— do 10 god. 43,0%
— 11—15 god. 14,4%
— 16—20 god. 16,2%
— 21—25 god. 11,5%
— preko 25 god. 14,9%.

U tim objektima treba u 79 transformatorskih stanica promijeniti elemente postrojenja, što zahtijeva ulaganja od oko 4,800.000.- dinara za što nema sredstava, tako da je bitno ugrožena sigurnost pogona, jer se radi o uređajima (stari prekidači) koji su više od 20 god. u pogonu, pa za njih više nema rezervnih dijelova, a i rasklopna snaga i drugi parametri ne odgovaraju današnjim zahtjevima.

U transformatorskim stanicama 10/0,4 kV pretežni dio pojedinačnih iskapčanja morao se raditi s rastavnim sklopkama proizvodnje TSN i RK, i to s ovim tipovima:

— OLN 630 A — TSN
— CS 630 A — TSN
— 2RSu 630 A — RK
— 2RSNu 630 A — RK
— 2RSNu 400 A — RK

TSN tvrdi da su njegovi proizvodi ispitani i da mogu izdržati bez remonta 80, odnosno 60 prekidanja nominalne struje. Vrijednost od oko 50 A (koliko je potrebno za naše transformatore) mogu prekinuti navedene sklopke 600 odnosno 800 puta, ali je to iskustven podatak, a nije dobiven na temelju ispitivanja.

»Rade Končar« također tvrdi da njegove rastavne sklopke mogu prekinuti 20 ciklusa s nominalnom strujom, što je ispitivanjem potvrđeno. Međutim, ispitivanja su do sada obavljena samo sa strujom od 40 A, gdje su ovi aparati izdržali 105 ciklusa sklapanja s vrlo dobrim stanjem kontakata i lučnih komora. Iz toga se može zaključiti da bi ovi aparati bez remonta mogli izdržati do 200 ciklusa.

Iz navoda naših renomiranih proizvođača jasno je da rastavne sklopke proizvedene po postojećim propisima nisu atestirane za ovakav režim rada, pa bi to tek trebalo učiniti. Najveći broj sklapanja obavljen prilikom redukcije iznosio je u ovom konkretnom primjeru oko 40, što upozorava na to da bi nakon još jednog zimskog perioda redukcije za najmanje stotinjak aparata trebalo na siguran način ustanoviti u kakvom su stanju kontakti i lučne komore, jer radi se o aparatima koji su duže vrijeme u pogonu i koji sigurno nisu u stanju izdržati bez oštećenja ona naprezanja koja su izdržali novi uređaji u laboratorijima proizvođača.

U toku redukcije iskapčanjem nastali su veliki troškovi transporta, a također je cijeli posao zahtijevao izvanredno naprezanje radnika. Samo od 16. 2. 1982. do 31. 3 1982. utrošena su na redukciju 4 043 radna sata u redovnom radu, 691 sat u prekovremenom radu, prijeđeno je oko 11 000 km s vozilima uz trošak od preko 1,500,000.- dinara. *Pri ovim poslovima teško su pozlijeđena dva radnika, a lakše jedan, i to sve u elektroenergetskim postrojenjima od električnog luka.*

ZAKLJUČAK

Elektroenergetske distributivne mreže nisu građene za režim pogona kakav se zahtijeva kod redukcije potrošnje električne energije iskapčanjem potrošača. Prema tome, teško stanje distributivne mreže Zagreba, nastalo nedovoljnim ulaganjem u izgradnju u proteklom i ovom petogodišnjem periodu, samo je još pogoršano. Slična situacija sigurno je i u ostalim distributivnim mrežama u našoj republici, pa je potpuno jasno da ovakve režime rada koji bitno smanjuju kvalitetu postrojenja u pogonu treba ubuduće po svaku cijenu izbjeći.

Kako i ubuduće, a vjerojatno već ove godine treba očekivati slične situacije u pogledu manjka električne energije, prisilne mjere štednje treba usmjeriti ne preko elektroprivrede, odnosno distributivnih osnovnih i radnih organizacija, već administrativnim putem koji neće izazvati dodatne štete na već iovako ugroženim postrojenjima. Ovdje se prvenstveno misli na pomak radnog vremena, skraćenje radnog vremena, dulje praznike u školama i drugo, što je do sada, bez razloga, korišteno u neznatnom opsegu.

Naslov pisca:

Jozo Šuste, dipl. inž.
ELEKTRA — ZAGREB

Uredništvo primilo rukopis 25. 08. 1982.

RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

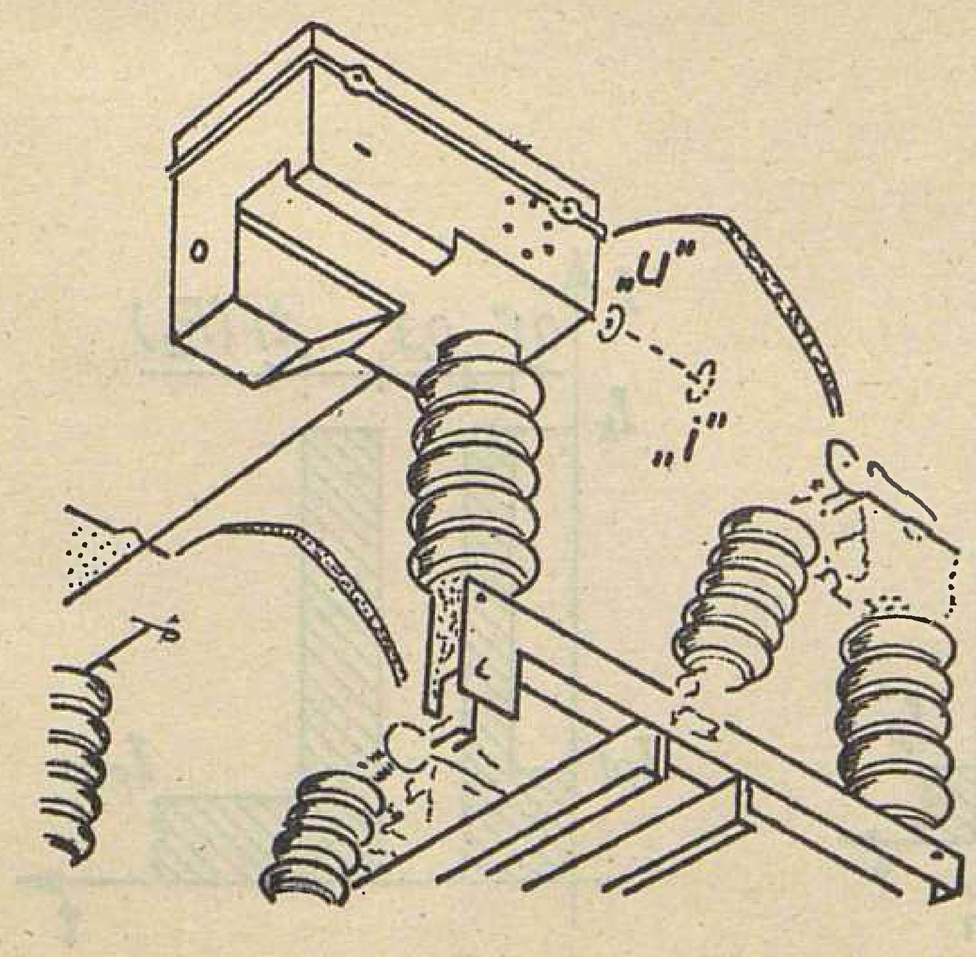
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

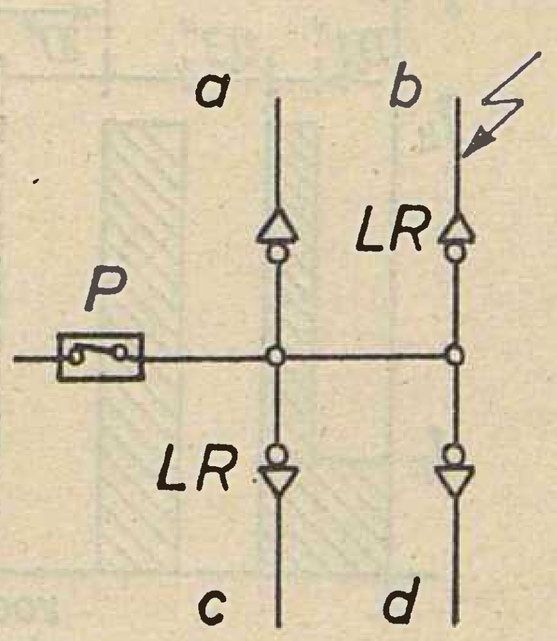
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

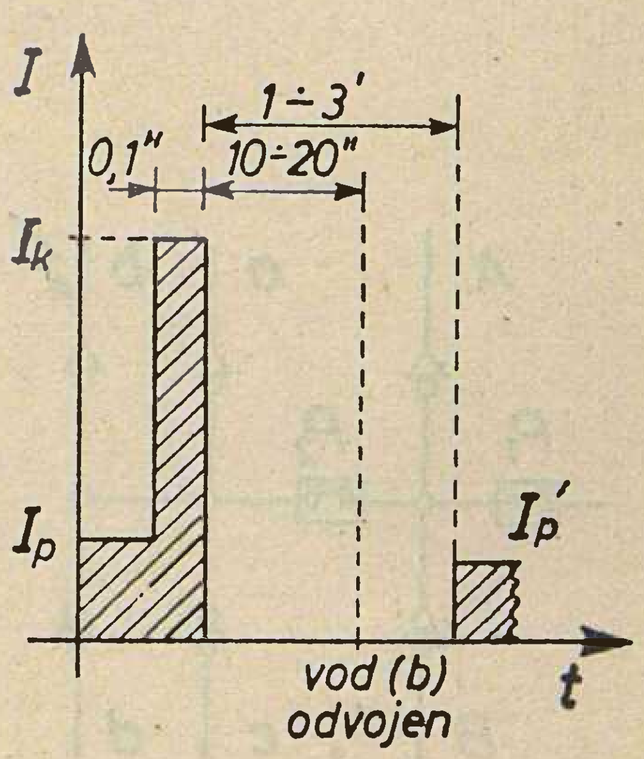
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

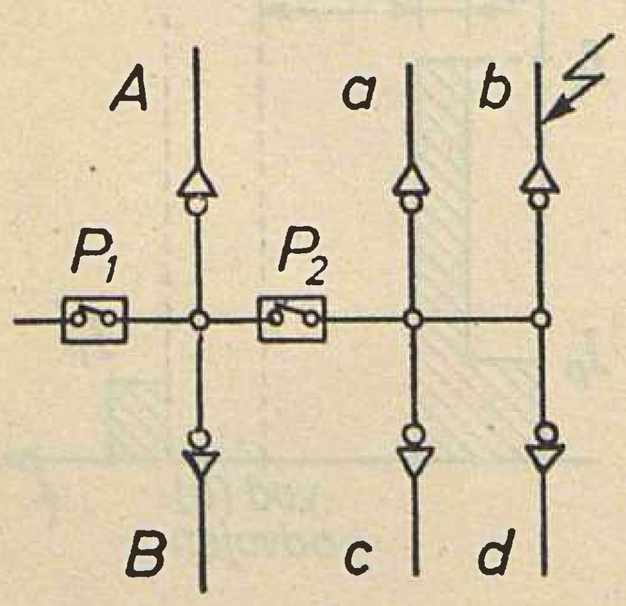
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

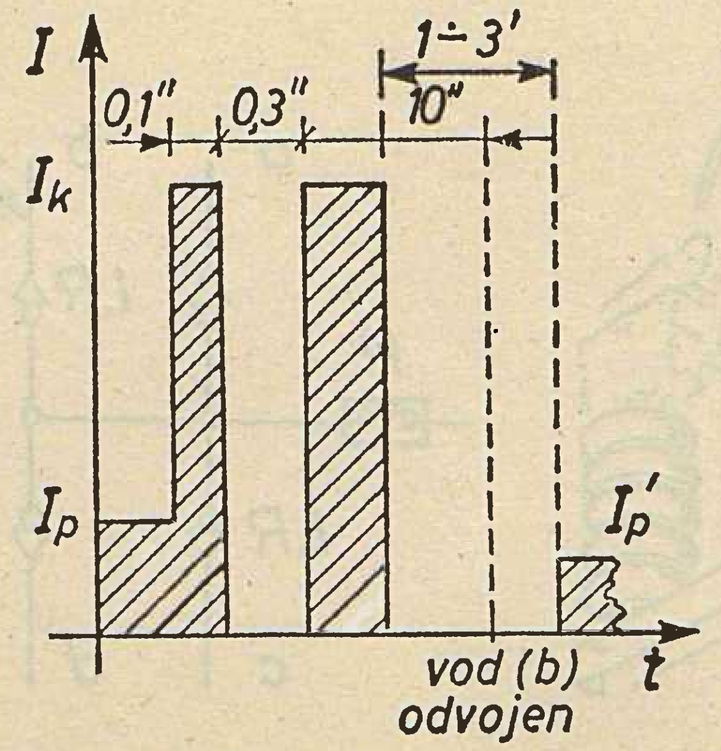
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

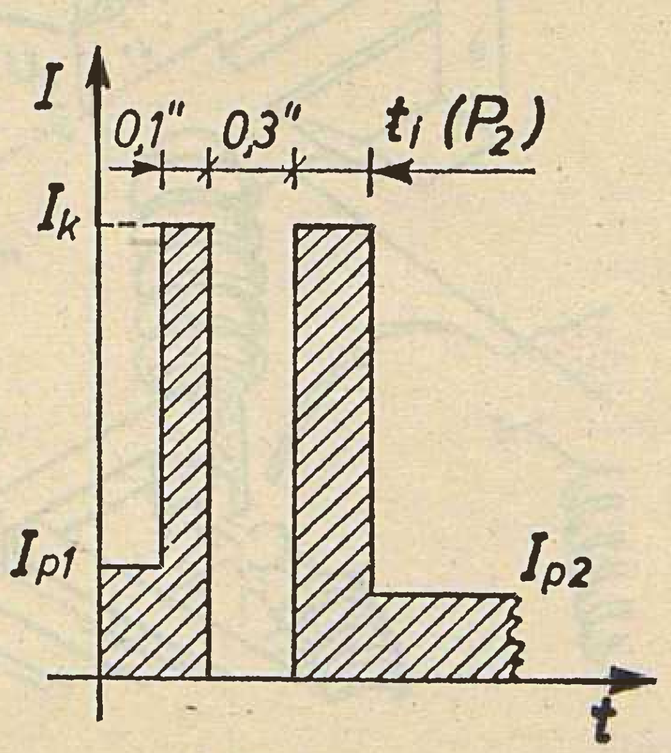
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

Razvodni ormari od izolacijskog materijala

Nagli razvoj gradskih naselja uvjetovao je sve veću primjenu kabela u distributivnim elektroenergetskim mrežama. Pri izgradnji tih mreža nužan je određen broj tipova ormara za rješavanje:

— čvornih točaka u kabelskoj mreži

— kabelskog razvoda i upravljanja javnom rasvjetom.

U praksi se to rješava ormarima, različitih tipova i izvedaba. Svaka distributivna organizacija ima svoje rješenje a posljedica je ta da proizvođači opreme izrađuju male serije i nemaju mogućnost da postignu kvalitetnija tehnička rješenja. Sagledavajući sve to, TEP je izradio tri osnovna tipa slobodnostojećih ormara od poliestera ojačanog staklenim vlaknima koji mogu zadovoljiti sve uvjete da se ugradi oprema koja se koristi u elektrodistribuciji.

Materijal za izradu ormara

U posljednjih nekoliko godina sve veću primjenu u elektrotehnici ima poliester ojačan staklenim vlaknima. To je materijal s dobrim električnim i mehaničkim karakteristikama, veoma otporan na atmosferske utjecaje i na ultravioletne zrake. Te osobine omogućuju da uspješno zamjenjuje metale, čelični lim i silumin kao materijale za izradu kućišta razvodnih ormara i ormarića.

Osobine poliestera ojačanog staklenim vlaknima jesu:

mala gustoća, postojanost na koroziju, veoma dobre mehaničke osobine te kao najvažnije dobre izolacione osobine čime se postiže dobra zaštita od previsokog napona dodira. Toplinska vodljivost poliestera je niska pa je on topliskin izolator, što može utjecati na smanjenje kondenzacije u ormarima a time i na manju koroziju ugrađene opreme.

Nedostatke ormara izrađenih od čeličnog lima u usporedbi s onima koji su izrađeni od poliestera pojačanog staklenim vlaknima možemo svesti na slijedeće:

— u određenim uvjetima može se na njima pojaviti opasan napon dodira

— potrebno je izraditi kvalitetno zaštitno uzemljenje

— potrebno je pravovremeno održavanje bojenjem.

Iz svega što je navedeno proizlazi da je primjena poliesterskog ormara tehnički opravdana.

Ako gledamo s ekonomskog stajališta, onda se cijena jednog uređaja u zaštiti »zaštitno izoliranje« može prikazati na ovaj način:

C_k zaš. izol. = $C_{kl} + C_{kzuz}$

C_k zaš. izol. = cijena uređaja u izvedbi zaštitno izoliranje

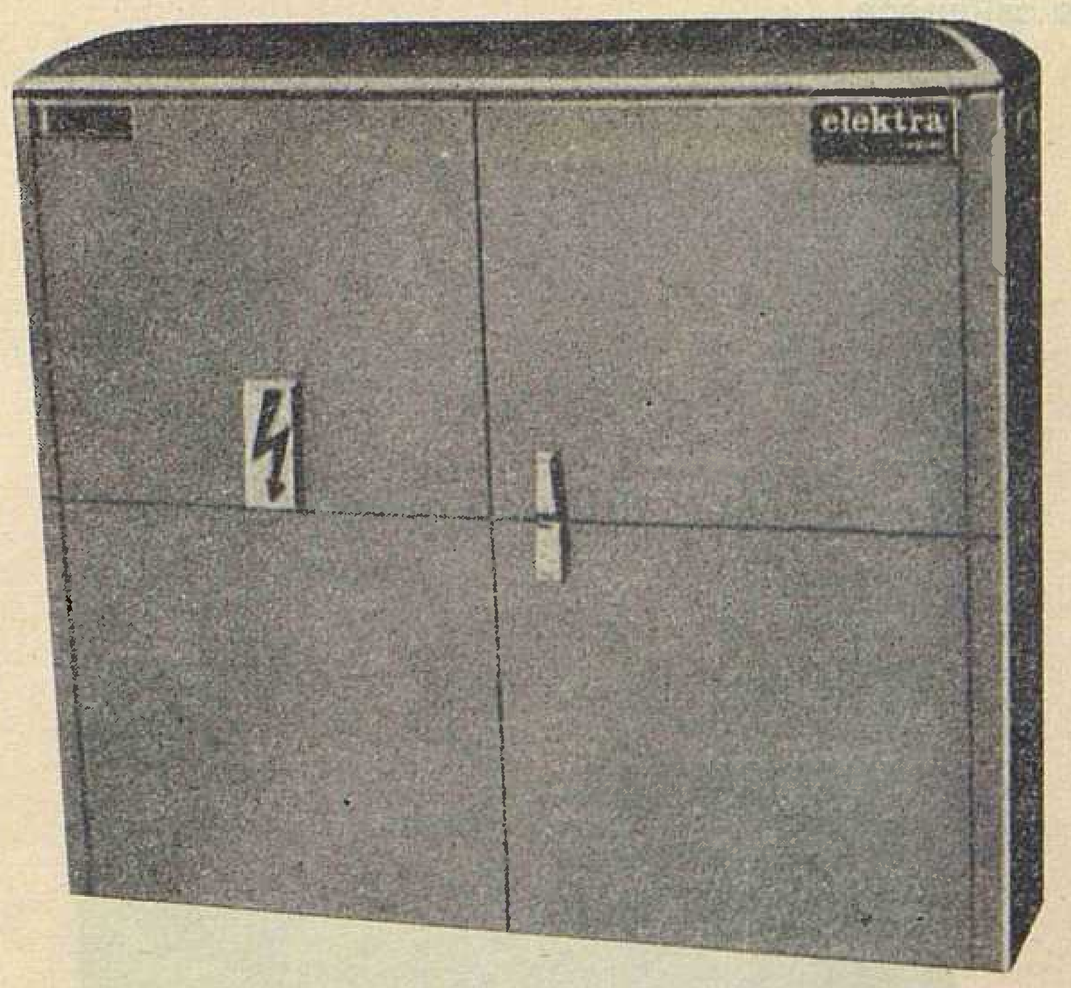
C_{kl} = cijena uređaja u izvedbi od lima ili silumina

C_{kzuz} = cijena izvedbe zaštitnog uzemljenja.

Moramo biti svjesni da svaka zaštita od previsokog napona dodira ima svoju cijenu.

Izvedba ormara s opremom

Ormari su konstrukcijski riješeni tako da ostvaruju stupanj zaštite od prodora stranih tijela i vode IP 43, a uz dodatno brtvljenje može se postići stupanj zaštite IP T4 (slika 1).



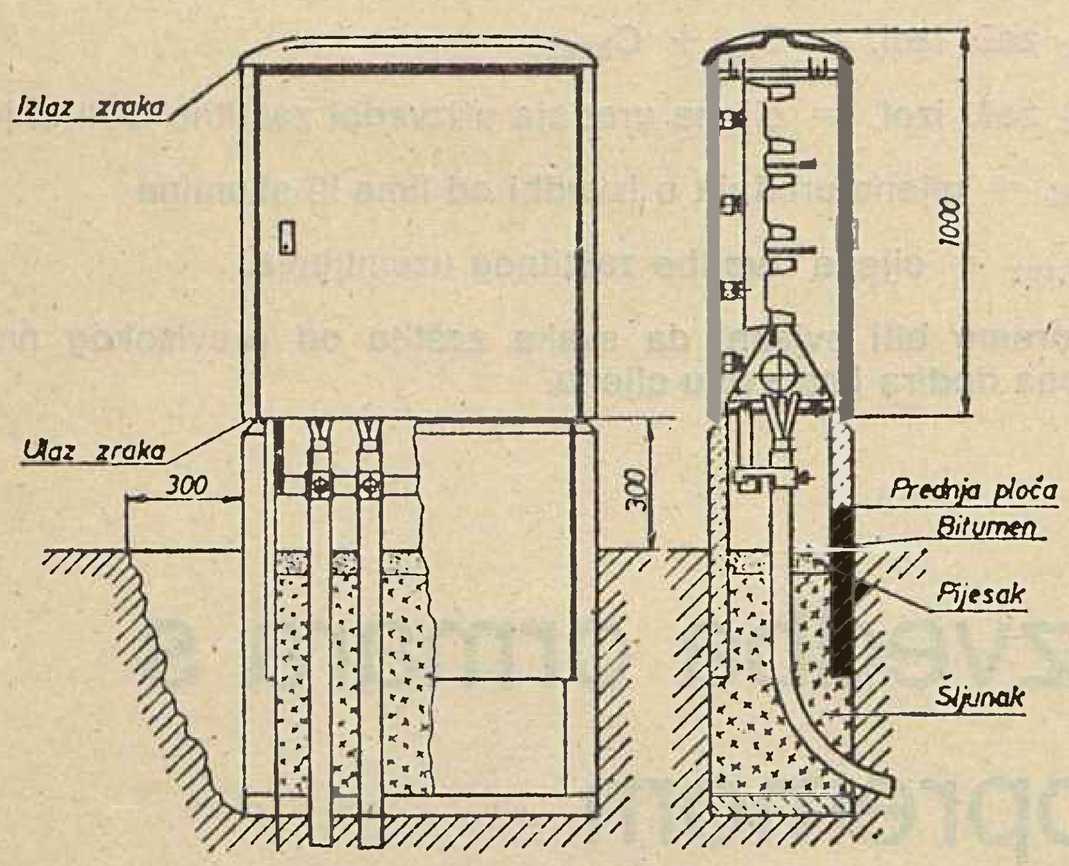
Sl. 1.

Ormar se montira na tvornički izrađen temelj koji se isporučuje u dijelovima, a izrađen je od armiranog betona. Kod spajanja kabela na opremu ormara prednja ploča te-

melja i prag ormara skidaju se, čime je olakšana montaža, te kabele nije potrebno uvlačiti u ormar.

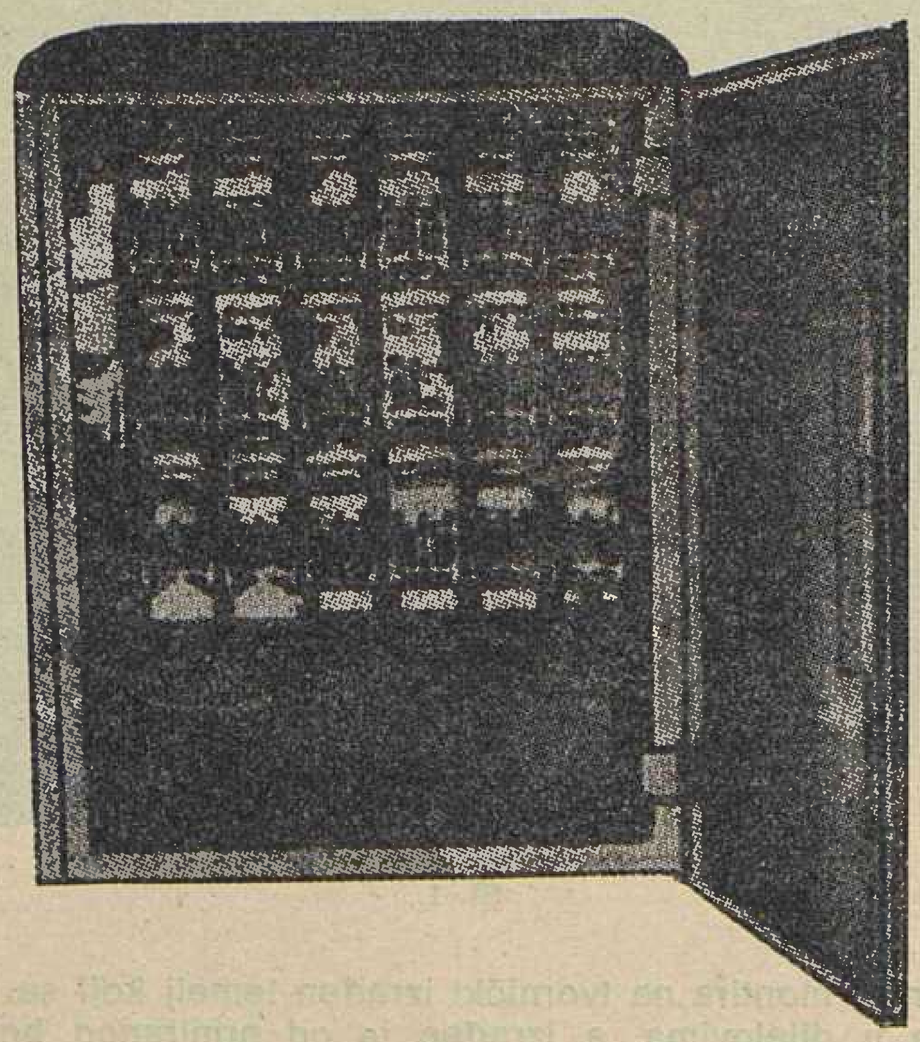
Na dnu ormara je nosač za učvršćenje kabela. Prostor gdje ulaze kabeli u ormar potrebno je ispuniti zemljom ili pijeskom, a u nivou zemlje unutrašnjost temelja zabrtviti bitumenom ili tankim slojem betona da se spriječi isparavanje vlage iz zemlje i kondenziranje u unutrašnjosti ormara (slika 2).

Ormari su čvorne točke u kabelskoj mreži tipa KRO-01, KRO-02 i KRO-03, napona do 1kV. Mogu biti opremljeni sa 4, 6 ili 8 (9) slogova osigurača nazivne struje 400 A (slika 3). Slog osigurača može biti izveden kao neoklop-



Sl. 2.

ljen, pa se za umetanje i izvlačenje patrona treba koristiti nasadnom ručicom, ili kao izoliran, u kojem su slučaju osnove osigurača oklopljene a ručica je sastavni dio osnove osigurača.

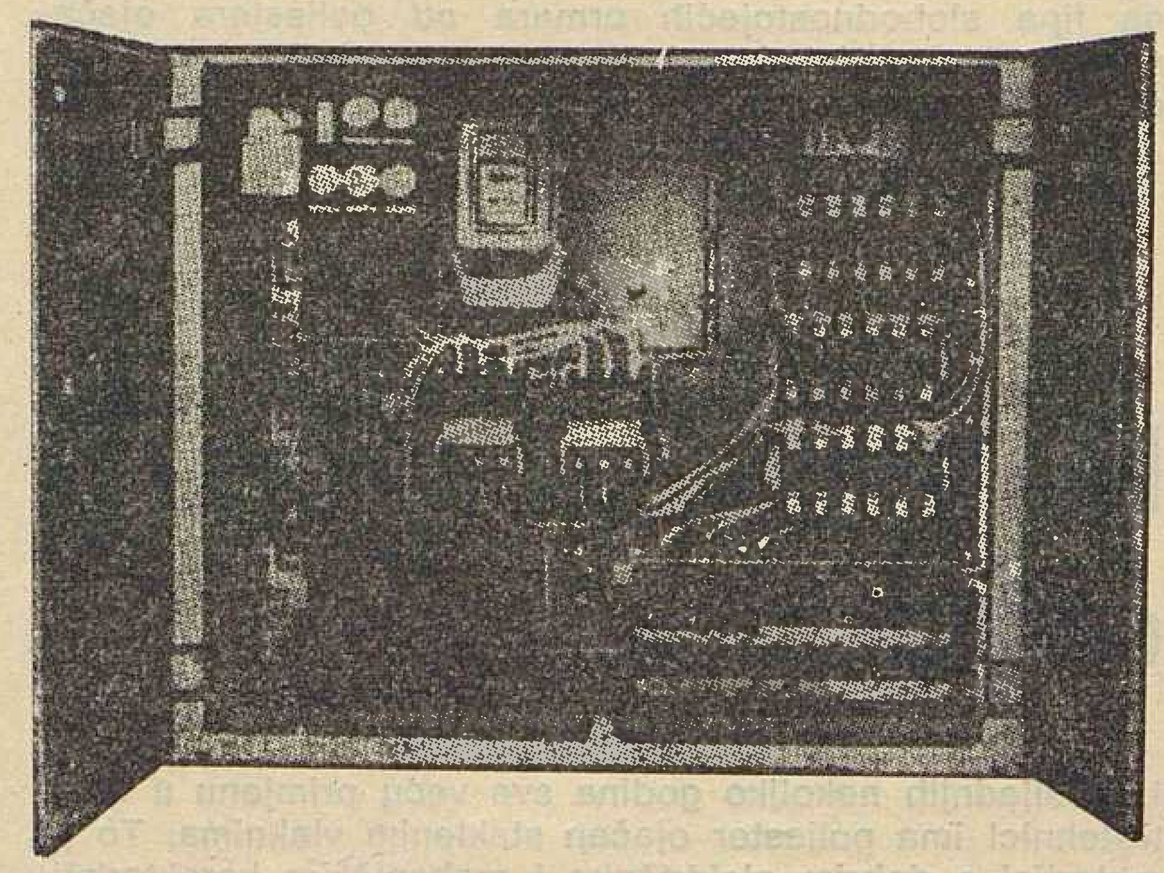


Sl. 3.

Rastavljajući slog osigurača ima ugrađenu lučnu komoru, pa je moguće vršiti prekopčanja i isklapanja pod opterećenjem, ali jednopolno. U ormar je ugrađena žarulja, koja se pali otvaranjem vrata ormara. Vrata se zatvaraju policilindarskom brtvom.

Na osnove osigurača moguće je priključiti kabel presjeka do 300 mm².

Ormari tipa KRO-JR namijenjeni su za uklapanje i isklapanje javne rasvjete (slika 4). Kod razrade električne sheme djelovanja obuhvaćene su sve mogućnosti koje se pojavljuju kod upravljanja javnom rasvjetom. Ormar se priključuje na pojni kabel koji može biti maksimalnog presjeka do 185 mm² sistema ulaz — izlaz. Kabeli koji vode do priključnice rasvjetnog stupa mogu imati maksimalni presjek 35 mm². Moguće je izvesti najviše 12 trofaznih izvoda kabela, a svaki je izvod osiguran visokoučinskim rastalnim osiguračem. Uklapanje i isklapanje rasvjete vrši se preko 2 sklopnika od 125 A. Kod uključenja obaju sklopnika svijetle sve svjetiljke, a kada je uključen jedan sklopnik, svijetli pola rasvjete, dakle obuhvaćen je sistem cjelonoćne i polunoćne rasvjete.



Sl. 4.

Upravljanje se vrši jednom od mogućnosti:

— tonfrekventno

— uklopnim satom

— luksomatom

— komandnim vodom

— ručno u ormaru.

Za biranje sistema služi grebenasta sklopka ugrađena u ormar. Za mjerenje potrošnje u ormar je ugrađeno kWh brojilo.

Ove kombinacije zadovoljavaju sve uvjete koji se postavljaju na moderno koncipiranu javnu rasvjetu i u pogledu štednje električne energije u periodu smanjenog prometa.

Marijan Jakovac dipl. inž.

UDK 621.31

ENJAAC 31 (11—12) 391—478 (1982)

YU ISSN 0013-7448

ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

energija

Izdavači:

Združeno poduzeće »Elektroprivreda«, Rijeka
Združeno poduzeće »Elektroprivreda Dalmacije«, Split
SIZ za znanstveni rad SR Hrvatske
Elektra, Karlovac
Elektroslavonija, Osijek
Elektroistra, Pula
Elektroprimorje, Rijeka
Elektra, Sisak
Elektrodalmacija, Split
Elektra, Zagreb
Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
Institut za elektroprivredu, Zagreb

IZDAVAČKI ŠAVJET

Dragutin *Stanić*, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Združeno poduzeće, Split — Enco *Tirelli* i Boris *Simončić*, dipl. ing. »Elektroprivreda« Rijeka — Josip *Brkljačić*, dipl. ing., HE Senj — Petar *Kuzele*, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb — Ivan *Cvitan*, dipl. ing., »Elektra«, Sisak — Ivo *Božin*, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Zorko *Cvetković*, Elektroprenos, Zagreb — Šimun *Šimundža*, dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split — Anđelko *Dujmović*, dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek — »Elektroistra«, Pula — Branko *Mrakovčić*, dipl. ing., »Elektroprimorje«, Rijeka — Marko *Šimunović*, dipl. ing., »Elektra«, Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris *Markovčić*, dipl. ing. — Urednik: Zdenka *Jelić*, dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola *Bilčar*, dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Đuro *Hatić*, dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen *Nadinić*, dipl. ing. — Prijenos električne energije, Zorko *Cvetković*, dipl. ing., Zagreb — Josip *Nevešćanin*, dipl. ing., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav *Balen*, dipl. ec., Jure *Šimović*, dipl. ec., Petar *Kuzele*, dipl. ing. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomsko-financijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik: Zlatko *Orban*.

Redakcija završena 1982 - 10 - 20

Godište 31 (1982) Zagreb 1982 Br. 11—12

SADRŽAJ

Lakota, J.: Prilog upoznavanju potencijalnih partnera za realizaciju budućih nuklearnih elektrana (II dio) (PREGLEDNI RAD) 393

Hatić, Đ, Petričec M, Mladineo N.: Izbor optimalnih parametara niza vodnoenergetskih stepenica primjenom dinamičkog programiranja (STRUČNI RAD) 407

Mužny, J, Tokić B, Nikolić D, Rosić P, Selišek D.: Djelotvoran način štićenja podzemnih kabelskih trasa od udara groma na nepovoljnim terenima (PRETHODNO SAOPĆENJE) 411

Dvornik, V.: Strujno polaganje kabela u distributivnim mrežama srednje Dalmacije (PRETHODNO SAOPĆENJE) 421

Jalušić, K.: Energetski kabel kao element mreže (STRUČNI RAD) 433

Sterpin, E.: Uzemljenje nosne konstrukcije linijskog rastavljača 10/20 kV na drvenom stupu (STRUČNI RAD) 437

Tropin, K.: Pojednostavljene transformatorske stanice i neka naša iskustva (STRUČNI RAD) . . 443

Zahorec, P.: Prijevozna visokonaponska ispitna stanica (STRUČNI RAD) 453

Zake, G.: Sistem za proizvodnju pare s modernim vodokljućajućim reaktorom (STRUČNI RAD) . . . 455

Obavijesti proizvođača . . . . . .

Oglasi . . . . . .

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 12 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300 dinara, a za poduzeća i ustanove 1200 dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 150 dinara.

Za inozemsvo $ 70 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišeji: Grafički zavod Hrvatske, Zagreb Frankopanska 26.

Sretna Nova Godina *

* *Happy New Year*

Bonne Année *

* *Glückliches Neues Jahr*

Felice Anno Nuovo *

UREDNIŠTVO

Energija God. 31 (1982) br. 11—12, 393—406

PRILOG UPOZNAVANJU POTENCIJALNIH PARTNERA ZA REALIZACIJU BUDUĆIH NUKLEARNIH ELEKTRANA

Dio II. Gorivo i gorivni ciklus

Dr Josip Lakota

UDK 621.039,621.311.25
PREGLEDNI RAD

U članku se najprije daje pregled opće situacije s rezervama urana te kapacitetima za teže dostupne ili nedostupne faze gorivnog ciklusa, kao što su obogaćenje urana, proizvodnja teške vode i reprocesing. Slijedi uvid u situaciju s uranom te razvijenost gorivnog ciklusa u zemljama nekih potencijalnih partnera.

Ključne riječi: nuklearne elektrane, uran, nuklearni gorivni ciklus, isporučioci.

1. UVOD

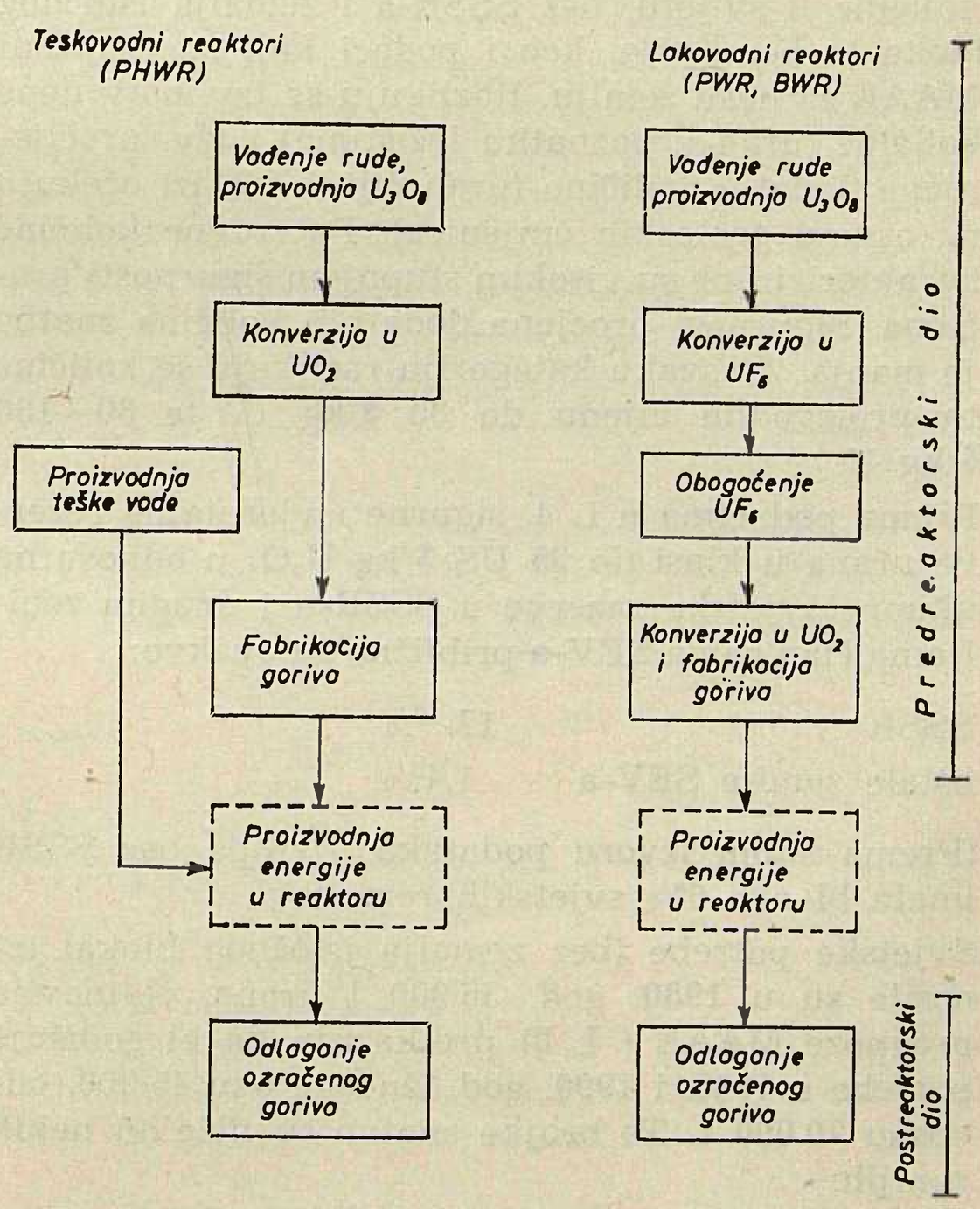
Elementi koji bi mogli imati veće značenje za izbor partnera s kojim (ili kojima) bi trebalo ući u realizaciju većeg broja nuklearnih elektrana, i uz čiju pomoć bi postepeno trebalo postići određen stupanj osamostaljenja na području nuklearne energetike nabrojeni su ranije (L 1). Među njima važno mjesto zauzimaju nuklearno gorivo (uran) te gorivni ciklus.

Za reaktore koji danas rade u nuklearnim elektranama, te za reaktore koji se grade ili će se graditi u bližoj budućnosti, od primarne je važnosti tzv. jednokratni, jednoprolazni ili otvoreni ciklus. Slika 1. usporedno prikazuje osnovne faze otvorenog ciklusa za lakovodne i teškovodne reaktore. Razmatrajući samo boravak goriva izvan reaktora, može se razlikovati predreaktorski i postreaktorski dio ciklusa. Lakovodni reaktori koriste gorivo iz obogaćenog urana, teškovodni iz prirodnog urana. Za teškovodne reaktore neophodna je teška voda. Između pojedinih faza potreban je transport.

U općem slučaju, tj. uključujući i varijantu zatvorenog ciklusa, postreaktorski dio sadrži ove faze:

— privremeno odlaganje ozračenih gorivnih elemenata, u elektranama ili i na privremenom vanjskom (centralnom) skladištu
— transporte ozračenih gorivnih elemenata kao i radioaktivnog otpada
— reprocesing s refabrikacijom, ili alternativno, definitivno odlaganje ozračenih gorivnih elemenata
— konačno odlaganje radioaktivnog otpada.

Preradom goriva (reprocesingom) izdvaja se iz ozračenog goriva, pošto je ono proizvelo planiranu energiju u reaktoru, fisioni plutonij te se odvajaju



Sl. 1. Faze jednokratnog gorivog ciklusa teškovodnih reaktora s gorivom iz prirodnog urana, te lakovodnih reaktora

radioaktivni otpadni produkti stvoreni u toku rada reaktora. Izdvojeni fisioni plutonij se, uz dodatak urana, upotrebljava u proizvodnji novog goriva (refabrikacija). Govorimo o gorivu iz miješanih oksida (MOX — gorivo), koje se može koristiti ponovno u istom reaktoru (recikliranje) ili služiti za start naprednih reaktora kao što je npr. brzi oplodini reaktor. Radioaktivni otpadni produkti izdvojeni

iz ozračenog goriva tokom reprocesinga, kao i otpaci iz pogona elektrane hlade se dulje ili kraće vrijeme, ovisno o stupnju njihove radioaktivnosti. Zatim se ovi otpaci prevode u stabilne forme, što omogućuje njihovo sigurno odlaganje.

Od posebnog su interesa za ocjenu potencijalnih partnera njihove mogućnosti za isporuku deficitarnog urana, ali i to čime oni raspolažu na području gorivnog ciklusa. Od primarnog interesa su mogućnosti za obogaćenje urana, proizvodnju teške vode i reprocesing.

2. OPĆA SITUACIJA

2.1. Rezerve urana

Podaci o svjetskim rezervama urana iz 1981. god. mogu se naći npr. u materijalima Međunarodne agencije za atomsku energiju, MAAE (L 2) ili u materijalima INFCE* (L 3). Tablica 1. reproducira podatke iz L 2 za zemlje koje kao potencijalni partneri dolaze u prvi plan; navedene su i ukupne količine u svijetu, bez SSSR-a i zemalja istočnog bloka te bez Azije, kao i podaci koji su saopćeni MAAE za našu zemlju. Razlikuju se tzv. potvrđene količine (uran u poznatim ležištima) i tzv. procijenjene dodatne količine (uran čiji se nalazi očekuju na osnovi geoloških činjenica). Potvrđene količine karakterizirane su visokim stupnjem sigurnosti procjena. Sigurnost procjena dodatnih količina znatno je manja. Za svaku kategoriju razlikuju se količine za proizvodnu cijenu do 80 $/kg U, te 80—130 $/kg U.

Prema podacima u L 4, sigurne i vjerojatne rezerve urana u klasi do 35 US $/kg U_3O_8 u odnosu na ukupne svjetske rezerve u SSSR-u i drugim zemljama članicama SEV-a približno su ovakve:

SSSR	17 %
ostale zemlje SEV-a	1,4%.

(Prema istom izvoru podataka, Evropa bez SSSR imala bi oko 6% svjetskih rezervi.)

Svjetske potrebe (bez zemalja istočnog bloka) iznosile su u 1980. god. 36 000 t urana. Najnovije prognoze MAAE (L 8) pretkazuju da bi godišnje potrebe u 1985. i 1990. god. iznosile oko 45 000, odnosno 70 000 t. Te brojke znatno su niže od nekih ranijih.

Naše dosad poznate rezerve urana su vrlo skromne, no i stupanj opće istraženosti ležišta urana u nas je nizak (L 5). Dodatne količine koje se mogu osigurati iz nekonvencionalnih izvora (npr. iz fosfata uz proizvodnju umjetnih gnojiva) dobrodošle su, ali ne mogu bitno izmijeniti situaciju.

Za svakih 1 000 MWe u nuklearnim elektranama s reaktorima današnje generacije potrebno je za životnu dob od 30 godina između 4,5 i 6 tisuća tona prirodnog urana u jednokratnom ciklusu, ovisno o tipu reaktora i ostvarenom faktoru opterećenja elektrane. Prema sadašnjim sagledavanjima, energetske potrebe i mogućnosti njihova pokrića iz drugih izvora takve su da je potrebno do 2000. god. pustiti u pogon barem 6 000 MWe u nuklearnim elektranama. Nakon 2000. god. trebat će i dalje kontinuirano graditi nuklearne elektrane (one koje treba da uđu u pogon neposredno iza 2000. god. trebat će započeti graditi znatno prije 2000. god.). Pri tome će znatan broj i tih reaktora također zahtijevati velike količine urana prije nego što će biti raspoloživi efikasniji reaktorski sistemi. Tako će kumulativne potrebe za uranom, ovisno o programu, dinamici, tipu reaktora te stupanju na scenu efikasnijih sistema doseći količine koje višestruko premašuju naše ukupne danas potvrđene i procijenjene količine. Čak i ako se pretpostavi sto postotna vjerojatnost postojanja procijenjenih rezervi iz domaćih izvora, mogao bi se pokriti samo manji dio ukupnih potreba za uranom. Faktori koji se nikako ne smiju ispustiti iz vida jesu cijena dobivanja urana, kao i problem pravovremene izgradnje potrebnih kapaciteta. Naša dosad poznata nalazišta ulaze u kategoriju nepovoljnijih (mala koncentracija, dublji kop). Kalkulirana cijena urana iz našeg prvog rudnika urana višestruko je veća od trenutne cijene na svjetskom tržištu. Pitanje je ne bi li relativno skromne domaće rezerve trebalo čuvati za krizne situacije i nabavljati određenu količinu urana u situaciji dok je još cijena povoljna. Kako se vidi iz tabl. 1, velikim vlastitim rezervama urana raspolažu Kanada i SAD, a znatnijim rezervama Francuska. Francuska je osim toga osigurala znatne količine urana kroz participacije u inozemstvu. (O tome kasnije). U povoljnoj poziciji je i SSSR.

Tablica 1.

	Potvrđene količine (u 1 000 t U)		Procijenjene dodatne količine (u 1 000 t U)	
	80 $/kg U	130 $/kg U	80 $/kg U	130 $/kg U
Kanada	230	259	381	770
Francuska	38	54	26	46
SR Njemačka	4	4	5	8
SAD	496	673	777	1 158
SFRJ	5	7	5	20
Svijet*	1 824	2 559	1 572	2 490

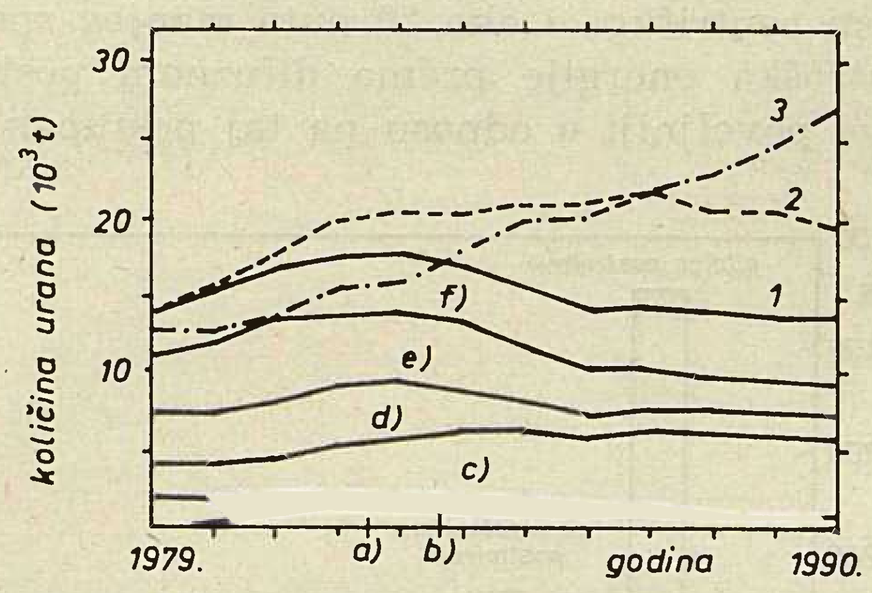
* Bez SSSR-a i zemalja istočnog bloka, te bez Azije

Velike rezerve budućeg partnera pružaju povoljnije izglede za lakše i sigurnije rješavanje problema osiguranja potrebnih količina urana, barem za prve reaktore. Pitanje je da li one mogu pružiti i neke čvršće garancije za dugoročnije rješavanje

* INFCE = International Nuclear Fuel Cycle Evaluation, tj. Međunarodna evaluacija nuklearnog gorivog ciklusa, provedena u razdoblju prosinac 1977 — veljače 1980.

ovog problema. Danas je ponuda urana na svjetskom tržištu veća od potražnje zbog sporije izgradnje nuklearnih elektrana nego što se predviđalo. Na buduću situaciju znatno će utjecati daljnji razvoj potražnje za uranom, kao i razvoj kapaciteta za proizvodnju urana. Kad je u pitanju pojedini potencijalni partner, važan je i razvoj njegovih vlastitih potreba, kao i ugovorne obaveze o isporukama urana koje on već ima.

U kontekstu rješavanja našeg problema osiguranja potrebnih količina urana može biti od interesa opskrbljenost drugih. Slika 2. prikazuje situaciju za zemlje zapadne Evrope. Prikazane su potrebe i



Sl. 2. Opskrba zemalja zap. Evrope uranom. Situacija iz god. 1980. (L6). 1 — ugovorene isporuke; 2 — teoretske potrebe za pokriće ugovora sklopljenih za obogaćenje; 3 — stvarne potrebe reaktora; a) Australija, b) SAD, c) Centralna + Zap. Afrika, d) Južna Afrika + Namibija, e) Kanada, f) Evropa.

ugovorene isporuke urana te zemlje iz kojih se ove potrebe pokrivaju, prema situaciji u 1980. god. (L 6). Stvarne potrebe zemalja zapadne Evrope (tj. potrebe za reaktore u pogonu te one koji ulaze u pogon) pokrivene su sklopljenim ugovorima o isporukama urana negdje do 1984. godine. Potrebe za uranom za zadovoljenje ugovora sklopljenih za obogaćenje više su od stvarnih potreba i one nisu zadovoljene unaprijed. Samo manji dio potrebnog urana osigurava se s vlastitog kontinenta. Udio Australije mogao bi u idućim godinama biti značajniji.

Australija raspolaže velikim količinama urana i postaje sve značajniji isporučilac (potvrđene rezerve 292 000 t U do 80 $/kg, te 300 000 t U do 130 US $/kg). Prema novijem razvoju situacije (L 7) Australija bi trebala postati znatniji isporučilac žutog kolača za evropske nuklearne zemlje u okviru Euroatoma. Euroatom je danas bliži sporazumu s Australijom nego s Kanadom i SAD, i promatra Australiju kao pouzdanog i stabilnog isporučioca.

Prošlost i prognoze

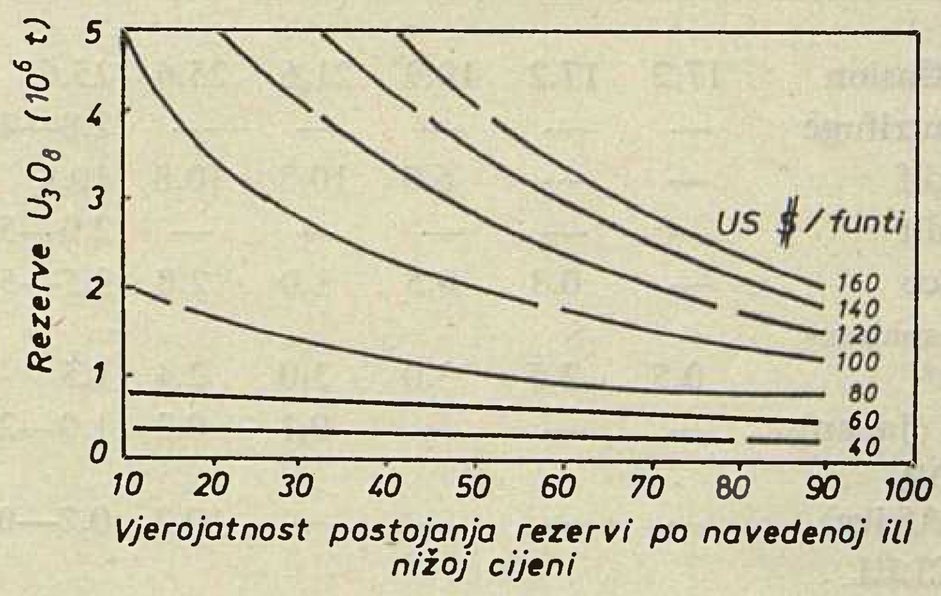
Znatne teškoće u opskrbi uranom u svjetskim razmjerima pojavile su se 1973. god. Do te godine cijene urana postupno su rasle do 7 $/Ib U_3O_8. U razdoblju 1973. do 1976. one su narasle čak na 40 $/Ib, da bi se nakon toga, zbog znatno sporijeg razvoja izgradnje nuklearnih elektrana i pojave viška urana na tržištu, stabilizirale i u posljednje vrijeme čak i padale. U veljači 1981. cijena je bila samo 65 $/kg (spot market), što je svega oko 60% iznosa iz 1978. godine.

Ocjene buduće situacije s uranom ovise o tome kako se procjenjuje porast potreba te razvoj mogućnosti zadovoljavanja tih potreba kroz postojeće rezerve i još više kroz budući razvoj kapaciteta za proizvodnju urana te mogućnosti da se oni pravovremeno izgrade. Izgleda da bi do 1990. godine, u svjetskim razmjerima, potrebe trebale biti zadovoljene, pa čak postojati i viškovi proizvodnih kapaciteta urana (L 8).

Analize rađene u okviru Evropske ekonomske zajednice (EEZ) pretkazuju drukčiji razvoj u kasnijem periodu. Te analize govore da bez reprocesinga (kojeg zbog nedostatka kapaciteta u znatnijoj mjeri i ne može biti u dogledno vrijeme) krajem ovog stoljeća treba očekivati pomanjkanje urana na svjetskom tržištu. »Čak i ako dođe do uvođenja brzih oplodnih reaktora (FBR-a) oko 2000. god. na svjetskom tržištu bit će urana koji je dovoljan da zadovolji svega oko polovicu potreba zemalja EEZ-a, Japana i SAD.« Studije Batelle instituta iz Frankfurta pretkazuju da bi SAD mogle postati uvoznik urana za dvadesetak godina. Nestašica urana javit će se, prema tim procjenama, ne zbog nedovoljnih rezervi, već premalih proizvodnih kapaciteta. Nakon 2000. god. ukupna proizvodnja vjerojatno će pasti i cijene narasti i zbog općenito nižeg sadržaja urana u još raspoloživoj rudi (L 9). To je posebno važno za problem osiguranja potrebnog urana, izbor partnera i tipa reaktora, jer će nam pretežni dio urana za naše reaktore trebati upravo nakon 2000. godine.

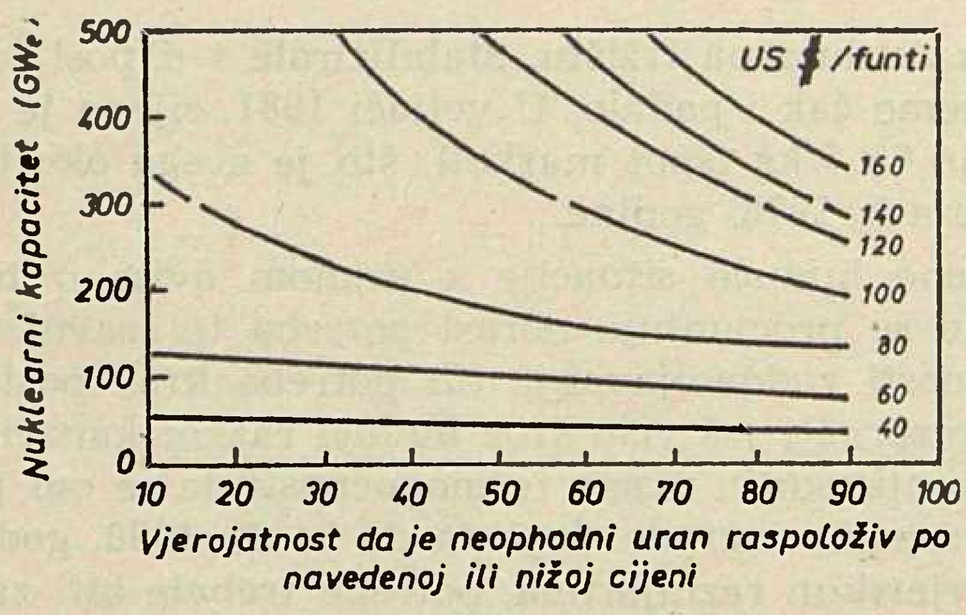
Kako je već rečeno znatne su nesigurnosti koje prate procjene rezervi urana. Za ilustraciju neka posluže podaci vjerojatnostnih procjena iz SAD.

Slika 3. prikazuje vjerojatnost raspoloživih količina urana u SAD za razne cijene njegova dobivanja na osnovi radova instituta EPRI* (L 10). Slika 4. daje nuklearni kapacitet (u jednokratnom ciklusu) koji slijedi iz prethodne slike u ovisnosti o vje-



Sl. 3. Vjerojatnost raspoloživih količina urana u SAD, u zavisnosti o cijeni njegovog dobivanja (L10)

* Electric Power Research Institute, SAD.



Sl. 4. Nuklearni kapacitet (u jednokratnom ciklusu) koji slijedi na osnovi količina urana iz prethodne slike i vjerojatnost mogućnosti njegovog zadovoljavanja potrebnim uranom, zavisno o klasi cijene urana (L10)

rojatnosti s kojom se on može opskrbiti potrebnim uranom, zavisno o kategoriji cijene urana. Ako se ovim procjenama dade puna valjanost, onda bi se s lakovodnim reaktorima i u jednokratnom ciklusu, na osnovi rezervi urana u SAD po cijeni do 80 $/lb (više nego dvostruko od sadašnje cijene), mogao realizirati program od svega 200 GWe tek sa 50 postotnom vjerojatnosti. Program od 300 GWe zahtijevao bi, na primjer, i korištenje urana u klasi cijena 100—150 $/lb.

Uvjeti za isporuku urana

Isporuka urana ili goriva (kao i drugih nuklearnih materijala, određene opreme, usluga te tehnologija) vezana je za određene međunarodne i bilateralne uvjete. Bilateralni uvjeti predstavljaju važan element izbora partnera. Međutim, ovdje se neće razmatrati.

2.2. Obogaćenje urana

Tablica 2. daje pregled svjetskih kapaciteta postrojenja za obogaćenje urana, kao i njihov predvidivi razvoj do 1990. god. prema L 11.

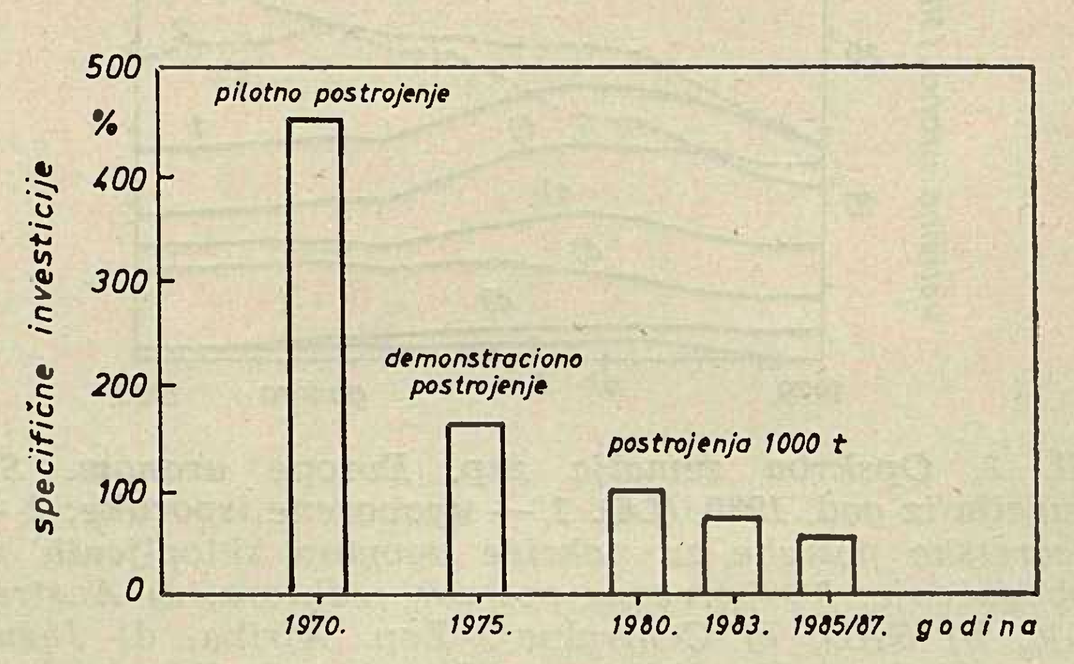
Tablica 2. Nazivni kapaciteti postrojenja za obogaćenje urana u svijetu (u 1 000 tona JSR)

	1975.	1978.	1980.	1982.	1985.	1990.
DOE:						
Diffusion	17,2	17,2	19,9	21,6	25,6	25,6
Centrifuge	—	—	—	—	—	2,8—4,0
Eurodif	—	—	6,0	10,8	10,8	10,8
Coredif	—	—	—	—	—	2,0—5,0
Urenco	—	0,3	0,5	1,0	2,0	3,5—5,5
Techsnabexport*	0,5	2,5	3,0	3,0	2,4	1,5
PNC (Japan)	—	—	—	0,1	0,3	1,0—2,0
UKOR (J. Afrika)	—	—	—	—	0,2	0,2—0,3
NUCLEI (Brazil)	—	—	—	—	—	0,0—0,2
	17,7	20,2	29,4	36.5	41.3	47,4—54.9

* (Ugovorene isporuke za Zapadnu Evropu)
DOE — Department of Energy (Ministarstvo energetike SAD)

Situacijom u Evropi danas dominira EURODIF postrojenje na osnovi difuznog postupka u Francuskoj izgrađeno udjelima Francuske (51,5%), Belgije, Italije, Španjolske i Irana. EURODIF je ušao u pogon 1978. godine. Puni kapacitet od 10 800 t JSR trebao bi dostići ove, 1982. god.

Drugi isporučilac URENCO upotrebljava centrifugalnu tehnologiju. Ona omogućuje kratke rokove izgradnje i povećanje kapaciteta prema stvarnom stanju ugovora za obogaćenje. Centrifugalna tehnologija još se intenzivno razvija. Slika 5. prikazuje razvoj specifičnih investicija u URENCO-centrifuge. URENCO očekuje da će njegovi troškovi obogaćenja urana, zbog daljnjih razvojnih mogućnosti centrifuga i oko 20 puta manjeg specifičnog utroška energije prema difuznom postupku, biti sve povoljniji u odnosu na taj postupak.



Sl. 5. Razvoj specifičnih investicija u centrifuge URENCO (L12)

COREDIF planira izgradnju postrojenja sličnog onom EURODIF-a, s istim participantima. Manja potražnja za obogaćenjem dovela je do toga da se danas za 1990. god. umjesto s kapacitetom 10 000 t JSR planira negdje sa 2 000—5 000 t. Međutim, nije sigurno da će se i ovo dostići.

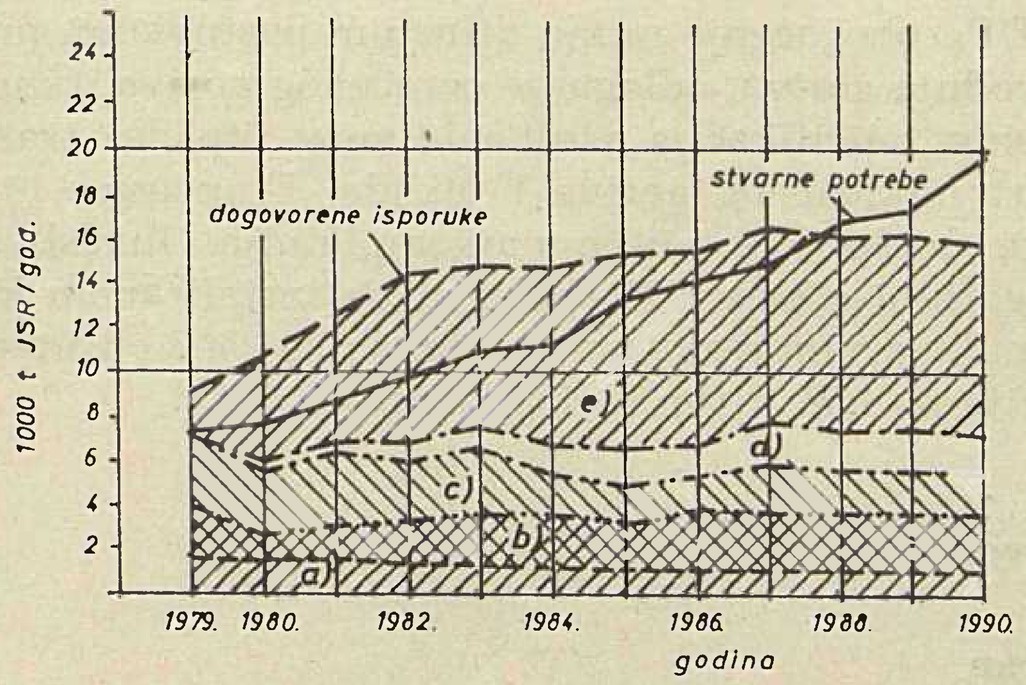
SSSR (Tehsnabeksport) danas pokriva znatan dio potreba zapadnoevropskih zemalja (brojke u tablici odnose se na te ugovore). Prema podacima iz L 5 sadašnji kapacitet postrojenja za obogaćenje u SSSR-u jest 8 000 t JSR (difuzni postupak).

SAD planiraju povećati kapacitete svojih difuznih postrojenja i uči u centrifugalna postrojenja. SAD danas, zbog jednostranih promjena ugovornih uvjeta kao i prekida isporuka u prošlosti, ne smatraju pouzdanim isporučiocem urana i usluga.

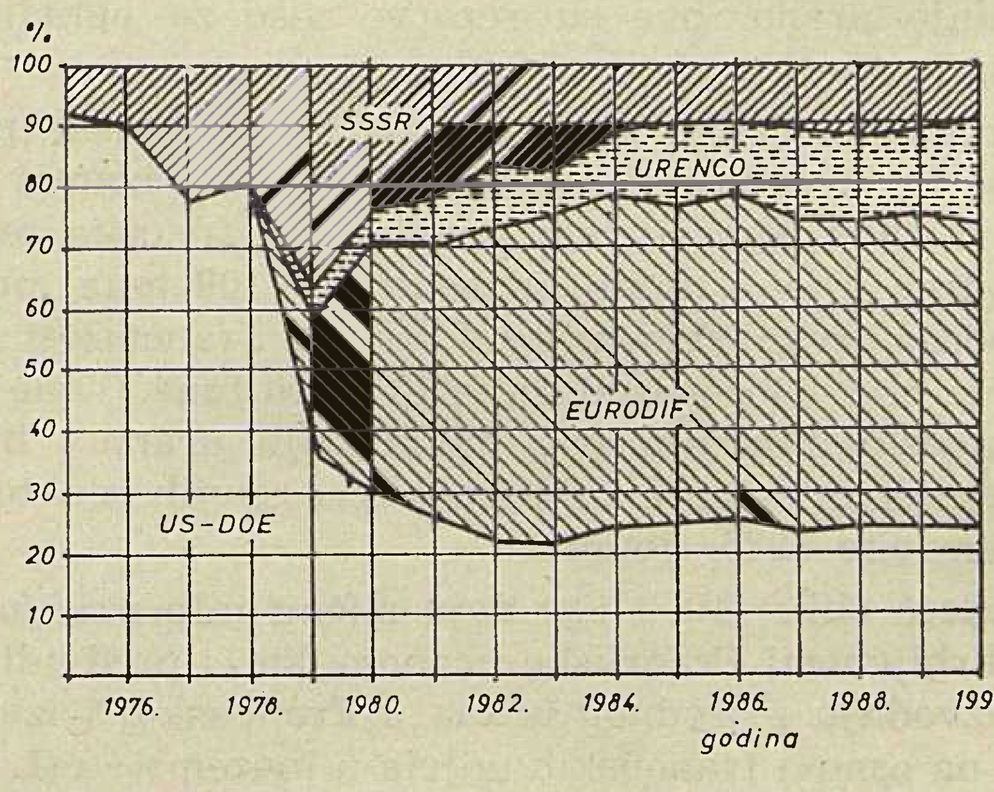
Zasad se manja postrojenja za obogaćenje urana planiraju u Japanu, Južnoafričkoj Republici i Brazilu.

Australija želi ući u izgradnju postrojenja za obogaćenje urana, da bi barem dio svog urana prodavala u obogaćenoj formi.

Slično kao sl. 2. za uran, sl. 6. prikazuje situaciju za obogaćenje urana za zap. Evropu. Prikazana je pokrivenost ugovorima za obogaćenje urana, kao i stvarne potrebe. Slika 7. dalje prikazuje udjele pojedinih isporučilaca usluga obogaćenja urana u zadovoljavanju zapadnoevropskih potreba Uočljiva



Sl. 6. Opskrba zemalja zap. Evrope separacionim radom. Situacija iz 1980. god. (L6). t JSR/god = = 1000 jedinica sepacionog rada na godinu; a) DOE (Requirement Contracts), b) DOE (Fixed Commitment Contracts), c) SSSR, d) Urenco, e) Eurodif.



Sl. 7. Udjeli pojedinih isporučilaca usluga obogaćenja urana u pokriću zapadnoevropskih potreba (L6)

je sve manja zavisnost od SAD, na račun pokrića ovih potreba kroz Eurodif i Urenco. Znatan je udio i SSSR-a.

Istočnoevropske zemlje opskrbljuju se nuklearnim gorivom iz SSSR-a.

Finska pokriva svoje potrebe za obogaćenjem ugovorima sa SSSR-om. Za sva četiri reaktora (2 isporuka SSSR, 2 isporuka ASEA-ATOM) potrebe za obogaćenjem pokrivene su ugovorima sa SSSR-om do kraja stoljeća (L 13).

2.3. Reprocesing

Francuska, SAD i Velika Britanija razvili su reprocesing kao dio svojih vojnih programa u četrdesetim i pedesetim godinama. Slično je i sa SSSR-om. Francuska i Velika Britanija nastavile su s komercijalnim reprocesingom, dok su ga SAD u vrijeme administracije predsjednika Cartera odgodile na neodređeno vrijeme, vođene aspektima kao što su proliferacija i izbjegavanje ulaska u procese s plutonijem (što im je omogućavala dobra opskrbljenost uranom i drugim energetskim sirovinama). SAD su željele također spriječiti razvoj reprocesinga u Francuskoj, Velikoj Britaniji i drugdje, s motivacijom da taj razvoj potiče širenje ove proliferaciono senzitivne tehnologije i u drugim zemljama.

Na intervenciju SAD Japan je odgodio ulazak u komercijalni reprocesing, a stornirani su i neki ugovori (npr. Francuska — Pakistan, Francuska — J. Koreja) za isporuku ovih postrojenja.

Za ulazak u izgradnju komercijalnog postrojenja SRNJ do sada nije uspjela osigurati potrebnu lokaciju i suglasnost javnosti.

Kanada nema planove za ulazak u reprocesing jer zasada to za Candu-gorivo ne bi bilo ekonomično. Jedine zemlje koje danas vrše usluge reprocesinga na komercijalnoj osnovi jesu Francuska i Velika Britanija. Od toga jedino Francuska vrši reprocesing za oksidno gorivo iz lakovodnih reaktora. Postojeći i planirani kapaciteti zakupljeni su za velik broj godina unaprijed. Korištenje usluga reprocesinga u Francuskoj vezano je za prethodna ulaganja u izgradnju ovih postrojenja. Tim ulaganjima, međutim, ne ulazi se u posjed postrojenja ili tehnologije. Reprocesing goriva porijeklom iz SAD, Kanade i Australije moguć je jedino uz njihovu prethodnu suglasnost.

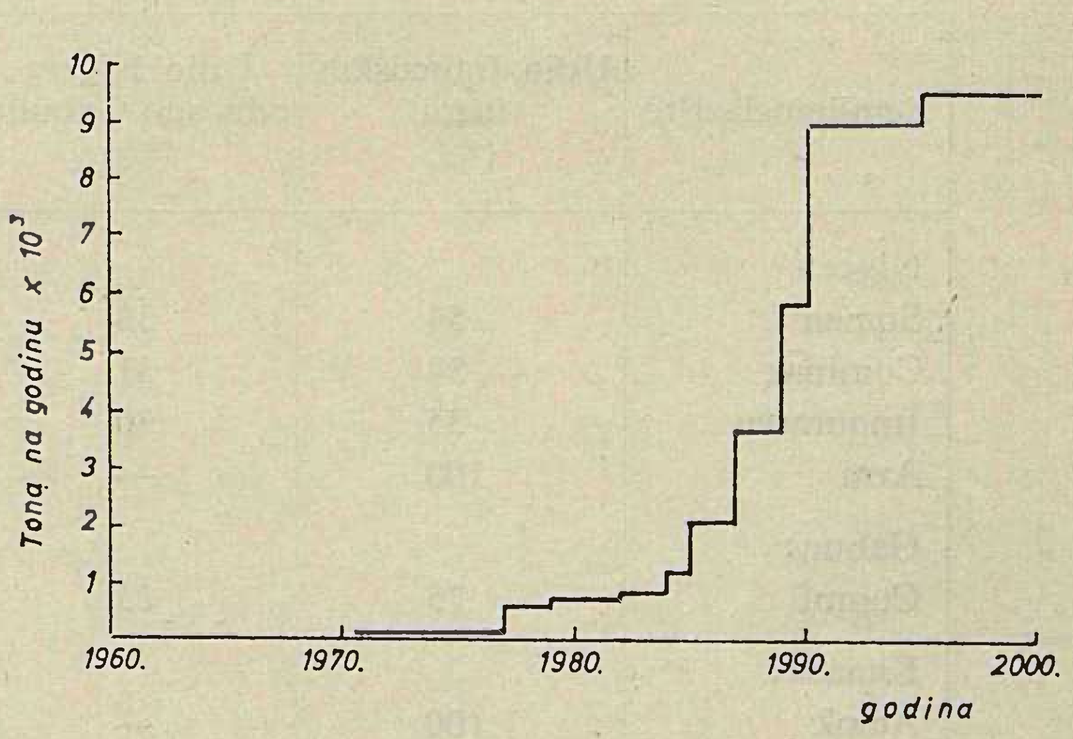
Kooperacija SSSR-a i zemalja SEV-a zasniva se na isporukama goriva iz SSSR-a i vraćanju ozračenog goriva u SSSR radi reprocesinga i odlaganja otpadaka, bez povratka plutonija. Isti uvjeti vrijede za isporuke u Finsku.

Predvidivi razvoj kapaciteta za preradu oksidnog goriva u zapadnim zemljama dan je u sl. 8. prema prognozama INFCE.

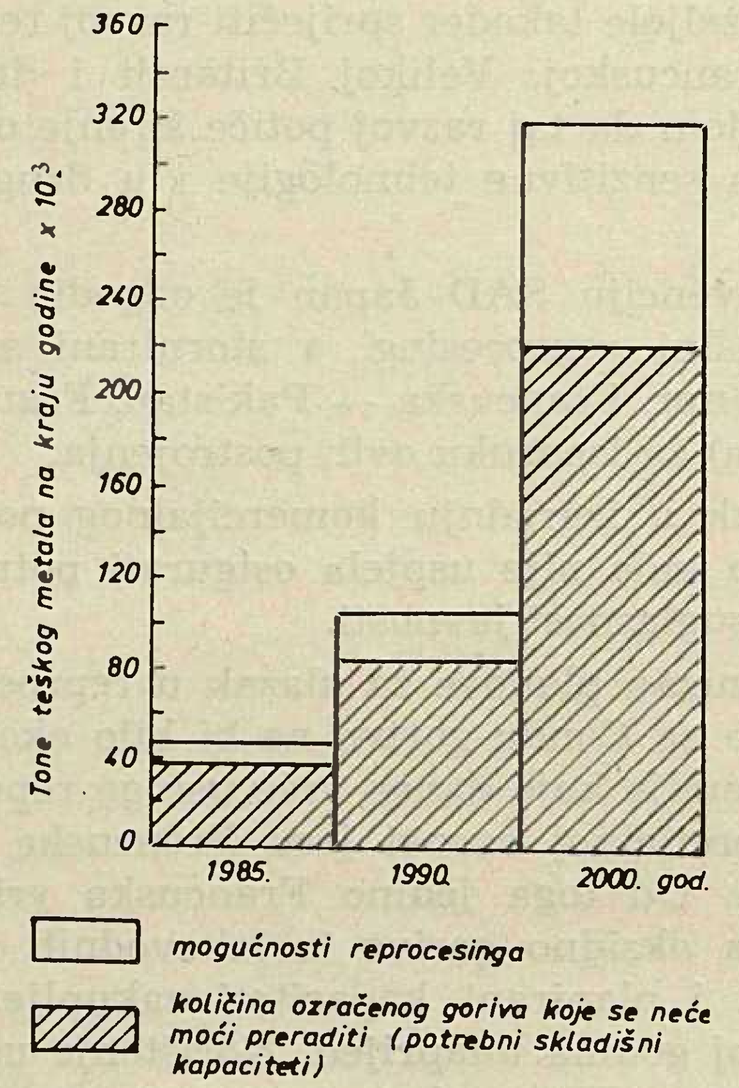
Postoji velik nesklad između ozračenog goriva koje se akumulira i mogućnosti reprocesinga. Slika 9. daje predvidivi razvoj prema prognozama INFCE za zapadne zemlje.

2.4. Proizvodnja teške vode

Vidi dalje pod točkom 3.



Sl. 8. Predvidivi razvoj kapaciteta za reprocesing, prema prognozama INFCE, u 1000 t/god, za zapadne zemlje.



Sl. 9. Raskorak između akumiliranog ozračenog goriva i reprocesiranog goriva, prema prognozama INFCE

3. GORIVNI CIKLUS KOD POTENCIJALNIH PARTNERA

Slijedi, abecednim redom, kratak prikaz situacije u pogledu goriva i gorivnog ciklusa za potencijalne partnere koji se nameću u prvi plan. Vidi L 1.

3.1. Francuska

Svi elementi nuklearnog gorivnog ciklusa relevantni za PWR, uključujući one za zatvoreni ciklus (uz izuzetak refabrikacije koja za PWR nema veće značenje za zemlju koja planira uvođenje FBR), u pogonu su u Francuskoj na industrijskoj osnovi: vađenje urana i dobivanje koncentrata, konverzija u UF_6, obogaćenje urana difuznim postupkom, proizvodnja goriva, odlaganje ozračenog goriva, reprocesing, vitrifikacija visokoaktivnog otpada, transport nuklearnog goriva i otpada. Francuska je u tom pogledu trenutno najkompletnija. Investicije u gorivni ciklus u Francuskoj po instaliranom kW u nuklearnim elektranama doseći će 25% od investicija po kW u tim elektranama (L 14).

Predreaktorski dio

Uran

Rezerve urana u Francuskoj u odnosu na svjetske rezerve vidljive su iz tablice 1.

Prema novijim podacima (L 15) rezerve urana u samoj Francuskoj iznose najmanje 100 000 t, što je dovoljno za francuski nuklearni program za idućih 15 godina. Ako bi bile prihvatljive i više cijene za vađenje urana, ove su rezerve više za nekoliko puta.

Prema francuskim podacima (L 16) francuske potrebe za prirodnim uranom u 1985. god. iznosit će oko 7 000 t koncentrata godišnje. Francuska proizvodnja u istoj godini iznosila bi 4 100 tona; proizvodnja izvan Francuske dostupna Francuskoj iznosila bi u istoj godini daljnjih 8 900 tona. Time bi Francuska bila upućena na prodaju urana i bila u stanju da osigura uranom kupce svojih reaktora barem oko 1985. godine.

Sljedeće slike (10. i 11.) daju sličnu informaciju o opskrbljenosti Francuske uranom, kao i predvidivu proizvodnju prirodnog urana u Francuskoj i izvan nje na osnovi francuskih udjela u inozemstvu (L 4).

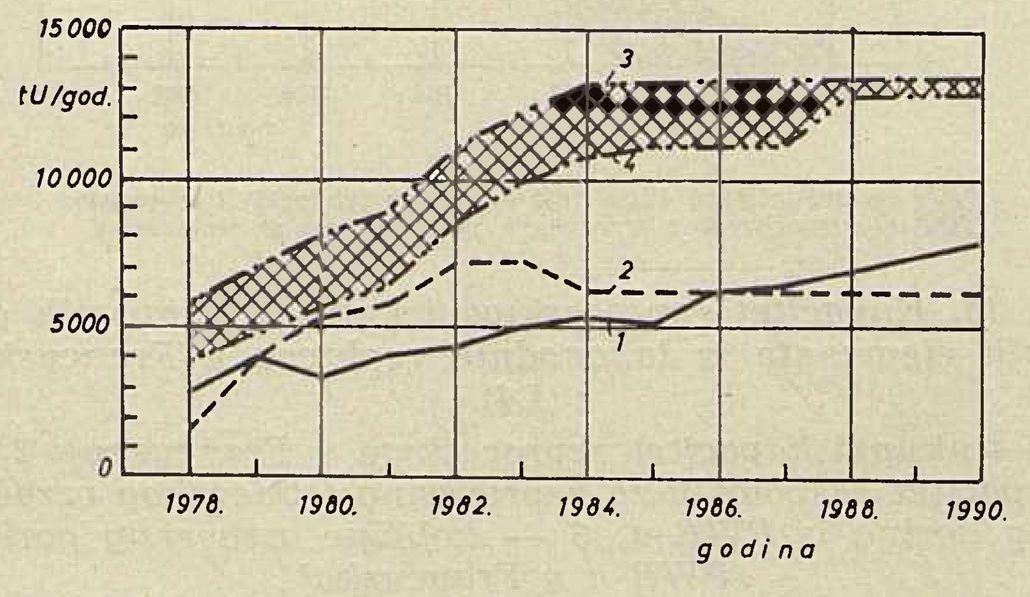
Tablica 3. daje sliku o francuskim udjelima u rudnicima urana u inozemstvu.

Francuska i dalje vrši prospekciju urana u Kanadi i Africi (Mali, Gvineja, Senegal) te Južnoj Americi i drugdje.

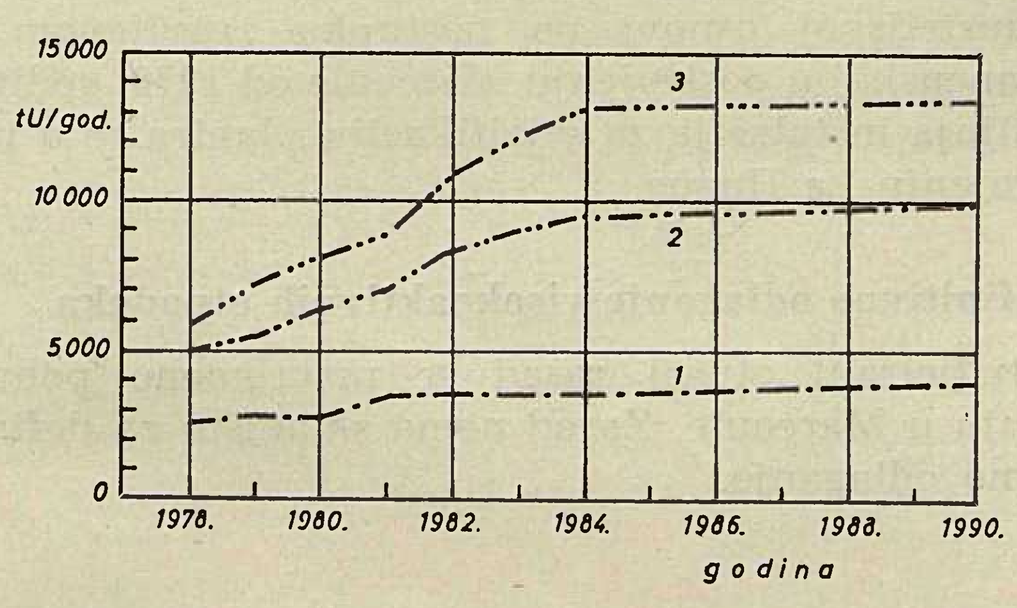
Tablica 3: Francuski udjeli u inozemnim rudnicima urana (L4)

Zemlje/nalazište	Udio francuskih firmi (%)	Udio Nigera odnosno Gabuna (%)	Udio ostalih zemalja (%)	Godina puštanja u pogon	Godišnja proizvodnja u tonama urana.
Niger:					
Somair	54	33	13	1971.	1978 : 2 000 t U
Cominak	34	31	35	1978.	1980 : 2 400 t U
Imouraren	35	30	35	1982/83.	2 500 t U
Arni	100	—	—	1983/84.	1 900 t U
Gabun:					
Comuf	75	25	—	1961.	1978 : 1 000 t U
Kanada:					
Amok	100	—	—	1981/82.	1 500 t U
Južna Afrika:					
Rössing	10	—	90	1976/77.	1978 : 4 000 t U

Premda raspolaže znatnim količinama urana, te količine Francuskoj nisu dovoljne za dugoročniji nuklearni program baziran samo na PWR-u. Takav program zahtijevao bi u 2000. god. oko 12 000 t prirodnog urana godišnje, a kumulativne potrebe do 2010. god. iznosile bi i do 300 000 tona (L 17). Izlaz se vidi u brzom oplodnom reaktoru.



Sl. 10. Opskrbljenost Francuske uranom (L4).
1 — stvarne godišnje potrebe Francuske za prirodnim uranom; 2 — teoretske godišnje potrebe (ugovori za obogaćenje + potrebe reaktora na prirodni uran); 3 — proizvodnja prirodnog urana u Francuskoj + francuski udio u proizvodnji u Kanadi, Gabunu, Namibiji i Nigeru, kao i proizvodnja Gabuna i Nigera prema njihovim vlastitim udjelima; 4 — kao 3. umanjeno za francuski eksport prirodnog urana kao i za vojne potrebe i potrebe istraživačkih radova.



Sl. 11. Predvidiva proizvodnja prirodnog urana u Francuskoj i francuski udjeli u proizvodnji u inozemstvu
1 — proizvodnja u Francuskoj; 2 — kao 1. uvećano za francuski udio u Kanadi, Gabunu, Namibiji i Nigeru; 3 — kao 2. uvećano za proizvodnju Gabuna i Nigera prema njihovim vlastitim udjelima.

Konverzija u UF_6

Francuska ima jedno od pet velikih postrojenja* u zapadnom svijetu za konverziju U_3O_8 u UF_6. To je Comurhex, trenutnog kapaciteta 10 000 t urana/ /god. Ono vrši konverziju za razne klijente.

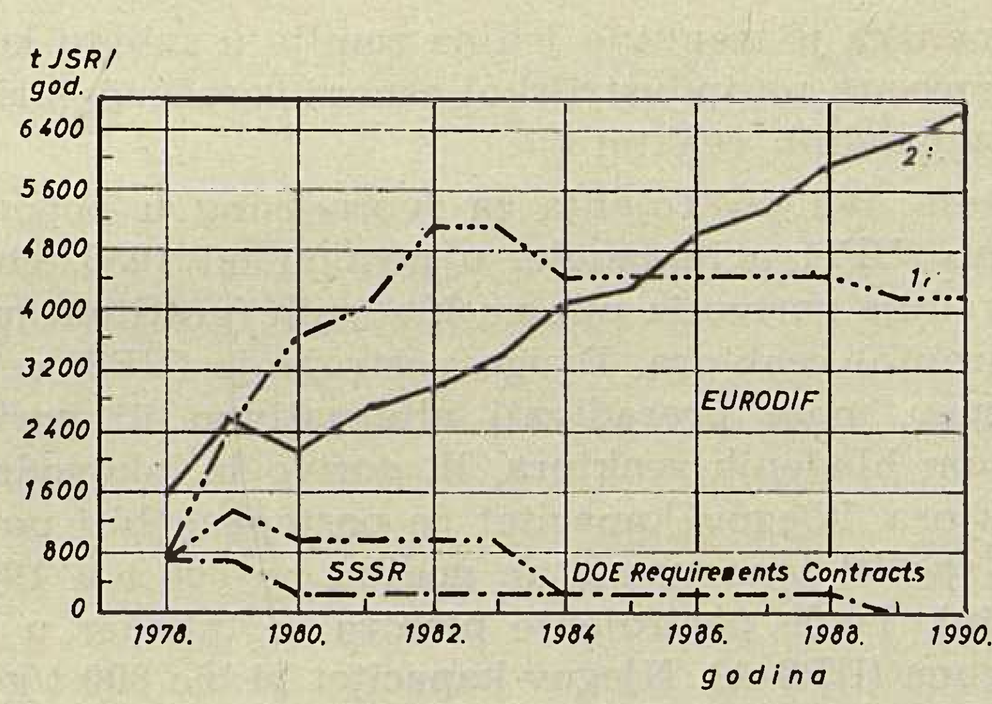
Na osnovi sporazuma vlada Francuske i Brazila iz siječnja 1981. godine Francuska isporučuje Brazilu tehnologiju za konverziju U_3O_8 u UF_6. Postrojenje s početnim kapacitetom 500 t/god. treba da uđe u Brazilu u pogon 1985; konačni kapacitet može biti povećan do 2 000 t/god. (L 15).

Obogaćenje urana

Francuska posjeduje 51,5% postrojenja Eurodif koje primjenjuje difuzni postupak a izgrađeno je na francuskom teritoriju. Ukupni kapacitet Eurodifa od 10 800 t JSR koji će se dostići 1982. god. dovoljan je za pokriće približno 100 lakovodnih reaktora snage 900 MWe. Vlasnik tehnologije primijenjene u postrojenju Eurodifa jest Francuska. Njezino iskustvo u plinskoj difuziji potječe iz vojnih postrojenja. Ukupne investicije u Eurodif (bez 3 reaktora po 900 MWe za njegovo napajanje) iznose oko 23 milijarde franaka. Maksimalno obogaćenje je 5%.

Francuska ima još otprije sklopljene ugovore o obogaćenju sa SAD i SSSR-om. (Vidi sl. 12.).

Francuska ima u razvoju kemijski postupak za obogaćenje urana, za koji se nudi suradnja s nama.



Sl. 12. Opskrba Francuske obogaćenjem urana (L4).
1 — ugovorene isporuke; 2 — stvarne potrebe

Proizvodnja gorivnih elemenata

Proizvodnja gorivnih elemenata PWR obavlja se u pogonima FBFC (Societe Franco-Belge de Fabrication de Combustibles). To je francusko-belgijsko poduzeće u kojem imaju udio Framatom i Westinghouse. Postoje dva postrojenja, Romans u Francuskoj i Dessel u Belgiji, svako kapaciteta po 400 t/ /god. Tu se proizvode isključivo elementi na osnovi urana (ne i plutonija), i to na temelju Westinghouse tehnologije.

Licenca Westinghouse ističe krajem 1982. Ističe se da je Francuska slobodna i nema obaveza prema W što se tiče izvoza ovakvih postrojenja. Oprema francuskog postrojenja Romans pretežnim je dijelom francuska.

U Francuskoj je u razvoju novo gorivo za PWR. Na osnovi ove francuske tehnologije planira se graditi postrojenje kapaciteta 400 t/god. Ovo novo gorivo bilo bi na raspolaganju nakon 1983. god. Francuska će se, međutim, nastaviti koristiti i W tehnologijom jer želi raspolagati gorivom obiju tehnologija.

---

* Francuska, Kanada i Velika Britanija po jedno postrojenje, te dva postrojenja u SAD.

Cirkonij

Francuska je druga po proizvodnji cirkonija u svijetu (L 16). Ona je od nedavno samostalna i u proizvodnji cirkonijevih cijevi za gorive štapove. Tvornica ZIRCOTUBE treba da 1982. god. dosegne proizvodnju ovih cijevi od 2 500 km/godinu.* Sirovina za proizvodnju cirkonija osigurana je iz Australije (L 17).

Gorivni ciklus, postreaktorski dio

Strategija Francuske je reprocesing ozračenog goriva, s upotrebom izdvojenog plutonija za brze oplodne reaktore. Recikliranje plutonija u PWR reaktorima se ne predviđa. Visokoaktivni radioaktivni otpaci nakon reprocesinga prevode se u formu sposobnu za definitivno odlaganje (vitrifikacija); međutim, oni se zasad privremeno stokiraju u postrojenju za vitrifikaciju Marcoulle.

Reprocesing

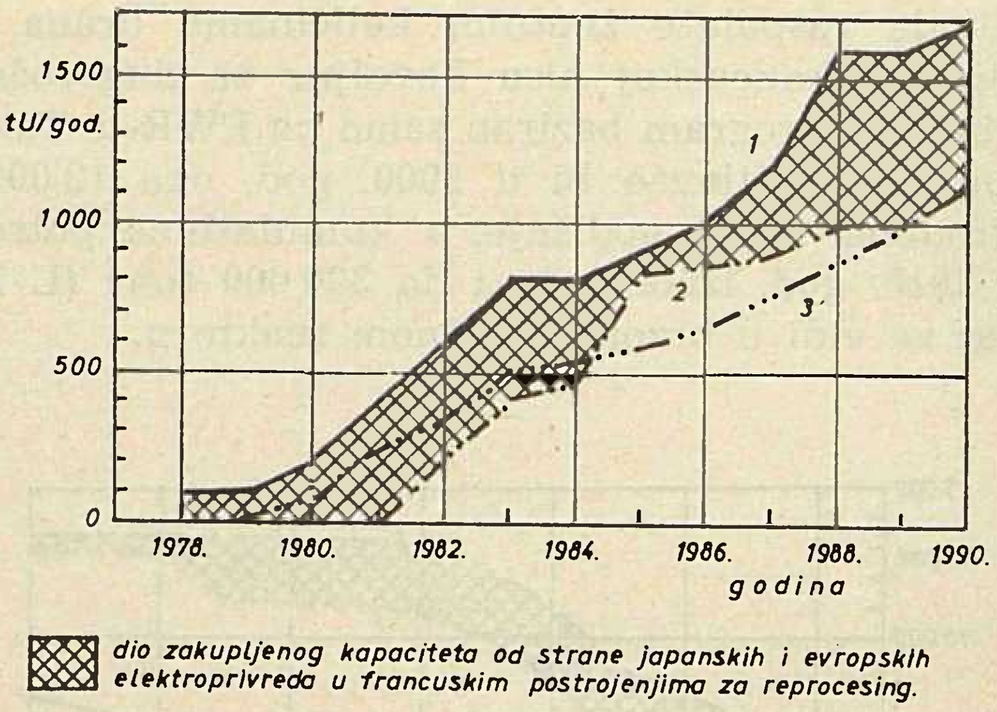
Francuska je trenutno jedina zemlja u svijetu koja reprocesira na industrijskoj osnovi ozračeno gorivo iz lakovodnih reaktora

Postoje dva postrojenja za reprocesing u pogonu. Jedno (UP1) u Marcoule, u pogonu od 1958. god., prerađuje gorivo iz plinom hlađenih (grafitom moderiranih) reaktora. Drugo postrojenje (UP2) u La Hagueu može prerađivati alternativno ili gorivo plinom hlađenih reaktora, ili gorivo iz lakovodnih reaktora. Njegov kapacitet će postepeno biti povišen sa 400 tona urana na godinu na 800 t u 1985. godini. Treće postrojenje planira se također u La Hagueu (UP3-A). Njegov kapacitet bi bio 800 t/god. Njegove desetogodišnje mogućnosti reprocesinga zauzete su ugovorima koji su već sklopljeni s inozemnim korisnicima u ukupnoj količini od 6 000 t goriva. Ugovorene količine jesu (L 18): Japan 2 200 t, SR Njemačka 2 141 t, Švedska 672 t, Belgija 398 t, Švicarska 469 t i Nizozemska 120 t. Ove zemlje potpuno financiraju izgradnju postrojenja UP3-A proporcionalno količini goriva koje će reprocesirati. Međutim, ne ulaze u posjed postrojenja i tehnologije. (Ukupne investicije u UP3-A do 1986. doseći će 25 milijardi franaka, te 45 milijardi do 1995, L 18.)

Situaciju o raspoloživim kapacitetima (stanje 1979. god.) ilustrira sl. 13. Razlika između kapaciteta u postrojenjima za reprocesing te ugovorenih količina s inozemstvom i količina ozračenog goriva koje izlazi iz elektrana u Francuskoj upravo pokriva gorivo akumulirano u razdoblju do 1984. god. Prema tome, slobodnog kapaciteta i nema.

Refabrikacija goriva

S proizvodnjom goriva za PWR iz miješanih oksida, uz korištenje plutonija iz reprocesinga, kao i s



Sl. 13. Kapacitet reprocesinga i količine ozračenih gorivih elemenata iz lakovodnih reaktora u Francuskoj (L4).

1 — ukupni kapacitet reprocesinga u Francuskoj; 2 — kapacitet raspoloživ za reprocesing francuskog ozračenog goriva iz PWR-a; 3 — količine ozračenog goriva PWR-a u Francuskoj

ozračivanjem ovakvog goriva u PWR u Francuskoj postoji određeno, premda skromno iskustvo. Veći se napori, međutim, ulažu u preradu goriva za FBR, jer tu leži primarni interes Francuske za korištenje plutonija.

Vitrifikacija

Visokoaktivni otpad iz reprocesinga vitrificira se na industrijskoj osnovi po postupku razvijenom u Francuskoj u postrojenju Marcoule od 1978. godine. Daljnja instalacija za vitrifikaciju planira se u postrojenju La Hague.

Definitivno odlaganje visokoaktivnih otpadaka

Vitrificirani otpaci zasad se privremeno pohranjuju u Marcoule. Zasad nema skladišta za definitivno odlaganje.

3.2. Kanada

Predreaktorski dio

Uran (L19)

Kanada raspolaže velikim rezervama urana (tablica 1). Ona je i vodeća zemlja u proizvodnji urana. Na nju otpada oko 20% svjetskih rezervi i proizvodnje urana. Domaće kanadske potrebe iznose oko 15% od vlastite proizvodnje. U 1980. godini one su iznosile oko 1 100 tona; potrebe u 1985. godini ocjenjuju se na oko 2 000 tona godišnje. Preostalih 85% Kanada izvozi.

Na osnovi zajedničkih ulaganja moguće je učešće stranih kompanija, elektroprivrednih organizacija ili vlada u razvoju i eksploataciji uranskih nalazišta u Kanadi. Udio stranih vlasnika u produkciji ograničen je propisom federalne vlade Kanade na 33%. Postoji do sada više od desetak aranžmana sa stranim partnerima.

* Za jednu kompletnu jezgru 900 MWe PWR-a treba oko 160 km cijevi; za jednu godišnju izmjenu oko 54 km. Francuzi smatraju da proizvodnja manja od 1 000 km/god. nije rentabilna.

Trenutno u Kanadi radi sedam rudnika urana s postrojenjima za proizvodnju žutog kolača.

Ugovorene eksportne obaveze Kanade, stanje 1978. god., (L 20) iznosile su 73 000 t urana. Nakon pokrića svojih potreba i ugovorenih obaveza Kanada je spremna prvenstveno opskrbljivati uranom kupce svojih Candu-reaktora.

Treba napomenuti da, slično kao i kod drugih zemalja koje imaju velike rezerve urana, ove velike rezerve nisu ni za Kanadu garancija da će samo postojećom tehnologijom, tj. u jednokratnom gorivnom ciklusu, moći dugoročno zadovoljavati svoje energetske potrebe (L 20).

Konverzija

Kanada posjeduje postrojenje za pročišćavanje U_3O_8 i njegovu konverziju. Njegov je trenutni kapacitet 6 500 t pročišćenog urana godišnje. Izlazni produkt ovog postrojenja jest prašak UO_2 u keramičkoj formi za izradu goriva Candu-reaktora, kao i UF_6 za eksport (sve u prirodnoj koncentraciji U235). Gradi se dodatno postrojenje za pročiščavanje i konverziju s kapacitetom 17 000 t godišnje.

Obogaćenje urana

Za ciklus trenutno u upotrebi kod Candu Kanada ne treba i nema postrojenja za obogaćenje urana, kao ni adekvatnih tehnologija.

Proizvodnja goriva

Proizvođači Candu-goriva u Kanadi jesu Westinghouse Canada Limited, Canadian General Electric te Combustion Engineering. Cirkonij se uvozi uglavnom iz SAD; tehnologija za proizvodnju košuljica goriva postoji u Kanadi.

Teška voda

Kanada raspolaže proizvodnim kapacitetom koji premašuju 80% svjetskih kapaciteta. Postupak u industrijskoj primjeni jest tzv. GS-postupak. U pogonu su tri postrojenja ukupnog kapaciteta 1 600 t D_2O/god. U izgradnji su daljnja tri postrojenja ukupnog kapaciteta 2 400 t/god. Dovršenje dvaju od ovih postrojenja odgođeno je na nedefinirano vrijeme zbog manjih potreba za teškom vodom nego je prvotno planirano. Bruce B se pušta u pogon. Vidi tablicu 4.

Kanada raspolaže viškom kapaciteta i spremna je garantirati dugoročne isporuke teške vode. Prema L 19 u idućih 15 godina Kanada može osigurati za izvoz količine koje odgovaraju novih 1 200 MWe u Candu-reaktorima svake godine; količine za dodatnih 1 200 MWe svake godine mogle bi se osigurati ako bi se završila započeta i nedovršena teškovodna postrojenja. Postoji spremnost za transfer tehnologije proizvodnje teške vode.

Kanada je aktivna na usavršavanju postojeće GS-tehnologije i na razvoju novih tehnologija za proizvodnju teške vode. Postupak pogodan za manje kapacitete na osnovi izmjene vodik-metilamin (sličan postupku izmjene vodik-amonijak) prema kanadskim tvrđenjima dosegao je zrelost koja omogućuje ulazak u gradnju industrijskog postrojenja.

Tablica 4. Kapaciteti za proizvodnju tcške vode u Kanadi (L19):

Postrojenje	Nazivni kapacitet (t/god.)	U pogonu od:
Port Hawkesbury	400	1970.
Bruce A	2×400	1973.
Glace Bay	400	1976.
Bruce B	2×400	1981/2.
La Prade	2×400	odgođeno
Bruce D	2×400	odgođeno

Postreaktorski dio

Kanada ne planira upotrebu plutonija kroz recikliranje u neposrednoj budućnosti. Stav da se ne ide na reprocesing u skorije vrijeme baziran je na čistim ekonomskim računicama. Candu-gorivo je relativno jeftino (u odnosu na gorivo lakovodnih reaktora). Ono, ukupno uzevši, nakon ozračivanja sadrži više plutonija; međutim, specifično (po jedinici težine goriva) ono sadrži manje plutonija, dok je U235 praktički iscrpljen. Kanada raspolaže velikim količinama jeftinog urana. Sadašnje cijene urana i reprocesinga su takve da izdvajanje plutonija iz Candu-goriva danas nije ekonomski privlačno. Ono to može postati u budućnosti; međutim, računa se da reprocesing za Kanadu neće biti ekonomičan najmanje do kraja ovog stoljeća (L 21).

U Kanadi danas vladaju baznom tehnologijom reprocesinga. Osim rada na laboratorijskoj razini nema daljnjih aktivnosti. Naglašava se da se pri reprocesingu Candu-goriva s prirodnim uranom doduše radi o većim količinama goriva za reprocesing, međutim, da je problem u odnosu na LWR utoliko jednostavniji što ima smisla izdvajati samo plutonij, a ne i *U235**.

Tako u Kanadi danas još ne postoje zrele industrijske tehnologije, kao ni pilotska ili demonstraciona postrojenja za reprocesing. U Kanadi postoji prvenstveno interes za razvoj torijevog ciklusa. Dugoročni planovi zasnivaju se na današnjem Candu-sistemu (tj. ne računa se na razvoj brzih oplodnih reaktora), za koji torijev ciklus vodi na najmanji potrošak prirodnog urana, manji nego s uran-plutonijevim ciklusom (L 22).

Prema L 21 postoji znatno iskustvo u proizvodnji i ozračivanju gorivnih elemenata s miješanim oksidima na osnovi torija, kako s U235, tako i s plutonijem kao fisionom komponentom. Za realizaciju

* Sadržaj U235 u ozračenom Candu-gorivu na razini je 0,2%, što odgovara ostatku u procesu obogaćenja urana; kod goriva iz lakovodnih reaktora ovaj sadržaj je reda 0,8%, tj. veći nego u prirodnom uranu.

torijevog ciklusa treba da se ovlada dvama osnovnim elementima. To su reprocesing i refabrikacija. Za slučaj da se za to pokaže potreba (visoke cijene urana), Kanada bi mogla imati pilotna postrojenja oko 2000. god. (L21).

Tako se aktivnosti na industrijskoj razini u Kanadi u postreaktorskom dijelu za današnji Candu koncentriraju na problematiku odlaganja ozračenog goriva i radioaktivnih otpadaka, i to je područje u kojem bismo se prvenstveno mogli osloniti na Kanadu. U Kanadi su za ozračeno gorivo u razmatranju razne varijante (odlaganje u elektrani kroz prolongirani period; privremeno centralno skladište za ozračeno gorivo, do trenutka njegove prerade ili definitivnog odlaganja u konačna skladišta; prodaja ozračenog goriva drugim zemljama). Neke konačne odluke nisu donesene. Međutim, prevladava mišljenje da na elektranama treba osigurati mogućnost odlaganja ozračenog goriva za čitavu životnu dob elektrane (L21). Razvijeni su betonski spremnici za odlaganje više godina odleženog ozračenog Candu-goriva na slobodnom zraku (zračno pasivno hlađenje). Centralno skladište s ovim spremnicima za sve ozračeno gorivo u Kanadi do 2000. god. zahtijevalo bi površinu do 5 km². Za konačno odlaganje radioaktivnih otpadaka traže se pogodne geološke formacije.

3.3. SAD

Prema podacima iz 1977. godine u SAD se nalazi brojčano oko jedna trećina svih postrojenja nuklearnog gorivog ciklusa u svijetu ne računajući SSSR (L23).

Predreaktorski dio

Uran

Rezerve urana SAD dane su u tablici 1. One su po količinama orijentaciono dovoljne za opskrbu svih lakovodnih reaktora u SAD koji bi se gradili do 2000. god. (do 300 GWe), kroz cijelu životnu dob i u jednokratnom ciklusu. Ovisno o veličini programa SAD bi morale, ako se koriste isključivo vlastitim rezervama, koristiti i skuplje rezerve urana ili ići na reprocesing (L24). Prema sl. 4. vjerojatnost da se npr. program od 300 GWe pokrije rezervama u kategoriji cijena do 80 $/lb jest 10%, do 100 $/lb oko 50%, do 140 $/lb 90%.

Konverzija u UF_6

SAD posjeduju dva od ukupno pet velikih postrojenja za konverziju u zapadnom dijelu svijeta. Njihov je ukupni kapacitet oko 22 000 tU/god.

Obogaćenje urana

Kapaciteti SAD i njihov predvidivi razvoj vidljivi su iz točke 2.2, u kojoj je prikazana i uloga SAD u pokrivanju usluga obogaćenja za vanjske partnere i njezin predvidivi razvoj. Postojeća komercijalna postrojenja rade na difuznom postupku (Oak Ridge, Paducah i Portsmouth). Radi se na povećanju njihova sadašnjeg kapaciteta. Dodatno se u Portsmouth gradi postrojenje s centrifugama (početni kapacitet 2,2 milijuna JSR godišnje, L 25). U SAD je u razvoju poboljšana centrifugalna tehnologija, kao i druge tehnologije (laserska) na osnovi kojih bi obogaćenje urana oko 2000. god. trebalo trošiti znatno manje energije i biti osjetno jeftinije (L15); ovo bi eventualno učinilo ekonomskim i iskorištavanje urana iz današnjeg ostatka nakon obogaćenja.

Proizvodnja gorivnih elemenata

Postoji velik broj postrojenja za proizvodnju goriva za LWR reaktore u SAD. Prema L25, 26 i 27 njihovi vlasnici i kapaciteti su sljedeći:

za PWR:

- Westinghouse, 2 postrojenja, ukupno ≈ 1150 t/god.,
- Combustion Engeneering, ≈ 300 t/god.,
- Babcock & Wilcox, 2 postrojenja, ukupno 375 t/god.,

za BWR:

- General Electric, ≈ 1 200 t/god.

Osim proizvođača reaktora, firma Exxon Nuclear posjeduje postrojenje za proizvodnju izmjena goriva za lakovodne reaktore kapaciteta ≈ 500 t/god.

Postreaktorski dio

Trenutna strategija, zacrtana još od Carterove administracije, jest odlaganje ozračenog goriva na neodređeno vrijeme na način koji dopušta u bilo kojem trenutku njegovo kasnije korištenje.

Reprocesing

Nijedno postrojenje za reprocesing ne radi u SAD od 1972. god. (L5). U razdoblju 1966—72. radilo je postrojenje u West Valleyu (New York) kapaciteta 300 t/god. Izgradila ju je privatna organizacija Nuclear Fuel Services. Kapacitet tog postrojenja trebao je biti povišen na 750 t/god. Zatim je General Electric 1974. izgradio postrojenje Morris (Illinois) kapaciteta 300 t/god., koje zbog tehničkih teškoća nikad nije ušlo u pogon. Veće postrojenje za reprocesing kapaciteta 1 500 t/god. gradio je početkom 1970-ih godina u Barnwellu (Južna Karolina) konzorcij Allied Chemical te Gulf General Atomic. Osim ta tri postrojenja predložena je izgradnja još jednog postrojenja od Exxon Nuclear. Ključni dijelovi postrojenja u Barnwellu su završeni. Međutim ono nije dobilo dozvolu za rad. Zatim je slijedila poznata odgoda reprocesinga na neodređeno vrijeme od administracije predsjednika Cartera (L30, L5).

U SAD postoji tako tehnička osnova za reprocesing ozračenog uranovog goriva iz lakovodnih reaktora.

Verifikacija pouzdanosti i performansi nekih komponenata postrojenja za reprocesing na industrijskoj skali nije izvršena jer postrojenja tih veličina nisu bila u pogonu (L30).

Prema L30 tehnologija za reprocesing MOX goriva iz lakovodnih reaktora još nije kompletna, ali je relativno lako ostvarljiva na osnovi postojećih rješenja.

Svi su izgledi da će se SAD vratiti reprocesingu i refabrikaciji jer se pokazalo da nitko drugi ne želi slijediti politiku odustajanja od ove tehnike koja može znatno proširiti ukupni energetski potencijal (L31). U tu svrhu trebalo bi najprije kompletirati i pustiti u pogon neka od postojećih postrojenja i steći iskustva na pogonima industrijskog značaja (L30). Administracija predsjednika Reagana sklona je revitalizaciji aktivnosti na reprocesingu u SAD, kao i daljnjem razvoju brzog oplodnog reaktora.

Prema L32 komercijalno postrojenje za reprocesing u SAD kapaciteta 1 500 t/god. moglo bi biti u pogonu 1995. god.

Refabrikacija goriva

Proizvodnja MOX goriva za lakovodne reaktore razvijena je i demonstrirana u SAD na razini pilotnih postrojenja (L31). U pogonu je postrojenje Babcock & Wilcoxa u Pensilvaniji. Westinghouse je od 1964. intenzivno radio na problematici recikliranja goriva. Na osnovi tih radova on je projektirao i predložio 1976. god. komercijalno postrojenje u Andersonu (Južna Karolina) kapaciteta 360 t (U, Pu) O_2/god. To postrojenje moglo bi proizvoditi lakovodno ili LMFBR MOX gorivo, tj. gorivo za brze oplodne reaktore hlađene natrijem (L30). To bi bilo prvo veće industrijsko postrojenje ove vrste u svijetu. Ono je *trebalo* ući u pogon 1979. god. Njegov današnji status autoru ovog rada nije poznat.

I niz drugih kompanija (General Electric, Exxon Nuclear, Kerr Mc Gee, Nuclear Fuel Services) aktivan je na području plutonijevih i miješanih oksida i proizvodnji MOX goriva za lakovodne reaktore i FBR (L26, L27).

Odlaganje

Plan je da se do 1985. god. izaberu geološke lokacije koje bi trebale moći prihvaćati na privremeno odlaganje ozračeno gorivo, ili na konačno odlaganje vitrificirani otpad iz reprocesinga, negdje oko 1995. (L31).

3.4. Savezna Republika Njemačka

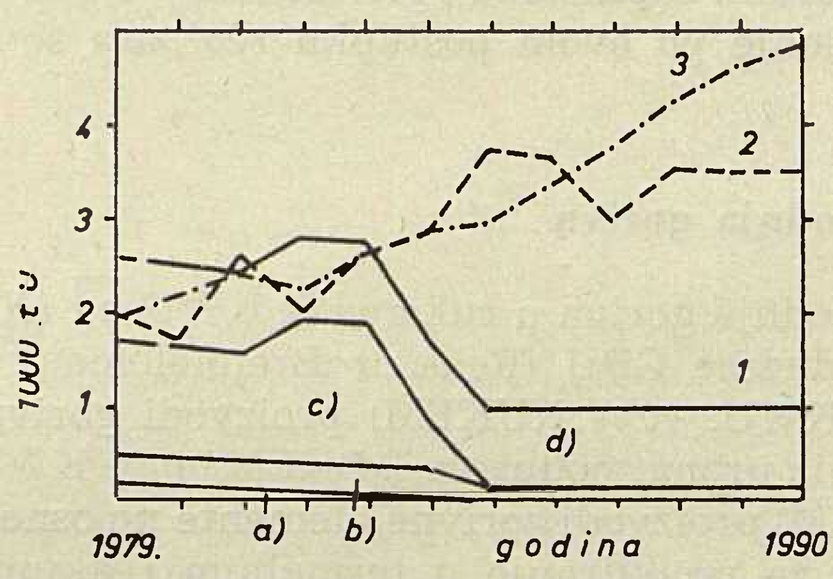
U području gorivnog ciklusa u SR Njemačkoj je aktivno više od desetak raznih kompanija, koje su, međutim, ili u vlasništvu elektroprivrednih poduzeća ili KWU-a. Gorivni ciklus SR Njemačke danas je još nekompletan, no postoje svi tehnološki preduvjeti i know how za njegovo zatvaranje.

Predreaktorski dio

Uran

SR Njemačka raspolaže vrlo malim vlastitim rezervama urana. (Usporedi tablicu 1.) Prema podacima iz 1980. god. ona ima za vlastite potrebe osiguranu dobavu urana do kraja 1983. godine. Kroz ugovore o isporuci urana, kao i udjele u rudnicima urana u inozemstvu, ona se u sljedećim godinama opskrbljuje pretežno iz Kanade, Južnoafričke Republike i Namibije, uz manje isporuke iz SAD i Australije. (Vidi sl. 14 (L6).)

Udjeli SR Njemačke u rudnicima urana u inozemstvu jesu takvi da osiguravaju pokrivanje oko 60% potreba sadašnjih njemačkih nuklearnih elektrana (L33).



Sl. 14. Opskrba SRNj uranom. Situacija 1980. god. (L6). 1 — ugovorene isporuke; 2 — teoretske potrebe za pokriće ugovora sklopljenih za obogaćnje; 3 — stvarne potrebe reaktora; a) SAD + Australija, b) Centralna + + Zap. Afrika, c) Južna Afrika + Namibija, d) Kanada.

Konverzija

SR Njemačka nema postrojenja za konverziju.

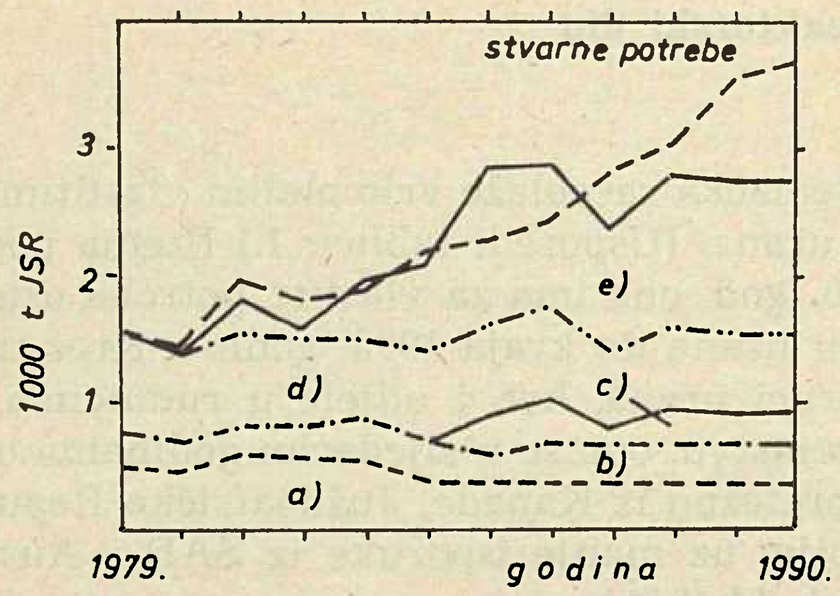
Obogaćenje urana

SR Njemačka ima udio u Urencu, zajedno s Velikom Britanjiom i Nizozemskom (ultracentrifugalni postupak). To joj nije, međutim, ni izdaleka dovoljno za pokriće vlastitih potreba (ukupni godišnji kapacitet Urenca trenutno je 450 t JSR). Njemačka elektroprivredna poduzeća, ugovorima s Urencom, DOE* (Department of Energy, USA) te Tehsnabexport (SSSR), imaju pokrivene potrebe za obogaćenjem velik broj godina unaprijed (slika 15). Firma Uranit (njemački partner u Urencu) treba da u okviru ovog tripartitnog projekta Urenca uskoro započne s izgradnjom postrojenja za obogaćenje Gronau (NRW) konačnog kapaciteta 1 000 t JSR/god., koje treba biti u pogonu 1985. godine. U 1990. god. SR Njemačka bi preko Urenca pokrivala oko 50% svojih vlastitih potreba za obogaćenjem.

Ultracentrifugalna tehnologija koju primjenjuje URENCO u posjedu je svih triju partnera.

---

* Predsjednik Reagan predložio je ukidanje DOE (Ministarstva za energetiku) s time da bi se funkcije DOE podijelile između Ministarstva za trgovinu i Ministarstva unutrašnjih poslova.



Sl. 15. Opskrba SRNj obogaćenjem urana. Situacija iz 1980. god. (L6) a), b) c) — ugovori s DOE (SAD), d) SSSR, e) Urenco.

U SR Njemačkoj razvijena je tehnologija obogaćenja urana sapnicama (Trenndüsen). Prvo važnije postrojenje po ovom postupku realizira se u Brazilu.

Proizvodnja goriva

Proizvodnja goriva u rukama je KWU-a i NUKEM-a. Poduzeće RBU (Reaktor Brennelement Union) (60% KWU, 40% NUKEM) proizvodi gorivne elemente iz urana; poduzeće ALKEM (40% KWU, 60% NUKEM) proizvodi gorivne elemente na osnovi plutonija, za recikliranje u termalnim reaktorima te brzi oplodni reaktor; poduzeće HOBEG (100% NUKEM) specijalizira se za gorivne elemente visokotemperaturnih plinom hlađenih reaktora.

Postreaktorski dio

Dugoročni koncept savezne vlade u SR Njemačkoj počiva na zatvorenom gorivom ciklusu i korištenju plutonija. Nastoji se realizirati tzv. integrirani koncept postreaktorskog dijela gorivog ciklusa (integrierte Entsorgung). On uključuje reprocesing, izradu goriva iz miješanih oksida te preradu i odlaganje visokoaktivnog otpada, sve na jednoj lokaciji. Planovi za jedan takav centar na lokaciji Gorlebena kapaciteta 1 400 t/god. propali su u prošlim godinama. Osnova za planiranje ovakvih postrojenja u SR Njemačkoj jest iskustvo dobiveno kroz 12-godišnji pogon malog postrojenja za reprocesing WAK Karlsruhe kapaciteta 35 t/god., kao i suradnja s Francuskom i Velikom Britanijom kroz kompaniju United Reprocessors, te njemačko učešće u izgradnji postrojenja Eurochemica u Belgiji. Trenutno se planira, nakon spomenutog neuspjeha Gorlebena, postrojenje kapaciteta 350 t/god. Za ovo prvo industrijsko postrojenje u razmatranju je oko 6 potencijalnih lokacija. Procjenjuje se da će proći 4 godine do izdavanja prve parcijalne dozvole za izgradnju. Za izgradnju i do puštanja u pogon proteći će otprilike 9 godina. To znači da bi SR Njemačka negdje 1993. godine raspolagala prvim značajnijim komercijalnim postrojenjem ove vrste, te imala zrelu tehnologiju za postrojenja od industrijskog značenja (L34).

Na lokaciji kod Gorlebena (na kojoj je bio planiran spomenuti centar kapaciteta 1 400 t/god.) izdana je dozvola za početak izgradnje privremenog skladišta za ozračeno gorivo ukupnog kapaciteta 1 500 t, kao i skladišta za niskoaktivni radioaktivni otpad.

Da bi smanjile količine akumuliranog ozračenog goriva, kao i smanjile potrebe za izgradnjom skladišta za njegovo privremeno odlaganje, elektroprivredne organizacije u SR Njemačkoj imaju sklopljene ugovore za reprocesing u Francuskoj i Velikoj Britaniji.

Za konačno odlaganje ozračenih gorivnih elemenata (alternativa reprocesingu) u SRNJ je u toku 5-godišnji istraživački program koji financira savezna vlada. Taj program trebao bi dati informacije o sigurnosnim, tehničkim i drugim aspektima ove alternative koja može biti, prema njemačkim ocjenama, interesantna za zemlje s manjim nuklearnim programom i bez neposrednog interesa za reprocesing (L35). Osnovni je cilj ovih istraživanja da se do najkasnije 1985. sagleda da li bi definitivno odlaganje ozračenog goriva imalo eventualnih sigurnosnih prednosti (L36).

Smatra se da je za definitivno odlaganje visokoaktivnog otpada rješenje u jednom centralnom skladištu, bez obzira na federativno uređenje u SR Njemačkoj, i to iz ekonomskih razloga, kao i zbog nadzora i tehničko-sigurnosnih razloga. Više skladišta na raznim lokacijama rezultiralo bi enormnim troškovima. Za odlaganje srednjoaktivnog i slaboaktivnog otpada dolaze, međutim, u obzir skladišta na više lokacija (L35).

Recikliranje plutonija

Postoje znatna iskustva u SR Njemačkoj u proizvodnji goriva iz miješanih oksida (refabrikaciji, L37, L 25), kao i u ozračivanju takvog goriva u termalnim reaktorima (L22). Iza SAD, radovi su u SR Njemačkoj najdalje dospjeli. S obzirom na velike količine ozračenog UO_2 goriva i spori razvoj brzih oplodnih reaktora, računa se na recikliranje plutonija u termalnim reaktorima. Međutim, postoje poteškoće s realizacijom odgovarajućih kapaciteta za reprocesing i ostalo, kao što je već navedeno. Postoji postrojenje za proizvodnju MOX goriva (L37).

3.5. SSSR

Sve faze gorivog ciklusa razvijene su u SSSR-u. Suradnja s ostalim zemljama članicama SEV-a zasniva se na isporukama gotovog goriva iz SSSR-a i povratu ozračenog goriva u SSSR. Rezerve urana koje postoje u tim zemljama eksploatiraju se u okviru SEV-a. Konverzija u UF_6 provodi se u SSSR. Nisu poznati planovi da bi te zemlje ulazile bilo u

proizvodnju goriva, bilo u neke druge faze gorivnog ciklusá (L 38). Kako je predviđeno u SSSR-u, te su zemlje aktivne jedino u području niskoaktivnog i srednjeaktivnog otpada.

Prema L 39 suradnja u okviru zemalja SEV na području gorivnog ciklusa koncentrirana je uglavnom na pitanja reprocesinga, transporta ozračenog goriva, preradu i odlaganje radioaktivnih otpadaka. Suradnja je naučno-tehničkog karaktera. Prema istom izvoru, na temelju te suradnje razrađena je šema postrojenja za reprocesing VVER goriva s odgorom do 30 000 MWd/tU, kao i niz aparatura za reprocesing.

Predreaktorski dio

Uran

Podaci o rezervama urana u SSSR-u i drugim zemljama SEV-a, prema L4, izneseni su u točki 2.1. Kao i kod drugih zemalja, i u zemljama SEV-a količine urana su one koje ograničavaju mogućnosti nuklearne energetike u budućnosti, što je i motivacija za intenzivan razvoj brzih oplodnih reaktora.

Obogaćenje urana

Pretpostavlja se da postojeći kapaciteti za obogaćenje urana u SSSR-u iznose 8—10 milijuna tona JSR/god. i da rade po difuznom postupku (L5, L29). SSSR je znatan izvoznik usluga obogaćenja urana, prije svega na zapadnoevropsko tržište. Tako npr. SR Njemačka (sl. 15) oko 50% svojih potreba za obogaćenjem danas pokriva u SSSR.

Postreaktorski dio

Strategija SSSR-a je provedba reprocesinga i korištenje tako dobivenog plutonija u brzim oplodnim reaktorima (L39).

Reprocesing

Čini se da je postojeći kapacitet reprocesinga u SSSR-u takav da nakon hlađenja ozračenog goriva od 3 godine može preraditi sve gorivo iz termalnih reaktora.

Refabrikacija goriva

Prema L39 istražuje se i korištenje goriva s plutonijem u VVER. Za konkretnu primjenu, međutim, potrebni su još opsežni radovi.

Vitrifikacija

U SSSR-u se radi također na prevođenju visokoaktivnih otpada u nerastvorljive forme (L39).

Literatura:

[L 1] J. Lakota. Prilog upoznavanju potencijalnih partnera za realizaciju budućih nuklearnih elektrana. Dio I. Reaktorski dio nuklearne elektrane. Energija 9/10, 1982.

[L 2] World uranium resources. IAEA Bulletin, June 1981.

[L 3] Rezultati studije INFCE. Sažeti prikazi u časopisu »Atomwirtschaft-Atomtechnik«. Verfügbarkeit von Uran. Atomwirtschaft-Atomtechnik Nr. 3, 1980.

[L 4] Jahrbuch der Atomwirtschaft 1980. Verlag für Wirtschaftsinformationen, Düsseldorf-Frankfurt.

[L 5] Savjetovanje o obezbeđivanju, korišćenju i preradi nuklearnog goriva u Jugoslaviji. Institut »Boris Kidrič« — Vinča. Donji Milanovac, april 1980.

[L 6] P. Bauder, G. Lurf: Die Versorgung der BRD mit Kernbrennstoffen im Vergleich zur gesamteuropäischen Versorgungssituation. Jahrestagung Kerntechnik, Berlin 1980.

[L 7] Nuclear Engineering International, March 1981.

[L 8] S. Eklund. Nuclear power development — the challenge of the 1980. s. IAEA Bulletin, Sept. 1981.

[L 9] Uranium crisis forecast. NEI, Aug. 1981.

[L10] Energy strategies for the USA. Proceedings of ENC'79 Foratom VII conference, Hamburg 1979.

[L11] Nuclear Engineering International, Oct. 1980.

[L12] Urananreicherung mit Zentrifugen. ATW/AT, März 1981.

[L13] Competing for the non — USA enrichment markets. NEI, Oct. 1980.

[L14] R. Masters: Progress report on France. Nuclear Engineering International, March 1979.

[L15] Nuclear Engineering International, Febr. 1981.

[L16] Cooperation franco-yugoslave pour le programme yougoslave de construction des centrales nucleaires. Nov. 1979.

[L17] Belgrade seminar on PWR fuel cycle and fast breeder reactors, Jan. 1981., Framatom.

[L18] Revue générale nucleairé, No 4, 1981.

[L19] The Candu nuclear power system. Seminar Dubrovnik, ožujak 1981. AECL — International.

[L20] A race against time. Interim report on nuclear power in Ontario. Royal Commission on electric power planning, 1978. (»Porterova studija«).

[L21] Seminar Discussions, Dubrovnik, AECL — International.

[L22] J. Lakota, V. Knapp, V. Nastasić, V. Štambuk, B. Bordukalo, M. Horvatić: Usporedba teškovodnih PHWR i tlakovodnih PWR reaktora nuklearnih elektrana. Institut za elektroprivredu Zagreb, lipanj 1980.

[L23] S. Vrhovac, L. Ljubiša, M. Simonović: Razvoj i primjena nuklearne energije u energetici Jugoslavije. Savjetovanje, Opatija 1980.

[L24] Rapport to the American Physical Society by the study group on nuclear fuel cycles and waste management. Review of Modern Physics. No. 1, Part II, Jan. 1978.

[L25] C. Aycoberry, COGEMA, W. Schüller, GWK, B. F. Warner, BNFL: Reference fuel cycle, back end. ENC 79/Foratom VII Proceedings.

[L26] World nuclear fuel cycle map. NEI, Nov. 1979.

[L27] J. V. Smirnov i drugi: Atomnaja promišlennostj zarubežnih stran. Atomizdat, Moskva 1980.

[L28] Preliminarna tehnička ponuda Westinghouse-a za Vir (6 tomova)

[L29] C. Allday, BNFL, G. Besse, COGEMA, P. Jelinek-Fink, W. R. Voigt, DOE: Front and of the fuel cycle. NEC 79/Foratom VII Proceedings.

[L30] La situation du nucléaire au debit de la présidence Reagan. Revue générale nucleairé, No. 1, 1981.

[L31] R. J. Sherman. An industry perspective of the United States nuclear power situation. 11 th World Energy Conference, Sept. 1980. München.

[L32] Kratka prezentacija Combusting Engineering-a na temu gorivi ciklus i dilemu lakovodni ili teškovodni reaktor, Zagreb, srpanj 1981.

[L33] Progress report of Germany. NEI, May 1981.

[L34] Stand der Wiederaufarbeitungsprojektirung und WA-350 Konzept. ATW/AT März 1981.

[L35] KWU — Symposium »Kernenergie«. Cavtat, travanj 1981.

[L36] Perspektiven der F + E Arbeiten auf dem Gebiet der Entsorgung. ATW/AT März 1981.

[L37] Fast breeder reactors in Europe. Proceedings of ENC'79/Foratom VII Conference in Hamburg 1979.

[L38] Study tour on nuclear power development, CSSR, GDR, USSR, november 1979. IAEA, Vienna sept. 1979.

[L39] Konferencija MAAE, Salzburg 1977. Veći broj referata iz SSSR.

KEY WORDS:

NUCLEAR POWER PLANTS
URANIUM, NUCLEAR FUEL CYCLE
SUPPLIERS, SELECTION

CONTRIBUTION TO ACQUAINTANCE WITH POTENTIAL PARTNERS FOR THE FUTURE NUCLEAR POWER PROGRAMME
PART 2: FUEL AND FUEL CYCLE

Paper gives an overall picture regarding uranium resources, enrichment, reprocessing and heavy water availability, followed by situation in countries of some potential partners.

EIN BEITRAG ZUM KENNENLERNEN DER POTENTIELLER PARTNER FÜR ZUKÜNFTIGES KERNKRAFTWERKSPROGRAMM
2. TEIL. BRENNSTOFF UND BRENNSTOFFKREISLAUF

Zuerst wird ein Einblick in die allgemeine Situation bezüglich Uran, Urananreicherung, Wiederaufarbeitung und Schwerwasserversorgung gegeben. Es folgt die Darstellung der Brennstoffkreisslaufaktivitäten in den Ländern einiger potentieller Partner.

Naslov pisca:

Prof. dr Josip Lakota, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu, 41000 Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
1982 - 06 - 11

Energija God. 31 (1982) br. 11—12, 407—410

IZBOR OPTIMALNIH PARAMETARA NIZA VODNOENERGETSKIH STEPENICA PRIMJENOM DINAMIČKOG PROGRAMIRANJA

Đuro Hatić i Mladen Petričec, Zagreb
Nenad Mladineo, Split

UDK 621.22:621.311.21
STRUČNI RAD

U radu je prikazana mogućnost primjene dinamičkog programiranja na praktičnom problemu projektiranja niza vodnoenergetskih stepenica na vodotoku. Hidrološki parametri u analizi bazirani su na podacima historijskog niza. Proračunom su obuhvaćeni troškovi i koristi uvjetovani energetskim korištenjem vodotoka. Izbor optimalnih relevantnih parametara izvršen je metodom DP radi dobivanja maksimalne netokoristi kroz vijek postrojenja.

Ključne riječi: hidroenergetika, iskorištenje vodotoka, dinamičko programiranje, ekonomska hidropostrojenja.

UVOD

Sve veće potrebe i povećanje vrijednosti energije, stvara ekonomske uvjete za energetsko iskorištavanje do sada manje zanimljivih vodnih tokova, pri čemu takvi projekti uvijek nose pitanje koje je tehničko rješenje najbolje, odnosno koje je rješenje optimalno. Velik broj varijantnih rješenja moguće izvedbe objekata otežava izbor optimalne veličine, a uvođenjem svih parametara za valorizaciju višenamjenskih rješenja znatno je otežan izbor optimalne veličine.

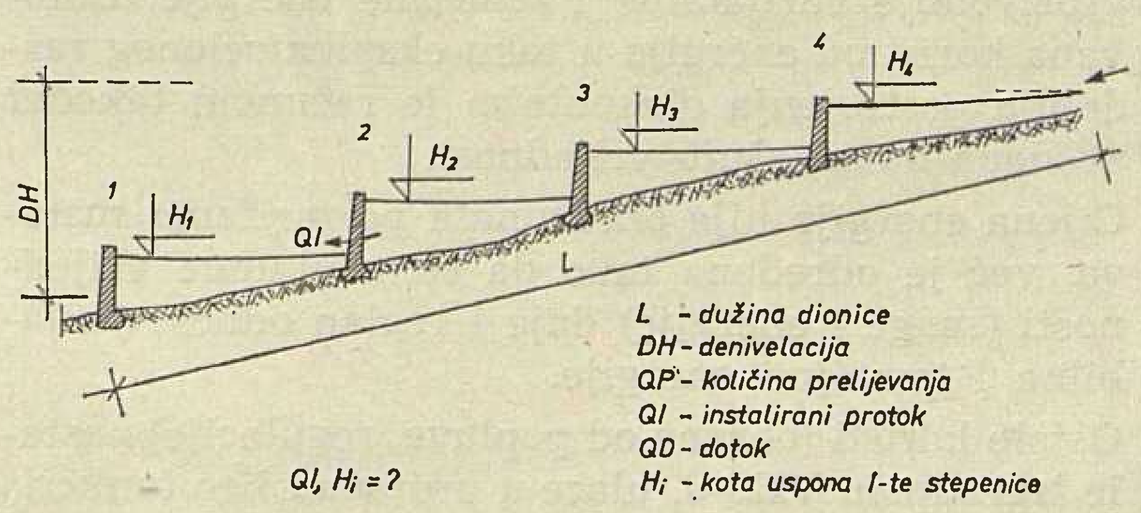
Iz karakteristika projekta, to jest činjenice da se radi o nizu vodnoenergetskih stepenica (VES) koje mogu imati različite vrijednosti osnovnih parametara (kote uspora i instaliranog protoka), proistječe mogućnost modeliranja čitavog sustava u vidu jednog višeetapnog procesa, što pak omogućuje primjenu tehnike dinamičkog programiranja (DP).

U radu je prikazana primjena dinamičkog programiranja kod niza vodnoenergetskih stepenica (VES) radi dobivanja optimalnih projektnih parametara. Ulazni parametri proračuna geometrije, ekonomski podaci i hidrologija definirani su za lokacije gdje su u prethodnim analizama određena postrojenja. Za sustav VES-a radi postizanja maksimalnog rentabiliteta (K/T) izvršen je proračun veličina dvaju projektnih parametara kote uspora (H_i) i instaliranog protoka (QI).

Koristi, odnosno troškovi proračunati su za vijek eksploatacije postrojenja od 50 godina i diskontirani na sadašnju vrijednost. Osim koristi energije analizom su obuhvaćene i ostale koristi odnosno štete nastale izgradnjom sistema.

Radi razlike u vrijednosti varijabilne i temeljne energije (noćna i dnevna) proveden je proračun koristi za slučajeve maksimalne moguće proizvodnje varijabilne energije i minimalni radni protok od 20% instaliranog. Usporedo je proračunata količine energije uz protočan rad sustava.

Na slici 1. prikazana je dionica vodotoka na kojoj je predviđena izgradnja četiriju VES-a s osnovnim parametrima sustava.



Sl. 1.

Simulacija sustava VES-a predviđena je za stacionarno stanje i kao jednodimenzionalan model za izbor optimalnih veličina QI i H_i.

Kod proračuna moguće proizvodnje varijabilne odnosno temeljne energije pretpostavlja se da sustav radi s dnevnim izravnanjem. Usvojene su veličine dopuštenog pražnjenja akumulacija (kod forsiranog rada) i do dva upuštanja postrojenja u forsirani rad u toku dana. Dakako da je moguća proizvodnja ovisna o tehničkim i prirodnim svojstvima postrojenja, pa je u skladu s tim i proveden proračun.

EKONOMIJA SUSTAVA

Vrlo važnu grupu ulaznih parametara sačinjavaju ekonomski podaci predloženih varijantnih rješenja.

Koristi, odnosno troškovi sumirani su kroz čitavo predviđeno vrijeme eksploatacije od 50 godina i diskontnim računom svedeni na sadašnju vrijednost.

Troškovi su podijeljeni u dvije osnovne grupe:

— troškovi u funkciji kote uspora svake stepenice

$$TH_i = f_i\,(H_i)$$

— troškovi u funkciji instaliranog protoka svake stepenice

$$TQ_i = f_i\,(QI).$$

Na slici 2. i 3. prikazane su veličine troškova za za odabrane lokacije VES-a.

Općenito se ukupni troškovi postrojenja za »i«-tu stepence mogu izraziti:

$$T_i = TO_i + TG_i + TK_i + TP_i \qquad (1)$$

gdje su:

TO_i — ulaganje u prvoj godini

TG_i — sadašnja vrijednost ulaganja u toku građenja objekta

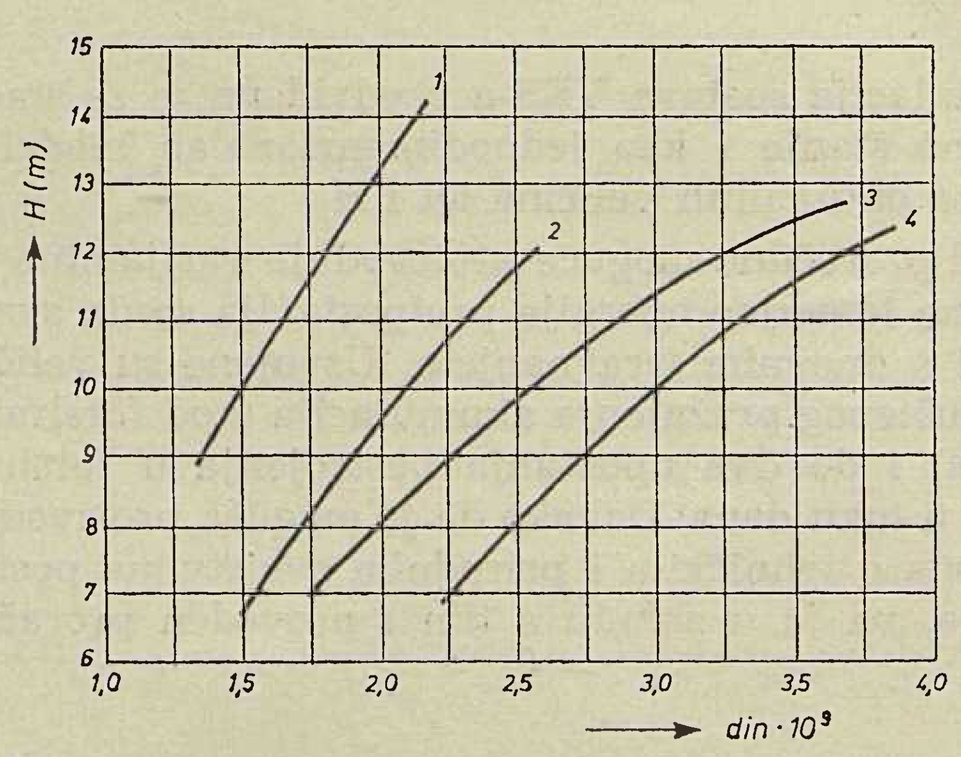
TK_i — interkalarni kamati

TP_i — stalni troškovi VES (izraženi kao dio troškova gradnja) u eksploatacionom periodu svedeni na sadašnju vrijednost.

Osnovna korist postrojenja nastaje proizvodnjom električne energije. Na temelju podataka dnevnih protoka za odabrane lokacije izvršen je proračun proizvodnje varijabilne i temeljne energije. Dobivena korist od energije u toku eksploatacionog razdoblja postrojenja diskontnim je računom također svedena na sadašnju vrijednost.

Cijena energije nije obračunata po tarifama sustava, već je određena tako da osim ukupne vrijednosti (snage i energije) daje i realan odnos varijabilne i temeljne energije.

Ostale koristi (obrana od poplave, regulacije) nastale izgradnom VES-a, ulaze u proračun kao funkcija kote uspora odnosno kao konstantne veličine.



Sl. 2.

Ukupna korist od gradnje »i«-tog postrojenja nastala u eksplatacionom razdoblju može se općenito izraziti:

$$K_i = KE_i + KO_i \qquad (2)$$

gdje su:

KE_i — vrijednost energije proizvedena u eksploatacionom periodu svedena na sadašnju vrijednost

KO_i — veličina ostalih koristi nastalih izgradnjom stepenice (obrana od poplave, regulacije).

Za navedene pretpostavke rada sustava količina moguće varijabilne energije općenito se može prikazati kao:

$$EV = f\,(\Delta t,\ QI,\ VB,\ QD,\ NU,\ \text{geometrija sustava}) \qquad (3)$$

gdje su:

EV — količina moguće proizvodnje varijabilne energije

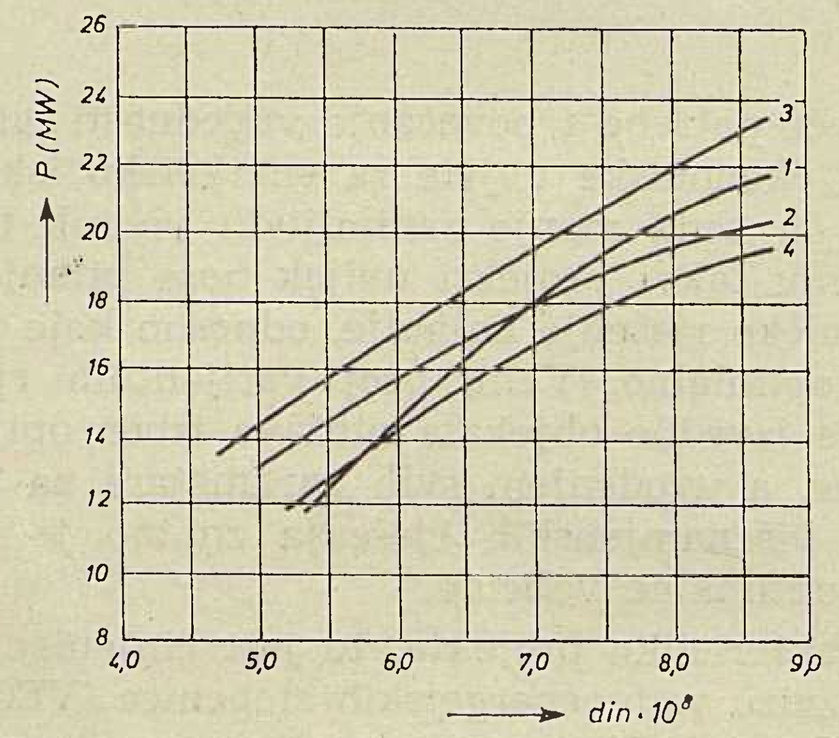
Δt — vremenski period u danima

QI — instalirani protok

VB — koristan volumen akumulacije

QD — srednji dotok u vremenu Δt

NU — broj uključivanja postrojenja i forsirani rad tokom dana.



Sl. 3.

HIDROLOGIJA SUSTAVA

Na osnovi podataka dnevnih protoka (30-godišnjeg niza promatranja) proračunata je prosječna godišnja proizvodnja energije. Za numerički primjer podaci su predstavljeni krivuljom trajanja.

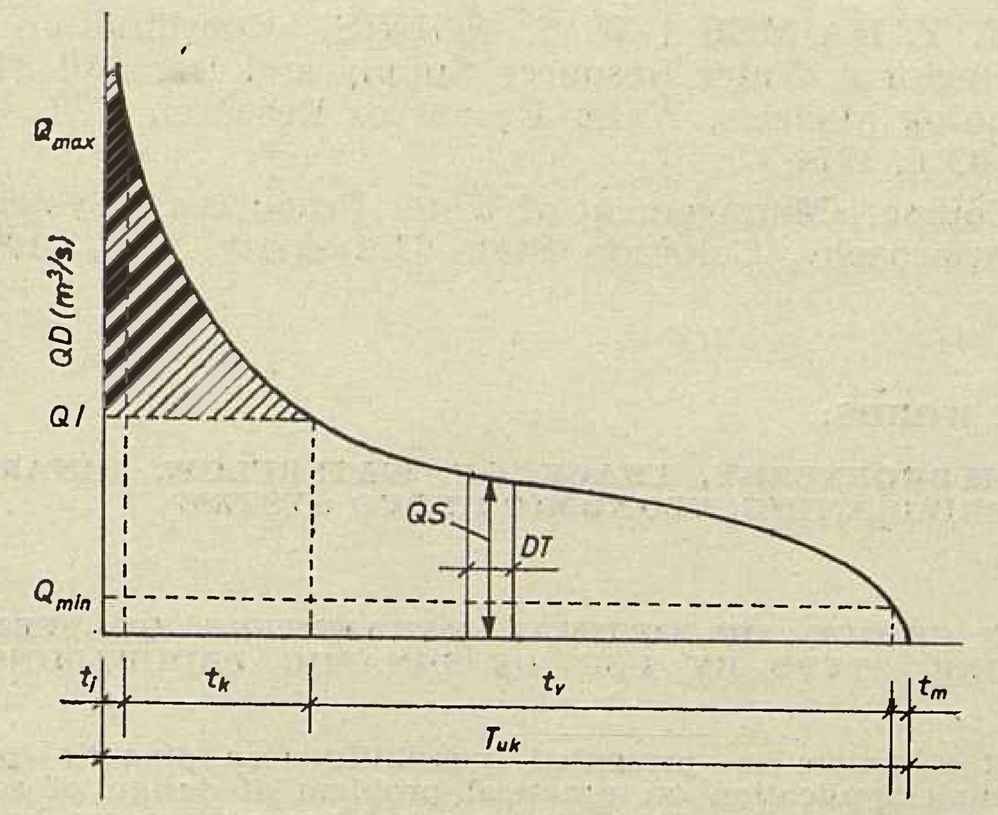
Ovisno o veličini dotoka postoje četiri karakteristična područja na krivulji trajanja (vidi sliku 4).

$QD > Q_{max}$ — postrojenje je izvan pogona.

$Q_{mak} < QD > QI$ — postrojenje radi instaliranim kapacitetom, višak vode ide preko preljeva.

$QD < QI > Q_{min}$ — postrojenje radi s minimalnom snagom i puni akumulaciju, odnosno radi forsirano i troši akumuliranu vodu.

$QD < Q_{min} = 0{,}2\ QI$ — postrojenje je izvan pogona.



Sl. 4.

POSTUPAK OPTIMALIZACIJE

U numeričkom primjeru izbor instaliranog kapaciteta i kote uspora svake stepenice izveden je međusobno nezavisno. Za niz konstantnih veličina QI dobiveni su sumarni optimalni parametri K/T čitavog sustava. Na slici 5. prikazana je promjena parametara optimalizacije K/T u funkciji instaliranog kapaciteta.

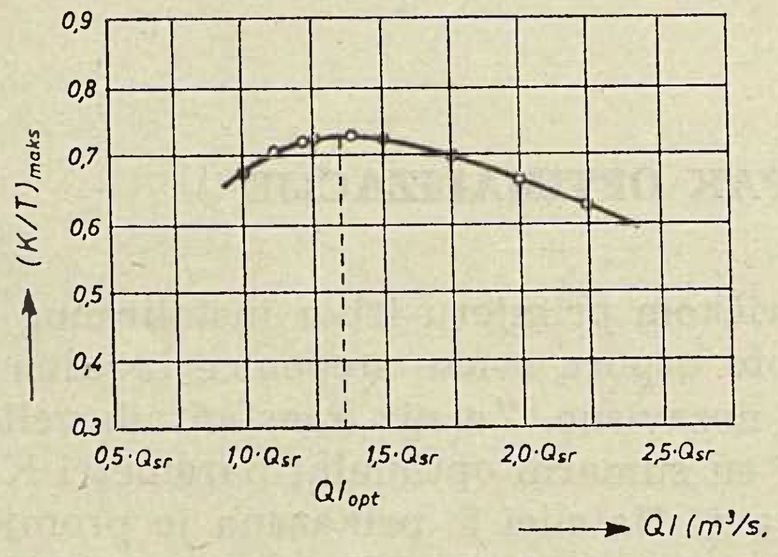
Trajektorije maksimalnih sumarnih vrijednosti rentabiliteta za svaku analiziranu visinu uspora, odnosno izbor maksimalne vrijednosti:

PRORAČUN OPTIMALNIH PROJEKTNIH PARAMETARA MAKS. (K/T) ZA 4 VES
QI = 270.0 M3/S DH = 0.50 M

DONJA VODA M.N.M.	GORNJA VODA M.N.M.	PROIZVODNJA (GWH)			TROŠKOVI KORISTI DIN *10**6		RENTABILITET	
		PRO-TOC.	TEMELJ.	VARI-JAB.			SUMA	LOKAL.
VODNOENERGETSKA STEPENICA »VES«-1								
132.54	138.00	78.48	35.36	36.42	0.365E+04	0.218E+04	0.596	0.596
132.54	138.50	85.16	38.38	39.76	0.381E+04	0.234E+04	0.616	0.616
132.54	139.00	91.84	41.39	43.09	0.399E+04	0.250E+04	0.628	0.628
132.54	139.50	98.52	44.41	46.42	0.419E+04	0.266E+04	0.634	0.634
132.54	140.00	105.20	47.43	49.76	0.442E+04	0.280E+04	0.634	0.634
VODNOENERGETSKA STEMENICA »VES«-2								
139.50	147.00	76.41	34.86	35.80	0.259E+04	0.202E+04	0.690	0.781
139.50	147.50	83.09	37.88	39.13	0.273E+04	0.219E+04	0.699	0.800
139.50	148.00	89.77	40.89	42.47	0.290E+04	0,234E+04	0.706	0.809
139.50	148.50	96.45	43.91	45.80	0.308E+04	0.250E+04	0.709	0.811
139.50	149.00	103.14	46.92	49.13	0.328E+04	0.264E+04	0.710	0.807
VODNOENERGETSKA STEPENICA »VES«-3								
148.50	155.00	78.22	35.07	38.08	0.329E+04	0.205E+04	0.682	0.624
148.50	155.60	84.90	38.09	41.41	0.343E+04	0.224E+04	0.691	0.653
148.00	156.00	94.07	42.31	45.53	0.360E+04	0.245E+04	0.679	0.680
148.00	156.50	100.75	45.33	48.86	0.379E+04	0.261E+04	0.700	0.689
148.00	157.00	107.43	48.35	52.19	0.401E+04	0.277E+04	0.700	0.690
VODNOENERGETSKA STEPENICA »VES«-4								
156.50	164.50	78.32	35.44	36.24	0.253E+04	0.167E+04	0.693	0.660
156.50	165.00	84.00	38.46	39.58	0.270E+04	0.181E+04	0.695	0.672
156.50	165.50	91.68	41.48	42.91	0.287E+04	0.195E+04	0.696	0.680
156,50	166.00	98.37	44.50	46.24	0.306E+04	0.209E+04	0.696	0.683

OPTIMALNI PARAMETRI ZA ENERGETSKI SUSTAV

IME	KOTA USP. M.N.M.	PROIZVODNJA (GWH)			TROŠKOVI KORISTI DIN 10**6		RENTABILITET	
		PRO-TOC.	TEMELJ.	VARI-JAB.			LOKAL.	SUMA
»VES«-1	139.50	98.52	44.41	46.42	0.419E+04	0.266E+04	0.634	0.634
»VES«-2	148.00	89.77	40.89	42.47	0.290E+04	0.234E+04	0.809	0.706
»VES«-3	156.50	100.75	45.33	48.86	0.379E+04	0.261E+04	0.489	0.700
»VES«-4	166.00	98.37	44.50	46.24	0.306E+04	0.209E+04	0.683	0.696



Sl. 5.

$$\max \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i}{\sum_{j=1}^{n} T_j}$$

vidljiv je iz priložene liste rezultata.

ZAKLJUČAK

U radu je opisana provedba izbora optimalnih projektnih parametara sustava vodnoenergetskih stepenica korištenjem metode dinamičkog programiranja.

Bez značajnijih izmjena izrađeni program se može primijeniti na niz sličnih problema, npr. definiranje prioriteta građenja pojedine VES, izbor optimalnog broja VES na zadanoj dionici vodotoka, ako izgrađenost postojećih objekata na vodotoku i oko njega to dopušta.

Uvođenjem stohastičke komponente u ulazne hidrološke veličine dobiva se složeniji, ali svakako kvalitetniji model za simulacije dugih vremenskih serija.

Literatura

[1] P. PH. JANSEN I GRUPA AUTORA: »Principles of River Engineering« Pitman — London, 1979.

[2] QUENTIN, W. M.: »Optimal Operation of Surface Water Resources Systems for Water Supply and Hydroelectrical Power Generation« Present at the ORSA/TIMS Joint National Meeting, Colorado Springs, 1980.

[3] N. MURRAY I K. WENSSBECK: (Computer Program for a River Hydro Development« Water Power & Dam Construction, March 1980.

[4] Y. Y. HAIMER i W. S. NAINIS: »Coordination of Regional Water Resource Supply and Demand Planning Models«, Water Resources Research VOL. 10, NO 6, 1974.

[5] Course: »Management of Water Resources a Systems Approach«, Colorado State University, USA. 1979.

KEY WORDS:

HYDROENERGY, USAGE OF WATERFLOW, DINAMIC PROGRAMING, ECONOMIC HYDRO SYSTEM

THE CHOICE OF OPTIMAL PARAMETERS OF SERIES WATER STEPS BY USE OF DINAMIC PROGRAMING

In the article is presented possibility for dinamic programing application on practical problem of design of series water steps waterflow. Hydrological parameters are based on historical data. In calculation are taken costs and benefits of water flow use for energy production. The choice of optimal parameters is done by dinamic programing method for the reason of getting maximal benefit during life time of assemblies.

AUSWAHL DER OPTIMALEN PARAMETER FÜR SCHWELLENWASSERKRAFTWERKE DURCH DYNAMISCHE PROGRAMMIERUNG

Die Arbeit behandelt die praktische Anwendung der dynamischen Programmierung bei der Projektierung von Schwellenkraftwerken. Die hydrologischen Daten beruhen auf langjährigen Beobachtungen und Unterlagen, wobei auch die Kosten der Wasserkraftnutzung und der damit erwirtschaftete Gewinn einbezogen sind. Die zugehörigen Daten und Unterlagen wurden mit der DP-Methode ermittelt mit dem Endziel, einen maximalen Nettogewinn der Anlagen während der Betriebsdauer zu erreichen.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КАСКАДА ПРИ ПОМОЩИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В работе показана возможность применения динамического программирования (ДП) на практической проблеме проектирования гидроэнергетического каскада на одном водотоке. Гидрологические параметры основывались на данных исторического ряда. Расчет охватывает затраты и прибыль, обусловленные энергетическим использованием водотока. Выбор оптимальных параметров первостепенной важности осуществлен методом ДП в целях получения максимальной чистой прибыли в результате долговечности установки.

Naslov pisaca:

Đuro Hatić, dipl. ing.
Mladen Petričec, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu,
Proleterskih brigada 37, 41000 Zagreb

Nenad Mladineo, dipl. ing.
OOUR Građevinskih znanosti,
Veselina Masleše bb, 58000 Split

Uredništvo primilo rukopis
1982 - 05 - 10

Energija God. 31 (1982) br. 11—12, 411—420

DJELOTVORAN NAČIN ŠTIĆENJA PODZEMNIH KABELSKIH TRASA OD UDARA GROMA NA NEPOVOLJNIM TERENIMA

Josip Mužny, Branko Tokić, D. Nikolić, Petko Rosić i Damir Selišek, Zagreb

UDK 621.315.2:621.316.9
PRETHODNO SAOPĆENJE

Atmosferska izbijanja, bilo da se radi o direktnim udarima gromova u kabel, bilo o udarima u neposrednu blizinu kabelske trase, mogu u kombinaciji s visokim izokerauničkim nivoom, a na terenu s visokim specifičnim električnim otporom tla dovesti do masovnih podzemnih kabela.

Ovaj rad grupe autora Instituta za Elektroprivredu — Zagreb i tvornice »Elka« skroman je pokušaj da pokaže i obrazloži iskustva iz prakse na jednom stvarnom primjeru pomoću kabela otpornog na udare groma.

Ključne riječi: kabeli, atmosferski prenaponi, mehanizam proboja, korozija ekrana.

0. UVOD

Na početku izražavamo posebnu zahvalnost drugovima iz »Elektre« — Slovenjgradec koji su nam omogućili da snimimo stanje kabela otpornog na gromove i njegovo ponašanje nakon približno 3 godine besprijekornog rada, rada bez ijednog jedinog proboja. Treba reći da su spomenuti drugovi ponudili »Elki« i suradnju na daljnjem usavršavanju i razvoju sistema zaštićenih kabelskih trasa. Što smo sa zahvalnošću prihvatili.

Materija koju obrađuje ovaj članak podijeljena je na ove odsječke:

1. PROBOJI NA KABELSKOJ TRASI — »Partizanski vrh«
2. TEORETSKO OBJAŠNJENJE UZROKA PROBOJA I MEHANIZAM UČESTALIH PROBOJA
3. OSNOVNE SMJERNICE ZA RAZVOJ I KONSTRUKCIJU KABELA OTPORNOG NA GROMOVE
4. PRAKTIČNA PROVJERA TEORETSKIH POSTAVKI — MEHANIZAM PROBOJA
5. PROCJENA KVALITETE I OTPORNOSTI KABELA, POSEBNE KONSTRUKCIJE, SPAJANJE I POLAGANJE
6. UVID U STANJE I RAD KABELA POLOŽENIH NA POHORJU KRAJEM 1981. GODINE

1. PROBOJI NA KABELSKOJ TRASI »PARTIZANSKI VRH«

U prvoj polovici sedamdesetih godina u SR Sloveniji položeno je oko 365 km srednjonaponskih kabela naponskog nivoa 6/10 i 12/20 kV.

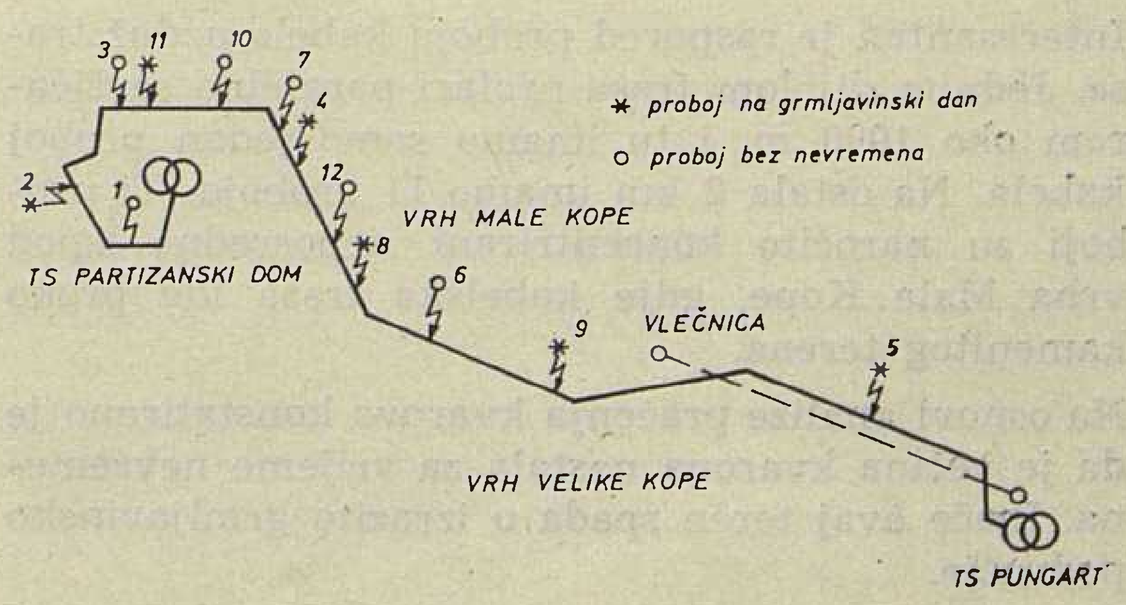
Velik broj kvarova, a naročito njihova učestalost u 1975. god., bili su povod za pokretanje jedne šire akcije za utvrđivanje uzroka pojave tih kvarova. U tome su sudjelovale sve elektrodistribucije iz SR Slovenije, Elektroinštitut »Milan Vidmir« iz Ljubljane, Institut za Elektroprivredu, Zagreb i »Elka« iz Zagreba, jedan od proizvođača kabela. Prikupljeni su podaci od svih distribucija o broju kvarova na njihovu području, o vremenu i mjestu nastanka kvara, nazivu i presjeku položenog kabela. Analizom prikupljenih podataka kvarovi su razvrstani u tri skupine:

a) kvarovi koji su nastali zbog nedovoljno kvalitetno montiranih kabelskih glava i spojnica,

b) kvarovi koji su nastali na kabelskoj trasi zbog prethodnih mehaničkih oštećenja PVC plašta, *ali i električne zaštite.*

c) kvarovi koji su nastali na kabelskoj trasi zbog poznatog ili nepoznatog uzroka i koje ne možemo uvrstiti pod a ili b.

Skupine a i b su odmah eliminirane jer su one više subjektivnog karaktera. Ostala je skupina c

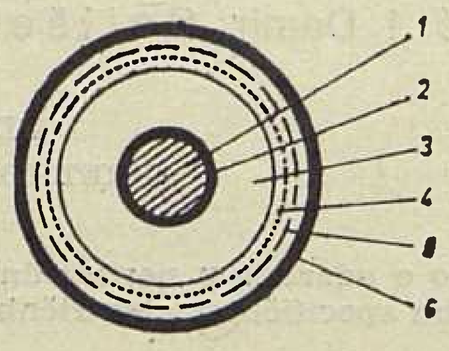


Sl. 1. Shema kabelske trase Partizanski dom — Pungart sa redoslijednim oznakama mjesta proboja kabela

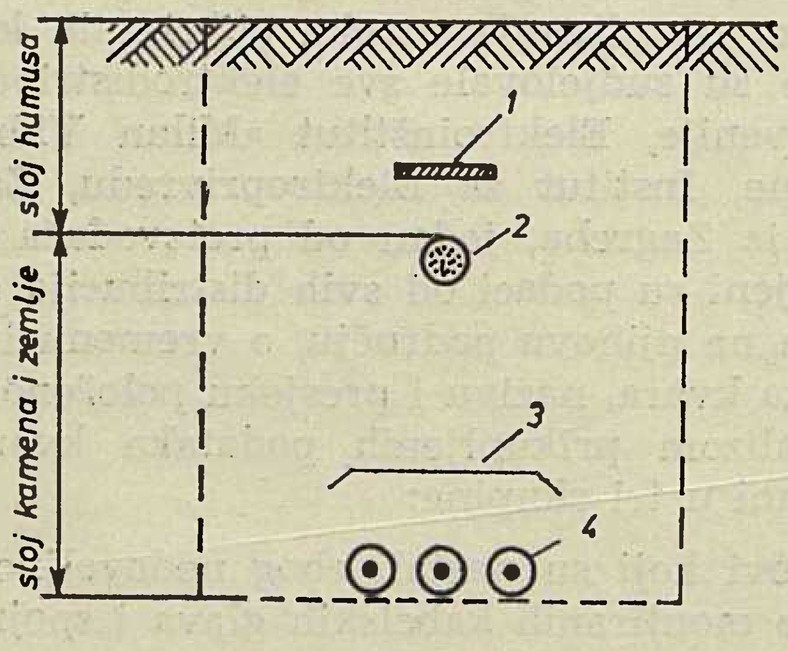
koja je bila najbrojnija, ukupno 26 kvarova, pa time i najinteresantnija za razmatranje.

— To je trasa dužine 2911 m, a ide preko Male Kope, visoke 1525 m, na Pohorju.

— Tu je položen kabel A2YHSY, 12/20 kV, 1 × × 70/16 mm², proizvodnje »ELKA« — Zagreb, sljedeće konstrukcije:



Sl. 2. Konstrukcija kabela A2YHSH (EHP — 48A)
1 — aluminijski vodič; 2 — ekran na vodiču od poluvodljivog termoplastičnog polietilena; 3 — izolacija od termoplastičnog polietilena; 4 — ekran izolacije: grafit, najlonska polu̧vodljiva traka i papirna poluvodljiva traka; 5 — ekran kabela, Cu-traka presjeka 16 mm²; 6 — vanjski PVC plašt, debljine 2 mm



Sl. 3.
1 — pocinčana čelična traka; 2 — telefonski kabel; 3 — plastični pokrivač; 4 — kabel A2YHSY 12 20 kV položen u ravnini

1.2. Raspored proboja duž trase

Ako pogledamo skicu položaja proboja 1, mogu se zapaziti ove činjenice:

Interesantan je raspored proboja kabela uzduž trase. Jednim dijelom trasa prolazi paralelno sa žičarom oko 1000 m, i tu imamo samo jedan proboj kabela. Na ostala 2 km imamo 11 proboja. Ti proboji su naročito koncentrirani neposredno ispod vrha Male Kope, gdje kabelska trasa ide preko kamenitog terena.

Na osnovi analize praćenja kvarova konstatirano je da je većina kvarova nastala za vrijeme nevremena. Inače ovaj teren spada u izrazito grmljavinsko područje.

Trasa je položena 1973. i 1974. god., a zatim je 1975. god. na svakih 200 m čelična traka povezana s ekranima. Na mjestu povezivanja postavljene su poprečne čelične trake duge 15 do 20 m.

Kabel je zaštićen odvodnicima prenapona.

1.3. Učestalost proboja

Dodatno uz sliku broj 1. bitni su još i ovi podaci:

TABLICA 1.

DATUM	MJESTO PROBOJA UDALJENO OD PARTIZANSKOG DOMA, m	PROBOJ FAZE	VREMENSKE PRILIKE
22.4.75	46	S	—
9.6.75.	73	R	nevrijeme
12.6.75.	127	S	—
13.6.75.	584	S	nevrijeme
16.6.75.	2531	T	nevrijeme
3.7.75.	1134	T	nevrijeme od 29 do 30. 6.
14.7.75.	490	T	—
18.7.75.	915	S	nevrijeme od 55. do 18.7.
19.7.75.	1390	R	nevrijeme
20.7.75.	369	R	—
4.10.75.	150	R+T	nevrijeme
10.10.75.	650	S	—

Ukupno 24 grmljavinska dana.

Sve što smo dosad iznijeli jesu činjenice koje su nam bile dostupne i poznate, pa već iz njih ne bi nikome bilo teško zaključiti da se tu radi o već klasičnom slučaju gotovo od gromova veoma gusto isprobijanom plaštu. Ti proboji oštetili su manje ili više i izolaciju čiji je proboj slijedio nakon toga u kraćim ili duljim vremenskim razmacima, što će se pokazati u daljnjim razmatranjima, analizi i zaključcima.

2. TEORETSKO OBJAŠNJENJE UZROKA PROBOJA I MEHANIZAM UČESTALIH PROBOJA

Izolacije kabela mogu ugroziti sklopni i atmosferski prenaponi. Međutim, s obzirom na podnosive napone kabela, sklopni prenaponi samo u najnepovoljnijim slučajevima (dugotrajan intermitirani zemljospoj) mogu ugroziti izolaciju kabela. Stoga praktički dolaze u obzir samo prenaponi atmosferskog porijekla kao uzroci proboja izolacije. Pri tome su mogući ovi slučajevi:

— udar groma u tlo iznad ili u blizini trase kabela

— udar groma u početak (završetak) kabelskog voda odnosno utjecaj

— prenapon iz vodova povezanih s kabelom galvanski ili transformatorski.

2.1. Udar groma u trasu kabela

U slučaju udara groma u tlo mijenja se potencijal u okolini mjesta udara po zakonitosti (za homogeno tlo):

$$U_A = I_g \cdot \frac{\rho}{2\pi \cdot a}, V \qquad (1)$$

gdje je:

I_g — amplituda struje groma, A

U_A — potencijal u točki »A«, udaljenoj od mjesta udara groma za »a«, m

ρ — specifični otpor tla, ohm. m.

Visoke razlike potencijala uzrokuju jaka električna polja u zemlji, koja imaju za posljedicu lokalne proboje zemljišta. Ako uzmemo za maksimalnu probojnu čvrstoću tla E_{pM}, to će do razmaka a_0 u tlu nastati »probojna zona«, tj.

$$a_0 = \sqrt{\frac{J_g \cdot \rho}{2\pi \cdot E_{pM}}}, m \qquad (2)$$

Iz probojne zone pružaju se »probojne staze« u svim smjerovima. »Probojne staze« slijede dijelovi zemljišta manje probojne čvrstoće od E_{pM}.

Razlika potencijala između površine polukugle »probojne zone« i površine polukugle radijusa a iznosi:

$$U_{01} = \frac{I \cdot \rho}{2\pi}\left(\frac{1}{a_0} - \frac{1}{a_1}\right), V \qquad (3)$$

odnosno, ako uvedemo srednju jakost polja E_{SR}, dobivamo:

$$U_{01} = E_{SR} \cdot (a_1 - a_0) \cdot V \qquad (4)$$

Ako je E_{SR} jednako srednjoj probojnoj čvrstoći tla E_{pSR}, dobivamo:

$$a_1 = a_0 \frac{E_{pM}}{E_{pSR}}, m \qquad (5)$$

Za električnu zaštitu (ekran) kabela možemo u prvoj aproksimaciji uzeti da ima nulti potencijal. Ako se kabel nalazi od mjesta udara groma a_2, nastaje između ekrana kabela i mjesta udara groma potencijalna razlika

$$U_{02} = E_{SR}(a_2 - a_0), \quad V \qquad (6)$$

Ako je $E_{SR} = E_{pSR}$, onda je a_2 udaljenost do koje mogu doprijeti »probojne staze« i nastupiti proboj struje groma u metalni omotač kabela. Ako riješimo jednadžbu po a_2, dobijemo:

$$a_2 = a_0\left(1 + \frac{E_{pM}}{E_{pSR}}\right), m \qquad (7)$$

Iskustvo pokazuje da je E_{pM} do 2 kV/cm i da je

$$\frac{E_{pM} \approx 4}{E_{pSR}}$$

Iz toga slijedi:

$$a_2 = 5a_0 \qquad (8)$$

Na mjestu proboja struje groma u kabel nastaju ovi odnosi:

$$-\frac{\partial u_1}{\partial x} = R_1 \cdot i_1 + L_1 \frac{\partial i_1}{\partial t} + M_{1v} \frac{\partial i_v}{\partial t} \qquad (9)$$

$$-\frac{\partial u_v}{\partial x} = R_v \cdot i_v + L_v \frac{\partial i_v}{\partial t} + M_{1v} \frac{\partial i_1}{\partial t} \qquad (10)$$

$$-\frac{\partial i_v}{\partial x} = G_{vz} \cdot u_v + C_{vz} \frac{\partial u_v}{\partial t} + G_{v1}(u_v - u_1) + C_{v1} \frac{\partial (u_v - u_1)}{\partial t} \qquad (11)$$

$$-\frac{\partial i_1}{\partial x} = G_{1z} \cdot u_1 + C_{1z} \frac{\partial u_1}{\partial t} + G_{v1}(u_1 - u_v) + C_{v1} \frac{\partial (u_1 - u_v)}{\partial t}, \qquad (12)$$

gdje je:

u_v = napon *vodiča* na mjestu x u vremenu t prema *referentnoj zemlji*

u_1 = napon *ekrana* kabela na mjestu x u vremenu t prema *referentnoj zemlji*

i_v = struja u *vodiču* na mjestu x u vremenu t

i_1 = struja *ekrana* kabela na mjestu x u vremenu t

L_v = induktivitet *vodič-povratni vod kroz zemlju*

L_1 = induktivitet *ekran kabela — povratni vod kroz zemlju*

M_{1v} = međuinduktivitet ekran — vodič

G_{vz} = odvod vodič — zemlja

G_{1z} = odvod ekran — zemlja

Na mjestu proboja kabela imamo $u_1 = u_v$, pa rješenjem diferencijalnih jednadžbi dobijemo:

$$i_v \approx 0$$

$$i_1 \approx \frac{1}{2} i_g, \quad (i_g = \text{struja groma}) \qquad (13)$$

Na mjestu ulaza struje groma u ekran ovaj poprima napon (približno rješenje gornjih diferencijalnih jednadžbi):

$$u_{1(x=0)} = i_g \cdot R_1 \cdot \sqrt{\rho \cdot \tau_p}, V \qquad (14)$$

gdje je τ_p = trajanje hrpta vala, u sek.

Ako je ovaj napon veći od probojne čvrstoće kabela, to će doći do proboja kabela na mjestu ulaza struje groma u ekran. Međutim, probojem kabela na mjesta udara nisu završene prenaponske smetnje u kabel. Zbog proboja, ekran i vodič poprimaju jednaki potencijal i prenaponski valovi šire se žilama i ekranom. Kako je napon vodiča praktički konstantan ($i_v \approx 0$), a napon ekrana se mijenja prema

$$-\frac{\partial u_1}{\partial x} = \frac{R_1 \cdot i_g}{2} + \frac{1}{2} L_1 \frac{\partial i_g}{\partial t} \qquad (15)$$

te raste razlika potencijala između vodiča i ekrana s porastom udaljenosti od mjesta ulaska struje groma u kabel.

Ako ne nastupi proboj izolacije kabela, imamo $u_v \approx 0$, $i_v = 0$, $i_1 = \frac{1}{2} \cdot i_g$, te razlika potencijala između vodiča i ekrana opada s povećanjem udaljenosti od mjesta ulaza struje groma u ekran.

2.2. Udar groma u početak kabela

Prilikom udara groma u početak kabela vrijede iste diferencijalne jednadžbe kao u prethodnom slučaju, samo što sada treba uzeti u obzir da je $i_1 \approx i_g$ a $u_1 = u_v$ ako zanemarimo preostali napon odvodnika prenapona, odnosno ako je nastao preskok ili proboj kabelske glave (odvodnici prenapona nisu ugrađeni). Prema tome, imat ćemo:

$$-\frac{\partial u_1}{\partial x} = R_1 \cdot i_g + L_1 \cdot \frac{\partial i_g}{\partial t} \qquad (16)$$

Vidimo da će razlika potencijala vodič — ekran rasti s udaljenošću od mjesta udara groma, pa na određenoj udaljenosti može prekoračiti naponsku čvrstoću izolacije kabela i uzrokovati proboj.

3. OSNOVNE SMJERNICE ZA RAZVOJ I KONSTRUKCIJU KABELA OTPORNOG NA ATMOSFERSKE PRENAPONE

3.1. Iz prethodnih razmatranja očito je da se ugroženost kabelske izolacije od atmosferskih prenapona smanjuje sa smanjenjem otpora ekrana (R_1). Iz konstrukcionih razloga to smanjenje ima svoja ograničenja. Time se naprosto nameće ideja da se paralelno kabelu položi dodatni neizolirani vodič. Međutim, dio struje groma koji protječe kroz taj vodič stvara na njemu pad napona:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 1 \cdot z, \qquad (17)$$

gdje je z njegova jedinična impedancija. Međutim, radi odvoda u zemlju smanjuje se struja koja protječe dodatnim vodičem te imamo:

$$\frac{d i}{d x} = u \cdot y,$$

gdje je y jedinični odvod vodiča.

Protjecanje dijela struje groma kroz dodatni vodič uzrokuje na njemu pad napona i pojavu razlike potencijala dodatni vodič — ekran kabela. Ta razlika potencijala može uzrokovati proboj vanjskog plašta kabela, a da prilikom toga ne nastane i proboj izolacije ekran — vodič. Međutim, praksa je pokazala da na mjestu proboja dodatni vodič — ekran kabela nastaju znatna mehanička i termička oštećenja, koja ipak nakon nekog vremena dovodi do proboja izolacije kabela. Da se to spriječi, potrebno je dodatni vodič galvanski spojiti s ekranom kabela u razmacima manjim od udaljenosti na kojoj se javlja probojni napon dodatni vodič — ekran kabela. Na taj način izjednačujemo njihov potencijal, a ujedno omogućavamo smanjenje struje koja protječe kroz ekran kabela, te time smanjujemo i razliku potencijala ekran — vodič kabela.

3.2. Iz navedenih razmatranja proizlazi da bi konstrukcija kabela koja bi u sebi sadržavala dodatni vodič i njegovo kontinuirano spajanje s ekranom kabela učinila da kabel bude izvanredno otporan na atmosferske prenapone.

To je dovelo do toga da se preko ekrana kabela ne stavlja plašt od izolacionog materijala, nego od slabovodljivog, iznad kojeg se postavlja drugi ekran od vodiča otpornih na koroziju. Time se prilikom udara groma na početak kabela dobivaju sljedeće strujne naponske prilike:

$$-\frac{\partial u_v}{\partial x} = R_v \cdot i_v + L_v \frac{\partial i_1}{\partial t} + M_{2v} \frac{\partial i_2}{\partial t} + M_{1v} \frac{\partial i_1}{\partial t} \qquad (19)$$

$$-\frac{\partial u_1}{\partial x} = R_1 \cdot i_1 + L_1 \frac{\partial i_1}{\partial t} + M_{1v} \frac{\partial i_v}{\partial t} + M_{12} \frac{\partial i_2}{\partial t} \qquad (20)$$

$$-\frac{\partial u_2}{\partial x} = R_2 \cdot i_2 + L_2 \frac{\partial i_2}{\partial t} + M_{2v} \frac{\partial i_v}{\partial t} + M_{12} \frac{\partial i_1}{\partial t} \qquad (21)$$

$$-\frac{\partial i_v}{\partial x} = G_{vz} \cdot u_v + C_{vz} \frac{\partial u_v}{\partial t} + G_{v1} \cdot (u_v - u_1 + C_{v1} \frac{\partial (u_v - u_1)}{\partial t} + C_{v2} \frac{\partial (u_v - u_2)}{\partial t} + G_{v2} (u_v - u_2) \qquad (22)$$

$$-\frac{\partial i_1}{\partial x} = G_{1z} \cdot u_1 + C_{1z} \frac{\partial u_1}{\partial t} + G_{v1} (u_1 - u_v) + G_{12} (u_1 - u_2) + C_{v1} \frac{\partial (u_1 - u_v)}{\partial t} + C_{12} \frac{\partial (u_1 - u_2)}{\partial t} \qquad (23)$$

$$-\frac{\partial i_2}{\partial x} = G_{2z} \cdot u_z + C_{2z} \frac{\partial u_2}{\partial t} + G_{12} (u_2 - u_1) + C_{12} \frac{\partial (u_2 - u_1)}{\partial t} \qquad (24)$$

gdje uz ranije navedene oznake imamo:

i_2 = struja u *vanjskom ekranu* na mjestu x u vrijeme t
u_2 = potencijal *vanjskog ekrana* na mjestu x u vrijeme t
L_2 = inuktivitet *vanjski ekran — povratni vod* kroz zemlju
G_{2Z} = odvod *vanjski ekran — zemlja*
G_{2V} = odvod *vodič — vanjski ekran*
G_{12} = odvod *vanjski ekran — unutrašnji ekran*
C_{2Z} = kapacitet *vanjski ekran — zemlja*
C_{12} = kapacitet *vanjski ekran — unutrašnji ekran*
M_{12} = međuinduktivitet *prvi ekran — drugi ekran*
M_{2Z} = međuinduktivitet *drugi ekran — zemlja.*

Pažljivom konstrukcijom i odabirom presjeka ekrana kao i vodljivosti plašta kabela između unutrašnjeg i vanjskog ekrana postiže se da je za $x = 0$, $i_2 \approx 10 i_1$. Slične rezultate dala su i usporedna ispitivanja udarnim valovima u Institutu »MILAN VIDMAR« (lit. 10) na našim kabelima A2YHSY $1 \times 70/16$ mm² i A2YHSHS, $1 \times 70/16/60$ mm². Izmjereni udarni pad napona između ekrana i vodiča kod kabela A2YHSY bio je oko *13 puta* veći od izmjerenog udarnog napona kod kabela A2HSHS. Vidimo da se na taj način uz isti otpor unutrašnjeg ekrana postiže deset puta manja razlika potencijala ekran — vodič od one kod uobičajene konstrukcije kabela. Vodljivost plašta između vanjskog i unutrašnjeg ekrana sprečava nastanak njegova proboja, a time i mehanička termička oštećenja izolacije.

Na temelju ovoga dan je u točki 5. postupak definiranja kabela koji bi tome odgovarao.

4. PRAKTIČNA PROVJERA TEORETSKIH POSTAVKI MEHANIZAMA PROBOJA

Koristeći se teoretskim postavkama iz toče 2, razmotrit ćemo konkretan slučaj iz točke 1.

4.1. Udar groma u tlo u blizini kabela

U slučaju udara groma u homogeno tlo potencijal se u okolini udara mijenja prema izrazu (1). Visoke razlike potencijala uzrokuju lokalne proboje tla u zoni radijusa prema izrazu (2).

Ako uvrstimo $E_{pM} = 2$ kV/cm i $\varsigma = 10^3 \div 10^4$ Ωm, vrijednosti karakteristične za kabelsku trasu na Pohorju, dobijemo probojne zone a_0 u ovisnosti od struje groma.

TABLICA 2.

a_0, m	ρ, om. m	I_g, kA		
		50	100	200
	10^3	6,3	8,3	16
	10^4	20	28	40

Odredimo li zonu probojnih staza iz izraza (7) i (8) uz $E_{pM}/E_{psr} = 4$, dobijemo kritične udaljenosti a_2.

TABLICA 3.

a_2, m	om. m	I_g, kA		
		50	100	200
	10^3	31,5	41,5	80
	10^4	100	140	200

Struja groma prodire u kabel na mjestu mehaničkog oštećenja ili kroz probijeni plašt. Pri prodoru struje groma u ekran javlja se potencijalna razlika ekran — vodič u_1 prema izrazu (14)

Razmotrit ćemo slučaj prodora struje groma u ekran kabela A2YHSY, $1 \times 70/16$ mm² 20 kV.

U izraz (14) uvrstimo vrijednost $R_1 = 1{,}12$ Ohm/km $\tau_p = 100$ μs, $\varsigma = 10^3 + 10^4$ om. m, pa dobijemo:

TABLICA 4.

U_A, kV	ρ, om. m	I_g, kA		
		50	100	200
	10^3	17.7	35,4	70,8
	10^4	56	112	224

Propisani podnosivi udarni napon za kabele naponskog nivoa 20 kV iznosi 125 kV za val 1,2/50 μs. Ako iz izraza (14) odredimo kritične struje groma koje na mjestu udara stvaraju potencijalnu razliku ekran — vodič iznad podnosive, dobijemo:

TABLICA 5.

om. m	I_g, kA	Vjerojatnost udara, % (lit. 2)
10^3	353	4
10^4	112	18

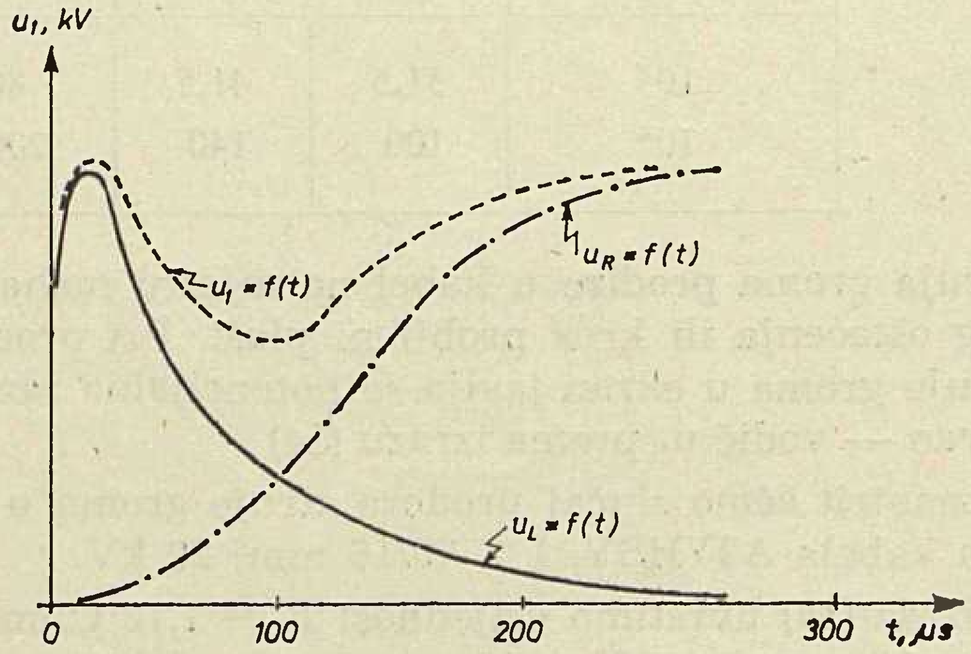
Treba obratiti pažnju na činjenicu da je stvarni udarni probojni napon 20 kV kabela s polietilenskom izolacijom znatno viši od propisanog podnosivog udarnog napona. Uzorci naših 20 kV kabela A2YHSY $1 \times 70/16$ mm² i A2YHSHS $1 \times 70/16/60$ mm² izdržali su bez oštećenja udarne napone 1,2/50 μs amplituda do 350 kV kad su nastupili preskoci na glavama (lit. 1).

Osim jakih naponskih naprezanja kabel na mjestu ulaska struje groma trpi i jaka termomehanička naprezanja koja mogu izazvati oštećenje kabela. Ako pretpostavimo oštećenje koje je izazvalo proboj izolacije, udarni se valovi šire duž ekrana i vodiča (vidi 2.1).

Napon ekrana prema izrazu (15) iznosi:

$$-\frac{\partial u_1}{\partial x} = \frac{R_1 ig}{2} + \frac{1}{2} L_1 \frac{ig}{t}$$

Induktivna komponenta ima maksimum u prvih deset μs zbog $\partial i/\partial t \gg 1$, a zatim opada, a omska komponenta polagano raste i ima maksimum znatno kasnije (ovisno o materijalu i izvedbi ekrana). Zato je dovoljno računati samo s većom od ove dvije komponente.



Sl. 4. Kvalitativni odnosi vremenske ovisnosti uzdužnog pada napona ekrana

Ekran je izveden omatanjem dvije bakrene trake koje su u galvanskoj vezi. Za velike uzdužne struje možemo pretpostaviti da je ekran metalni homogeni cilindar, pa njegov induktivitet iznosi:

$$L_1 = \frac{\mu_0}{2\pi}\left[\frac{R^4}{(R^2 - r^2)} \cdot \mathrm{Ln}\frac{R}{r} - \frac{3R^2 - r^2}{4(R^2 - r^2)}\right] 10^3,\ \mathrm{H/m} \qquad (25)$$

gdje je:

R — vanjski promjer cilindra, m
r — unutarnji promjer cilindra, m
μ_0 — permeabilnost bakra, H/m.

Uvrstimo li naše vrijednosti r = 0,013 45 m i R = = 0,013 75 m, dobijemo induktivitet $L_1 = 1{,}48 \cdot 10^{-9}$, H/m.

Sada možemo odrediti induktivni pad napona za razne strmine struja

$$U_L = \frac{1}{2} L_1 \frac{\partial i}{\partial t}$$

Dopušteni podnosivi udarni napon bit će pri širenju vala uzduž trase dosegnut ako je strmina vala

$$\frac{d\,i_g}{d\,t} = \frac{2\,U_L}{L_1 \cdot 1} = \frac{2 \cdot 125 \cdot 10^3}{1{,}48 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}911} = 58\ \mathrm{kA/\mu s} \qquad (26)$$

Vjerojatnost pojave udara ove strmine iznosi 17% negativne struje groma, odnosno 2% za pozitivne struje groma (lit. 2).

Isti pad napona ostvarit će struja groma na omskom otporu u dužini trase

$$I_9 = \frac{2\,U_R}{R_1 \cdot 1} = \frac{2 \cdot 125 \cdot 10^3}{1{,}12 \cdot 2{,}911} = 76{,}6\ \mathrm{kA} \qquad (27)$$

Vjerojatnost pojave struje groma ovog iznosa je 12% za sve pozitivne i negativne udare, odnosno 25% za pozitivne udare (lit. 2).

Oslabljenje nastalo zbog naponskog starenja izolacije nakon velikog naponskog naprezanja izolacije pri širenju vala uzduž trase mogu, dakle, izazvati i mali negativni udari i strmine iznad 58 kA/μs, s vjerojatnošću pojave 17%, odnosno pozitivni udari velikih amplituda, iznad 76 kA, s vjerojatnošću pojave 25%.

4.2. Udar groma u kraj kabela

Ako dođe do udara groma u krajnje točke kabela, i struja groma će se podijeliti proporcionalno valnim otporima nas truje kroz:

— uzemljivač
— vodič kabela
— ekran kabela.

Ako uvažimo strujne i naponske prilike iznesene u 2.2, dobijemo za uzdužni pad napona u ekranu isti izraz kao pri udaru u trasu kabela. Kako se struja groma raspodijeli jednako na tri kabela (ekrana), možemo napisati konačni izraz za uzdužni pad napona u ekranu jednog kabela

$$-\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{i_g \cdot R_1}{3} + \frac{1}{3} L_1 \frac{\partial i_g}{\partial t}$$

Ako odredimo kritične strmine udara i kritične struje groma koje pri širenju uzduž trase načine pad napona iznosa većeg od propisanog podnosivnog, dobijemo:

$$\frac{d\,i_g}{d\,t} = \frac{3 \cdot U_L}{L_1 \cdot 1} = \frac{3 \cdot 125 \cdot 10^3}{1{,}48 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}911} = 87\ \mathrm{kA/\mu s}, \qquad (28)$$

s vrijednošću pojave 6% za negativne i 1% za pozitivne struje groma.

Kritična struja groma:

$$I_g = \frac{3 \cdot U_R}{R_n \cdot 1} = \frac{3 \cdot 125 \cdot 10^3}{1{,}12 \cdot 2{,}911} = 115\ \mathrm{kA},$$

s vjerojatnošću pojave 3% za sve pozitivne i negativne, odnosno 17% za pozitivne struje groma (lit. 2).

Oslabljenja izolacije su, pri udaru u krajnje točke kabela, manje vjerojatne nego pri udaru u trasu. Pri ovom udaru izolacija je izloženija naprezanjima zbog omskog uzdužnog pada napona (struja groma pozitivnog udara 115 kA i 17% vjerojatnosti).

Vjerojatnost pojave negativnih udara opasnih strmina je manja (87 kA/μs i 6% vjerojatnosti).

4.3. Proboj PVC plašta

Do sada smo razmatrali mogućnost naponskog oslabljenja izolacije. Interesantno je razmotriti i

slučaj kad je u kabelskom rovu iznad kabela položena čelična pocinčana traka.

Za val koji se širi duž trake vrijedi

$$\frac{du}{dx} = i.z\ i$$

$$\frac{di}{dx} = u.y.,$$

gdje su z i y jedinična impedancija i jedinični odvod trake.

Rješenjem valnih jednadžbi dobijemo:

$$U_x = U_0 \operatorname{ch} \sqrt{Z - Y}\,(1 - X) - J_g \sqrt{\frac{z}{y}} \operatorname{sh} \sqrt{Z - Y}\,(1 - b) \qquad (29).$$

Impendancija čelične trake uz povratni vod kroz zemlju iznosi:

$$Z = R_{vč} + R_z + L_{vč}, \qquad (30).$$

gdje je:

$R_{vč}$ — omski otpor trake (Om/km)
$R_{vč}$ — $R_{včo} \cdot f_s$
$R_{včo}$ — otpor če-trake istosmjernoj struji, za traku 25 × 4 mm iznosi 1,25 om/km.
f_s — faktor skin-efekta za val oblika 8/100 μs u traci 25 × 4 mm iznosi 1,46
$R_{vč}$ — $R_{včo} \cdot f_s = 1{,}25 \cdot 1{,}46 = 1{,}825$, om/km
$L_{vč}$ — induktivitet traka — zemlja H/m

$$L_{vč} = \frac{\mu_0}{3}\left(1 + 4 \ln \frac{0{,}6 \sqrt{\rho \tau_p}}{r}\right) \qquad (31)$$

r — srednji geometrijski promjer če-trake, m
τ_p — trajanje hrpta vala iznosi 100 μs.

TABLICA 6.

ρ, om. m	$L_{vč} \cdot 10^{-7}$, H/m
1 000	20,8
10 000	23,1

.... iz lit. (3)

Ako uvrstimo sve poznate vrijednosti dobijemo:

TABLICA 7.

ρ, om. m	$Z \cdot 10^{-3}$, om/m
1 000	130
10 000	142

.... iz lit. (2)

jedinični odvod trake 25 × 4 mm ukopane u tlu na dubini 0,5 m iznosi:

TABLICA 8.

ρ, om. m	γ, S/m
1 000	3
10 000	0,3

.... iz lit. (3)

Ako probojna čvrstoća tla iznosi 2,5 kV/cm, a traka je položena iznad kabela na oko 20 ÷ 30 cm, tada je, uz približnu udarnu probojnu čvrstoću PVC plašta 150 kV (lit. 3) za val 1,2/50, potrebno oko 200 kV za proboj traka — ekran.

Iz naponske jednadžbe vala, sad možemo za razne struje groma odrediti kritične udaljenosti na kojima dolazi do proboja ekran — traka (lit. 3).

TABLICA 9.

ρ, om. m	I_g, kA		
	50	100	200
1 000	60	31	16
10 000	56	28	14

Iz izloženog slijedi da je prilikom udara groma u trasu ili krajeve kabela:

— Pri udarima u trasu kabela vjerojatnost primarnog naponskog oštećenja izolacije (na mjestu udara) iznosi 8%. Vjerojatnost sekundarnog oštećenja (širenjem vala) iznosi 25%.
— Udar u krajnje točke kabela nešto je povoljniji. Vjerojatnost naponskog oštećenja izolacije iznosi 17%.
— Ako je iznad kabela položena čelična traka, a trasa kabela bude zahvaćena probojnim stazama, nastat će proboj PVC plašta na stanovitoj udaljenosti od mjesta ulaska struje groma u če-trake.

4.4. Zaključak uz točku 4.

— Udarom groma nastupaju jaka naponska naprezanja i ubrzano starenje izolacije. Naponski proboj izolacije malo je vjerojatan zbog veoma visoke udarne probojne čvrstoće izolacije.
— Udarom groma u trasu i kod manjih struja groma mogu nastati termomehanička oštećenja plašta i ekrana kabela. Prodorom struje u kabel nastaju na mjestu ulaska termička i mehanička naprezanja ekrana koja u ponovljenim udarima mogu dovesti do lokalnog razaranja ekrana, oštećenja poluvodljivih slojeva i izolacije.
— Navedena oštećenja u toku pogona već i kod normalnog napona uz povećane parcijalne izboje prije ili kasnije dovode do proboja izolacije.

5. DIZAJN I PROCJENA OTPORNOSTI KABELA POSEBNE KONSTRUKCIJE, OTPOR NA UDAR GROMA

5.1. Iz svega što je do sada u ovom članku rečeno proizlaze neke više-manje očigledne činjenice, i to:

— Normalna kabelska konstrukcija A2YHSY (AXHSY), odnosno EPH-48 (XHP-48) nije pogodna

za polaganje na terenima visokog specifičnog otpora tla u grmljavinskim područjima.

— Uzdužno položena pocinčana čelična traka, bez galvanskog povezivanja s ekranom na razmacima manjim od kritičnih, ne samo da ne štiti kabel, već ga, u određenim uvjetima izlaže još većoj opasnosti od posljedica udara groma.

— Visoki specifični električni otpor tla u kome je ukopan kabel direktno povećava vjerojatnost da udar groma u blizini kabelske trase stvori uvjete za proboj plašta kabela, pa zatim i same izolacije kabela.

— Uzdužno, mjestimično spajanje če-trake s ekranima kabela smanjuje uzdužni pad napona, a time i vjerojatnost proboja plašta kabela.

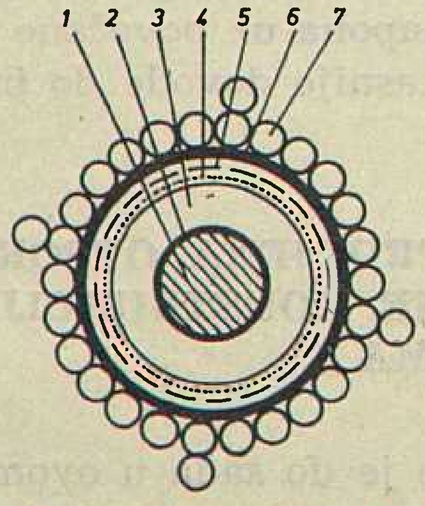
5.2. Da bi postigli dovoljnu otpornost kabela, odnosno spriječili da dođe do probijanja plašta kabela, i opet uzevši u obzir bitne postavke i rezultat iz točke 2.3 i 4, treba pri dizajniranju kabela postići ove uvjete:

— *smanjiti uzdužni pad napona* ΔU
— *postići kontinuirani galvanski spoj ekran — zemlja.*

5.3. Kabel A2YHSHS za Pohorje

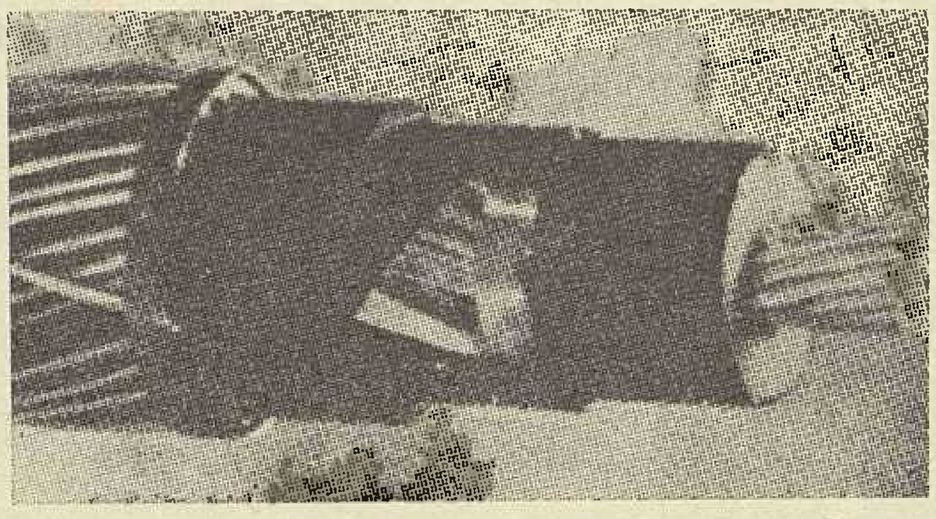
Rješenje diferencijalnih jednadžbi za kabel nazivnog napona 20 kV 70/16/60 (A2YHSHS) koji je ugrađen za napajanje električnom energijom objekata na Pohorju uz vodljivost tla i do 8 000 om. m pokazuje da je otporan na struje groma veće od 400 kA kod udara groma u trasu kabela, odnosno na više od 700 kA prilikom udara groma u početak kabela. Osim toga, razlika potencijala ekran — vodič nakon izvjesnog razmaka stagnira, te ne postoji nikakvo ograničenje duljine kabelske trase kao kod kabela uobičajene konstrukcije. Očito je da se takvom konstrukcijom kabela u potpunosti izbjegavaju nedostaci uobičajene izvedbe kabela s obzirom na otpornost prema atmosferskim prenaponima. Za kabele nazivnog napona 20 kV i više moguće je načiniti konstrukciju koja osigurava otpornost kabela na do sada najveće uopće registrirane struje groma uz polaganje u najnepovoljnije terene sa specifičnim otporom tla do 10 000 om. m.

SKICA KABELA A2YHSHS S POHORJA DANA JE NA SLICI 5, A NJEGOVA FOTOGRAFIJA NA SLICI 6.



Sl. 5. Skica konstrukcije kabela A2YHSHS proizvodnje »ELKA«

1 — Al-vodič; 2 — slabovodljivi sloj; 3 — Pe-izolacije; 4 — slabovodljivi sloj; 5 — ekran; 6 — slabovodljivi plašt; 7 — vanjski ekran

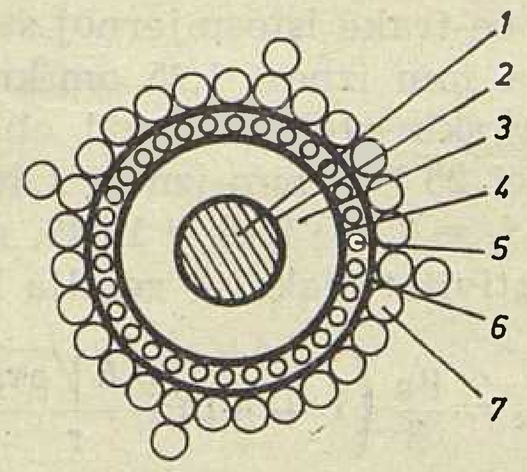


Sl. 6. Fotografija kabela AXHSHS proizvodnje »ELKA«

5.4. Kabel AXHSHS za Biokovo

Na isti način je za napajanje RTV objekata na Biokovu izveden kabel XHSHS, presjeka 95/16/60 i napona 20 kV uz specifični otpor tla 3 000 ÷ 8 000 om. m pa za ovaj kabel vrijedi isto kao i za onaj iz točke 5. 3.

Treba, međutim, reći da je ovaj kabel (XHSHS) poboljšana verzija kabela iz točke 5.3, jer je drugi poluvodljivi sloj (na izolaciji) izveden u trostrukoj ekstruziji, pa predstavlja zapravo još jedan vodljivi plašt i barijeru za vlagu (čega nema kod A2YHSHS), vd sl. 7.

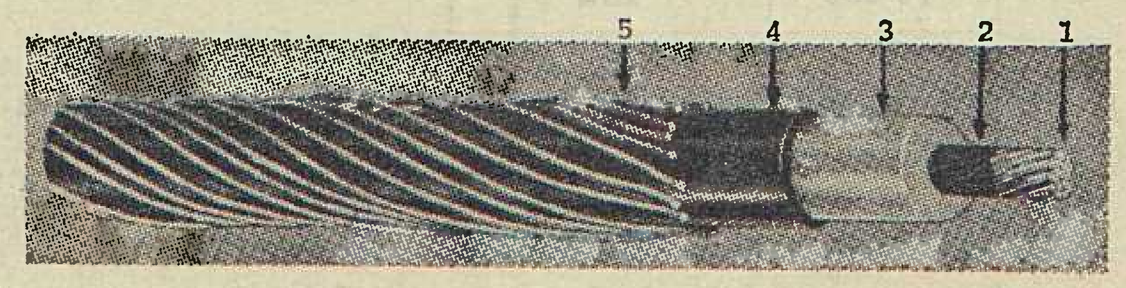


Sl. 7. Skica konstrukcije kabela AXHSHS proizvodnje »ELKA«

1 — Al-vodič; 2 — poluvodljivi lsoj; 3 — izolacija od umreženog PE; 4 — poluvodljivi sloj; 5 — unutarnji ekran; 6 — poluvodljivi plašt; 7 — vanjski ekran

5.5. Prethodna iskustva

Nesumnjivo najveće iskustvo s kabelima slične konstrukcije imaju proizvođači i korisnici kabela u SAD i Kanadi, jer već godinama za polaganje u zemlju i cijevi koriste tzv. URD-kabele (UNDER-GROUND-RURAL) koji je i nama bio osnovni pokazatelj pri konstrukciji materijala i dimenzija. URD-kabel proizvodnje Canadian Wire and Cable Company prikazan je na slici 8.



Sl. 8. URD-kabel sa izolacijom »EXELENE« (trgovački naziv firme CANADIAN WIRE) za umreženi polietilen

1 — Al- vodič; 2 — ekstrudirani poluvodljivi sloj na vodiču; 3 — izolacija; 4 — poluvodljivi sloj na izolaciji; 5 — ekran

Bilo je korisno saznati podatke iz kanadskih i američkih iskustava npr. (lit. 4):

— Kabel ima aluminijski vodič.
— Iako imaju samo jedan poluvodljivi sloj, ovi se kabeli polažu i u kanale i u zemlju.
— Ne bi se smjeli polagati tamo gdje se može pojaviti elektrokemijska korozija, i u tom slučaju vanjski ekran treba zaštititi.
— Ekran URD-kabela izrađen je od pokositrenih bakrenih žica s kontraspiralom od iste žice.
— URD-kabeli imaju epitet »STORM PROOF«, dakle otporni na gromove i pružaju maksimalnu zaštitu od groma.
— Poluvodljivi sloj na izolaciji između ostalog predstavlja i zaštitu od vlage.
— URD-kabeli služe kao kontinuirani uzemljivači.
— Osim toga, kabeli URD, a pogotovo XHSHX, imaju manji redukcijski faktor od klasičnih.
— Ekran oba tipa kabela djeluje »kočeći« kad je položen u rov i time omogućuje sigurno polaganje i na jako nagnutim terenima ako treba polagati kabel »niz kosinu«.

Na temelju iznesenog iz prethodne točke, te u točkama 2.3. i 4, razvijen je i provjeren kabel »otporan na gromove« koji, kako će se pokazati u točki 6, predstavlja zaista vrlo dobro rješenje, pogotovo u svojoj definitivnoj verziji AXHSHS.

5.6. Problem korozije vanjskog ekrana

Budući da na mjestima gdje su se do sada polagali kabeli tipa A2YHSHS i AXHSHS nije postojala opasnost od elektrokorozije (odsutnost izvora istosmjerne struje na samoj kabelskoj trasi ili blizu nje), smatrali smo da bi ekran od bakrene pokositrene žice morao solidno zadovoljiti i da bi bio dovoljno otporan na galvansku koroziju agresivnog tla ako ga duž trase negdje ima. Odabrana je kombinacija pokositrene bakrene žice jer je kositar otporan na oksidaciju. Ako je sloj kositra oštećen ili porozan, doći će, ako zemlja djeluje kao elektrolit, do korozije Cu-Sn, pri čemu će se trošiti Sn kao anodni materijal u odnosu na Cu. Za jako elektrolitički aktivna tla, a posebice tamo gdje protječu lutajuće struje, ova se kombinacija ne bi trebala koristiti bez dodatnih zaštitnih mjera.

6. UVID U STANJE I RAD KABELA POLOŽENIH NA POHORJU KRAJEM 1981. GODINE

6.1. Uvod

Krajem 1976. godine bio je isporučen i položen novi tip kabela A2YHSHS 70/16/60 mm² 20 kV, a nakon niza proboja na kabelu A2YHSY 1 × 70/16 u 1975 god. Kabel je položen na Pohorju za potrebe napajanja el. energijom turističkih objekata, i to na trasi Partizanski dom — Pungart. Novim kabelom nije zamijenjena ukupna dužina od 2 911 m, već samo najugroženije područje od Partizanskog doma, nadmorske visine 1460 m, prema TS Velika Kopa, nadmorske visine 1500 m, u ukupnoj dužini 1 600 metara. Kabel je položen u novom rovu u trokutastom snopu. Polaganje, kao i spajanje i završavanje izveo je »ELEKTRO« — Slovenjgradec. Teren u kome je položen kabel ima gornji sloj humusni, a donji sloj kameniti. Oko kabelskog snopa postavljena je posteljica iz iste zemlje, a iznad snopa postavljen je samo plastični štitnik. Za završetke kabela upotrijebljene su kabelske glave tipa Elastimold, a za spajanje kabela upotrijebljene su spojnice TEP, PKS 20 kV. Kabelski vod zaštićen je od prenapona odvodnicima prenapona proizvodnje »Mehanika«, 24 kV, 10 kA. Kabelska trasa nalazi se u zoni izuzetno nepovoljnih meteoroloških prilika, a na osnovi izokeraunične karte

TABLICA 10.

6.3. MEHANIČKE KARAKTERISTIKE POLUVODLJIVOG MATERIJALA

	ZAHTJEV		IZMJERENO	
	interni	po JUS-u*	na pločici	na uzorku s POHORJA
Prije starenja:				
prekidna čvrstoća, MPa	10,0	9,0	11,9	10,3
prekidno istezanje, %, min.	250	100	320	240
tvrdoća, ShA	96	—	96	94
gustoća, kg/m³	1120	—	1120	—
Poslije starenje, 7×24ʰ, 100°C prekidna čvrstoća, MPa	početna vrijednost + 5%	9,0	12,3(+3%)	11,2 (+ 9%)**
prekidno istezanje, %	početna vrijednost + 5%	100	310(—3%)	210 (— 12%)**

* JUS NC. O. 195/79

Slovenije vidljivo je da se godišnje pojavljuje 30 — — 40 grmljavinskih dana.

6.2. Analiza stanja

Krajem 1981. godine ponovno je pregledana trasa s predstavnicima »Elektro« — Slovenjgradec i uzet je uzorak kabela dužine 3 m koji je bio do tada u normalnom pogonu (kabelski rov je bio otvaran još i na drugom mjestu). Vizualni dojam je bio zadovoljavajući. Kabel je bio uredno položen, a na pokositrenim žicama ekrana nije bilo izrazitije oksidacije ili razaranja*, što također vrijedi i za vanjski poluvodljivi plašt. Posebnu pažnju obratili smo vanjskom poluvodljivom plaštu, te iznosimo neke interesantne podatke dobivene mjerenjem na uzorku kabela izvađenog iz zemlje nakon otprilike 5 godina rada.

TABLICA 11.

6.4. VOLUMNI I POVRŠINSKI IZOLACIJSKI OTPOR, Ohm. m (na 23 °C)

Nakon prerade pri 180 °C, 5 min		Izmjereno na uzorku s Pohorja
prosječno mjereno	po JUS-u*	
60	1 000	50***

6.5. Zaključak uz točku 6.

Izvedena mjerenja na poluvodljivom sloju pokazuju da se svojstva vodljivosti na ovom sloju ne mijenjaju nakon polaganja u dugogodišnje eksploatacije kabela, a to znači da su se konstrukcije kabela i njegova namjena pokazale u potpunosti ispravnom i opravdanom.

LITERATURA

1. Analiza obratovalnih izkušenj s PE kabli v 20 kV omrežnih SR Slovenije — Elektroinštitut »Milan Vidmar«, Ref. str. 669, Ljubljana, 1976.
2. K. Berger, R. B. Anderson, H. Kröninger, »Parameters of Lihgtning Flashes«, Electra No 41, July 1975.
3. Kabelski vod 20 kV »Partizanski dom« — »Pungart« — Institut za Elektroprivredu br. VIII/0764, Zagreb, 1976.
4. »Aluminium Underground Residental Distribution Cables« — Brošure URD 70 i CNC 66 firme Canadian Wire and Cable Company, LTD.
5. Tehnički priručnik tvornice »RADE KONČAR.
6. »Manimising corrosion in earth electrode systems« — Electrical Review, VOL. 208, No. 24, June 1981.
7. »Cathode Protection of Lead Covered Cables« — Transmission 8 Distribution, June 1971.
8. »Prenaponska zaštita za napajanje RTV objekata na Biokovu, I dio«, Institut za Elektroprivredu, ZAGREB, 1968.
9. »Prenaponska zaštita napajanja RTV objekata na Biokovu, II dio«, Institut za Elektroprivredu, ZAGREB, 1971.
10. »Poročilo o preiskusih kablov tip A2YHSHS i A2YHSY izdelave »ELKA« — Zagreb.
11. »Primjena kabela AXHSHS 12/30 kV za napajanje RTV objekta na Biokovu«, Institut za Elektroprivredu, Zagreb.

KEY WORDS:

ATHMOSFERIC OVERVOLTAGE, BREAK MECHANISM, CORROSION OF SEREEN

EFFECTIVE WAY OF UNDERGROUND CABLE PROTECTION FROM LIGHTNING IN UNFAVOURABLE SOILS

A lightning in case of direct or indirect strike, can in combination with high isokeraunic levels on the soil with high specific resistance, lead to many underground breakes.

WIRKSAMER BLITZSCHUTZ VON ERDKABELLEITUNGEN UNTER UNGÜNSTIGEN BODENVERHÄLTNISSEN

Atmosphärische Entladungen, sei es durch direkten Blitzeinschlag in eine Kabelleitung oder Blitzeinwirkungen in der Nähe von verlegten Kabeln können durch Kombinationen mit hohen isokeraunischen Pegelwerten in Gegenden mit hohem spezifischen Bodenwiderstand zu massenweisen Durchschlägen in Erdkabelleitungen führen.

ЕФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ГРОЗОЗАЩИТЫ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В НЕБЛАГОПРИЯТНОМ ГРУНТЕ

Атмосферные разряды и при непосредственных ударах молнии в кабель и при попаданиях в непосредственной близости кабельных трасс могут в сочетании с высоким керавмическим уровнем в районах с высоким удельным сопротивлением грунта вызвать лавину пробоев подземных кабелей.

* Treba reći da je na uzorku izvađenog kabela primijećeno mjestimično lagano nestajanje kositra na vjerojatno prethodno oštećenim ili slabo pokositrenim mjestima.

** Ove rezultate treba promatrati kroz činjenicu da su ovi uzorci zapravo dva puta stareni, tijekom eksploatacije i pri laboratorijskom starenju.

*** Ako se oduzme doprinos površinskog otpora, koji pri mjerenju nije u potpunosti isključen, ova će vrijednost biti malo veća.

Naslov pisaca:

Josip Mužny, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb
Branko Tokić, dipl ing.
D. Nikolić, dipl. ing.
Petko Rosić, dipl. ing.
Damir Selišek, dipl. ing.
»ELKA« Žitnjak bb, 41000 Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
1982 - 06 - 01

Energija Gog. 31 (1982) br. 11—12, 421—431

STROJNO POLAGANJE KABELA U DISTRIBUCIJSKIM MREŽAMA SREDNJE DALMACIJE

Mr Vojmir Dvornik, Split

UDK 621.315.2:621.316.1
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Strojno polaganje kabela sve se više upotrebljava u distribucijskim kabelskim mrežama. Kako se ovom tehnologijom polaganja bave danas i radne organizacije kojima elektromontažna djelatnost nije uvijek i osnovna djelatnost, u referatu se upozorava na temeljne probleme strojnog razvlačenja kabela.

Proučavaju se svi oblici naprezanja kojima je kabel izložen za vrijeme razvlačenja, u različitim situacijama na kabelskoj trasi.

U nastavku razmatranja daju se smjernice za projektiranje i građenje kabelskih vodova, pri čemu se naglasak stavlja na izbor kabelske trase, izbor metode razvlačenja, te dispoziciju opreme i pribora za razvlačenje uzduž trase.

Na kraju se iznose i najvažniji zaključci kojih se valja pridržavati želimo li da se radovi na strojnom polaganju kabela obave stručno, a položeni kabelski vod bude pouzdan element električne mreže.

1. UVOD

Polaganje kabela jedan je od temeljnih i vrlo odgovornih zadataka elektromontažnih radnih organizacija u sveobuhvatnom poslu izgradnje kabelskih elektroenergetskih mreža. Temeljan zato što je polaganje kabela prva faza izgradnje kabelske mreže, a odgovoran stoga što je pažljivo i stručno položen kabel pouzdan i dugotrajan element električne mreže u njezinoj osnovnoj funkcija — opskrbi potrošača električnom energijom.

Osim poznatih i praksom potvrđenih odlika kabelskih mreža, kao što su pouzdanost napajanja, miran pogon s malim brojem kvarova, te niski troškovi održavanja, sigurno je da je i mogućnost relativno brze izgradnje ovakvog tipa mreže utjecala na to da gotovo 90% distribucijske mreže u urbaniziranim sredinama srednje Dalmacije bude ili će biti oživotvorena kabelima. To se, naravno, odnosi na sve naponske razine od 0,4 kV do uključivo 110 kV.

Uzimajući u obzir da se u današnje vrijeme polaganje kabela u urbaniziranim aglomeracijama obavlja uglavnom specijaliziranim strojevima i drugom pomoćnom mehanizacijom, kao i to da se tim poslom sve ćešće bave i radne organizacije kojima elektromontažna djelatnost pa i elektrotehnička struka nisu uvijek bliske discipline, nužno je ukazati na temeljne probleme strojnog polaganja kabela koji se pri radu redovito javljaju.

U daljnjim razmatranjima proučavaju se naprezanja na kabelu koja se pojavljuju pri polaganju, u različitim situacijama na kabelskoj trasi, pa se, cijeneći preporuke proizvođača, daju bitne smjernice za projektiranje kabelskih trasa.

U nastavku razmatranja prikazuje se jedna od metoda za proračun očekivanih sila na kabelu i strojevima za polaganje za poznatu kabelsku trasu, a daje se i pregled opreme potrebne za sigurno i stručno polaganje kabela.

Na kraju članka iznose se neka od bitnih iskustava stečena dugogodišnjim bavljenjem ovom vrsti posla, a izvode se i odgovarajući zaključci.

2. DOPUŠTENA NAPREZANJA KABELA

Pod pojmom dopuštenih naprezanja kabela u širem smislu razumijeva se:

— dopušteno naprezanje pri razvlačenju
— dopušteni polumjer savijanja i
— dopuštena najniža temperatura polaganja.

Sva tri tipa dopuštenih naprezanja ovise o vrsti i konstrukciji kabelskog voda, eksperimentalno ih utvrđuju proizvođači u svojim laboratorijima, pa stoga preporuke proizvođača u tom smislu valja apsolutno poštovati.

2.1. Dopuštena vlačna sila

Kabel se pri polaganju, u pravilu, smije povlačiti:

a) za plašt, primjenom vlačne čarapice
b) za vodiče, primjenom stezne glave
c) za armaturu, primjenom stezaljke ili vlačne ušice.

Povlačenje kabela za plašt smije se primjenjivati za sve tipove kabela koji se danas primjenjuju u građenju distribucijskih mreža. Pri tome se naprezanja nastala pri povlačenju, preko vanjskog plašta, djelomično prenose i na ostale konstrukcijske dijelove kabela. Dopuštena vlačna sila pri ovakvom

načinu razvlačenja kabela dobiva se kao višekratnik kvadrata vanjskog promjera kabela, a izražava se kao:

$$F_{Kdop} = K \cdot D \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

gdje je:

— D, vanjski promjer kabela (mm)

— K, konstanta, ovisna o konstrukciji kabela (vidjeti tabelu br. 1) a iznosi 3,3; 5 odnosno 12

— F_{Kdop}, dopuštena vlačna sila (N).

Tablica 1.

Dopuštene vlačne sile za različite tipove i konstrukcije te različite načine povlačenja kabela — prema preporukama domaćih proizvođača

Način razvlačenja kabela		Vrst i tip kabela	Dopuštena vlačna sila $F_{Kdop.}$ (N)
čarapicom za plašt		NEARMIRANI KABELI (na pr. PP00; IPO(NPO)04; EpHP48; XHP48 i sl.)	$5\,D^2$
		KABELI ARMIRANI ČELIČNIM VRPCAMA (na pr. PP41; IPO(NPO)13; IPHO(NPHO)13; IPZO(NPZO)13; EpHP81; XHP81 i sl.)	$3{,}3\,D^2$
		KABELI ARMIRANI OKRUGLIM ILI PLOSNATIM ČELIČNIM ŽICAMA (na pr. PP44; PP45; IPO(NPO)21; IPO(NPO)23; IPO(NPO)33; IPO(NPO)34; EpHP84; EpHP85; XHP84; XHP85 i sl.)	$12\,D^2$
stezanjem glavom (stezaljkom)	za vodiče	SVI KABELI S BAKRENIM (Cu) VODIČIMA	$50\,ns_{Cu}$
		SVI KABELI S ALUMINIJSKIM (Al) VODIČIMA	$30\,ns_{Al}$
	za armaturu	SVI KABELI ARMIRANI OKRUGLIM ILI PLOSNATIM ČELIČNIM ŽICAMA	$80\,ns_{če}$

D — vanjski promjer kabela

Povlačenje kabela za vodiče primjenjuje se također pri polaganju svih tipova kabela koji se koriste u distribucijskim električkim mrežama. Naprezanja nastala pri povlačenju ovakvim načinom preuzimaju isključivo vodiči. Opći izraz za izračunavanje vlačne sile pri opisanom načinu razvlačenja predstavlja produkt presjeka vodiča i dopuštenog vlačnog naprezanja, a izražava se obrascom:

$$F_{Kdop} = s \cdot \sigma \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

U izrazu znači:

— s, ukupan presjek vodiča zahvaćen steznom glavom (mm^2)

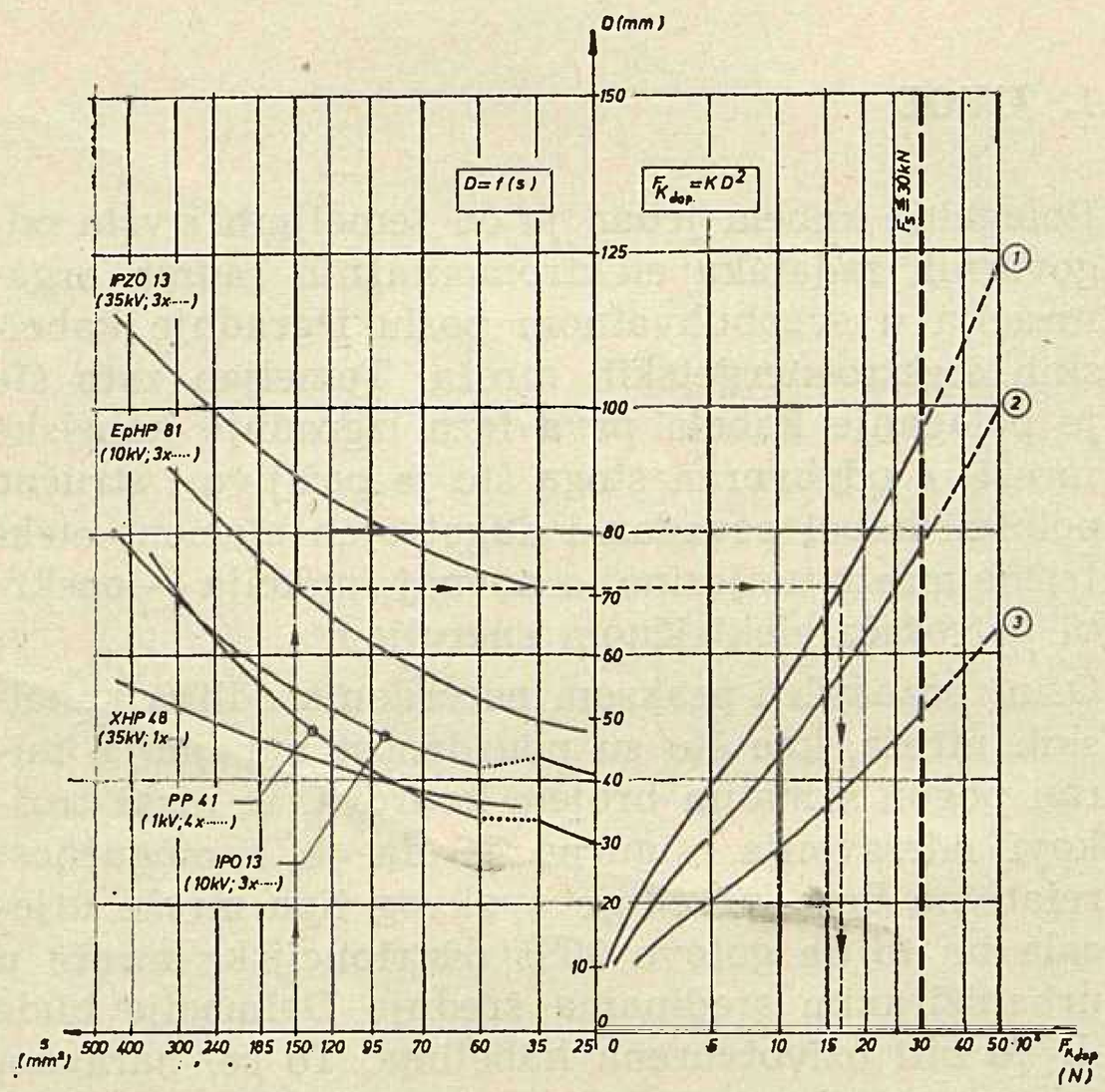
— σ, dopušteno specifično vlačno naprezanje materijala vodiča (vidjeti tablicu 1), koja za Cu iznosi 50 a za Al 30 N/mm^2

— F_{Kdop}, dopuštenu vlačnu silu (N).

Dopuštena vlačna sila pri povlačenju kabela za armaturu računa se također prema izrazu (2). Ovaj način razvlačenja primjenjuje se samo za kabelske konstrukcije s armaturom od okruglih ili plosnatih čeličnih žica, kao što su npr. PP 44, PP 45, IPO 23, IPO 33, EpHP 84, EpHP 85 itd.

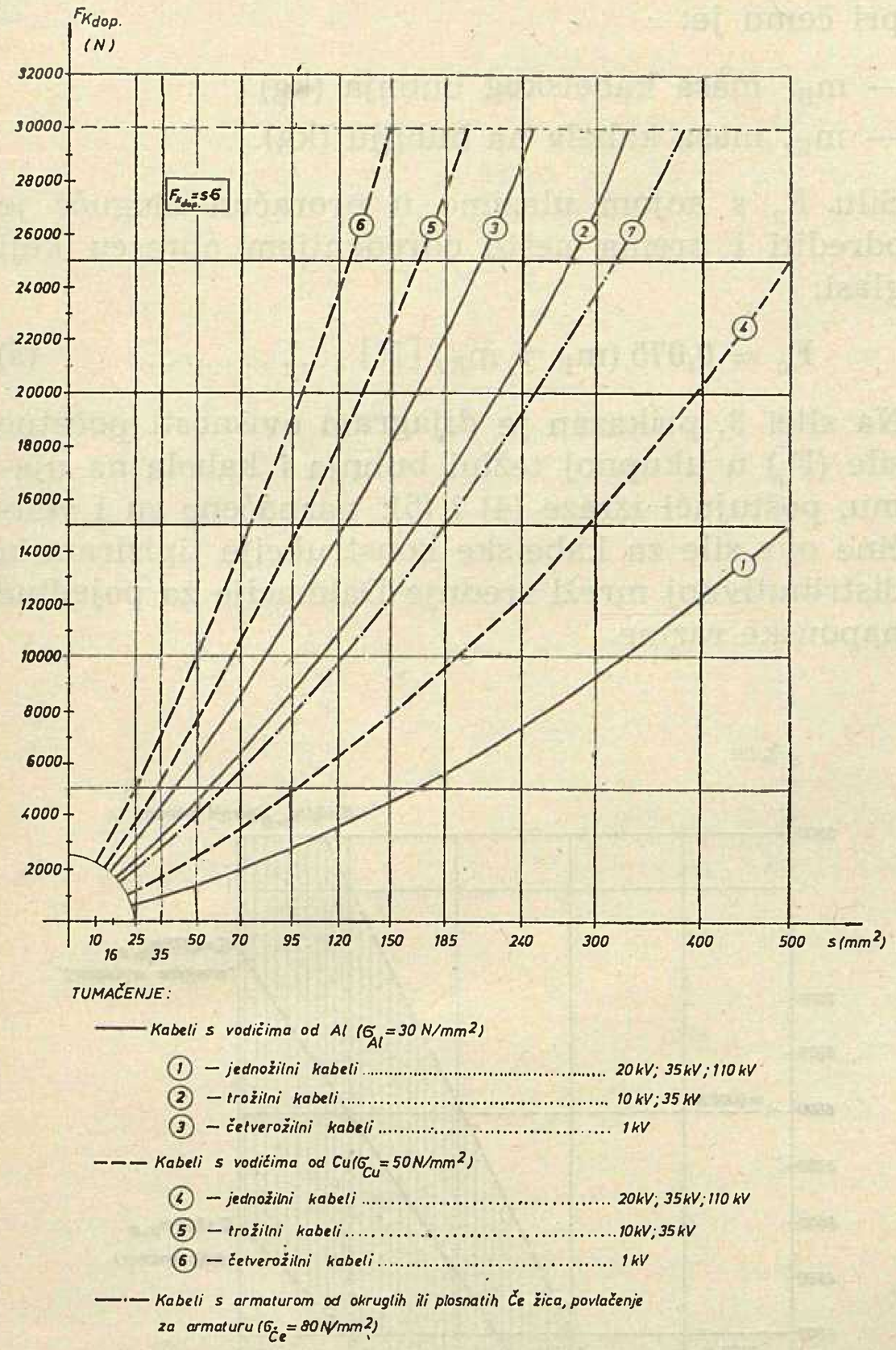
Na sl. 1. i 2. prikazani su dijagrami ovisnosti dopuštene vlačne sile o presjeku kabelskog voda za oba razmatrana slučaja razvlačenja.

Pri tome je na slici 1. dan složeni dijagram ovisnosti dopuštene vlačne sile o presjeku kabela ($F_{Kdop} = f(D) = f(s)$), za slučaj razvlačenja kabela



Sl. 1. Dijagram ovisnosti dopuštene vlačne sile (F_{Kdop}) o presjeku (s) odnosno vanjskom promjeru (D), prilagođen tipiziranim kabelima distribucijske mreže Dalmacije pri povlačenju kabela čarapicom za plašt

čarapicom za plašt. Dijagram je prilagođen staroj i novoj tipizaciji kabela u distribucijskoj mreži srednje Dalmacije a služi izvođaču radova da jednostavnom metodom odredi dopuštenu vlačnu silu i u slučaju kad na terenu nema točan podatak o veličini vanjskog promjera kabela.



TUMAČENJE:

——— Kabeli s vodičima od Al (σ_{Al} = 30 N/mm²)

① — jednožilni kabeli ..... 20 kV; 35 kV; 110 kV
② — trožilni kabeli ..... 10 kV; 35 kV
③ — četverožilni kabeli ..... 1 kV

– – – Kabeli s vodičima od Cu (σ_{Cu} = 50 N/mm²)

④ — jednožilni kabeli ..... 20 kV; 35 kV; 110 kV
⑤ — trožilni kabeli ..... 10 kV; 35 kV
⑥ — četverožilni kabeli ..... 1 kV

—·— Kabeli s armaturom od okruglih ili plosnatih Če žica, povlačenje za armaturu ($\sigma_{Če}$ = 80 N/mm²)

Sl. 2. Ovisnost dopuštene vučne sile (F_{Kdop}) o materijalu i ukupnom presjeku (s) vodiča, pri povlačenju kabela steznom glavom za vodiče ili armaturu

2.2. Dopušteni polumjer savijanja

Pri strojnom razvlačenju kabeli se ne naprežu samo na vlak već i savijanjem. Dopušteno naprezanje zbog savijanja određeno je, ovisno o konstrukciji kabela, bilo izvedbom osnovne izolacije bilo pak izvedbom i materijalom kabelskog plašta. Kao najpraktičniji način prikazivanja dopuštene sile savijanja pokazalo se davanje podataka o najmanjem dopuštenom polumjeru savijanja. Takav način prikazivanja prihvatili su svi proizvođači kabela u svijetu, pa dakako i u nas.

U tablici 2. dan je pregledan prikaz najmanjih dopuštenih polumjera savijanja kabela. Tablica je sastavljena na osnovi kataloga i prospekata domaćih proizvođača kabela, što je iz prikaza i vidljivo.

Budući da podaci za identične kabelske konstrukcije nisu uvijek isti, uputno je ponašati se onako kako dotični proizvođač u slučaju svog proizvoda preporuča.

2.3. Najniža dopuštena temperatura pri polaganju

Najniža dopuštena temperatura pri kojoj se kabel smije polagati, odnosno pri kojoj se s kabelom uopće smije manipulirati, ovisi o konstrukciji kabela i naročito o vrsti osnovne izolacije, a kreće se za serijski proizvedene kabele u granicama od —10 °C do +5 °C. Preporuke domaćih proizvođača u pogledu ovog uvjeta polaganja kabela dane su u tablici 3. i valja ih se pridržavati. Nepridržavanje navedenih preporuka dovodi u opasnost u prvom redu osnovnu izolaciju i plašt kabela. Poznato je, naime, da o temperaturi ovisi viskozitet impregnirajućeg sredstva kod kabelskih konstrukcija izoliranih impregniranim papirom (IP), dok se kod kabela sa sintetskim izolacijama promjenom temperature mijenjaju mehanička svojstva izolacije.

Tablica 2.
Najmanji dopušteni polumjeri savijanja kabela prema preporukama domaćih proizvođača

PROIZVOĐAČ	U_n	Radna operacija	Vrst kabela		Najmanji dopušteni polumjer savijanja za kabele s izolacijom: PVC	IP	EPDM – XPE
„ELKA" – Zagreb	≤ 10 kV	pri polaganju kabela	jednožilni		/	/	20 D
			trožilni		/	/	16 D
		kabel položen	jednožilni		/	/	10(12) D
			trožilni		/	/	8 D
FKS	do 1 kV	pri polaganju	višežilni		12 D	15 D	/
	≤ 6 kV	pri polaganju kabela	Pb plašt	jednožilni	/	25 D	/
				trožilni	/	15 D	/
			Al plašt	jednožilni	/	30 D	/
				trožilni	/	25 D	/
			PVC plašt	jednožilni	20 D	/	nema podataka u prospektima
				trožilni	15 D	/	
NOVKABEL – FKZ	≤ 1 kV	pri polaganju	svi kabeli		12 D	/	10 D
	> 1 kV	pri polaganju	jednožilni		10 (D+d)	/	9 (D+d)
			višežilni		8 (D+d)	/	7 (D+d)

Tablica 3.
Najniže temperature dopuštene pri razvlačenju kabela — podaci domaćih proizvođača

Vrst osnovne izolacije	Najniža temperatura pri polaganju (°C)			
	ELKA	FABRIKA KABLOVA SVETOZAREVO	NOVKABEL	FABRIKA KABLOVA ZAJEČAR
PVC	+5	+5	+5	+5
IP	/	+3	/	/
PE	0	nema podataka	-10	-10
XPE	0	nema podataka	-10	-10
EPR	0	/	/	/

Ako postoji potreba da se kabel polaže pri nižim okolnim temperaturama od navedenih, neophodno je kabel zagrijati tako da se pri polaganju ne prekorači najniža granična temperatura.

Zagrijavanje kabela obavlja se jednom od poznatih metoda:

a) metodom izjednačavanja temperatura u zagrijanoj zatvorenoj prostoriji (ako je kabel na metalnom bubnju, do izjednačenja temperatura dolazi nakon najmanje 32 h, a ako je na drvenom bubnju nakon cca 72 h);

b) fen-metodom (bubanj s kabelom se stavi u naročitu plastičnu navlaku u koju se zatim kroz metalnu savitljivu cijev ubacuje vrući zrak; grijanje ovisno o tipu i veličini kabela traje od 2 do 4 sata);

c) strujnom metodom (preko posebnog transformatora vodičima kabela se pusti struja odgovarajuće jakosti; zagrijavanje kabela ovom metodom traje približno kao i kod metode navedene ad b); međutim zbog toga što se donji slojevi kabela na bubnju zagrijavaju brže, u primjeni ove metode valja biti vrlo oprezan kako ne bi došlo do oštećenja kabela).

Za polaganje kabela na okolnim temperaturama nižim od navedenih u tablici 3. ili pak u posebnim klimatskim uvjetima, izrađuju se kabeli po specijalnoj narudžbi. S takvim je kabelima moguće manipulirati i obavljati razvlačenje i pri temperaturama okoline do —40 °C.

3. NAPREZANJE KABELA PRI RAZVLAČENJU

Vlačna sila koja napreže kabel pri strojnom razvlačenju (F_K) može se obuhvatiti izrazom

$$F_k = (F_o + F_{kt})\, k_n \cdot k_z\ [N] \ldots\ldots \quad (3)$$

gdje znači:

— F_o, silu potrebnu za odmatanje kabela s bubnja (N)

— F_{kt}, silu koja se javlja pri povlačenju kabela na ravnim dijelovima kabelske trase, bez visinskih razlika u dionici (N)

— k_n, koeficijent povećanja vlačne sile zbog visinskih razlika na početku i kraju dionice kabelskog kanala »nagnutost« dionice)

— k_z, koeficijent povećanja vlačne sile na zakrivljenim dijelovima kabelskog kanala.

3.1. Početna sila (F_o)

Početnom silom, kao što je već naznačeno, nazivamo silu koja je potrebna za odmatanje kabela odnosno vrtnju bubnja pri odmatanju kabela. Iako je ona relativno malena, njezin se utjecaj iskazuje posebno na kabelskim trasama s većim brojem krivina. Ova je sila posljedica svladavanja trenja pri okretanju bubnja te svladavanja momenta tromosti. Njezina veličina ovisi o većem broju parametara. Međutim, iskustvo pokazuje da se može izraziti kao

$$F_o = 0{,}05 \text{ do } 0{,}1\ (m_B + m_K)\ [N] \ldots\ldots \quad (4)$$

pri čemu je:

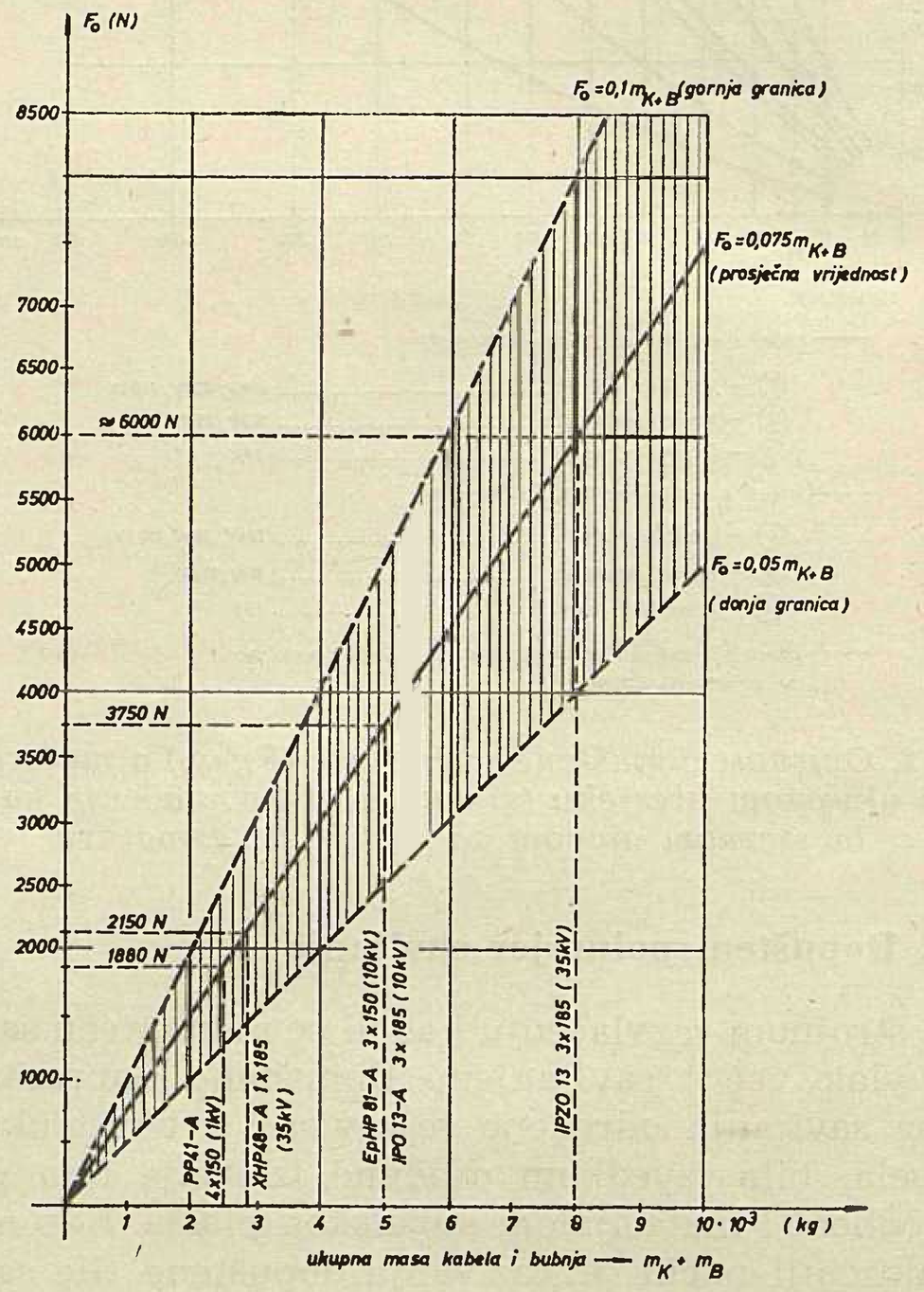
— m_B, masa kabelskog bubnja (kg)

— m_K, masa kabela na bubnju (kg).

Silu F_o s kojom ulazimo u proračun moguće je odrediti i prema nešto određenijem obrascu koji glasi:

$$F_o \approx 0{,}075\ (m_B + m_K)\ [N] \ldots\ldots \quad (5)$$

Na slici 3. prikazan je dijagram ovisnosti početne sile (F_o) u ukupnoj težini bubnja i kabela na njemu, poštujući izraze (4) i (5); naznačene su i veličine ove sile za kabelske konstrukcije tipizirane u distributivnoj mreži srednje Dalmacije za pojedine naponske razine.



Sl. 3. Ovisnost sile (F_o) potrebne za odmatanje kabela s bubnja, o ukupnoj težini kabela i bubnja — naznačene su veličine za kabele tipizirane u distributivnoj mreži Srednje Dalmacije

3.2. Na ravnim dijelovima kabelske trase

Pod pojmom »ravni dio kabelske trase« razumijevaju se dijelovi trase bez zakrivljenja i bez visinske razlike na početku i kraju. Vlačna sila koja opterećuje kabel na takvim dionicama posljedica je savladavanja sile trenja koja se javlja na trasi a ovisi o težini kabela i koeficijentu trenja kabela o podlogu. Matematički ovu ovisnost možemo izraziti kao:

$$F_{kt} = m_{K_1} \cdot \iota \cdot \mu\ [N] \ldots\ldots \quad (6)$$

gdje je:

— m_{K_1}, jedinična masa kabela (kg/m)

— l, duljina ravnog dijela kabelske trase (m)

— μ, koeficijent trenja, ovisan o vanjskom plaštu kabela i o podlozi po kojoj se kabel razvlači (vidjeti tablicu 4)

— F_{kt}, vlačna sila kojom je kabel opterećen, a posljedica je svladavanje sile trenja na dionice (N).

Analizirajući izraz (6), lako se uočava da na veličinu vlačne sile radi trenja (F_{kt}) možemo utjecati jedino tako da utječemo na veličinu koeficijenta trenja (μ). Očito je: da bismo kabel što manje opteretili, mora koeficijent trenja pri polaganju biti što niži. Pri tome praktički bitnu ulogu imaju samo površine elemenata koje se međusobno dodiruju: plašt kabela s jedne te elementi kabelske trase i opreme za polaganje s druge strane.

Plašt kabela od PVC-a u normalnim okolnostima ima niži koeficijent trenja nego plašt izrađen od bitumenizirane jute. Osim toga plašt od bitumenizirane jute pokazuje veliku ovisnost o temperaturi okoline. Takvi kabeli se, naime, u uvjetima ljetnog razvlačenja kabela lijepe za koloturnike i druge podloge preko kojih se razvlače, pa koeficijent trenja znatno raste.

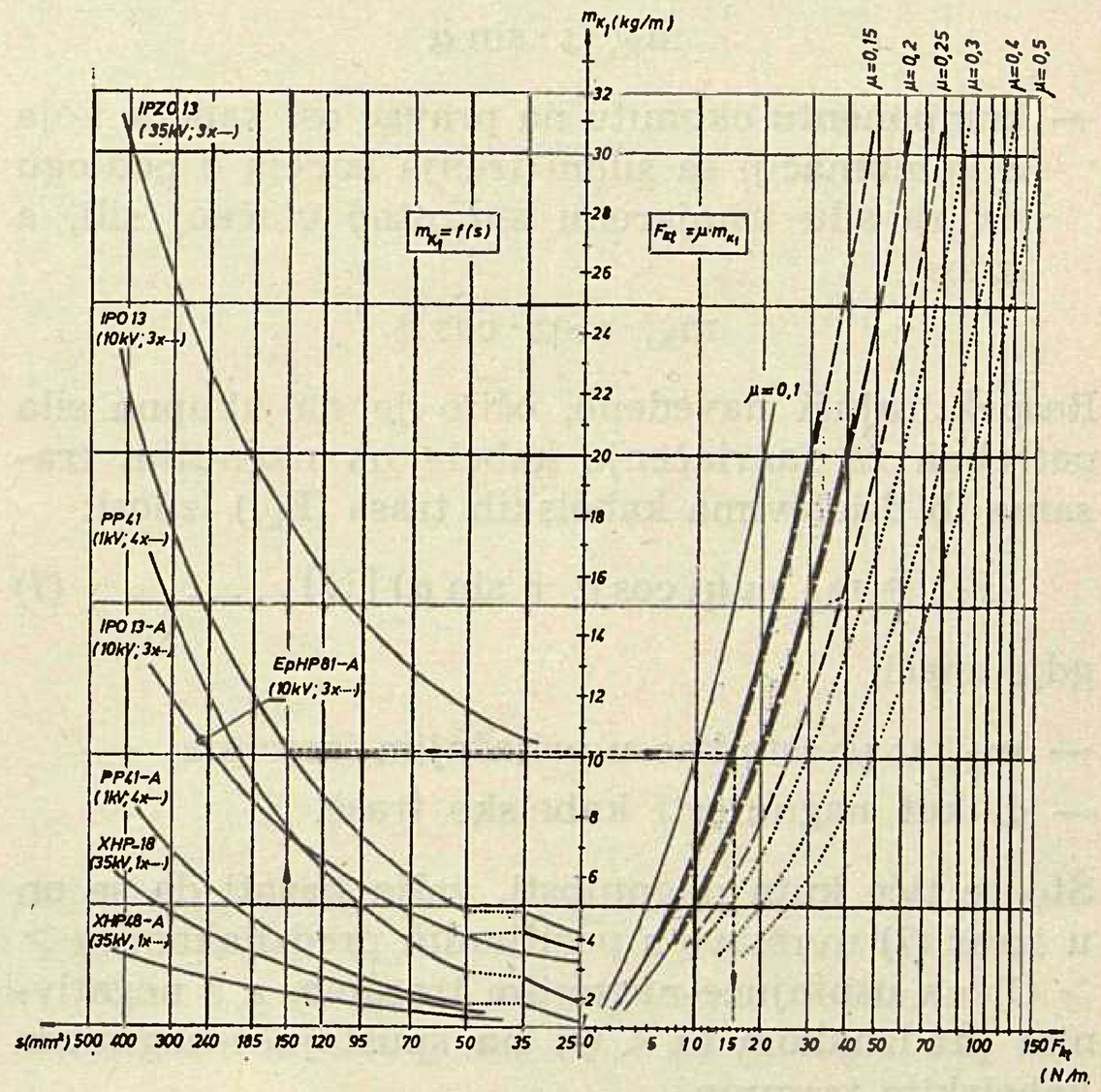
S obzirom na to da su koloturnici danas isključivi elementi opreme preko kojih se kabeli razvlače, potrebno je obratiti posebnu pozornost na njihovu radnu sposobnost. Da bi koeficijent trenja razvlačenja kabela pri korištenju koloturnika bio što niži, valja:

a) koloturnike poslije svake upotrebe pregledati, očistiti i, što je posebno važno, podmazati odgovarajućim kvalitetnim mazivom;

b) razmak među koloturnicima izabrati tako da kabel između dva susjedna koloturnika »ne visi i ne dodiruje podlogu kabelske trase«; u pravilu taj razmak ne bi ni u kojem slučaju smio biti veći od 2,5 m.

Najveće sile radi trenja nastupaju na dijelovima trase gdje se pojavljuju cijevi. Tu, naime, razvlačenje ne možemo obavljati preko koloturnika, pa se ni koeficijent trenja ne može držati dovoljno niskim. Da bi se i u takvim uvjetima trenje održalo u tolerantnim granicama, nužno je za sve vrijeme razvlačenja kabel podmazivati. Podmazivanje se obično obavlja na samom ulazu kabela u cijev.

U tablici 4. dane su veličine koeficijenata trenja za uvjete koji se na kabelskoj trasi mogu pojaviti za različite tipove kabela, te za vlačno čelično uže. Na slici 4. prikazan je složeni dijagram ovisnosti vlačne sile radi trenja (F_{kt}) o jediničnoj masi odnosno presjeku kabela tipiziranih u distribucijskoj mreži srednje Dalmacije. Dijagram je prilagođen svim veličinama koeficijenta trenja koji se na realnoj kabelskoj trasi mogu pojaviti.



Sl. 4. Ovisnost sile trenja kabela (F_{Kt}) o jediničnoj masi (m_{Kt}), odnosno presjeku (s) za tipove kabela standardizirane u distributivnoj mreži Dalmacije — povlačenje kabela na ravnim dionicama kabelskog kanala

Tablica 4.

Vrijednosti koeficijenata trenja (u) za različite tipove kabela i različite načine razvlačenja

Tip kabela s vanjskim plaštem od	Način polaganja kabela		koeficijent trenja (μ) srednja vrijednost	najpovoljniji slučaj	najlošiji slučaj
PVC (npr. PP41; PP45; EpHP41 EpHP85; XHP48 itd.)	preko koloturnika		0,15	0,1	0,2 — 0,3
	kroz cijev	s podmazivanjem	0,3	0,25	0,35 — 0,45
		bez podmazivanja	0,55	0,5	0,6 — 0,7
bitumenizirane jute (npr. IPO13; IPO 33; IPHO13; IPZO13 itd.)	preko koloturnika		0,2	0,15	0,25 — 0,35
	kroz cijev	s podmazivanjem	0,35	0,3	0,4 — 0,5
		bez podmazivanja	0,65	0,5	0,7 — 0,75
Vlačno Če uže (za Ø 5 do 9mm)	preko koloturnika		0,1	/	/
	kroz cijev	s podmazivanjem	0,15	/	/
		bez podmazivanja	0,2	/	/

3.3. Na nagnutim dijelovima kabelske trase

Pod nagnutim dijelovima kabelskih trasa razumijemo dijelove na kojima postoji visinska razlika na početku i kraju. Slika koju stvara masa kabela razlaže se u ovom slučaju na dvije komponente:

— komponentu koja djeluje u pravcu osi kabela i iznosi:

$$m_{K_1} \cdot \iota \cdot \sin \alpha$$

— komponentu okomitu na pravac osi kabela, koja u kombinaciji sa silom trenja kabela o podlogu stvara silu usmjerenu suprotno vlačnoj sili, a iznosi:

$$m_{K_1} \cdot \iota \cdot \mu \cdot \cos \alpha$$

Respektirajući navedeno, očito je da ukupna sila potrebna za razvlačenje kabela na nagnutim trasama ili dijelovima kabelskih trasa (F_{kn}) iznosi:

$$F_{kn} = m_{K_1} \cdot \iota \, (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \, [N] \ldots\ldots \quad (7)$$

gdje znači:

— m_{K_1}; ι; μ; isto kao u prijašnjim izrazima;
— α, kut nagnutosti kabelske trase.

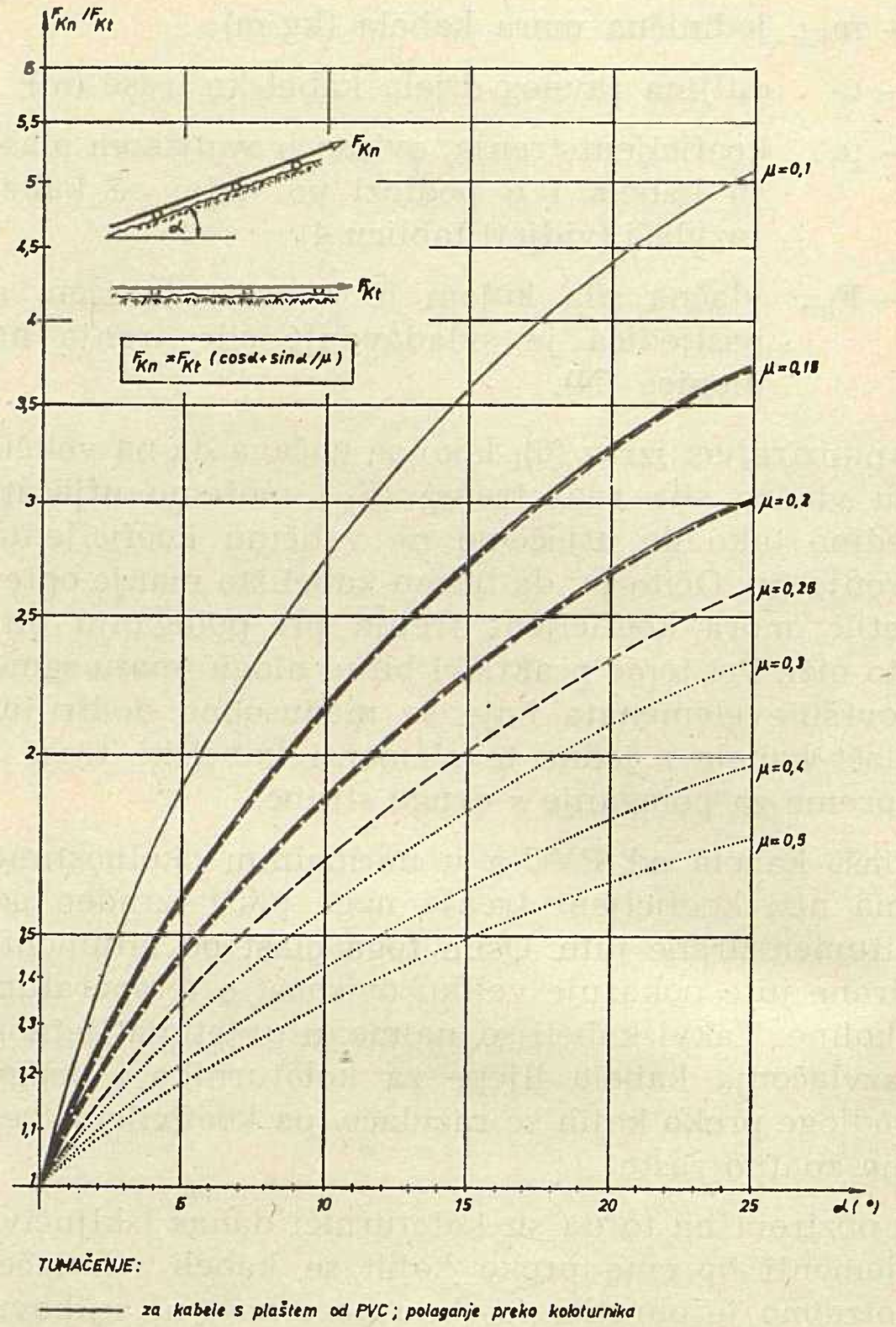
Što se tiče kuta nagnutosti, valja kazati da se on u izraz (7) uvrštava s pozitivnim predznakom ($\alpha > O$) na uspinjuće-nagnutim trasama, a s negativnim predznakom ($\alpha < O$) na spuštajuće-nagnutim kabelskim trasama.

Stavljajući u odnos izraze (7) i (6), nakon matematičke obrade dobija se:

$$k_n = \cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{\mu} \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8)$$

Koeficijent k_n nazivamo koeficijentom nagnutosti kabelske trase, a pokazuje za koliko se povećava (+) ili smanjuje (—) potrebna vlačna sila na ovakvim kabelskim trasama u odnosu na potrebnu vlačnu silu za razvlačenje kabela na ravnim kabelskim trasama.

Na slici 5. prikazan je dijagram ovisnosti koeficijenta nagnutosti o kutu nagiba kabelske trase te veličini koeficijenta trenja na trasi. Posebno su naznačene krivulje za kabele s plaštem od PVC-a odnosno bitumenizirane jute u uvjetima razvlačenja preko koloturnika.



Sl. 5. Porast vlačne sile na kabelu kao funkcija nagnutosti dijela kabelske trase i koeficijenta trenja

3.4. Na zakrivljenim dijelovima kabelske trase

Zakrivljenja na kabelskim trasama predstavljaju dionice na kojima je kabel izložen najneugodnijim naprezanjima. Osim tangencijalne sile te povećanog naprezanja radi savijanja, kabel se dodatno opterećuje i naprezanjima zbog radijalne tlačne sile čije se djelovanje manifestira kao povećanje sile zbog trenja. Posljedica ove pojave je znatno povećanje potrebne vlačne sile na izlazu iz zakrivljenja. Matematička interpretacija takvog stanja na trasi može se prikazati obrascem:

$$F_{kt_i} = F_{kt_u} [c\,h\,\mu\varphi_0 + \sqrt{1 + (r \cdot m_{k_1}/F_{kt_u})^2} \cdot s\,h\,\mu\varphi_0] \cdots \quad (9)$$

pri čemu znači:

— F_{kti}, potrebnu vlačnu silu na izlazu iz zakrivljenja

— F_{ktu}, potrebnu vlačnu silu na ulazu u zakrivljenje (N)

— φ_0 , središnji kut zakrivljenja
— μ , koeficijent trenja podloge odnosno elemenata preko kojih se obavlja razvlačenje kabela
— r , polumjer zakrivljenja (m)
— m_k , jediničnu masu kabela (kg/m).

Uočimo li da je drugi član pod korijenom u praksi redovito manji od 0,2, tj. vrijedi:

$$F_{ktu}/r \cdot m_{K_1} > 5$$

Izraz (9) poprima znatno jednostavniji oblik i glasi:

$$F_{kt_i} = F_{kt_u} \cdot e^{\mu\varphi_0} \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (10)$$

Vrijednosti vlačnih sila na izlazu iz zakrivljenja izračunate prema izrazu (10) u odnosu na vrijednosti dobivene putem izraza (9) u pravilu se ne razlikuju više od 2—3%, što je u cjelovitom postupku proračuna svakako zanemarivo.

Napišemo li izraz (10) u nešto drugačijem obliku, tj.

$$k_z = F_{kt_i}/F_{kt_u} = e^{\mu\varphi_0} \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (11)$$

dobili smo tzv. faktor zakrivljenja čija vrijednost pokazuje za koliko poraste potrebna vlačna sila na

kabelu pri izlazu iz zakrivljenja prema vlačnoj sili s kojom je kabel bio opterećen na ulasku u zakrivljeni dio razmatrane kabelske trase.

Analiziraju li se nadalje izrazi (9), (10) i (11), uočava se da veličina povećanja sile na izlazu iz zakrivljenja ovisi uglavnom o vrijednosti koeficijenta trenja na trasi (μ) i veličini središnjeg kuta zakrivljenja, a samo na naročito teškim kabelskim trasama i o polumjeru zakrivljenja. U svakom slučaju pri izboru kabelske trase valja paziti da zakrivljenih dijelova na trasi bude što manje te da po mogućnosti budu takva da im središnji kut bude manji od 45° ($< 45°$). Osim toga, koeficijent trenja na zakrivljenjima treba držati dovoljno niskim, što se u praksi postiže brižljivim rasporedom dobro održavanih koloturnika.

Sve se to još jasnije vidi iz grafičkog prikaza na slici 6, gdje je koeficijent zakrivljenja trase (k_z) prikazan kao funkcija središnjeg kuta zakrivljenja i veličine koeficijenta trenja na trasi.

Valja naglasiti da kod naročito teških kabelskih trasa, gdje situacija na terenu ne dozvoljava da se dva susjedna zakrivljenja na trasi lociraju dovoljno daleko jedno od drugog, treba, kako je ranije kazano, voditi brigu i o polumjeru zakrivljenosti tako da ovaj bude što veći.

Svakako valja istaći i činjenicu da razvlačenje kabela po trasi treba započinjati tako da veći broj zakrivljenja na trasi bude lociran u dijelu kabelske trase bliže bubnju.

4. OPTEREĆENJE STROJA PRI RAZVLAČENJU

Sila kojom je stroj za polaganje kabela opterećen za vrijeme razvlačenja (tzv. vlačna sila — F_v) veća je od sile na zahvatu kabela (F_k). Ova razlika prouzročena je silom trenja vlačnog čeličnog užeta duž kabelske trase, pa se vlačna sila izražava kao:

$$F_v = F_k + F_{če_t} \cdot k_n \cdot k_z \text{ [N]} \cdots\cdots \quad (12)$$

pri čemu je:

- F_k , sila potrebna za razvlačenje kabela, obuhvaćena obrascom (3) i detaljno obrazložena razmatranjima u odjeljku 3. (N)
- $F_{če_t}$, sila potrebna za svladavanje trenja vlačnog čeličnog užeta na ravnim dijelovima trase (N)
- k_n , koeficijent povećanja sile zbog nagnutosti dijela kabelske trase
- k_z , koeficijent povećanja sile na zakrivljenim dijelovima trase.

Za izračunavanje vlačne sile $F_{če_t}$, kao i koeficijenta povećanja te sile (k_n, k_z) upotrebljavaju se izrazi (6), (8) i (11), s tim što u obrasce valja uvrstiti veličine koje odgovaraju upotrijebljenoj vrsti vlačnog užeta.

Često se za dobivanje vlačne sile na stroju, zbog relativno malene težine vlačnog užeta, zanemaruje sila zbog trenja na ravnim dijelovima kabelske trase. Za proračun je, naime, dovoljno uzeti u obzir silu zbog trenja samo na zakrivljenim dijelovima trase i povećati je utjecajem odgovarajućih koeficijenta, ako postoje. Pri tome se za koeficijent zakrivljenosti (k_z) u nekoj točki kabelske trase, kao središnji kut zakrivljenja (φ_o) uzima zbroj svih središnjih kutova zakrivljenja u kojima se vlačno uže u tom trenutku nalazi.

5. SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE I IZGRADNJU

Činjenica je da projektanti kabelskih mreža odnosno kabelskih vodova ne posvećuju danas dovoljno pažnje izboru kabelske trase sa stajališta građenja mreže. Zbog toga je ova bitna faza izgradnje prepuštena stručnosti i savjesti izvođača radova. Kako nerijetko, što je i u uvodu spomenuto, polaganje kabela obavljaju i radne organizacije odnosno OUR-i kojima elektrotehnička struka nije bliska disciplina, događa se da kabeli već u najranijoj fazi svoje životne dobi budu »izmaltretirani«. Ne treba posebno naglašavati da se nestručno izvedeno polaganje izravno održava na pouzdanost a dakako i životnu dob električne mreže čiji je dotični kabel aktivni element. Stoga je nužno upozoriti na najbitnije momente u tehnologiji građenja električkih kabelskih mreža i vodova kako bi se oni po mogućnosti obuhvatili već u fazi projektiranja.

5.1. Izbor kabelske trase

Ovom problemu valja posvetiti pažnju uvijek, a naročito u uvjetima urbaniziranih sredina gdje se redovito radi o teškim kabelskim trasama, s mnogo zakrivljenja, prijelaza, presijecanja itd.

Respektirajući provedena razmatranja i spoznaje stečene obilaskom terena, pristupa se izboru i projektiranju kabelske trase, pri čemu valja pripaziti:

a) da na trasi bude što manje zakrivljenja, da ona budu što manjeg središnjeg kuta te da polumjer zakrivljenja bude što veći — također veći od najmanjeg dopuštenog polumjera savijanja kabela;

b) da na trasi bude što manje uspona i što manje prijelaza preko prometnica, mostova, nadvožnjaka, podvožnjaka, tunela itd., kao i to da prijelazi budu što kraći (manji broj cijevi — kraće cijevi);

c) na izbor tipa i vrstu cijevi s obzirom na vanjski plašt kabela kako bi se koeficijent trenja na tim dijelovima kabelske trase mogao održati što nižim;

d) da trasa bude tako dispozicijski locirana u odnosu na ostale podzemne instalacije (vodovi PTT, vodovodne i kanalizacijske cijevi i sl.) da bude što manje križanja i presijecanja;

e) na mogućnost transportiranja i smještaju kabelskih bubnjeva, strojeva za razvlačenje te ostale opreme za polaganje kabela uzduž trase.

Na osnovi tako utvrđene kabelske trase pristupa se projektiranju, pri čemu generalni plan trase valja prikazati u mjerilu 1 : 1 000, a detalje, kao što su zakrivljenja, prijelazi preko ili ispod prometno-komunikacijskih objekata, presijecanja s drugim podzemnim instalacijama i sl., u mjerilu 1 : 200.

5.2. Izbor metode polaganja

Nakon provedenih radnji opisanih u prethodnom odjeljku, kod složenih kabelskih trasa uputno je izabrati način i metodu polaganja. U tom smislu valja po projektiranoj trasi obaviti razmještaj glavnih uređaja za polaganje (kabelsku prikolicu s bubnjem te strojeve za razvlačenje kabela) i prići proračunu očekivanih sila na kabelu i strojevima. Cilj proračuna je dobiti što veću duljinu razvlačenja, a da pri tome naprezanja na kabelu i strojevima za polaganje ostanu u dopuštenim granicama. Potrebno je, dakle, ispuniti uvjete:

$$F_k \leqslant F_{k_{dop}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

$$F_v \leqslant F_{v_n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

gdje znači:

— F_k , očekivano vlačno naprezanje na kabelu (N);
— $F_{k_{dop}}$, dopušteno vlačno naprezanje kabela (N);
— F_v , očekivanu vlačnu silu na stroju za razvlačenje (N);
— F_v , nazivnu vlačnu silu stroja za razvlačenje.

Postupak proračuna očekivanih sila može se podijeliti u nekoliko etapa, a to su:

— podjela kabelske trase u dijelove karakteristične za provedbu računa (ravne dijelove, nagnute dijelove, dijelove s cijevima, zakrivljenja i sl.);
— izbor »prve« varijante razmještaja uređaja za razvlačenje, uzduž trase, te utvrđivanje koeficijenta trenja za pojedine dijelove trase;
— metodom »korak po korak« postepeno računanje sila na zahvatu kabela i na strojevima za razvlačenje počevši od onog kraja trase na kojem je predviđen smještaj kabelske prikolice s bubnjem;
— usporedba dobivenih veličina sila na kabelu i strojevima, na završetku dionice kabelske trase koju pokriva jedan stroj za razvlačenje, s dopuštenom silom razvlačenja kabela i nazivnom vlačnom silom stroja;
— ako se ne postignu zadovoljavajući rezultati u smislu nejednadžbi (13) i (14), izabrati »drugu« varijantu razmještaja strojeva za razvlačenje i račun ponoviti.

U tablicama 5. i 6. na sljedećim stranicama prikazan je primjer postupka proračuna za pretpostavljenu kabelsku trasu sa slike 7. Rezultati proračuna predočeni su i grafički na slici 8.

Navedeni primjer nedvosmisleno potvrđuje potrebu za provedbom prethodnog računa očekivanih vlačnih naprezanja, naročito na složenim kabelskim trasama s većim brojem oštrih zakrivljenja.

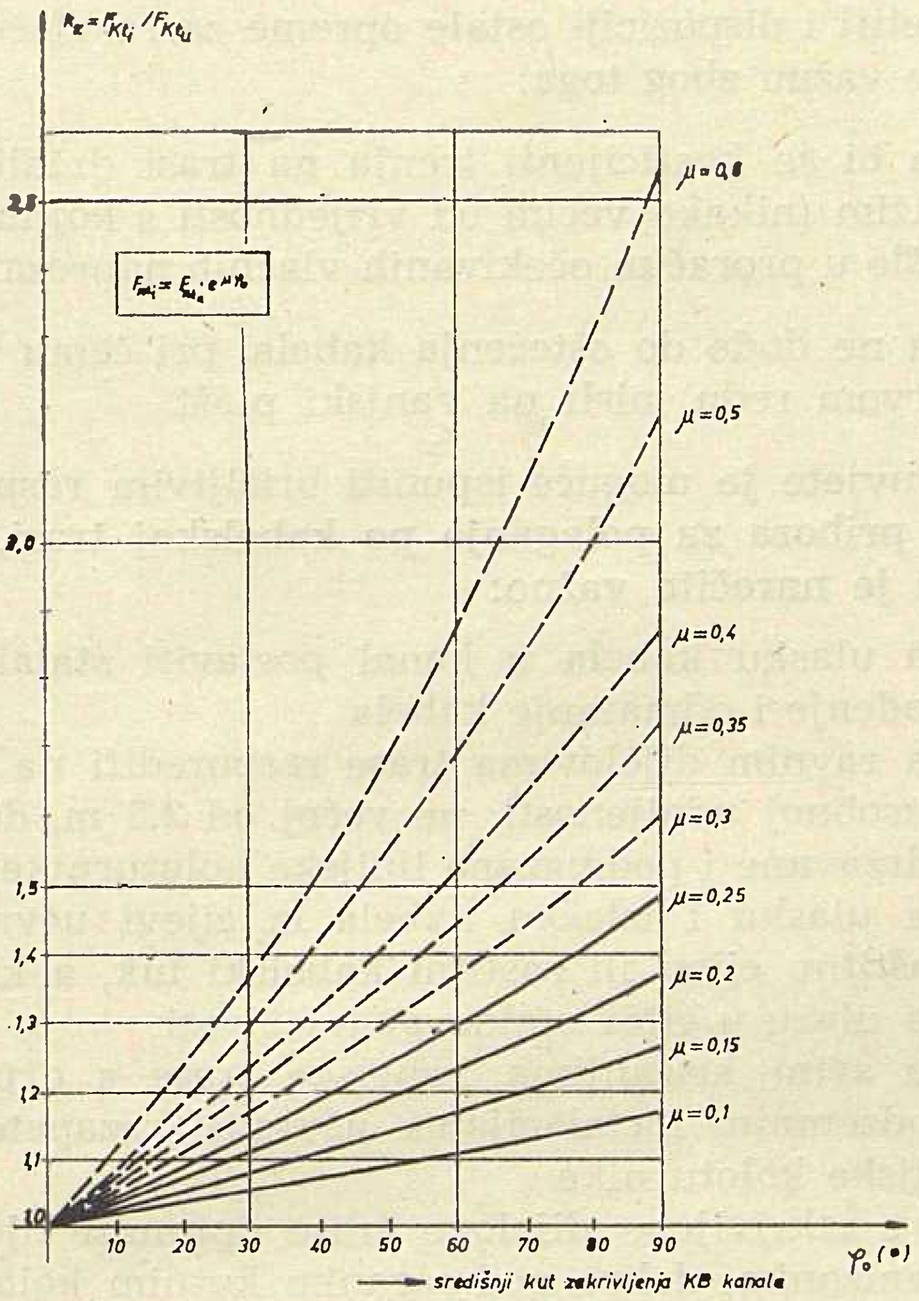
Tablica 5.
Proračun vlačnih sila po varijanti polaganja (1)

Udaljenost početka kabela od bubnja (m)	Duljina kabela na dionici (m)	Elementi vlačne sile prouzročeni povlačenjem kabela: Sila trenja na dionici F_{Kt} (N)	Sila na ulazu u zakrivljenje F_{Ktu} (N)	Koeficijent nagnutosti KB kanala – k_n	Koeficijent zakrivljenosti kanala – k_z	Sila na izlazu iz zakrivljenja F_{Kti} (N)	Sila na zahvaćenom kraju kabela – steznoj glavi F_K (N)	Elementi vlačne sile prouzročeni Če užetom: Sila trenja na dionici $F_{čet}$ (N)	Koeficijent zakrivljenosti kanala – k_z	Ukupna sila na trasi KB kanala (N)	Sila na vitlu – stroju za polaganje kabela (N)
0	/	/	/	/	/	/	3750	380	2,77	1050	4800
30	30	350	/	/	/	/	4100	355	2,77	980	5080
30	/	/	4100	/	1,265	5185	5185	355	2,19	780	5965
95	65	751	/	/	/	/	5940	300	2,19	660	6600
95	/	/	5940	/	1,265	7610	7510	300	1,73	520	8030
115	20	231	/	/	/	/	7740	285	1,73	420	8230
135	20	770	/	/	/	/	8510	270	1,73	470	8980
155	20	231	/	/	/	/	8740	255	1,73	440	9180
155	/	/	8740	/	1,125	9835	9835	255	1,54	390	10225
183	28	329	/	/	/	/	10165	230	1,54	350	10515
183	/	/	10165	/	1,126	11435	11435	230	1,37	315	11750
233	50	577	/	/	/	/	12010	190	1,37	260	12270
233	/	/	12010	/	1,265	15195	15195	190	1,08	205	15400
273	40	462	/	/	/	/	15655	155	1,08	170	15825
273	/	/	15655	/	1,08	16910	16910	155	1	155	17065
413	140	1617	/	1,35	/	/	19090	/	/	0	19090

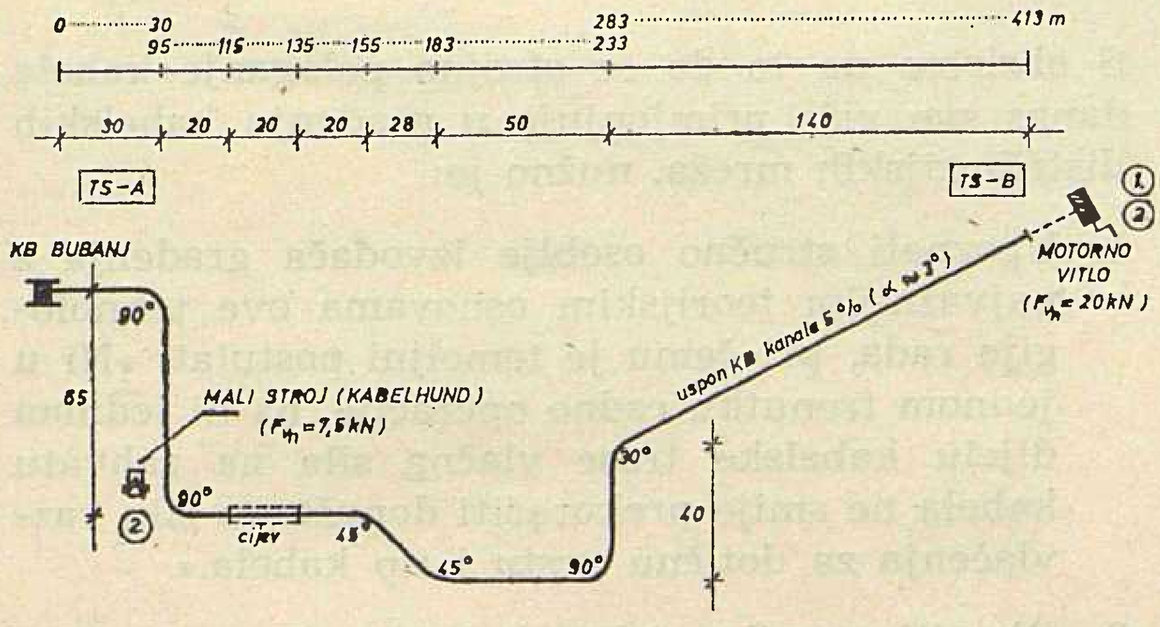
Tablica 6.
Proračun vlačnih sila po varijanti (2)

TABELA BR. 6 – Proračun vlačnih sila po varijanti (2)

Udaljenost početka kabela od bubnja (m)	Duljina kabela na dionici (m)	Elementi vlačne sile prouzročeni povlačenjem kabela: Sila trenja na dionici F_{Kt} (N)	Sila na ulazu u zakrivljenje F_{Ktu} (N)	Koeficijent nagnutosti KB kanala – k_n	Koeficijent zakrivljenosti kanala – k_z	Sila na izlazu iz zakrivljenja F_{Kti} (N)	Sila na zahvaćenom kraju kabela – steznoj glavi F_K (N)	Elementi vlačne sile prouzročeni Če užetom: Sila trenja na dionici $F_{čet}$ (N)	Koeficijent zakrivljenosti kanala – k_z	Ukupna sila na trasi KB kanala (N)	Sila na vitlu – stroju za polaganje kabela (N)
mali stroj („kabelhund")											
0	/	/	/	/	/	/	3750	20	1,265	25	3775
30	30	350	/	/	/	/	4100	15	1,265	20	4120
30	/	/	4100	/	1,265	5185	5185	15	1	15	5200
95	65	751	/	/	/	/	5940	/	/	0	5940
veliki stroj – vitlo											
0	/	/	/	/	/	/	0	300	1,73	520	520
20	20	231	/	/	/	/	230	285	1,73	495	725
40	20	770	/	/	/	/	1000	270	1,73	465	1465
60	20	231	/	/	/	/	1230	255	1,73	440	1670
60	/	/	1232	/	1,125	1385	1385	255	1,54	390	1775
88	28	329	/	/	/	/	1715	230	1,54	355	2070
88	/	/	1715	/	1,125	1930	1930	230	1,37	315	2245
138	50	577	/	/	/	/	2505	190	1,37	260	2765
138	/	/	2506	/	1,265	3170	3170	190	1,08	205	3375
178	40	462	/	/	/	/	3630	155	1,08	170	3800
178	/	/	3632	/	1,08	3925	3925	155	1	155	4080
318	140	1617	/	1,35	/	/	6105	/	/	/	6105



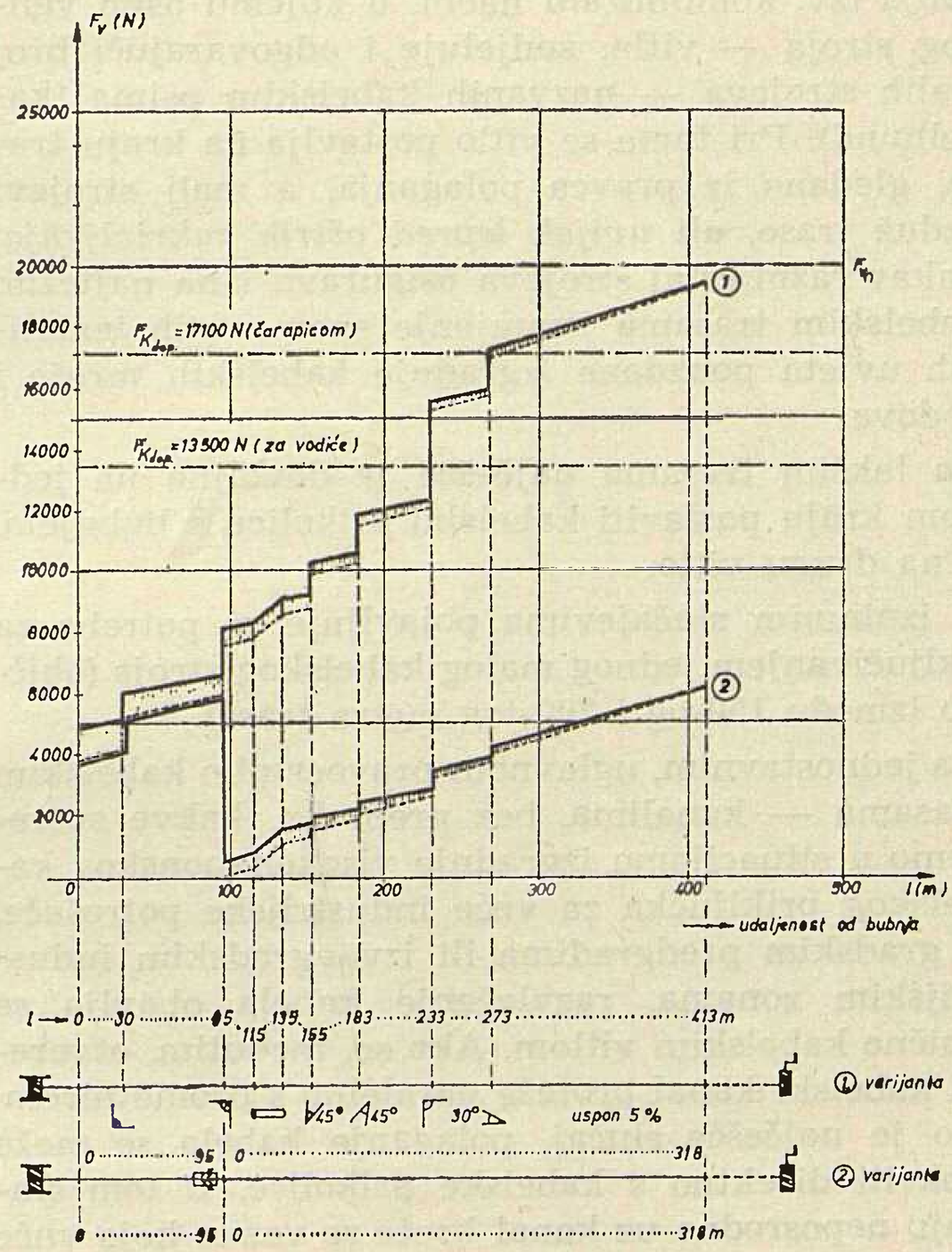
Sl. 6. Ovisnost koeficijenta povećanja vlačne sile (k_z) o središnjem kutu zakrivljenja kabelskog kanala (φ_0) i koeficijenta trenja (μ)



Sl. 7. Moguća konfiguracija KB kanala pri polaganju kabela u uvjetima urbane sredine — podloga za proračun očekivanih vlačnih sila

Dok bi, naime, razvlačenje kabela po varijanti ① preopteretilo kabel na posljednjoj trećini trase za oko 11% iznad dopuštenog naprezanja, razvlačenjem po varijanti ② dostiglo bi se tek 35% iznosa dopuštenog naprezanja; komentar ovome zaista nije potreban.

Valja istaći da ni jednom metodom proračuna, pa ni ovom, nije moguće obuhvatiti sve utjecajne veličine na realnoj kabelskoj trasi (elasticitet užeta, točne koeficijente trenja, moment tromosti bubnja i sl.). Stoga se izračunate vrijednosti sila uvijek ponešto razlikuju od izmjerenih. Praksa nas uči da te razlike nisu velike i ne utječu bitno na svrhu



Sl. 8. Dijagram izračunatih vlačnih sila (F_V) na kabelu i motornom vitlu (stroju) kao funkcija konfiguracije KB kanala i udaljenosti (l) za pretpostavljenu kabelsku trasu s prethodne stranice i kabel EpHP 81—A 3 × × 150; 10 kV

proračuna, a ta je »*postići što veću duljinu razvlačenja, sa što je moguće nižim opterećenjem kabela i strojeva za polaganje.*«

Ispunjenjem ovog temeljnog uvjeta u tehnologiji građenja kabelskih mreža osigurava se:

— dug i pouzdan rad položenog kabelskog voda;
— najmanji mogući broj spojnih mjesta na kabelu.

Izbor metode razvlačenja kabela obavlja izvođač građenja shodno konfiguraciji kabelske trase. U principu razlikujemo:

— teške i vrlo teške KB trase s velikim brojem zakrivljenja, položenih cijevi te neugodnih prijelaza i presjecanja
— lagane KB trase s nekoliko blažih zakrivljenja, ponekom cijevi i nekim presijecanjem
— jednostavne KB trase praktički ravne bez ikakvih prepreka u otvorenom kabelskom kanalu.

Iskustvo, stečeno dugogodišnjim radom na izgradnji distribucijskih kabelskim mrežama, pokazuje da je na teškim i vrlo teškim kabelskim trasama, kakve redovito susrećemo u urbaniziranim gradskim aglomeracijama, najsvrsishodniji način polaganja tzv. kombinirani način, u kojemu osim velikog stroja — vitla, sudjeluje i odgovarajući broj malih strojeva — nazvanih kabelskim psima (kabelhund). Pri tome se vitlo postavlja na kraju trase, gledano iz pravca polaganja, a mali strojevi uzduž trase, *ali uvijek ispred oštrih zakrivljenja.* Takav razmještaj strojeva osigurava i na najtežim kabelskim trasama ispunjenje spomenutih temeljnih uvjeta pouzdane izgradnje kabelskih mreža i vodova.

Na lakšim trasama najčešće je dovoljno na jednom kraju postaviti kabelsku prikolicu s bubnjem, a na drugu vitlo.

U iznimnim slučajevima pojavljuje se potreba za uključivanjem jednog malog kabelskog stroja (obično između 150-og i 200-tog metra trase).

Na jednostavnim, uglavnom pravocrtnim kabelskim trasama — kanalima, bez prepreka, kakve susrećemo u situacijama izgradnje visokonaponskog kabelskog priključka za veće industrijske potrošače, u gradskim predgrađima ili izvangradskim industrijskim zonama. razvlačenje kabela obavlja se obično kabelskim vitlom. Ako se, međutim, otvoreni kabelski kanal proteže paralelno s prometnicom, što je najčešće slučaj, polaganje kabela se može obaviti direktno s kabelske prikolice. U tom slučaju neposredno uz kanal kreće se vozilo koje vuće prikolicu na kojoj je bubanj s kabelom. Brzina vozila se podesi kretanju radnika koji odmataju kabel, prihvaćaju ga i spuštaju u kabelski kanal. Pri tome treba obratiti pažnju na to da kretanje vozila odnosno odmatanje kabela bude primjereno mogućnostima radnika koji kabel polažu. Prebrzo odmatanje kabela s obzirom na radne mogućnosti radnika moglo bi dovesti do stvaranja omči i oštećenja kabela.

Dakako da su to temeljna, a nikako isključiva pravila polaganja kabelskih vodova. Odluku o tome koju od navedenih metoda polaganja primijeniti u danom trenutku valja ipak donijeti za svaki slučaj posebno, pri čemu važnu ulogu mogu odigrati i naoko nebitne okolnosti, kao što je npr. mogućnost prijenosa krupne opreme duž trase.

5.3. Principi raspoređivanja opreme uzduž trase

Osim krupne opreme čija će dispozicija proizaći iz prihvaćene varijante polaganja, pažnju treba posvetiti i dispoziciji ostale opreme za razvlačenje. To je važno zbog toga:

a) da bi se koeficijenti trenja na trasi držali što nižim (nikako većim od vrijednosti s kojima se ušlo u proračun očekivanih vlačnih naprezanja);

b) da ne dođe do oštećenja kabela, pri čemu se u prvom redu misli na vanjski plašt.

Ove uvjete je moguće ispuniti brižljivim rasporedom pribora za polaganje po kabelskoj trasi, pri čemu je naročito važno:

— na ulasku kabela u kanal postaviti stalak za vođenje i odmatanje kabela
— na ravnim dijelovima trase rasporediti na međusobnoj udaljenosti, ne većoj od 2,5 m, dobro održavane i podmazane linijske koloturnike
— na ulasku i izlasku kabela iz cijevi učvrstiti zaštitnu cijev ili zaštitni kabelski luk, a kabel na ulazu u cijev stalno podmazivati
— na svim križanjima kabelske trase s drugim podzemnim instalacijama učvrstiti razapete linijske koloturnike
— sve zakrivljene dijelove trase opremiti tijesno nanizanim, dobro podmazanim kutnim koloturnicima.

Tek kada se uvjerimo da su ispunjeni svi navedeni uvjeti, smijemo prići polaganju kabela.

Za vrijeme razvlačenja kabela, brižljivim nadzorom nad opremom uzduž trase, kao i praćenjem radnih operacija na svim važnim točkama trase, osiguravaju se optimalni uvjeti polaganja, a moguće pogreške svode se na najmanju moguću mjeru.

6. ZAKLJUČCI

S obzirom na to da se strojno polaganje kabela danas sve više primjenjuje u građenju kabelskih distribucijskih mreža, nužno je:

1. Upoznati stručno osoblje izvođača građenja s najvažnijim teorijskim osnovama ove tehnologije rada, pri čemu je temeljni postulat: »Ni u jednom trenutku radne operacije, na ni jednom dijelu kabelske trase vlačna sila na zahvatu kabela ne smije prekoračiti dopuštenu silu razvlačenja za dotičnu vrstu i tip kabela.«
2. Obaviti pravilan izbor kabelske trase, s obzirom na tehnologiju strojnog polaganja kabela, već u fazi projektiranja, pri čemu s naglašenom pažnjom obraditi sva ključna mjesta na trasi (zakrivljenja, prijelaze preko komunikacijsko-prometnih objekata, križanja s drugim podzemnim instalacijama i sl.).
3. Na teškim i vrlo teškim kabelskim trasama obaviti prethodni proračun očekivanih vlačnih sila, kako bi se izabrala najoptimalnija metoda razvlačenja kabela, a s tim u vezi i najsvrsishodniji raspored krupne opreme za polaganje.

4. Obaviti raspored ostalog pribora za razvlačenje kabela uzduž trase tako da se postignu najoptimalniji uvjeti polaganja, pri čemu se u prvom redu misli na održavanje koeficijenta trenja na što nižim vrijednostima.

5. Upoznati operativno osoblje izvođača sa svim fazama rada tehnologije strojnog polaganja kabela, zatim svim radnim postupcima na strojevima za razvlačenje i kabelskim prikolicama, kao i ulogom svakog pojedinog elementa iz asortimana pribora za polaganje kabela.

Jedino respektiranjem tih zaključaka možemo biti sigurni da će radovi na strojnom razvlačenju kabela biti stručno izvedeni, a položeni kabelski vod obaviti funkciju pouzdanog elementa električne mreže kroz cijeli svoj vijek trajanja.

KEY WORDS:

DALMATIA, DISTRIBUTION NET CABLES, UNDERLAY

THE MECHANICAL UNDERLAY OF CABLES IN DISTRIBUTION NETS OF MIDDLE DALMATIA

The mechanical underlay of cables in distribution nets is more in use. As by cable laying are now a day's occupied enterprises whose main activities is not electrical construction, in the article are highlighted some basic problems of mechanical cable laying.

All ways of tensions during cable laying in different conditions on cable route are exemined.

MASCHINELLE KABELVERLEGUNG IN DEN DALMATISCHEN VERSORGUNGSGEBIETEN

Die Verlegung von Kabeln mit Maschinen wird immer häufiger beim Ausbau der Versorgungsnetze angewendet. Mit diesen Verlegungsproblemen befassen sich derzeit auch Unternehmen, deren Tätigkeit in vielen Fällen nicht mit der Elektrotechnik verbunden und nicht das hauptsächliche Arbeitsgebiet sind. Die Arbeit behandelt die grundlegenden Fragen der maschinellen Kabelverlegung.

Untersucht werden sämtliche Fragen der Kabelbeanspruchung bei der Kabel verlegung unter verschiedenen Bedingungen der Kabeltrasse.

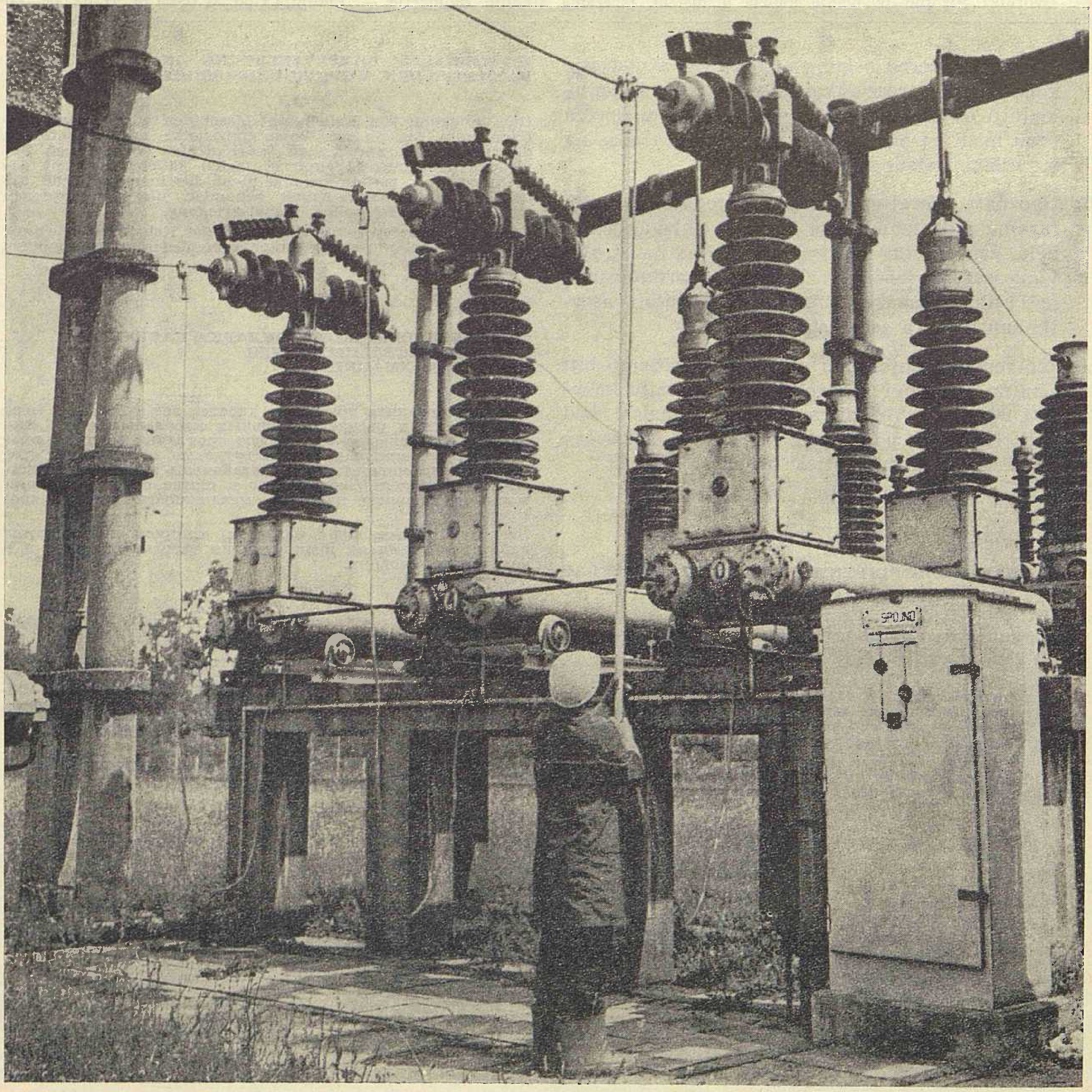
МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ СРЕДНЕЙ ДАЛМАЦИИ

Механизированная прикладка кабелей все в большей мере применяется в распределительных кабельных сетях. Поскольку упомянутую технологию прокладки осуществляют в настоящее время также и трудовые организации, для которых электромонтажная деятельность не всегда является основной деятельностью, то в статье обращается внимание на основные проблемы механизированической прокладки кабелей.

Исследуются все виды нагрузок, которым подвергаются кабели во время их прокладки по кабельной трассе и в различных условиях.

Naslov pisca:
mr Vojmir Dvornik, dipl. ing.
»Elektrodalmacija«, Radničko šetalište 42, 58000 Split

Uredništvo primilo rukopis
1982 - 06 - 01



Energija God. 31 (1982) br. 11—12, 433—435

ENERGETSKI KABEL KAO ELEMENT MREŽE

Krunoslav Jalušić, Zagreb

UDK 621.315.2
STRUČNI RAD

Zbog utjecaja povišenog potencijala uzemljivača TS 110/10/20 kV nastaje iznošenje potencijala iz TS povoljnije kod klasičnih tipova kabela. Razlika se djelomično može nadoknaditi i kod modernih koncepcija konstrukcije kabela s primjenom poluvodljivog plaša ili polaganjem dodatnih užeta za brže opadanje potencijala.

Ključne riječi: kabeli, iznošenje potencijala, uzemljenje, ekran kabela, faktor redukcije.

UVOD

Zbog sve jačeg širenja urbane cjeline gradova kabel se gotovo isključivo primjenjuje u pojedinim naponskim nivoima. Kod napona 110 kV dolazi još uvijek u obzir zračni dalekovod, isto kao i kod niskonaponske mreže. Ali u području 10/20/ kV kabel je postao gotovo isključivi medij za opskrbu električne energije.

Svaka mreža ima svoje specifičnosti i tipizaciju, pa ni kabel u mreži nije slučajno izabran, već je rezultat odabiranja u odnosu na postojeće stanje i perspektivnu razvojnu funkciju. Tako se kod niskonaponskih kabela uvela plastična varijanta kabela, a da se istovremeno nije do kraja razradila primjena tih novih tipova kabela u odnosu na uvjete koje postavlja mreža. Kod napona 110 kV izrada i primjena kabela je u prvom redu prilagođena svjetskom razvoju tehnologije izolacije kabela i mogućnostima domaćih proizvođača s obzirom na to da je proizvodnja tih kabela u zemlji u začetku.

Razvoj 10/20/ kV kabela naišao je u primjeni na više mogućnosti. Tako izolacija PVC donosi nove perspektive, ali u kombinacijama i ostalih slojeva kabela. Poznat je npr. promašaj s izrađenom konstrukcijom kabela PP41, jer je osim mana kojoj podliježe sama izolacija PVC, prisutna i odgovarajuća manjkavost konstrukcije kabela s obzirom na ulogu u mreži. A mreža je baš u tom području najviše zainteresirana za konstrukciju kabela, jer kabel služi i za povratne tokove kod kvara i za što veće prigušenje u širenju opasnog iznošenja potencijala uzemljenja u TS.

U međuvremenu razvila se i izolacija žile u pravcu polietilena posebno umreženoga, pa je i interes prebačen gotovo samo na to područje. Donekle je zanemaren utjecaj ekrana kabela i plastičnog plašta koji igraju vidnu ulogu u uklapanju kabela u mrežu.

Osim toga, plašt kabela može se izgraditi i poluvodljivo, pa ekran ispod plašta postaje uzemljivač i donosi nove prednosti.

Kabel u mreži

Kabel kao element mreže mora osigurati sljedeće:

1. presjek vodiča vezanih uz teret i kratki spoj,
2. izolacija žile,
3. ispuna (onemogućen prodor vode i otpornost na dinamičke utjecaje),
4. ekran vodljivog materijala,
5. zaštitni plašt u dvije varijante: poluvodljiv i izolacijski,
6. poluvodljivi ekran iz žila i nad izolacijom žile zbog osiguranja radijalnog polja i manjeg iznosa dielektričnih gubitaka (izuzetak čine kabeli s pojasnim poljem i zajedničkim ekranom za sve žile).

Klasični kabeli s izolacijom papira impregniranih uljem zadovoljavaju gornjim predpostavkama i uklapaju se već dugo u mrežu bez nekih većih poteškoća.

Kabeli s izolacijom od PVC, polietilena i umreženog polietilena imaju bolju izolaciju, ali nemaju plašt od olova koji čini u kontaktu sa zemljom dragocjen doprinos za povratne struje kratkog spoja, kao i za parcijalno uzemljenje. A to je bitna činjenica za uklapanje kabela u mrežu.

Kabeli 10/20/ kV

Srednjonaponska mreža pretpostavlja najšire upotrebe kabela koji se povezuju sa svim trafo-stanicama, te čine osnovu upotrebe kabela u svim pogonskim događajima.

Kod niskonaponskih kabela, koji su još brojniji, nije toliko bitno ima li povratni vodič, jer tu ulogu vrši nula ili zaštitni vodič (četvrta ili peta žila). Zato je kod napona 10/20/ kV još potrebniji povratni vodič u obliku ekrana i za efikasnije uzemljenje TS putem poluvodljivosti kroz plašt kabela.

Imamo dva presjeka srednjonaponskih kabela. To je kabel 3×50 mm² za sklopka — trafo-veze i normalni kabel 3×150 mm² za prosječnu mrežu.

Ovo, dakako, ovisi o uvjetima prosječne mreže. Da bi kabeli zadovoljili u pogonu u izvanredovnim situacijama (dozemni kratki spojevi), moraju imati presjek ekrana i vodiča u skladu s pojavama kratkih spojeva i posljedicama koje oni diktiraju.

Primjer: Potreba i presjek $S = a\ i_t \sqrt{t}$ mm² gdje je a konstanta vodiča a i_t stvarna struja taljenja osigurača ili prorade sklopke.

Na primjer a_{Cu} 7,9 $i_t = 12{,}99$ kA $t = 0{,}2$ sek

pa izlazi $S = 7{,}9\ 12{,}99 \sqrt{0{,}2} = 45{,}9$ mm²

Tako se dolazi do približne moguće tipizirane snage kratkog spoja 250 MVA i 10 kV i 500 MVA za 20 kV, a struja kratkog spoja gotovo je jednaka.

Potrebno je da uzmemo u račun i struju kroz ekran, da i njega dimenzioniramo. Ovdje vrijedi relacija:

$$S = K_1\ K_2\ K_3\ I_k \sqrt{t}$$

$t = 0{,}2$ sek I_k cca 35 kA kod 110 kV mreže

K_1, K_2, K_3, koeficijenti u uskoj vezi s konstrukcijom kabela.

Potrebni presjek ekrana je oko 95 mm² za 110 kV kabel, dok je na strani 10/20/ kV potrebni presjek ekrana 40 mm². Uz kraće vrijeme t može se zaključiti da je npr. presjek ekrana od 25 mm² Cu zadovoljavajući.

Gornji mali proračuni imaju svrhu da odrede red veličine na ekzaktni proračun. (Vidi Siemens Kabel und Leitungen.)

IZNOŠENJE POTENCIJALA

Novi kabeli za razliku od klasičnih kabela postavili su i probleme u sustavu iznošenja potencijala iz pojedinih TS mahom 10/20/0,4 kV, a dakako i u sistemu direktne transformacije kod TS 110/10/20/ kV i TS 110/35/10 kV.

Uzemljenje TS vezano uz ekrane kabela dolazi kod kvara pod odgovarajući napon (potencijal) koji se iznosi iz TS po svim metalnim i uzemljenim a ne izolirajućim instalacijama. Ako su instalacije izolirane od zemlje potencijal još dalje putuje u sve ostale TS istog ili nižega ranga po vodičima kabela.

Fizikalna slika te pojave već je odavno poznata, ali je utjecaj na ostale metalne instalacije u blizini TS evidentan.

Kod kabela s klasičnom izolacijom i olovnim plaštem problem je manje izoštren jer je olovo dobrim dijelom u vodljivoj zemlji, pa čini s njom postepeni pad napona. Time kabel postaje produžena ruka uzemljivača TS i izneseni potencijal je sve manji s udaljenosti od TS.

Ako je, naprotiv, kabel s izoliranim plaštom a uzemljenim ekranom u TS, onda prenapon odnosno potencijal putuje u prvu TS i njen uzemljivač dobije potencijal prve TS itd.

Zbog toga treba izbjegavati polaganje kabela s izoliranim plaštem, jer on ne samo da iznosi potencijal, već i ugrožava ljude kod popravka kabela zbog ekrana (napon dodira i koraka) i mogućeg napona na njemu. Ako je kvar u kabelu u blizini prve TS, onda ni vodljivi plašt zbog napona na ekranu ne pomaže, već treba izvršiti ekvipotencijalizaciju radnog mjesta ili raditi s izoliranim rukavicama i prostiračem, kao rad pod naponom. Kako može izuzetno doći do povišenja potencijala u uzemljivaču TS, to i svi kabeli s izoliranim ekranom postaju potencijalno vezani s uzemljivačem a da se napon ne ruši postepeno s dužinom kabela.

Zbog toga je i problem iznošenja potencijala teoretski vrlo zanimljiv fenomen, a praksa ne pridaje veću pažnju tom problemu. Zato bi teoretski bilo najopravdanije da se polažu samo kabeli s ekranom — uzemljivačem, jer je onda uzemljivač poduprijet s uzemljivajućim ekranima i izneseni potencijal (kod kvara) najmanji. Najbolje je, dakle, upotrebljavati samo poluvodljive ekrane koji štite od korozije kabel, a ujedno čine ekran, slično klasičnim kabelima, vodljivim.

Ukratko, dopušteni naponi dodira i koraka za ove slučajeve moraju biti u granici propisa (ili treba predložiti promjenu propisa). No kako se radi o kvaru izuzetno kratko vrijeme, to je vjerovatnost nastanka kvara gotovo jednaka blizini nule.

Za preporučeni kabel s vanjskim plaštem od poluvodljive mase ostaje također pitanje utjecaja prodora vlage u kabel, i to naročito na izolaciju. Potrebno je zbog toga izraditi izolaciju s takvim osobinama da ne bude osjetljiva na vlagu, a na tome se već radi.

Kao zamjena mogu poslužiti rješenja s polaganjem kabela s izoliranim plaštem, uz dodatak vodljivog užeta odgovarajućeg presjeka. Time se snizuje iznešeni potencijal u prvoj TS u koju kabel ulazi, a i u polaznoj TS. Međutim, ekran kabela je izoliran, pa se kod umetka spojnice u kabel potencijal polazne TS prenosi po ekranu kabela na mjesto izrade spoja u punom iznosu potencijala polazne TS.

Zbog toga bi trebalo zbog mogućnosti dozemnog kratkog spoja u polaznoj TS vršiti zahvate na spajanju spojnice na uobičajeni način rada pod naponom, što je veoma otežavajuća okolnost. Potrebno je izraditi detaljne upute za taj rad pod mogućim naponom uz odobrenje nadležnog inspektora, a rad je veoma usporen zbog potrebne upotrebe opreme za rad pod naponom.

Zaključak

Kabel treba upotrijebiti u konstrukciji koja zadovoljava približno ili potpuno uvjetima koje postavlja mreža. Pri tome treba imati na umu pojavu iznešenog potencijala kod njegovih mogućih pojava (uzemljena nul-točka mreže preko malog otpora.)

Kod izoliranih nul-točki mreža prilike su mnogo manje izražene i gotovo uvijek zadovoljavaju moguće konstrukcije kabela. Plašt kabela iznad ekrana mora biti izrađen od poluvodljive mase kako bi se izneseni potencijal što brže rušio prema susjednim TS, čime djelomično otpada upotreba sredstava za rad pod mogućim naponom. Potrebno je uzeti u obzir da i kraće vrijeme isklopa povećava dopušteni dodirni napon te treba sve veličine uskladiti.

Ovaj pregled mogućnosti prilagođenja kabelske konstrukcije s uvjetima koje postavlja mreža imaju za cilj da pokrenu šire diskusije o izradi optimalne konstrukcije kabela koje zadovoljavaju uvjete mreža barem isto toliko koliko i klasične kabelske konstrukcije.

Faktor redukcije magnetskog polja (utjecaj na druge instalacije) mora također biti prilagođen potrebama mreže.

U tom smislu valja usmjeriti pravce razvoja kabelske konstrukcije. Treba izučiti polaganje kabela u loše (toplinski i električki) vodljivom tlu kako bi se našle mogućnosti polaganja i u terenima s otežanim uvjetima. Potrebno je odgovoriti i na pitanje da li je polaganje golog vodiča uz kabel dovoljna zamjena za uzemljavajuću karakteristiku ekrana u uvjetima izolacije od zemlje. Činjenica je isto tako da uzemljeni kratko spojeni kabel u TS prenosi napon uzemljivača TS po vodičima do mjesta rada na kabelu i izaziva opasne napone dodira i koraka bez obzira na konstrukciju kabela.

Time je ugrožena sigurnost radnika na mjestu rada na kabelu jer ako nastupi istovremeni kvar u polaznoj TS, što izaziva prenapon na izemljivaču, to i na mjestu rada s kabelskim vodičem dobivamo napon uzemljivača po vodiču kabela uzemljenog i kratko spojenog u TS.

Jedno je od rješenja ne uzemljivati vodiče u TS nakon izbijanja kabela, ali to se protivi propisima i izaziva još veću i češću pojavu slučajnog ukapčanja kod rada (potrebne blokade). Rješenje je i u dovođenju neutralnog uzemljivača u TS.

KEY WORDS:

CABLES, TRANSFER OF POTENTIAL, GROUNDING, KABLE SCREEN, REDUCTION FACTOR

POWER CABLES AS NET ELEMENT

Due to impact of higher potential of grounding in transformer station 110/10/2 kV there is better potential transfer out of TS by classical type of cables. It is possible to make partialy compensation by modern power cables by using semiconducting mantel or by depositing additional rope for faster decrease of potential.

DAS ENERGIEÜBERTRAGUNGSKABEL ALS NETZELEMENT

Durch den Potentialanstieg der Erdung in Transformatorenstationen 110/10/20 kV verbessert sich die Potentialübertragung aus den Trafostationen bei der Verwendung von klassischen Kabelausführungen. Auch bei zeitgemässen Kabelausführungen kann durch die Verwendung von halbleitenden Kabelummantelungen oder durch gesonderte Verlegung eines zusätzlichen Leitungsseils eine bessere Potentialabnahme erreicht werden.

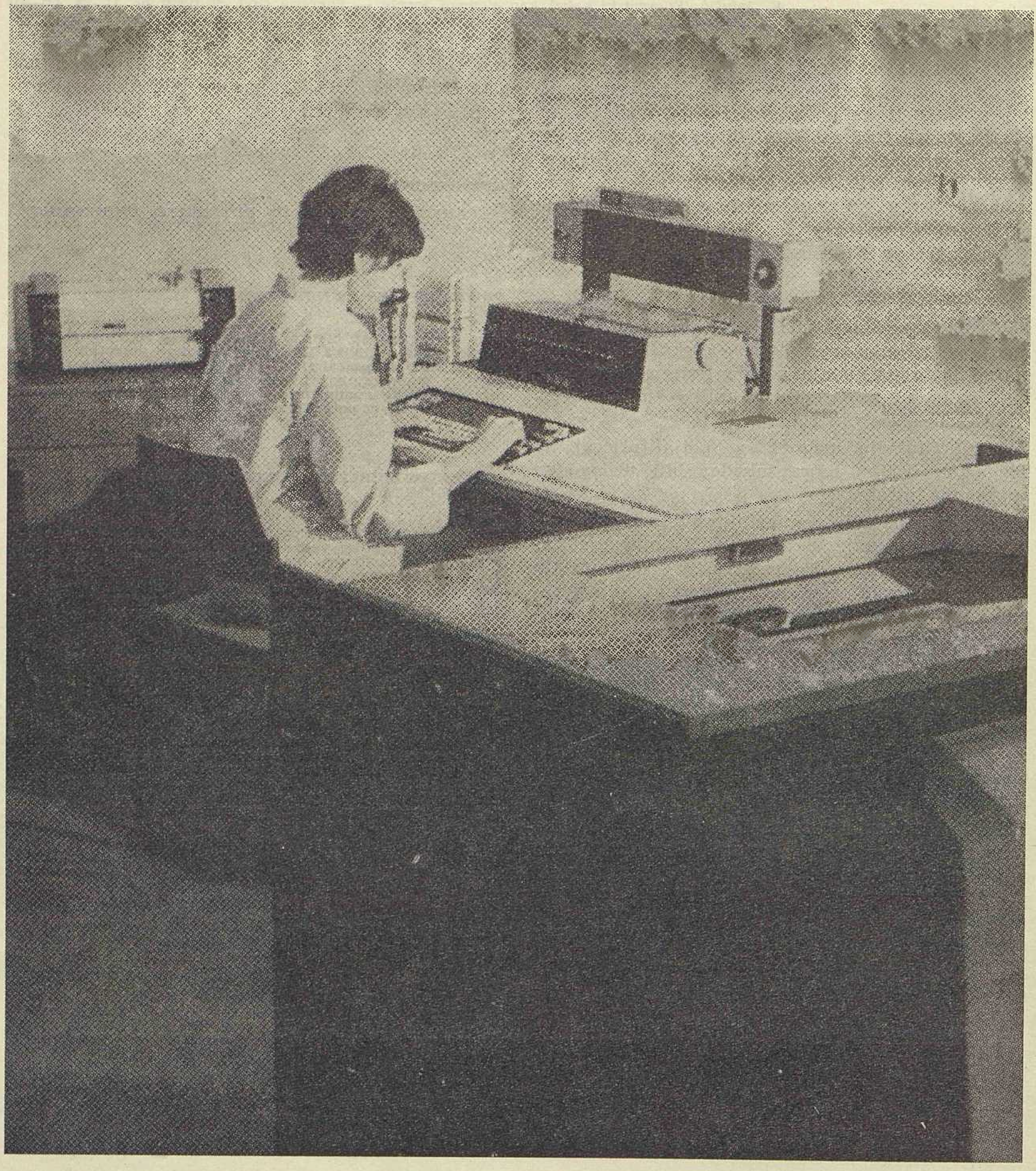
СИЛОВОЙ КАБЕЛЬ В КАЧЕСТВЕ ЗВЕНА СЕТИ

Традиционные типы силовых кабелей более благоприятно производят вынос повышенного потенциала заземлителей из ТП 110/10/20 кВ. Различие может быть частично возмещено и у кабелей современной конструкции с применением поливинилхлоридного плаща или прокладкой добавочных тросов для более быстрого спада потенциала.

Naslov pisca:

Krunoslav Jalušić, dipl. ing.
Elektra, Gundulićeva 32,
41000 Zagreb

Uredništvo primilo rukopis
1982 - 06 - 01



Energija God. 31 (1982) br. 11—12, 437—442

UZEMLJENJE NOSNE KONSTRUKCIJE LINIJSKOG RASTAVLJAČA 10/20/kV NA DRVENOM STUPU

Mr Elio Sterpin, Pula

UDK 621.316.9:621.315.2
STRUČNI RAD

Razmatrane su prednosti i mane uzemljenih ili neuzemljenih nosećih konstrukcija linijskih rastavljača u nadzemnoj mreži 10/20/kV. Predlaže se da se takvi rastavljači uzemljuju u područjima u kojima je velika izloženost stupova onečišenju morskom soli i tamo gdje se zahtijeva veća sigurnost prorade relejne zaštite.

Ključne riječi: nadzemna mreža 10/20/kV, linijski rastavljač, nosna konstrukcija.

U V O D

Linijski rastavljači u zračnim mrežama 10 (20) kV postavljaju se na željeznim, armiranobetonskim ili drvenim stupovima.

U »Elektroistri« Pula, linijski rastavljači postavljeni su pretežno na drvenim stupovima. Na temelju dosadašnjeg pogonskog iskustva, smještaj linijskih rastavljača na tim stupovima uzrok je povremenih smetnji u pogonu koje treba dublje analizirati.

U primorskim krajevima odavno je poznat negativan utjecaj mora, odnosno soli na izolacijski nivo zračnih mreža.

Taloženje soli na izolatore i na drvu stvara vodljivu stazu izolator — konzola — drvo — konzola — izolator, odnosno izolator — konzola — drvo — zemlja, koja može izazvati izgaranje drvenih stupova. Radi sprečavanja pojave vodljive staze na samom stupu, već duže vrijeme vrši se međusobno povezivanje konzola (podupora) čeličnim vodičem. Na taj je način u većini slučajeva riješen problem izgaranja običnih drvenih stupova 10(20) kV. Međutim, kod linijskih rastavljača na drvenim stupovima problem izgaranja nije do danas riješen, jer je ovdje, za razliku od običnih drvenih stupova, presudna upravo vodljiva staza prema zemlji. Ova strujna staza obično nastaje kad oslabi izolacija ili probije izolator jedne faze prema zemlji i tada je najviše izražena. Tome pridonosi neosjetljivost relejne zaštite kod dozemnih kvarova na linijskom rastavljaču zbog veze sa zemljom preko dijela drvenog stupa koji ima visok prijelazni otpor.

Na osnovi navedenih problema postavlja se pitanje da li uzemljiti nosnu kontrukciju rastavljača ili je ostaviti i dalje neuzemljenom.

Da bi se odgovorilo na to pitanje, potrebno je prethodno detaljno razmotriti svu problematiku vezanu za jedno i drugo rješenje.

1. Komentar tehničkih propisa i literature

Kod izvođenja zaštitnog uzemljenja u nadzemnim mrežama 10 (20) kV vrijede sljedeći tehnički propisi:

— Metalni i armirano-betonski stupovi moraju se uzemljiti ako se samim ukopavanjem stupa ne postigne dovoljan otpor uzemljenja.

— Na drvenim stupovima se ne izvodi uzemljenje, osim onda ako nose zaštitno uže ili ako metalne dijelove treba uzemljiti. Inače se uzemljenje izvodi na isti način kao kod metalnih i armiranobetonskih stupova.

— Nosne konstrukcije rastavljača na metalnim, armiranobetonskim i drvenim stupovima s metalnim premoštenjem (npr. s dozemnim užetom) treba uvijek zaštitno uzemljiti. Osim toga, treba postaviti oko stupa dodatni trakasti uzemljivač (10 cm ispod zemlje) radi oblikovanje potencijala.

— Konzole i rastavljače na drvenim stupovima sa zaštitnim užetom ili bez njega ne treba uzemljiti. U polužni pogon linijskog rastavljača treba ugraditi izolator čiji je nazivni (podnosivi) napon barem jednak nizivnom (podnosivom) naponu izolatora na vodu. Pogonski mehanizam ispod izolatora mora se uzemljiti.

— Metalne plašteve i armature kabela, kabelske glave odvodnika prenapona i transformatora na drvenim betonskim i metalnim stupovima treba uvijek uzemljiti. U tom slučaju treba na isto uzemljenje spojiti i sve ostale metalne konstrukcije na stupu, pa i linijski rastavljač.

Prema postojećoj literaturi koja obrađuje uzemljenje stupova, drveni stupovi u nadzemnim mrežama obično se ne uzemljuju, za razliku od željeznih stupova koji se uzemljuju, zbog toga što su inače međusobno povezani posredstvom zaštitnog užeta.

Na osnovi toga vrijedi izraz za izoliranu mrežu

$$R_{uz} \leqslant \frac{125}{Iz},$$

gdje je:

R_{uz} — otpor zaštitnog uzemljenja u omima
I_z — struja zemljospoja u amperima.

Podupore i konzole drvenih stupova obično se ne uzemljuju. Kod vlažnog vremena uz oslabljene izolacije zbog toga nastaju odvodne struje, koje mogu biti opasne kod dodira, a ponekad mogu prouzrokovati i izgaranje drvenog stupa.

U pogledu zaštite od napona dodira, utjecaj tih odvodnih struja može se neutralizirati postavljanjem obujmica nadohvat ruke. Pri tome obujmicu treba uzemljiti.

To se vrši kod drvenih stupova koji su u blizini prometnih putova. Uzemljenje se sastoji, na primjer, od cijevnog uzemljivača dužine 2 m.

Nosne konstrukcije linijskih rastavljača na drvenim stupovima ne uzemljuju e, niti se spajaju na zaštitno uže, jer bi se time oslabila izolacija u odnosu na ostalu izolaciju mreže u koju ulazi i otpor samog drvenog stupa. S druge strane, upotreba rastavljača sa izolatorima višeg napona ne nudi toliku sigurnost prema proboju koliko iskorištenje izolacije drvenog stupa.

Zaštitno uže ne smije se uzemljiti kod stupova s dodatnim napravama, kao što je, na primjer, linijski rastavljač, nego se to vrši na bližim ili susjednim tupovima.

Odvodne struje koje se javljaju na stremenastom pogonu rastavljača odvode se tako da se donji dio osovine spoji na poebno manje uzemljenje u obliku rešetke koji se postavlja 10 cm ispod površine zemlje na mjestu gdje se vrši posluživanje.

Rešetka mora biti postavljena tako da se ne može premostiti dosegom ruke.

Stremenasti pogon ni u kojem slučaju ne smije se pojiti sa zaštitnim užetom.

Stupni rastavljači postavljaju se, po mogućnosti, na drvenim stupovima jer je opasnost za pogonsko osoblje kod željeznih stupova mnogo veća. Zato metalni tup treba po propisima uzemljiti, te na ma mjestu posluživanja položiti dodatni mrežati uzemljivač plitko pod zemljom.

Noseća postolja za transformatore, kondenzatore, kabelske glave i ostale opreme na stupu treba uzemljiti na posebno uzemljenje koje mora biti adekvatno dimenzionirano. Na isto uzemljenje treba priključiti ostale naprave metalnog stupa. Slično vrijedi za sve metalne stupove na kojima su postavljeni rastavljači, nasuprot rastavljačima na drvenim stupovima, čije nosne konstrukcije ne treba uzemljiti.

Za zaštitu pogonskog osoblja na metalnim, željezno-betonkim stupovima i drvenim stupovima s metalnim vezama postaviti metalna postolja koja su s njima povezana.

Postolja na drvenim stupovima bez metalnih veza ne smiju se uzemljiti na istom stupu, već na susjednom. Na taj način se naponi koraka i dodira u slučaju kvara ne pojavljuju uz sam stup na koji se mora penjati pogonsko osoblje, već na susjednom.

Prethodni tekst je u skladu s postojećim tehničkim propisima, odnosno prema literaturi kojom se danas raspolaže.

U praksi, međutim, postoje neki argumenti koji itu u prilog, ili su protiv ranije navedenih rješenja.

2. Nosna konstrukcija linijskog rastavljača nije uzemljena

Argumenti koji idu u prilog neuzemljene nosne konstrukcije linijskog rastavljača na drvenom stupu su slijedeći:

— Linijski rastavljač mora imati takvu izolacionu čvrstoću prema zemlji koja je barem jednaka izolacionoj čvrstoći ostale mreže.

  Ovdje je presudna izolacija drvenog stupa koja, prema literaturi, može izdržati u suhom stanju udarne napone do 300 kV/m.

  Dakle, linijski rastavljač ne smije biti prema unutarnjim i vanjskim prenaponima slabo mjesto u mreži koja je izvedena na drvenim stupovima.

— Linijski rastavljač u zračnoj mreži 10(20) kV služi kao element za manipulaciju, odnosno za vidno razdvajanje dvaju dijelova mreže i kao takav predstavlja u otvorenom položaju točku refleksije svih oblika prenapona.

  U tom slučaju prenaponi se superponiraju, i zato predstavljaju još veću opasnost za izolatore koji kod linijskog rastavljača u otvorenom položaju moraju omogućiti sigurnu izolaciju u odnosu na isključeni dio mreže.

  Nesumnjivo je da se s neuzemljenom nosnom konstrukcijom rastavljača u određenoj mjeri povećava izolaciona čvrstoća prema zemlji.

  Međutim, prethodni argumenti su u izvjesnom smislu diskutabilni, i to ponajviše iz ovih razloga:

— Drveni stup na kojem je smješten linijski rastavljač čija konstrukcija nije uzemljena ne može se smatrati izolacijski istim kao bilo koji noseći ili zatezni obični drveni stup u mreži 10(20) kV.

A to se može objasniti na vrlo jednostavan način:

Postolje rastavljača čini metalnu vezu između pripadnih izolatora pojedinih faza, te je njegova međufazna izolacija smanjena u odnosu na bilo koji obični drveni stup koji ima izolatore istog naponskog nivoa i čije konzole nisu međusobno metalno povezane.

Izolacija prema zemlji također se ne može smatrati jednakom između ta dva stupa.

Stup na kojem je smješten linijski rastavljač ima uzemljenu ručku stremenastog pogona. Ovo uzemljenje predstavlja solidnu vezu drveni stup — zemlja posredstvom vijaka koji pričvršćuju nosač ručke s motkom i vodilice do samog sigurnosnog izolatora.

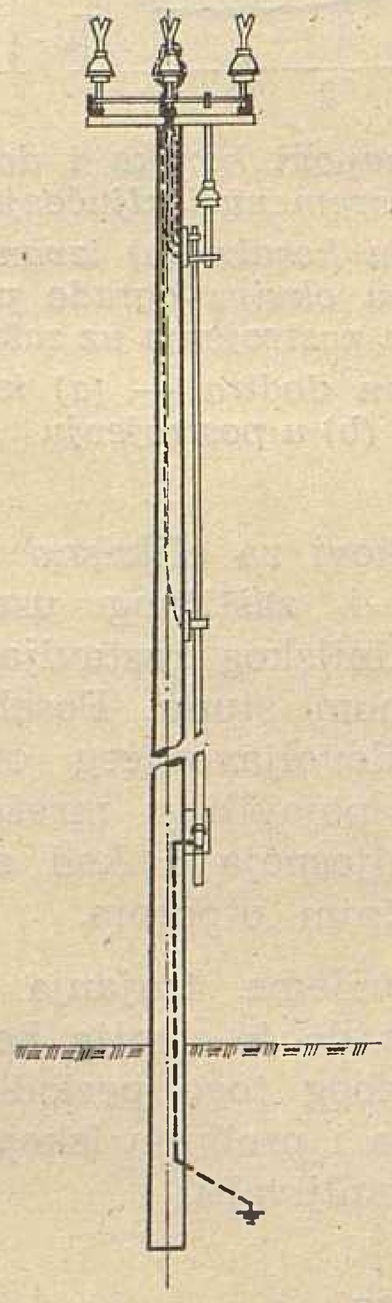
Prema tome, drveni stup sudjeluje u dodatnoj izolaciji praktički od donjih vijaka postolja linijskog rastavljača do vijaka koji pričvršćuju najgornju vodilicu stremenastog pogona.

Navedeni razmak inosi otprilike jedan metar, te je osjetno manji od razmaka donje konzole — zemlja kod običnog drvenog stupa.

Osim toga, prijelazni je otpor između drva i zemlje zbog metalne veze također manji nego kod običnog drvenog stupa.

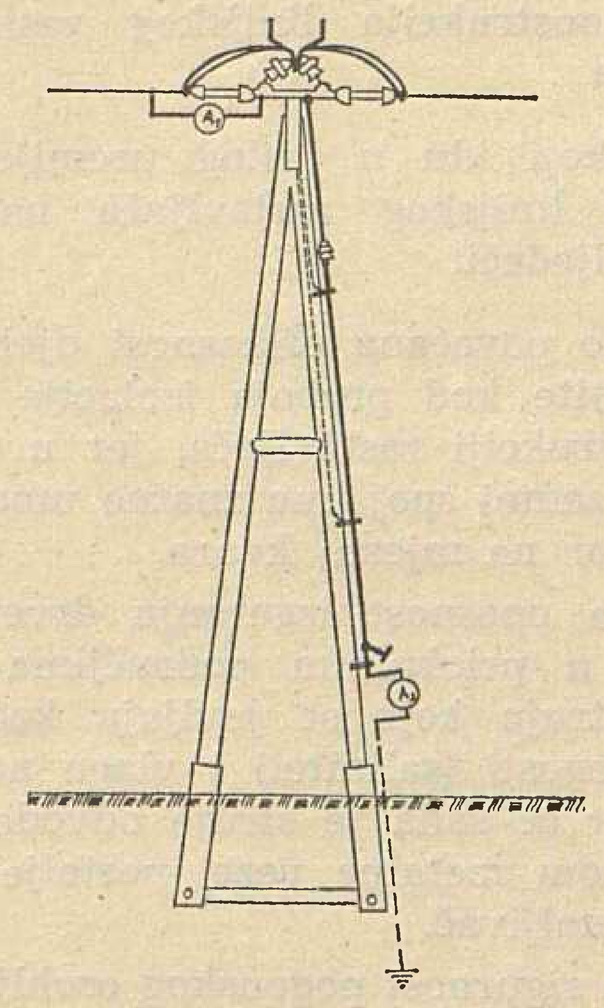
Ovaj znatno umanjeni otpor prema zemlji u uvjetima kvara prouzrokuje povećanje odvodnih struja između donjih vijaka nosne konstrukcije rastavljača i vijaka vodilica stremenastog pogona. Kao rezultat toga nastaje strujna staza na drvu koja ima najveću gustoću struje u donjim vijcima nosne konstrukcije rastavljača (sl. 1).

Na mjestu dodira tih vijaka s drvom dolazi do tinjavog izbijanja i drvo se polako karbonizira, a u krajnjem slučaju izgori s posljedicama koje su svima poznate.



Sl. 1. Prikaz odvodnih struja na linijskom rastavljaču

Radi praktične provjere prethodno navedenih pojava obavljena su mjerenja odvodne struje na linijskom rastavljaču pri spoju jedne faze na nojsnoj konstrukciji (sl. 2).



Sl. 2. Prikaz mjerenja odvodnih struja na linijskom rastavljaču

Izabrani rastavljač na »A« stupu lociran je u blizini mora.

Otpor zaštitnog uzemljenja ručke stremenastog pogona iznosi 25 oma.

Dobiveni su ovi rezultati:

— Prvo mjerenje obavljeno je nekoliko dana nakon višednevnih kiša. U suhom stanju na ampermetru A2 izmjerena je struja od 21,5 mA. Zatim je stup poliven vodom, te se struja povećala na 28 mA.

— Drugo mjerenje obavljeno je nakon dužeg sušnog razdoblja. U suhom stanju na ampermetru A1 izmjerena je ukupna odvodna struja od otprilike 2 mA. Ova se struja nakon poljevanja vodom povećala na vrijednost 29 mA. Istovremeno je na ampermetru A2 izmjerena struja od 28,5 mA. Taj rezultat pokazuje da najveći dio ukupne odvodne struje (zemljospoja) protječe kroz stremenasti pogon k zemlji, a time se može objasniti prije navedena pojava izgaranja drvenog stupa.

— Sljedeća mana neuzemljene nosne konstrukcije jest neosjetljivost relejne zaštite kod zemlospoja na linijskom rastavljaču zbog visokog otpora kvara. Naime, proboj jednog izolatora na linijskom rastavljaču u izoliranoj mreži 10(20) kV predstavlja kvar prema zemlji koji nema neposrednu vezu sa zemljom s obzirom na to da između nosne konstrukcije rastavljača i zemlje postoji određena dužina drvenog stupa sa značajnim otporom. Taj je otpor zajedno s otporom uzemljenja redovito čak i kod vlažnog vremena toliko visok da relejna zaštita nije dovoljno osjetljiva u registriranju takve vrste kvara. U dosadašnjoj praksi postoji niz takvih primjera gdje nije došlo do djelovanja relejne zaštite upravo zbog visokog otpora kvara.

3. Nosna konstrukcija linijskog rastavljača je uzemljena

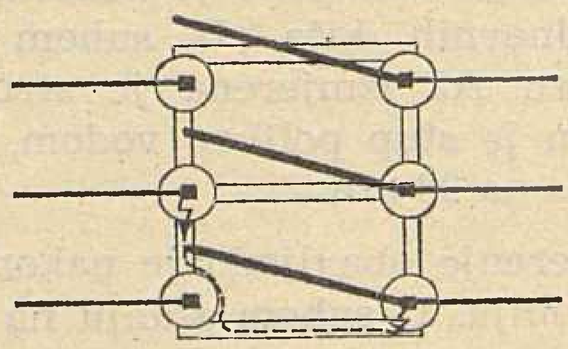
Argumenti koji idu u prilog uzemljenja nosne konstrukcije linijskog rastavljača na drvenom stupu jesu sljedeći:

— Višestruko povećana efikasnost djelovanja relejne zaštite kod proboja izolacije na metalnoj konstrukciji rastavljača, jer u tom slučaju svaki zemni spoj ima znatno umanjeni prelazni otpor na mjestu kvara.

— Uklonjena opasnost izgaranja drvenog stupa, naročito u priobalnim područjima zbog odvodnih struja koje se javljaju kao posljedica zagađenosti (salinitet) i vlage na drvenom stupu, jer se sada te struje odvode u zemlju posredstvom metalne veze, postolje rastavljača — uzemljivač.

— Povećana sigurnost pogonskog osoblja kod proboja izolacije linijskog rastavljača između dvije različite faze na suprotnim izolatorima jer u tom slučaju postoji velika vjerojatnost prorade relejne zaštite.

Za primjer korisno je navesti događaj u mreži 10 kV Rovinja, gdje je došlo do proboja dvaju izolatora na linijskom rastavljaču s jedne i s druge strane noževa u različitim fazama (sl.3).



Sl. 3. Proboj izolatora na linijskom rastavljaču

U uključenom položaju rastavljača relejna zaštita je proradila jer se radilo o međufaznom kvaru. Kod otvaranja rastavljača radi sekcioniranja mreže ostala je samo jedna strana rastavljača pod naponom, te je tako međufazni kvar pretvoren u zemljospoj s visokim prelaznim otporom i zaštita nije proradila.

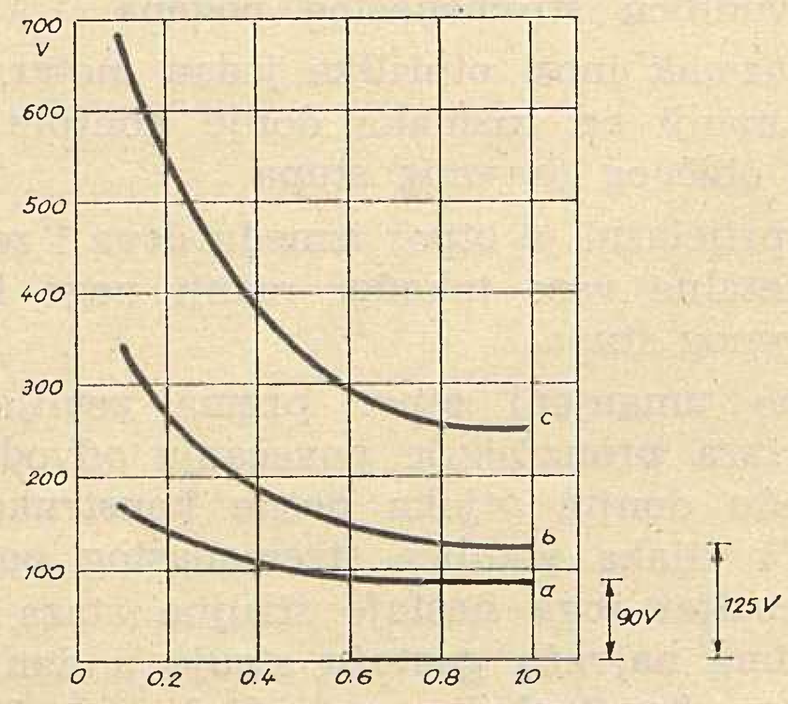
Zbog probijenih izolatora na nosnoj konltrukciji napon je bio prisutan u jednoj fazi isključenog dijela voda, što je moglo dovesti do tragičnih posljedica za pogonsko osoblje.

S druge strane, argumenti koji su protiv uzemljenja nosne konstrukcije linijskog rastavljača na drvenom stupu su sljedeći:

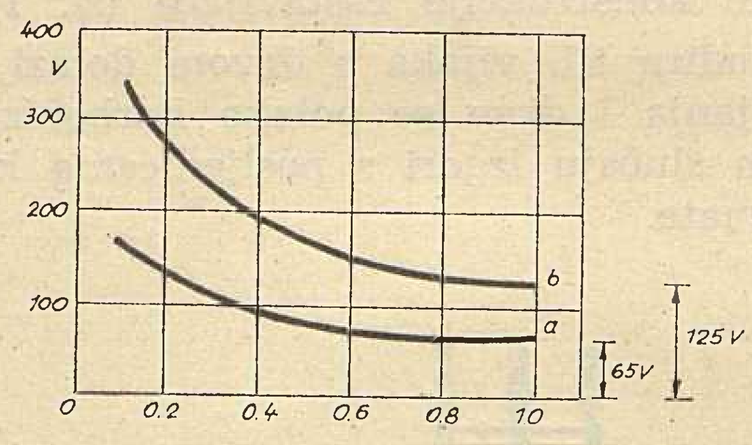
— Donekle narušena koordinacija izolacije u zračnim mrežama 10(20) kV, s obzirom da linijski rastavljač u tom slučaju predstavlja mjesto koje ima oslabljenu izolaciju prema zemlji u odnosu na ostalu mrežu koja je izvedena na drvenim stupovima.

— Povećana opasnost za pogonsko osoblje zbog napona koraka i dodira koji se mogu pojaviti u slučaju da nije postignut odgovarajući otpor uzemljenja. Treba napomenuti da napon dodira smije iznositi najgiše 65 V, dok uzemljivač mora biti dimenzioniian na najveću struju zemljospoja koja se može pojaviti u pripadnoj mreži 10(20) kV.

Naravno da vrijeme djelovanja zaštite može donekle ublažiti ove kriterije (sl. 4.a, b).



a)



b)

Sl. 4. Dopušteni naponi koraka i dodira u ovisnosti o vremenu isključenja

a) Dopušteni napon koraka (a) izvan postrojenja, (b) izvan postrojenja u okviru ograde postrojenja, (c) u krugu vanjskih postrojenja uz zaštitna sredstva

b) Dopušteni napon dodira — (a) izvan postrojenja, (b) u postrojenju

— Povećani troškovi za efikasno izvođenje ekvipotencijalnog i zaštitnog uzemljenja nosne konstrukcije linijskog rastavljača koji se nalazi na drvenom stupu. Posebne teškoće za postizanje zadovoljavajućeg otpora uzemljenja mogu se pojaviti u mrežama s visokim strujama zemljospoja i kod zemljišta s visokim specifičnim otporom.

— Ograničeno vrijeme trajanja uzemljivača s obzirom na to da je zemlja kemijski aktivna. Potrebno je zbog toga periodički mjeriti otpor uzemljenja i probnim iskopavanjima utvrditi stanje uzemljivača.

4. Prijedlog mjera

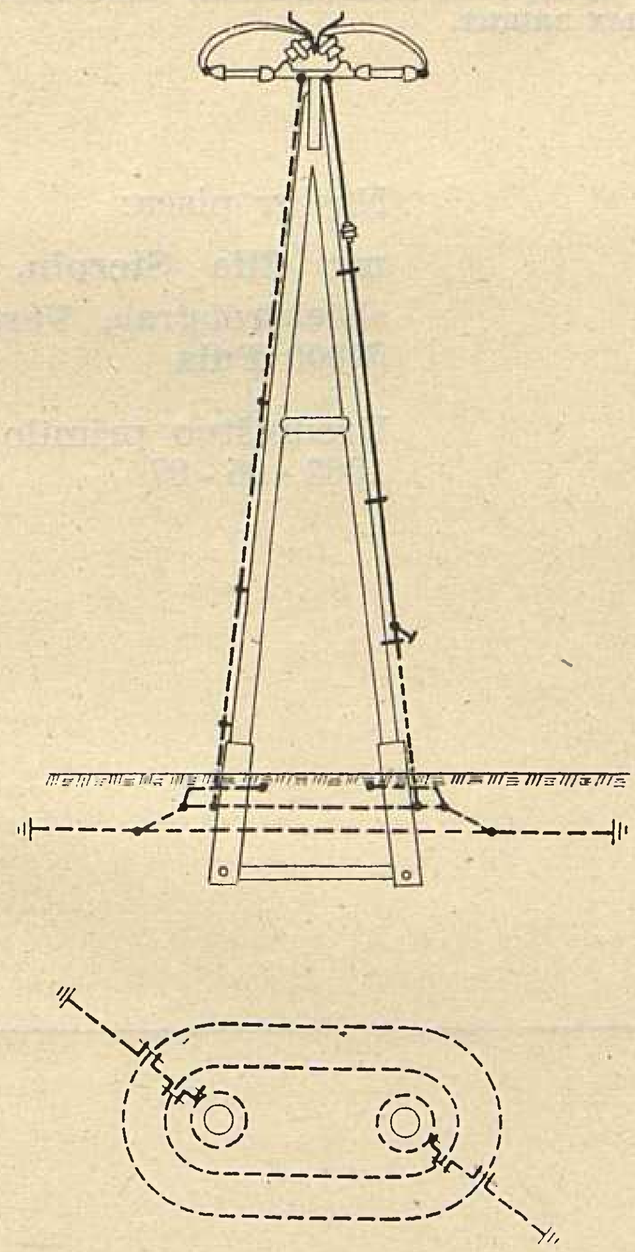
Postojeći propisi izričito ne zabranjuju uzemljenje nosne konstrukcije linijskih rastavljača na drvenim stupovima.

Prema tome, odluka o uzemljenju mora biti donesena s obzirom na ostvarene prilike na terenu.

Zaštitno i ekvipotencijalno uzemljenje mora biti propisno izvedeno. Osnovni preduvjet za pravilno dimenzioniranje tih uzemljivača jest pravilna procjena specifičnog otpora tla i struje zemljospoja, koji se za svaki konkretan slučaj mogu odrediti samo na osnovi niza mjerenja.

U »Elektroistri«, Pula smatraju da bi bilo poželjno uzemljiti nosne konstrukcije linijskih rastavljača na drvenim stupovima, čime bi se onemogućilo njihovo izgaranje.

Međutim, imajući na umu da takvih rastavljača ima nekoliko stotina, te da svugdje nije moguće postići zadovoljavajući otpor uzemljenja, ovu mjeru treba svesti na stupne rastavljače koji se nalze na mjestima koja su najugroženija u pogledu morskog zagađivanja i tamo gdje specifični otpor zemlje omogućava propisno izvođenje ekvipotencijalnog i zaštitnog uzemljenja bez naročitih troškova (sl. 5).

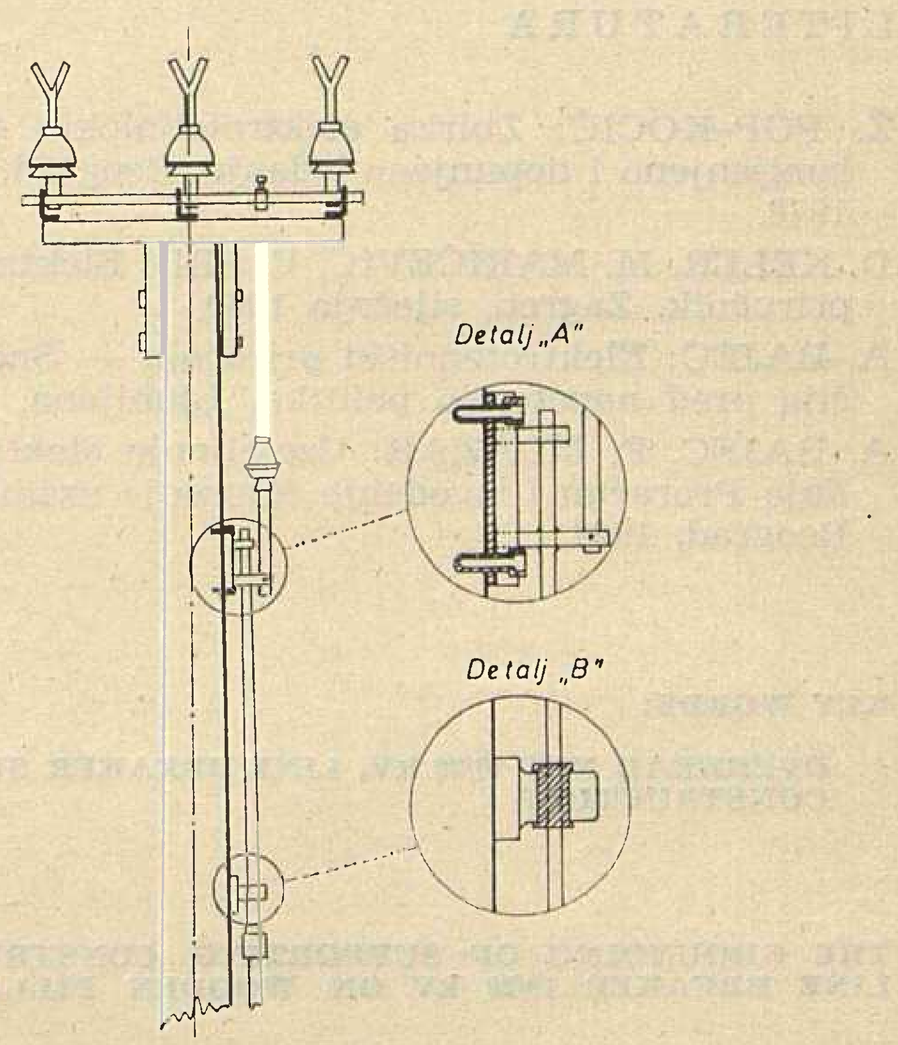


Sl. 5. Prikaz uzemljenja linijskog rastavljača na drvenom stupu

U tom slučaju izvrši se direktan spoj nosne konstrukcije linijskog rastavljača na zaštitni uzemljivač posredstvom pocinčane trake Fe 30 × 3,5 mm. Kod »A« stupa to se vrši na onom dijelu gdje nije smješten stremenasti pogon rastavljača, koji ostaje i dalje povezan na ekvipotencijalni uzemljivač. Zaštitni izolator na gornjoj poluzi ne treba demontirati s obzirom na to da nije nikava smetnja za daljnji pogon.

Kod ostalih linijskih rastavljača problem saliniteta može se u određenoj mjeri riješiti tako da se spriječi pojava vodljive staze izolator — postolje — drvo — stremenasti pogon — zemlja. Navedeno rješenje svodi se zapravo na izoliranje stremenastog pogona od drva na kojem je pričvršćen.

To se postiže izoliranjem poluge od svih vodilica koje su s vijcima pričvršćene na drveni stup, ili izoliranjem vodilica i nosača ručke zajedno s vijcima u odnosu na drvo (sl. 6).



Sl. 6. Način izoliranja stremenastog pogona linijskog rastavljača

Kod prvog slučaja to može biti bakelitna ili plastična cijev koja onemogućava dodir poluge i vodilice. Kod drugog slučaja mogu se upotrijebiti specijalni čepovi od izolacijskog materijala koji bi poslužili kao košuljica između metalnih vijaka i drva.

Preporučljivo je to provesti na svim linijskim rastavljačima koji se nalaze u područjima koja su izložena salinitetu mora.

Spomenute mjere uz manje troškove mogu učiniti pogon sigurnijim kod svih onih stupnih rastavljača čija nosna konstrukcija nije uzemljena.

5. Zaključak

Pitanje uzemljenja nosne konstrukcije linijskih rastavljača 10(20) kV na drvenim stupovima u »Elektroistri«, Pula veoma je aktualno. Na nekim linijskim rastavljačima, uz suglasnost elektroenergetskog inspektora, obavljeno je spomenuto uzemljenje, i do sada nije bilo nekih negativnih posljedica za pogon.

Međutim, realno se može očekivati u tim slučajevima više proboja izolatora prema masi, i to prvenstveno zbog atmosferskih pražnjenja. Nasuprot tome, bitno se povećava pouzdanost i efikasnost rada relejne zaštite, dok se istovremeno eliminiraju mogućnosti izgaranja drvenog stupa.

Na osnovi stečenih spoznaja može se zaključiti da uzemljenje nosne konstrukcije linijskog rastavljača 10(20) kV treba provesti u pravilu na onim mjestima gdje su već ustanovljeni slučajevi izgradnje stupa i tamo gdje se zahtijeva veća sigurnost prorade relejne zaštite.

LITERATURA

Ž. POP-KOCIĆ: Zbirka elektrotehničkih propisa IV izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Beograd, septembra 1978.

D. KELER, M. MARIČEVIĆ, V. SRB: Elektromonterski priručnik, Zagreb, siječnja 1969.

A. BAJEC: Elektrotehniški priročnik — Snopič 1 Zaščita pred napetostjo politika, Ljubljana, 1968.

A. BAJEC, F. MLAKAR: Uzemljenje električnih uređaja Proračun i izvodenje Mjerenje uzemljenja, ZJE Beograd, 1964.

KEY WORDS:

OVERHEAD NET 10/20 kV, LINE BREAKER SUPPORTING CONSTRUCTION

THE GROUNDING OF SUPPORTING CONSTRUCTION OF LINE BREAKER 10/20 kV ON WOODEN PILLAR

In the article are analised advantages and disadvantages of grounded and non-grounded supporting constructions of line breakers 10/20 kV. It is suggested to ground such constructions in area of sea salt contamination as in cases where is required greater reliability of reley protection operation.

ERDUNG DER TRAGKONSTRUKTIONEN VON AUF HOLZMASTEN MONTIERTEN LEISTUNGSTRENNSCHALTERN

Untersucht werden die Vor-und Nachteile von geerdeten und nichtgeerdeten Tragkonstruktionen der Leistungstrennschalter in 10/20 kV Anlagen. Vorgeschlagen wird die Erdung solcher Schalter in Gebieten, in denen die Holzmasten wesentlich Einflüssen salzhaltiger Luft ausgesetzt sind und wo eine grössere Zuverlässigkeit für das Ansprechen des Relaisschutzes gefordert wird.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ЛИНЕЙНОГО РАЗЪЕДИНИТЕЛЯ 10(20) кВ НА ДЕРЕВЯННОЙ ОПОРЕ

Рассматриваются преимущества и недостатки заземленных и незаземленных несущих конструкций линейных разъединителей воздушных сетей 10(20) кВ. Предлагается заземлять подобные разъединители в ранонах большой подверженности опор загрязнению отложениями морской соли и там, где требуется повышенная надежность срабатывания релейных защит.

Naslov pisca:

mr Elio Sterpin, dipl. ing.

»Elektroistra«, Vergirijeva 10, 52000 Pula

Uredništvo primilo rukopis
1982 - 06 - 07

UPOZORENJE AUTORIMA I STRUČNIM RECENZENTIMA

U našem časopisu u broju 5—6/1980, u skladu s Jugoslavenskim zakonom o mjernim jedinicama, dali smo pregled novih jedinica i njihove definicije, prema Systeme International d'Unites, tj. Međunarodnom sistemu jedinica. Kratica SI.

Molimo autore da u svojim člancima upotrebljavaju takve mjerne jedinice.

UREDNIŠTVO

Energija God. 31 (1982) br. 11—12, 443—452

POJEDNOSTAVLJENE TRANSFORMATORSKE STANICE I NEKA NAŠA ISKUSTVA

Kiril A. Tropin, Beograd

UDK 621.311.42
STRUČNI RAD

Prikazana su konstruktivna rješenja pojednostavljenih transformatorskih stanica (bez prekidača na strani višeg napona) koje su korištene i u nas. Iznesene su prednosti s obzirom na investicije i eksploataciju i mišljenja o perspektivnosti takvih stanica za napone 35 kV do 220 kV.

Ključne riječi: električna postrojenja, električni prekidači, dispozicija električnog postrojenja, pogonska iskustva.

UVOD

Izgradnja transformatorskih stanica sa prekidačima na strani višeg napona iziskuje velika ulaganja u razvodna postrojenja viših napona koja čine znatan deo ukupnih investiranja u transformatorske stanice. Da bi se postigao veći tehničko-ekonomski efekat, grade se u svetu i transformatorske stanice bez prekidača na strani višeg napona. Usled toga osetno se smanjuju investiciona ulaganja i godišnji pogonski troškovi. Ova smanjenja nastaju zato što nema prekidača i sabirnica na strani višeg napona, nema akumulatorske baterije, odnosno kompresorskog postrojenja, usled smanjenja potrebnog prostora — površine zemljišta,* povećanja preglednosti transformatorske stanice za vreme pogona, smanjenja vremena izgradnje i približavanja postrojenja potrošačima.

Usled toga:

a) stvaraju se uslovi za industrijsku izradu i olakšanu montažu jeftinih transformatorskih stanica 35-220, a i 400 kV;
b) poboljšavaju se uslovi za pogon i održavanje transformatorske stanice;
c) stvaraju se uslovi za potpunu automatizaciju transformatorske stanice, tj. potpuno izostavljanje pogonskog osoblja, pa prema tome i pomoćnih prostorija, vodovoda, kanalizacije i dr.

Transformatorske stanice bez prekidača na strani višeg napona koriste se u velikom broju ne samo u mrežama elektroenergetskih sistema, već i u industrijskim poduzećima, za elektrifikaciju železnica itd.

* Prema nekim rešenjima potrebne površine iznose za: TS 110/6—20 kV 2 × 16 MVA — 25,0 × 37,5 m; TS 110/10 kV 2 × 40,5 MVA — 50 × 60 m. TS 110/35/6 kV 2 × 60 MVA — 45,00 × 55,18 m; TS 220/35/6 kV 2 × 20 MVA — 48,0 × 63,3 m itd.

Odnos koštanja polja razvodnog postrojenja sa prekidačem prema koštanju polja transformatorske stanice bez prekidača iznosi prema cenama u inostranstvu od 3,3 do 4,5 puta i raste sa povećanjem nazivnog napona transformatorske stanice. Uporedno se povećava koštanje građevinskog dela.

Duboko uvođenje vodova viših napona (35-220 pa i 400 kV) u krug industrijskih preduzeća i u stambene reone velikih gradova našlo je široku primenu zahvaljujući korištenju transformatorskih stanica bez prekidača na strani višeg napona.

Pri velikim gustinama opterećenja industrijskih preduzeća, koja zahtevaju izgradnju snažnih transformatorskih stanica, može da bude ekonomski opravdano duboko uvođenje vodova 220, a i 400 kV u tom slučaju, ako smanjenje specifičnog koštanja transformatorske stanice može da se opravda povećanjem napona napojnog voda. Za velike transformatorske stanice opravdano je koristiti transformatore sa dva sekundarna namotaja istog napona.

Ukupno koštanje transformatorske stanice može da se prikaže kao zbir

$$K = A + V + N + T, \qquad (1)$$

gdje su:

A — koštanje građevinskog dela, komandnih ploča, akumulatorske baterije;
V — koštanje razvodnog postrojenja višeg napona na otvorenom prostoru;
N — koštanje razvodnog postrojenja nižeg napona (6 — 10 — 20 kV);
T — koštanje energetskih transformatora.

Prema podacima iz inostranstva transformatorske stanice bez prekidača na strani višeg napo-

na omogućavaju da se uštedi u proseku oko 40% od ukupne cene transformatorske stanice. Ostvarena ušteda se postiže usled smanjenja komponenta koštanja A i V. To bi značilo da umesto 3 klasične transformatorske stanice s istim novčanim sredstvima može da se izgradi 5 transformatorskih stanica iste snage bez prekidača na strani višeg napona.

Ako se uzme u obzir koliko treba u najskorije vreme izgraditi transformtorskih stanica, onda će postati jasno kakav će se ostvariti ukupni tehničko-ekonomski efekat od primene pojednostavljenih transformatorskih stanica.

Isto tako nije teško izračunati koliko bi se moglo izgraditi pojednostavljenih transformatorskih stanica umesto već izgrađenih klasičnih sa prekidačima i sabirnicama na strani višeg napona. U SR Srbiji, na primer, umesto postojećih 86 transformatorskih stanica 110 kV bi moglo da se izgradi oko 140 transformatorskih stanica bez prekidača na strani višeg napona!

Jasno je da klasične transformatorske stanice imaju veliki broj prekidača, koji mogu mirne duše da se zamene rastavljačima snage. Prema tome, u elektroprivredi postoje neiskorišćene unutarnje rezerve!

U pojednostavljenim transformatorskim stanicama, sem što se izostavljaju prekidači na strani višeg napona:

1) postavljaju se najviše dva energetska transformatora ili autotransformatora;
2) razvodna postrojenja srednjeg i nižeg napona izvode se sa jednosntrukim sabirnicama koje se u transformatorskim stanicama sa dva transformatora dele u dve sekcije pomoću prekidača za sekcioniranje;
3) razvodna postrojenja 6—20 kV su limom oklopljena razvodna postrojenja fabričke izrade za spoljnu montažu. Razvodna postrojenja 6—20 kV u zgradama mogu da se opravdaju u pojedinim slučajevima ako postoje agresivni gasovi, mogućnost zatrpavanja snegom i sl. Razvodna postrojenja 6—20 kV u zgradama grade se po mogućnosti u uporištima i sedištima pogona preduzeća električnih mreža;
4) za uređaje relejne zaštite, automatike, daljinskog upravljanja i signalizacije koristi se naizmenični komandni napon;
5) na izvodima 6—20 kV ugrađuju se malouljni prekidači, rastavljači snage, osigurači.

   Ako treba da se smanje struje kratkog spoja, primenjuju se samo zajedničke prigušnice u kolu transformatora;
6) transformatori za sopstvene potrebe se priključuju ne na sabirnice razvodnog postrojenja 6—20 kV, već na izvode transformatora na strani 6—20 kV ispred transformatorskog prekidača;
7) pri izvođenju transformatorskih stanica, čak i ne fabričke izrade, maksimalno se koriste bar sklopovi fabričke izrade: montažni blokovi iste konstrukcije za aparate 35—220 kV, limom oklopljena razvodna postrojenja 6—20 kV fabričke izrade za spoljnu montažu i dr.

Najpovoljnija snaga pojednostavljenih transformatorskih stanica pri zadatim uslovima manja je od snage transformatorskih stanica sa prekidačima na strani višeg napona. Ovo se tumači smanjenjem konstantne komponente koštanja pojednostavljenih transformatorskih stanica. Vrednost smanjenja najpovoljnije snage za pojednostavljene transformatorske stanice zavisi od konkretnih uslova i može da dostigne vrednost jednog stepena standardnih snaga transformatora. Tako, na primer, ako za transformatorsku stanicu sa prekidačima na strani višeg napona najpovoljnija snaga iznosi $2 \times 31{,}5$ MVA, onda za pojednostavljenu transformatorsku stanicu najpovoljnija snaga može da iznosi 2×20 MVA.

Iskustva elektroenergetskog sistema SR Srbije

U periodu od 1958. i zaključeno sa 1967. godinom u elektroenergetskom sistemu SR Srbije bilo je u pogonu nekoliko transformatorskih stanica višeg napona 10 kV bez prekidača i bez sabirnica na strani 110 kV. Umesto toga ove pojednostavljene transformatorske stanice bile su opremljene običnim rastavljačem 110 kV sa najprimitivnijim (male brzine delovanja) nabacivačem greške bez ikakve automatike, daljinskog upravljanja i drugih savremenih uređaja.

U toku višegodišnjeg pogona (TS 110 kV Srbobran provizorijum bila je u pogonu preko 9 godina) ovih transformatorskih stanica pogonsko osoblje i tehničko rukovodstvo nisu zapazili neke posebne teškoće koje bi ugrozile pouzdanost pogona, odnosno pouzdanost snabdevanja potrošača električnom energijom, što se dokumentuje i dnevnim dispečerskim izvještajima, mesečnim izveštajima Odelenja za eksploataciju ZEPS-e, odnosno Pogonskog sektora ZEP-a.

Od 1964. godine, u težnji da se smanji cena, u elektroenergetskom sitemu SR Srbije počela je da se lansira takozvana »tipska« transformatorska stanica sa 3 prekidača 110 kV, akumulatorskom baterijom itd. u obe varijante (razvodno postrojenje 35 kV u zgradi ili na otvorenom prostoru), koja nije bitno jevtinija od klasičnih rješenja, nije automatizovana i nije predviđena za daljinsko upravljanje, pa prema tome zastarele koncepcije. Sa stambenim zgradama za pogonsko osoblje, koje vrši službu u prisutnosti, ovo rješenje je skuplje od klasičnog.

Sem transformatorskih stanica višeg napona 110 kV od 22. 10. 1962. do 27. 6. 1963. godine egzistirala je pojednostavljena TS 220 kV Srbobran sa jednim transformatorom 220/110 kV snage 150 MVA bez prekidača na strani 220 kV (i bez ra-

stavljača snage sa nabacivačem greške) u blok vezi sa dalekovodom 220 kV Titograd-Srbobran (DV206 + DV209) dužine 415,5 km i prekidačem na njegovu početku u TS Titograd. U toku ovih 8 meseci prenos energije odvijao se je pod nenormalnim uslovima: usled nestabilnosti prenosa energije na nenormalno veliku daljinu bez mogućnosti regulacije tokova energije itd., pa i sama TS 220/110 kV Srbobran nije se zamišljala kao pojednostavljena transformatorska stanica bez prekidača na strani 220 kV. Ipak valja reći da pomanjkanje transformatorskog prekidača 220 kV nije bilo presudno u nizu pogonskih teškoća.

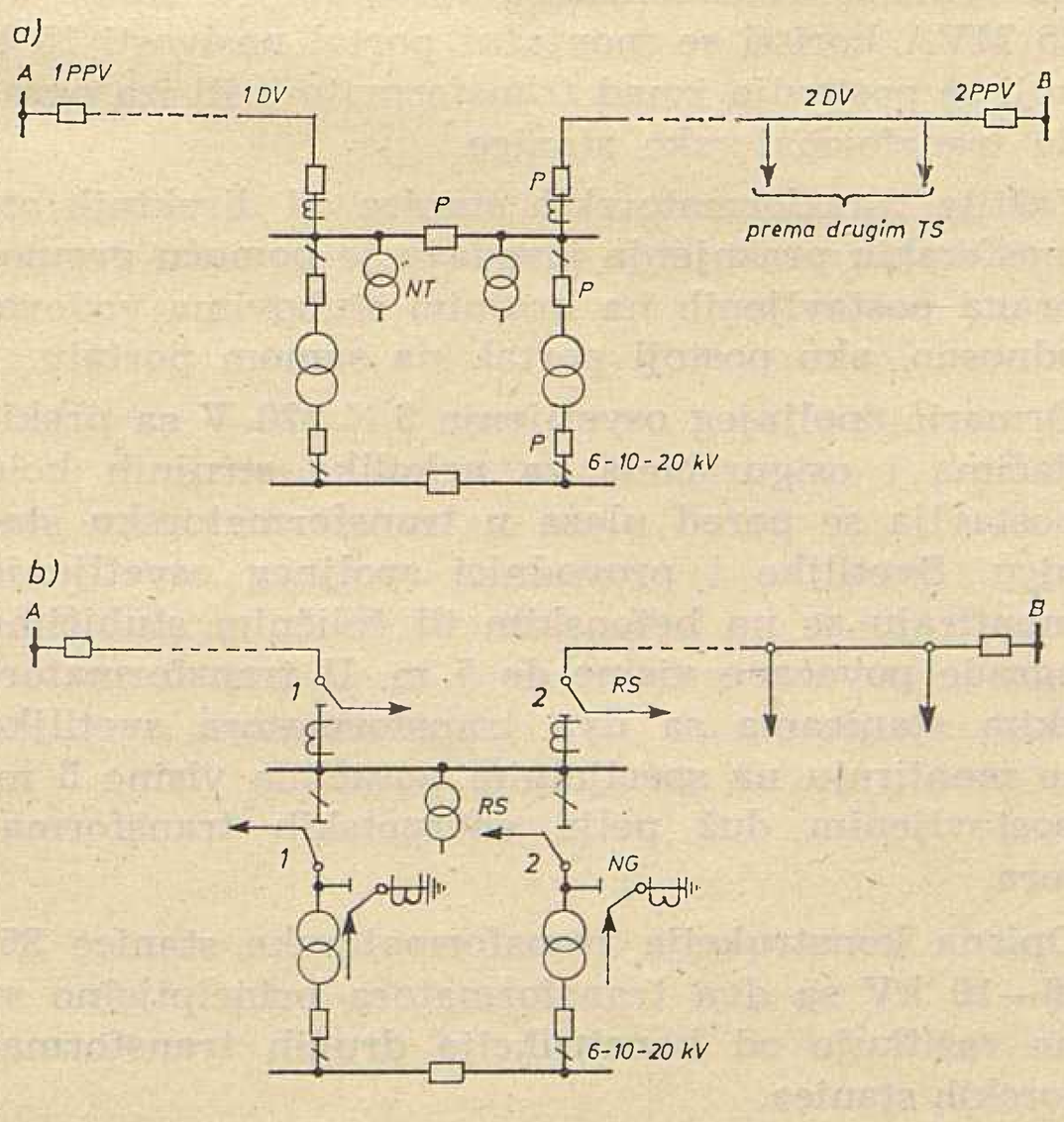
Transformatorske stanice 110—220 kV, a sada i 400 kV, bez prekidača i sabirnica na strani višeg napona nisu proučavane u elektroprivredi SR Srbije, tako da u skorije vreme ništa nije učinjeno u pogledu tipizacije, modernizacije (automatizacija, daljinsko upravljanje itd.) i smanjena koštanja transformatorskih stanica.

Prolazne (čvorišne) transformatorske stanice

Koristeći velike mogućnosti automatike i daljinskog upravljanja, u izvesnim slučajevima mogu da se izostave skupi prekidači na strani višeg napona (35—400 kV) ne samo u jednostavnim postrojenjima (krajnje transformatorske stanice i transformatorske stanice na otcepu), već i u čvorišnim (prolaznim) transformatorskim stanicama. Tako, na primer, za prolaznu transformatorsku stanicu sa prekidačima na strani višeg napona (sl. 1, a) može da se primeni bez osetnog smanjenja pouzdanosti pogona ista shema, ali bez prekidača na strani višeg napona (sl. 1.b). Ovde ulogu dalekovodnih prekidača obavljaju dalekovodni rastavljači snage 1 i 2 bez nabacivača greške. Primenjujući automatiku, moguće je samo na jednom takvom postrojenju da se izostave dva transformatorska prekidača, jedan prekidač za sekcioniranje u poprečnoj vezi dalekovoda i dva dalekovodna prekidača na strani višeg napona. U slučaju kvara na jednom od napojnih dalekovoda ispadaju prekidači na početku oba dalekovoda. U slučaju neprolaznog kvara za vreme beznaponske pauze ispada (otvara se) rastavljač snage samo dalekovoda u kvaru, jer pomoću usmerenog releja snage identifikuje smer toka snage kratkog spoja. Delovanjem uređaja automatskog ponovnog uključenja (APU) uspostavlja se napajanje transformatorske stanice preko ispravnog dalekovoda, odnosno u slučaju uspešnog APU oba prekidača na početku dalekovoda napajanje se ponovo vrši preko oba dalekovoda.

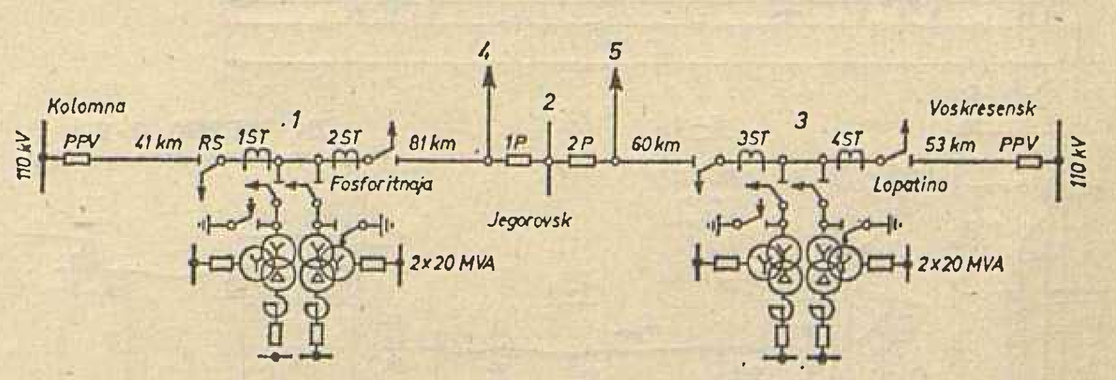
Sem shema sa potpunim izostavljanjem prekidača na strani višeg napona, od interesa su i sheme sa ograničenim brojem prekidača na strani višeg napona, koje također omogućavaju da se pojednostave transformatorske stanice i da se uštedi novac i materijal.

To su obično čvorišne (prolazne) transformatorske stanice. Na sl. 2. prikazana je shema jednostrukog dalekovoda 110 kV dužine 235 km. Dalekovod je u pogonu i napaja prolazne transformatorske stanice 1 i 3, opremljene dalekovodnim rastavljačima snage. Dalekovodni prekidači 110 kV 1P i 2P postavljeni su samo u transformatorskoj stanici 2. U rasponima između prolaznih transformatorskih stanica 1 i 2, odnosno 2 i 3, postoje još i transformatorske stanice 4 i 5.



Sl. 1. SHEME PROLAZNE TRANSFORMATORSKE STANICE SA POPREČNOM VEZOM NA STRANI VIŠEG NAPONA:

a — sa prekidačima; b — bez prekidača; PPV — prekidač na početku voda



Sl. 2. SHEMA DALEKOVODA DUŽINE 235 km SA POJEDNOSTAVLJENIM PROLAZNIM TRANSFORMATORSKIM STANICAMA (MOSENERGO):

PPV — prekidač na početku voda; 1P — prekidač; 2P — prekidač; 1ST . . .4ST — strujni transformatori

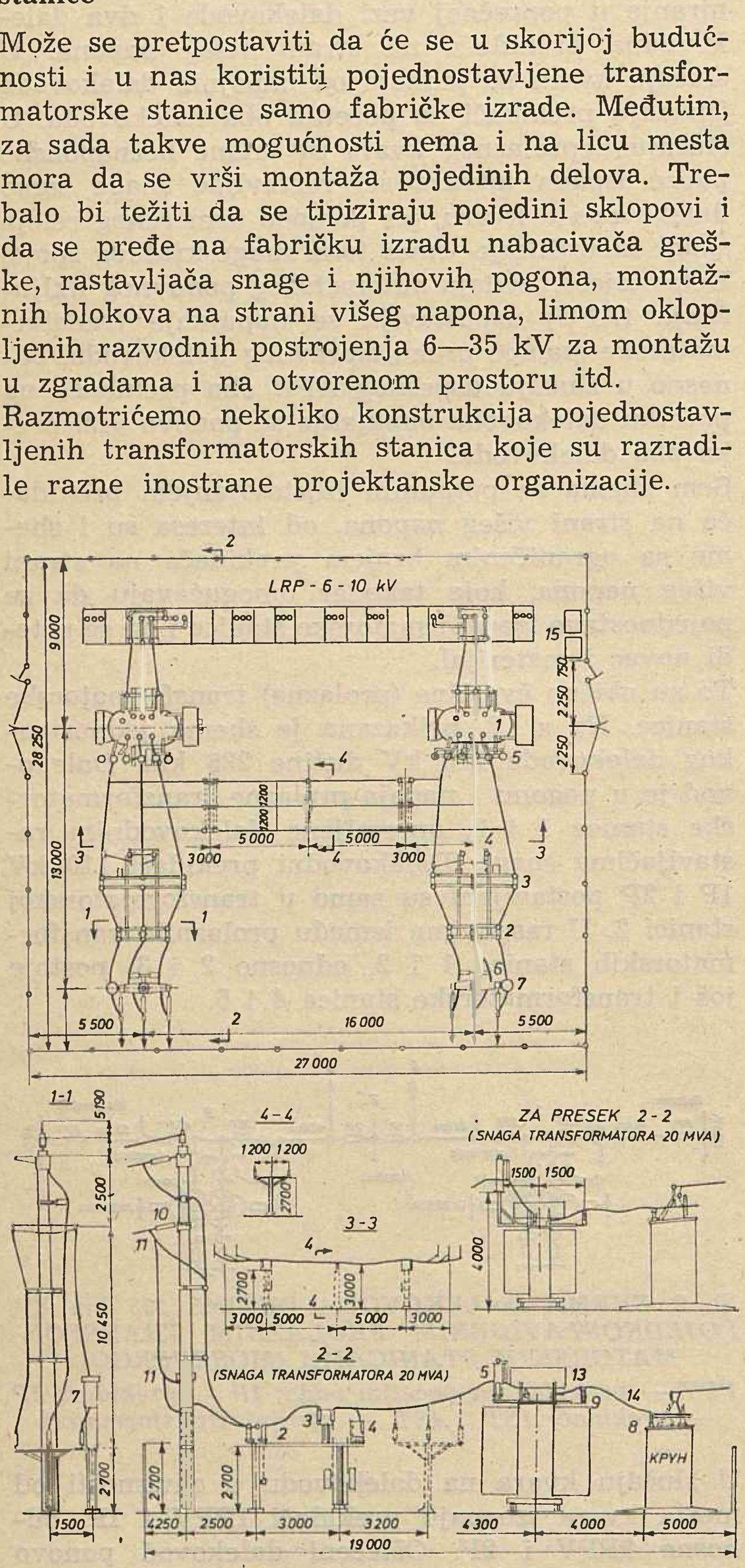
U slučaju kvara na dalekovodu u zavisnosti od mesta kvara izbacuju prekidači 1PPV i 1P, odnosno 2PPV i 2P. Oštećeni dalekovod ponovo uključuje uređaj APU, a u slučaju neprolaznog kvara dalekovod se ponovo isključuje. Za vreme druge beznaponske pauze mesto kvara se fiksira pomoću usmerenih releja snage, priključenih na strujne transformatore 1 ST . . . 4ST, pa rastavljači snage izdvajaju deonicu dalekovoda u kvaru. U drugom ciklusu APU-napajanje transformatorske stanice uspostavlja se preko ispravnog dela dalekovoda.

Izostavljajuća sabirnice i prekidače 110 kV, osetno se pojedostavljuje trnansformatorska stanica, pa

se zato dobija znatan ekonomski efekat usled korišćenja takvih (pojednostavljenih) transformatorskih stanica.

Montažne pojednostavljene transformatorske stanice

Može se pretpostaviti da će se u skorijoj budućnosti i u nas koristiti pojednostavljene transformatorske stanice samo fabričke izrade. Međutim, za sada takve mogućnosti nema i na licu mesta mora da se vrši montaža pojedinih delova. Trebalo bi težiti da se tipiziraju pojedini sklopovi i da se pređe na fabričku izradu nabacivača greške, rastavljača snage i njihovih pogona, montažnih blokova na strani višeg napona, limom oklopljenih razvodnih postrojenja 6—35 kV za montažu u zgradama i na otvorenom prostoru itd.
Razmotrićemo nekoliko konstrukcija pojednostavljenih transformatorskih stanica koje su razradile razne inostrane projektanske organizacije.



Sl. 3. OSNOVA I PRESECI TRANSFORMATORSKE STANICE 35/6—10 kV SA DVA DVONAMOTAJNA TRANSFORMATORA SNAGE OD 3,2 DO 32 MVA:

1 — transformator; 2 — linijski rastavljač; 3 — rastavljač snage; 4 — nabacivač greške; 5 — odvodnik prenapona; 6 — visokofrekventni kondenzator; 7 — visokofrekventni filtar; 8 i 9 — potporni izolatori; 10 — izolatorski lanci; 11 i 12 — presovane zatezne i odvojne stezaljke; 13 i 14 — aluminijumske sabirnice i provodnici; 15 — ormar sa opremom za gašenje požara; LRP 6—10 kV — limom oklopljeno razvodno postrojenje 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru

Preseci i osnove transformatorskih stanica na slikama prikazuju dispoziciju aparata i konstruktivnu povezanost elemenata transformatorskih stanica.

Opisaćemo konstrukciju transformatorske stanice 35/6—10 kV sa dva transformatora snage od 3,2 do 32 MVA (sl. 3).

Izlazni rastavljač, rastavljač snage i nabacivač greške montirani su svaki na sopstvenoj nosećoj konstrukciji.

Da bi se bolje iskoristili odvodnici prenapona i da bi se smanjila površina osnove transformatorske stanice, odvodnici prenapona su montirani na poklopcu energetskog transformatora. Visina noseće konstrukcije odvodnika prenapona zavisi od visine (snage) transformatora, kao što je to prikazano na sl. 3.

Priključak dalekovoda na transformatorsku stanicu je izveden preko krajnjih betonskih stubova. Kao krajnji stubovi koriste se tipizirani stubovi od centrifugiranog betona. Sabirnice i veze između aparata transformatorske stanice izvedene su užetom.

Da bi se dobila potrebna rastojanja između provodnika i elemenata stubova, potporni izolatori su montirani na nosećim konstrukcijama učvršćenim na krajnjim stubovima.

Veza između izvoda 6—10 kV transformatora i limom oklopljenog razvodnog postrojenja 6—14 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru predviđa se golim provodnicima od 1 do 3 komada po fazi, u zavisnosti od jačine struje. Polaganje kablova na platou transformatorske stanice predviđa se u rovovima.

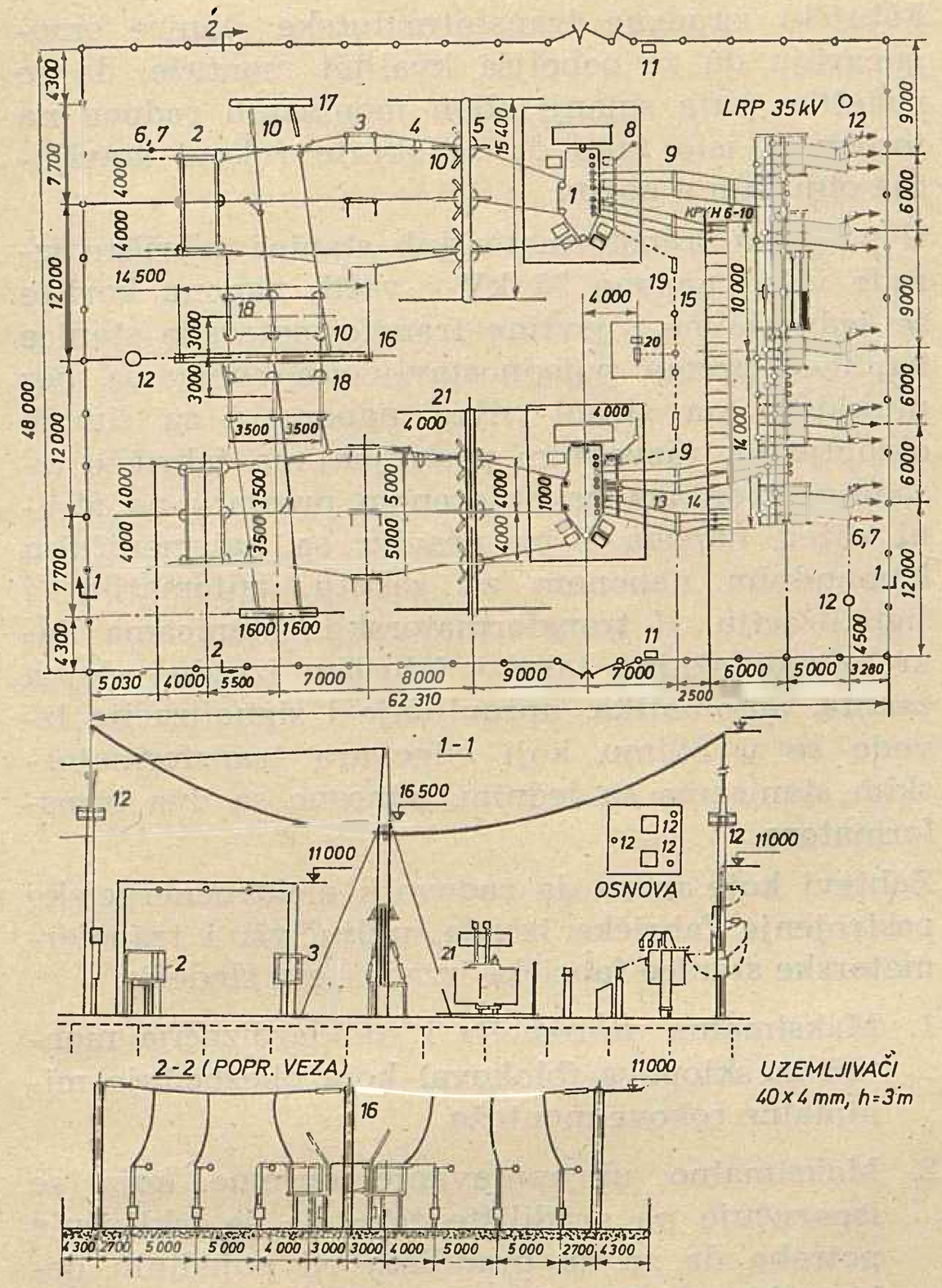
Za remont transformatora 35/6—10 kV snage do 25 MVA koristi se montažni portal nosivosti 15 t, koji se postavlja iznad transformatora ili iza ograde transformatorske stanice.

Zaštita transformatorskih stanica od direktnih atmosferskih pražnjenja izvedena je pomoću gromobrana postavljenih na krajnim stubovima vodova, odnosno, ako postoji portal, na samom portalu.

Ormarić spoljnjeg osvetljenja 3 × 220 V sa prekidačima i osiguračima za nekoliko strujnih kola postavlja se pored ulaza u transformatorsku stanicu. Svetiljke i provodnici spoljneg osvetljenja montiraju se na betonskim ili čeličnim stubićima ograde povećane visine do 5 m. U transformatorskim stanicama sa dva transformatora svetiljke se montiraju na specijalnim nosačima visine 5 m, postavljenim duž polja energetskih transformatora.

Opisna konstrukcija transformatorske stanice 35/6—10 kV sa dva transformatora principijelno se ne razlikuje od konstrukcije drugih transformatorskih stanica.

Na sl. 4. prikazana je konstrukcija transformatorske stanice sa tronamotajnim transformatorima višeg napona 220 kV. Portali i noseće konstrukcije za opremu su od montažnog betona. Da



Sl. 4. OSNOVA I PRESECI TRANSFORMATORSKE STANICE 220/35/6 kV SA DVA TRONAMOTAJNA TRANSFORMATORA 220 35/6—10 kV SNAGE PO 20 MVA ILI VIŠE:

1 — transformator; 2 — linijski rastavljač; 3 — rastavljač snage; 4 — nabacivač greške; 5 — odvodnik prenapona; 6 — visokofrekventni kondenzator; 7 — visokofrekventni filtar; 8 — rastavljač za uzemljenje; 9 — rastavljač sa dva noža za uzemljenje i sa pogonom; 10 — izolatorski lanci; 11 — orman sa opremom za gašenje požara; 12 — gromobranski stubovi; 13 i 14 — aluminijumski provodnici preseka 400, odnosno 240 mm²; 15 — aluminijumske sabirnice; 16 i 17 — portali; 18 — rastavljači u poprečnoj vezi 220 kV; 19 — rastavljači 35 kV; 20 — Petersenov kalem; 21 — zatega stuba; RP 10 kV — limom oklopljeno razvodno postrojenje 35 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru

bi se povećala stabilnost betonskog stuba ulaznog dalekovoda, predviđene su čelične zatege. Razvodno postrojenje 35 kV locirano je paralelno sa razvodnim postrojenjem 6—10 kV. Ovakva dispozicija nešto povećava površinu potrebnu za transformatorske stanice. Međutim, ovim se omogućava da se izostavi prelaz pod pravim uglom priključenih veza od transformatora do limom oklopljenog razvodnog postrojenja 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru. U svemu ostalom takve transformatorske stanice grade se analogno drugim transformatorskim stanicama bez prekidača na strani višeg napona. Karakternu osobinu konstrukcije transformatorskih stanica 220 kV predstavlja relativno veliko rastojanje između polova rastavljača snage, koje iznosi 5 m.

Iz preseka 1 —1, sl. 4. vidi se da je zaštita transformatorske stanice od direktnih atmosferskih pražnjenja izvedena pomoću tri odvojeno postavljenih gromobrana 12 (visine po 24,5 m) i zaštitne užadi napojnog dalekovoda. Na stubovima gromobrana predviđene su platforme za postavljanje reflektora za opšte osvetljenje platoa transformatorske stanice.

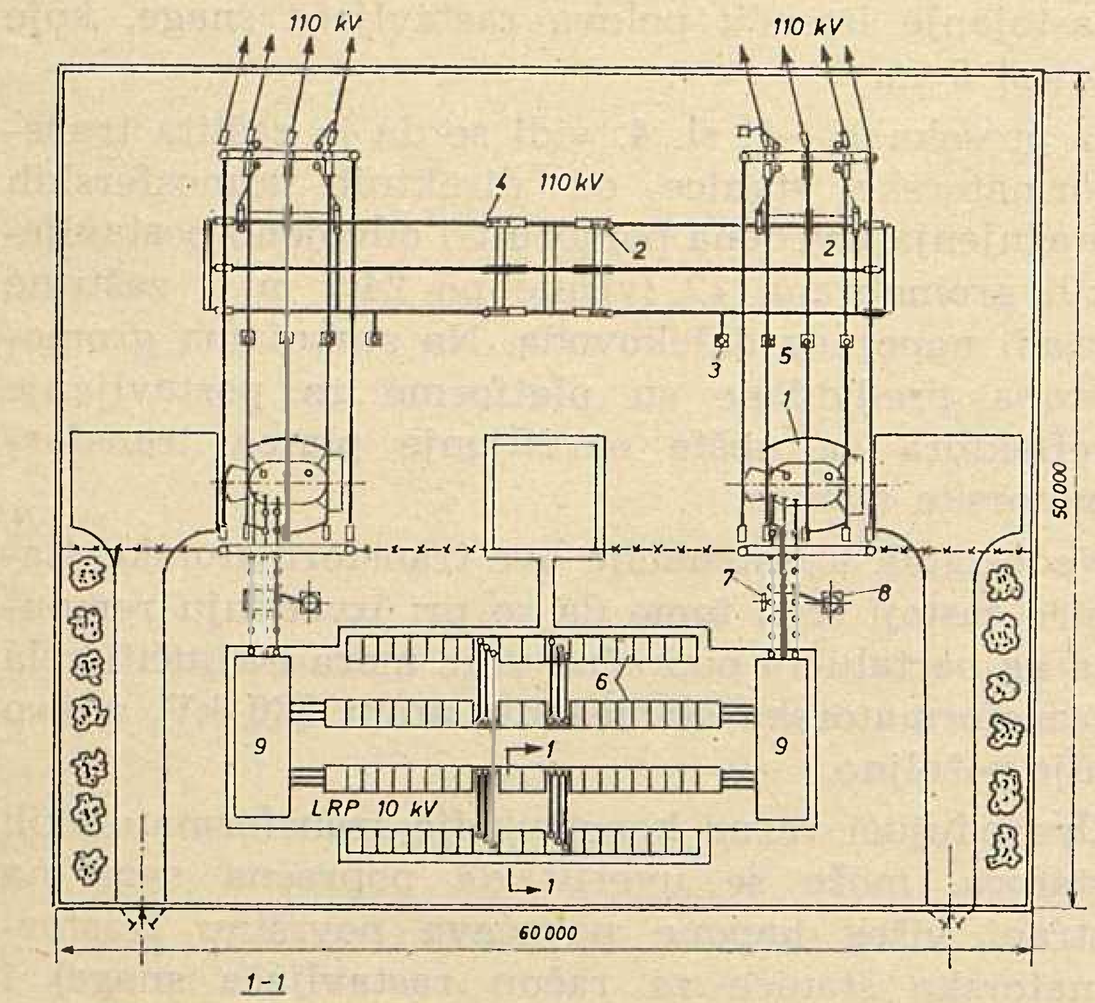
Nedostatak konstrukcije ove transformatorske stanice sastoji se u tome da se pri izvođenju remonta na portalu 16 poprečne veze mora isključiti cela transformatorska stanica na strani 220 kV, a ovo nije poželjno.

Upoređujući razne konstrukcije transformatorskih stanica, može se uveriti da poprečna veza na strani višeg napona povećava površinu trasformatorske stanice za račun rastavljača snage) i otcepa do transformatora. Analogna filozofija je i za montažne transformatorske stanice. Međutim, prednosti eksploatacije transformatorskih stanica sa dva transformatora i automatskom poprečnom vezom na strani višeg napona toliko su vredne da ne uzimaju u obzir povećanje površine potrebne za transformatorsku stanicu, kao ni dodatni izdaci. Uprkos tome, ovo treba uzimati u obzir pri izgradnji transformatorskih stanica industrijskih preduzeća.

Prema sl. 3. i 4. površina platoa transformatorske stanice bez prekidača na strani višeg napona (računajući po ogradi) iznosi $27 \times 26{,}5 = 715$ m², odosno $62{,}3 \times 48 = 3\,000$ m². U drugom slučaju površina se jako povećala usled tri naponska nivoa. 6—10; 35 i 220 kV. Ako bi se u ovim transformatorskim stanicama postavili prekidači na strani višeg napona, onda bi znatno porasla površina platoa transformatorske stanice.

Za pojednostavljene veće transformatorske stanice snage $2 \times 31{,}5$; 2×40 MVA i većih snaga (sa nabacivačima greške i rastavljačima snage) moraju da se koriste prigušnice 6—10 kV sa transformatorima sa dva sekundarna namotaja istog napona. Takve transformatorske stanice široko se koriste u mrežama Mosenergo za duboko uvođenje vodova 110 kV u novoizgrađene reone grada Moskva. Na primer, prema sl. 5. predviđa se prostorija za prigušnice 10 kV i za komandnu ploču. Transformatorska stanica zahvata površinu $60 \times 50 = 3\,000$ m².

Građevinske konstrukcije razvodnog postrojenja 110 kV su izvedene od montažnog betona. Ormani limom oklopljenog razvodnog postrojenja 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru postavljeni su u 4 reda iznad kablovskih kanala, izrađenih takođe od montažnog betona (presek 1 — 1, sl. 5;. Ostvarena shema limom oklopljenog razvodnog postrojenja 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru omogućila je da se transformatorska stanica opremi sa 60 ćelija izvoda. Ovde su transforma-



Sl. 5. TRANSFORMATORSKA STANICA 110/10 kV SA DVA TRANSFORMATORA 2 × 40,5 MVA:
LRP 10 kV — limom oklopljeno razvodno postrojenje 10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru

tori 1, rastavljači snage 2, nabacivači greške 3, rastavljači 4, odvodnici prenapona 5, limom oklopljena razvodna postrojenja 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru 6, transformator za sopstvene potrebe 7, Petersenov kalem 8, prigušice 9 i drugi aparati transformatorske stanice obično se priključuju pomoću gibljivih provodnika (užadi) i presovanih spojnica. Kablovi od limom oklopljenog postrojenja fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru izlaza prema potrošačima u kablovskom kanalu od montažnih betonskih elemenata.

Spoljna ograda transformatorske stanice izvedena je od montažnog armiranog betona i visine je 2,5 m, s tim što je razvodno postrojenje 110 kV odvojeno od ostale površine transformatorske stanice još jednom betonskom ogradom. Na strani fasade transformatorske stanice postoji dva kolska ulaza.

Transformatorske stanice fabričke izrade

Razvoj elektroenergetike i elektrifikacije zemlje nalaže da se u velikom obimu organizuje proizvodnja transformatorskih stanica i razvodnih postrojenja fabričke izrade, jer se njihovim korišćenjem postiže ogroman tehničko-ekonomski efekt.

Fabrički izrađene transformatorske stanice omogućavaju da se poboljša kvalitet montaže, da se nekoliko puta smanji obim montažnih radova na terenu, a isto tako da se skrate rokovi stavljanja objekata u pogon.

U svojstvu transformatorskih stanica fabričke izrade višeg napona 35 kV i većih napona koriste se jednostavne i jevtine transformatorske stanice izrađene prema pojednostavljenim shemama bez prekidača na strani višeg napona i sa limom oklopljenim razvodnim postrojenjima fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru na strani nižeg napona i po pravilu sa naizmeničnim komandnim naponom za zaštitu, automatiku i signalizaciju. U transformatorskim stanicama kako u montažnim, tako i fabričke izrade relejna zaštita, automatika, upravljanje i signalizacija izvode se u obimu koji odgovara transformatorskim stanicama sa jednim, odnosno sa dva transformatora.

Zahtevi koje mora da zadovolji elektroenergetsko postrojenje fabričke izrade, uključivši i transformatorske stanice fabričke izrade, jesu sledeći:

1. Maksimalna unifikacija i standardizacija montažnih sklopova (blokova) koja obezbeđuje minimalne rokove montaže.
2. Maksimalno ukrupnjavanje opreme koja se isporučuje na gradilište tako da se isključuje potreba da se na gradilištu od pojedinih delova sklapa i kompletira aparatura.
3. Minimalne spoljne dimenzije i težina nosećih konstrukcija.
4. Ekonomičnost konstrukcije uz minimalne izdatke na opremu, materijal, radnu snagu i obezbeđenje minimalnih pogonskih troškova.
5. Pouzdanost automatskog rada translormatorskih stanica, bez obzira na to što ne postoji stalno pogonsko osoblje.
6. Bezbednost pogona, kao i prikladnost izvođenja revizija i remonta.

Maksimalne spoljne dimenzije blokova (sklopova) su određene poštovanjem zahteva u pogledu podesne montaže, kao i uslova prevoza (naročito s obzirom na železničke tovarne profile).

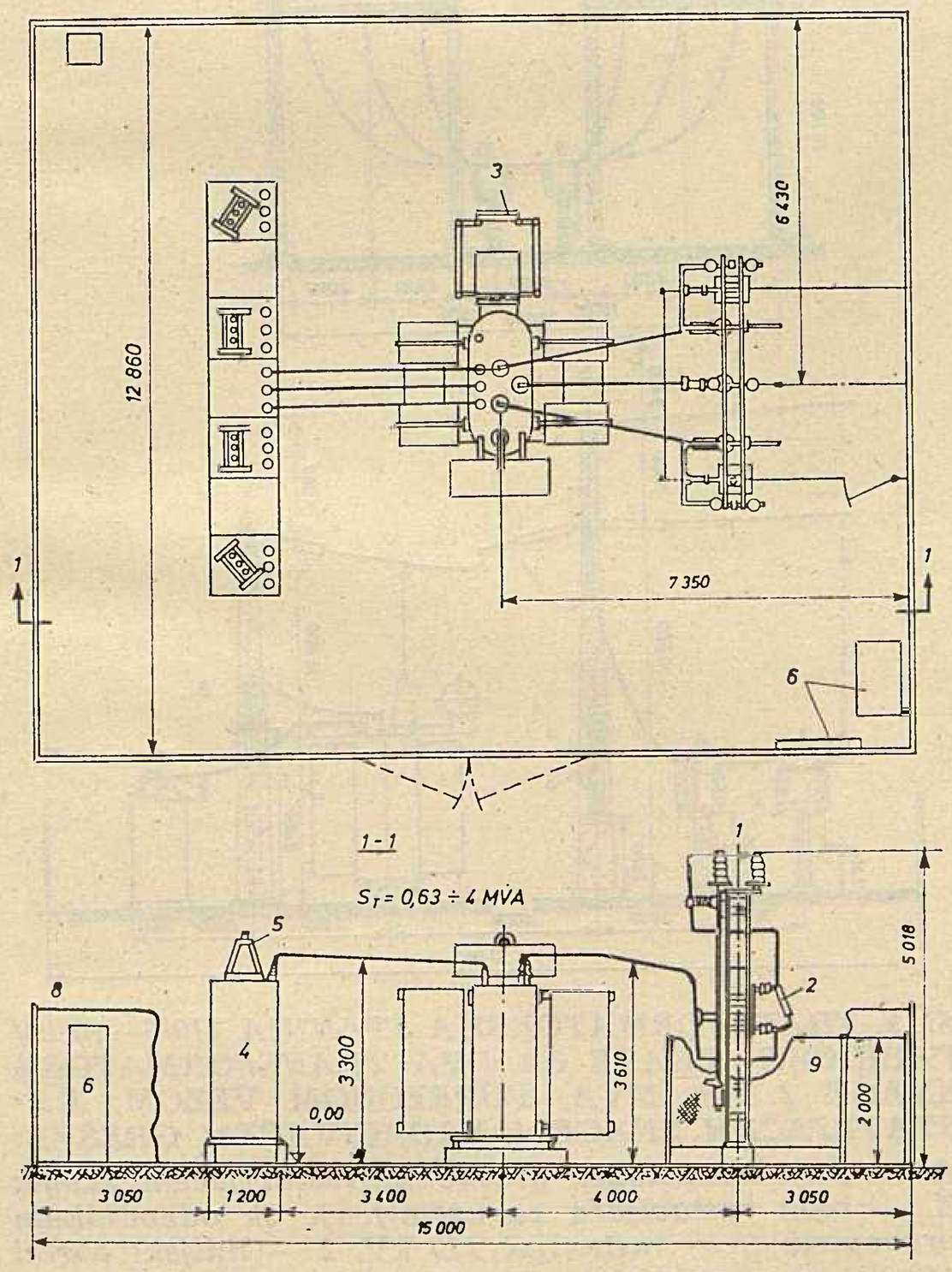
Rasmotrićemo transformatorske stanice fabričke izrade 35 kV i većeg napona. To su transformatorske stanice za montažu na otvorenom prostoru sa jednim ili sa dva transformatora, a obuhvataju sledeće glavne elemente: ulaz na višem naponu, dvonamotajne ili tronamotajne transformatore sa aparatima na strani višeg napona (rastavljač snage, nabacivač greške, rastavljači i drugo), limom oklopljeno razvodno postrojenje 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru, spoljnu i unutarnju ogradu. Energetski transformatori su sa vazdušnim hlađenjem pomoću ventilatora i sa regulacionom sklopkom.

Postolja, kablovi, sistem uzemljenja, spoljna ograda, svetiljke itd. ne spadaju u komplet transfor-

matorske stanice fabričke izrade. Oni se pripremaju na licu mesta pre montaže transformatorske stanice.

Ako postoji oprema za automatsku regulaciju napona pod opterećenjem, onda se u ormanu limom oklopljenog razvodnog postrojenja 6—10 kV za spoljnu montažu fabričke izrade postavlja ključ daljinskog upravljanja regulacijom napona, kao i uređaj za signalizaciju.

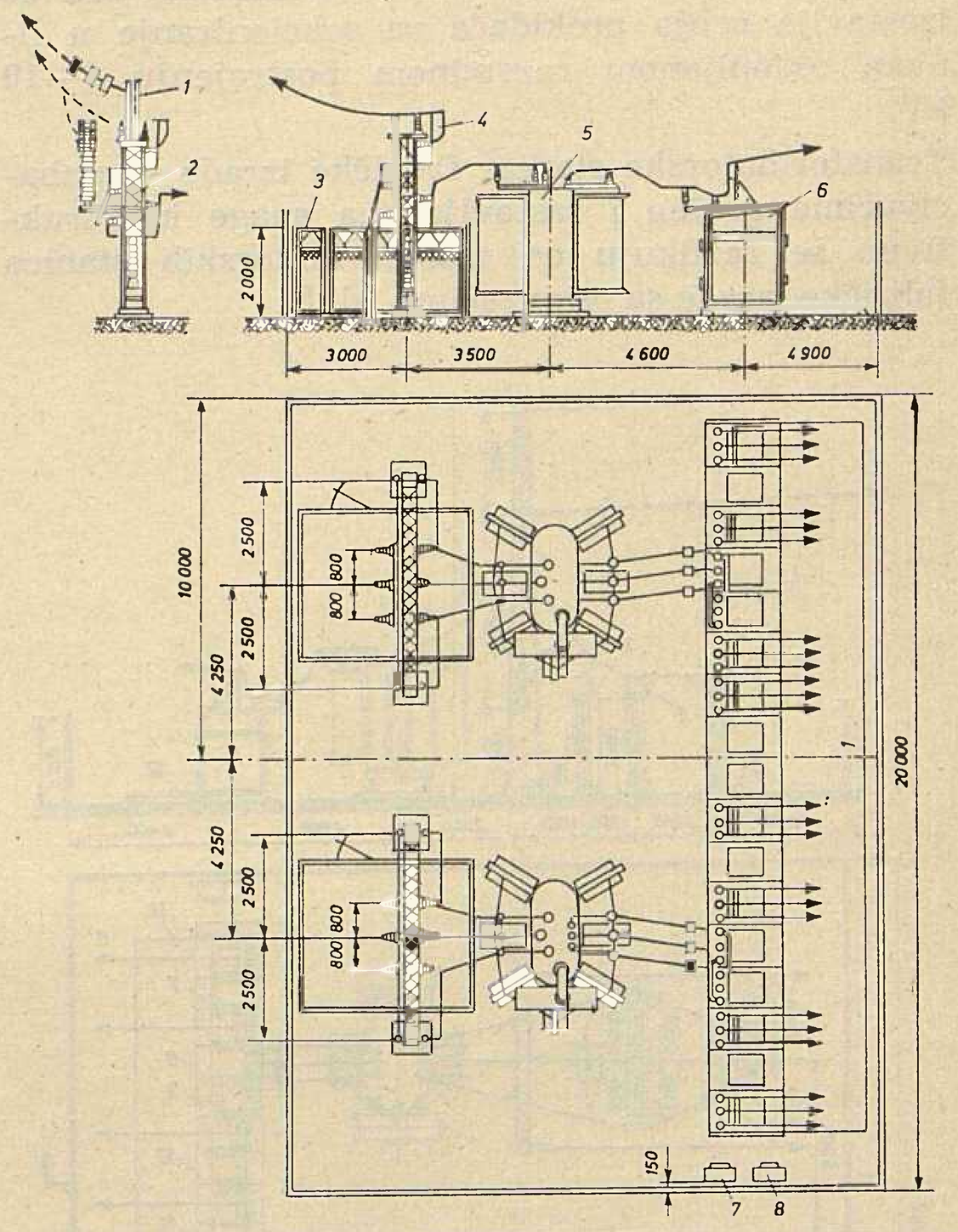
Sl. 6. prikazuje konstrukciju transformatorske stanice fabričke izrade sa jednim transformatorom snage od 0,63 do 4,00 MVA i sa osiguračima na strani 35 kV. Na čeličnom portalu napojnog voda 35 kV 1 montirani su osigurači 2, potporni izolatori, linijski rastavljač i odvodnici prenapona. Na strani nižeg napona predviđeni su ormani limom oklopljenog razvodnog postrojenja 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru. U ormanima montirani su prekidači, transformatori za sopstvene potrebe snage 20 kVA i sabirnice 220 V sa instalacionim automatima; naponski transformator sa 5 jezgra.



Sl. 6. TRANSFORMATORSKA STANICA FABRIČKE IZRADE SA JEDNIM TRANSFORMATOROM I OSIGURAČIMA:

1 — rastavljač; 2 — osigurač; 3 — platforma za održavanje regulacione sklopke; 4 — limom oklopljeno razvodno postrojenje 6—10 kV fabričke izrade; 5 — nadzemni izvodi; 6 — orman za inventar; 7 — orman sa opremom za gašenje požara; 8 — spoljna ograda; 9 — unutarnja ograda

Na sl. 7. prikazana je konstrukcija transformatorske stanice fabričke izrade sa dva transformatora snage od 0,63 do 4,0 MVA i topljivim osiguračima 35 kV.



Sl. 7. TRANSFORMATORSKA STANICA 35/6—10 kV FABRIČNE IZRADE SA DVA TRANSFORMATORA I TOPLJIVIM OSIGURAČIMA:

1 — ulazni portal; 2 — konzola za visokofrekventni kondenzator; 3 — unutarnja ograda razvodnog postrojenja 35 kV; 4 — rastavljač; 5 — energetski transformator; 6 — limom oklopljeno razvodno postrojenje 6—10 kV fabričke izrade; 7 — orman sa opremom za gašenje požara; 8 — orman za inventar

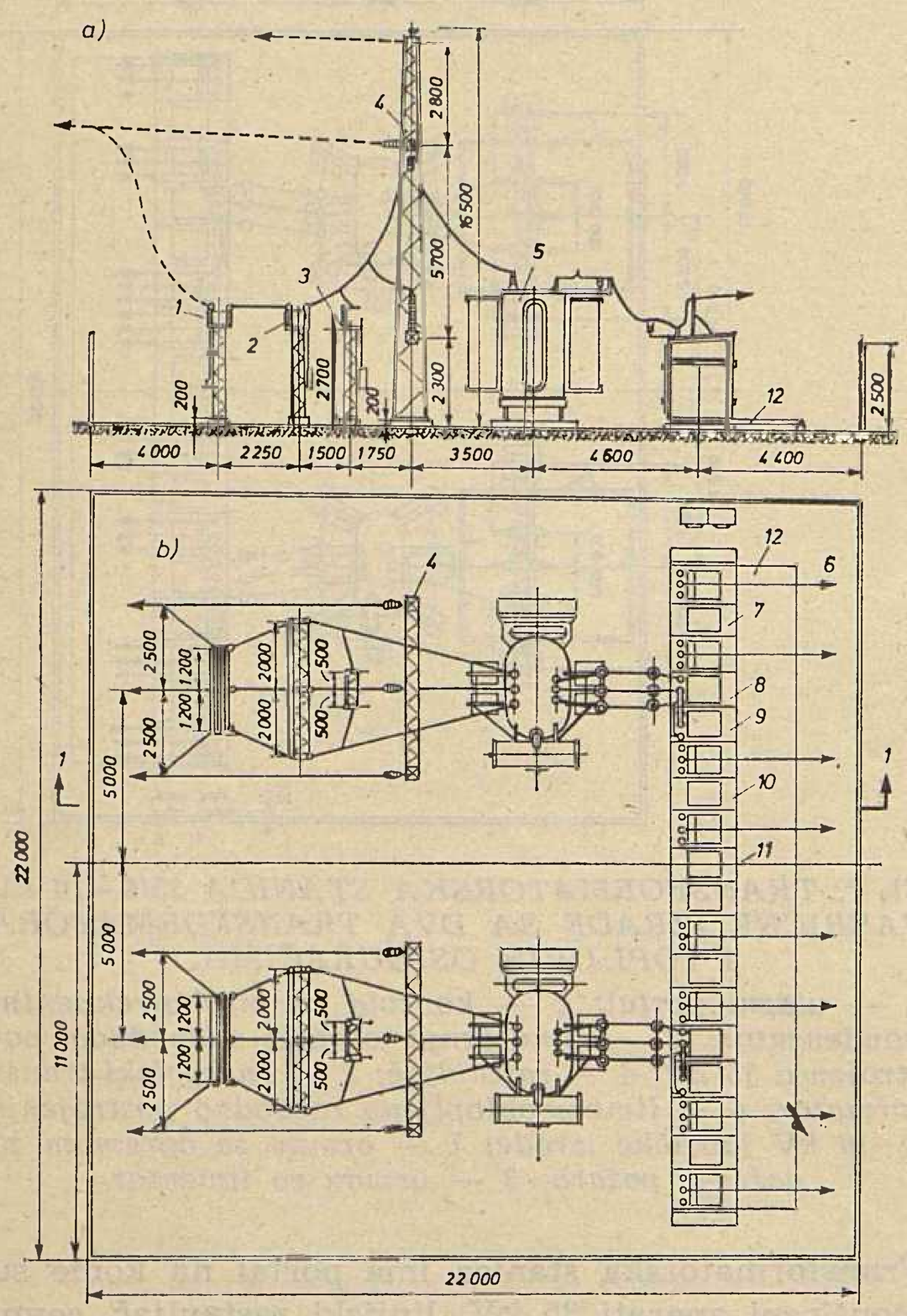
Transformatorska stanica ima portal na kome su montirani aparati 35 kV: linijski rastavljač, cevni osigurači i visokofrekventni filtar (filtar može da se izostavi). U zoni izbijanja vatre iz cevnih osigurača predviđena je unutarnja ograda, koja se izrađuje zajedno sa ostalim delovima transformatorske stanice. Vrata na unutarnjoj ogradi mehanički blokiraju pogon linijskog rastavljača napojnog voda tako da je prilaz osiguračima omogućen (npr. radi zamene uložaka) samo kada je isključen linijski rastavljač napojnog voda, a uključen je rastavljač za uzemljenje na strani transformatorske stanice.

Ako se montira visokofrekventni kondenzator i dovodi se zaštitno uže, onda se predviđa posebni stub (levo na preseku sl. 7).

Po potrebi transformatorska stanica ove konstrukcije može da bude sa jednim transformatorom ako se odseče po podužnoj osi 1 — 1, s tim da se po toj osi postavi spoljna ograda. Pri tom dimen-

zije 10 i 4,25 m po licu transformatorske stanice povećaće se za jedan transformator respektivno na 12 i 6 m, tj. za transformatorsku stanicu sa jednim transformatorom ograda po licu postavlja se simetrično u odnosu na transformator, dok se izostavlja ćelija prekidača za sekcioniranje u limom oklopljenom razvodnom postrojenju 6—10 kV.

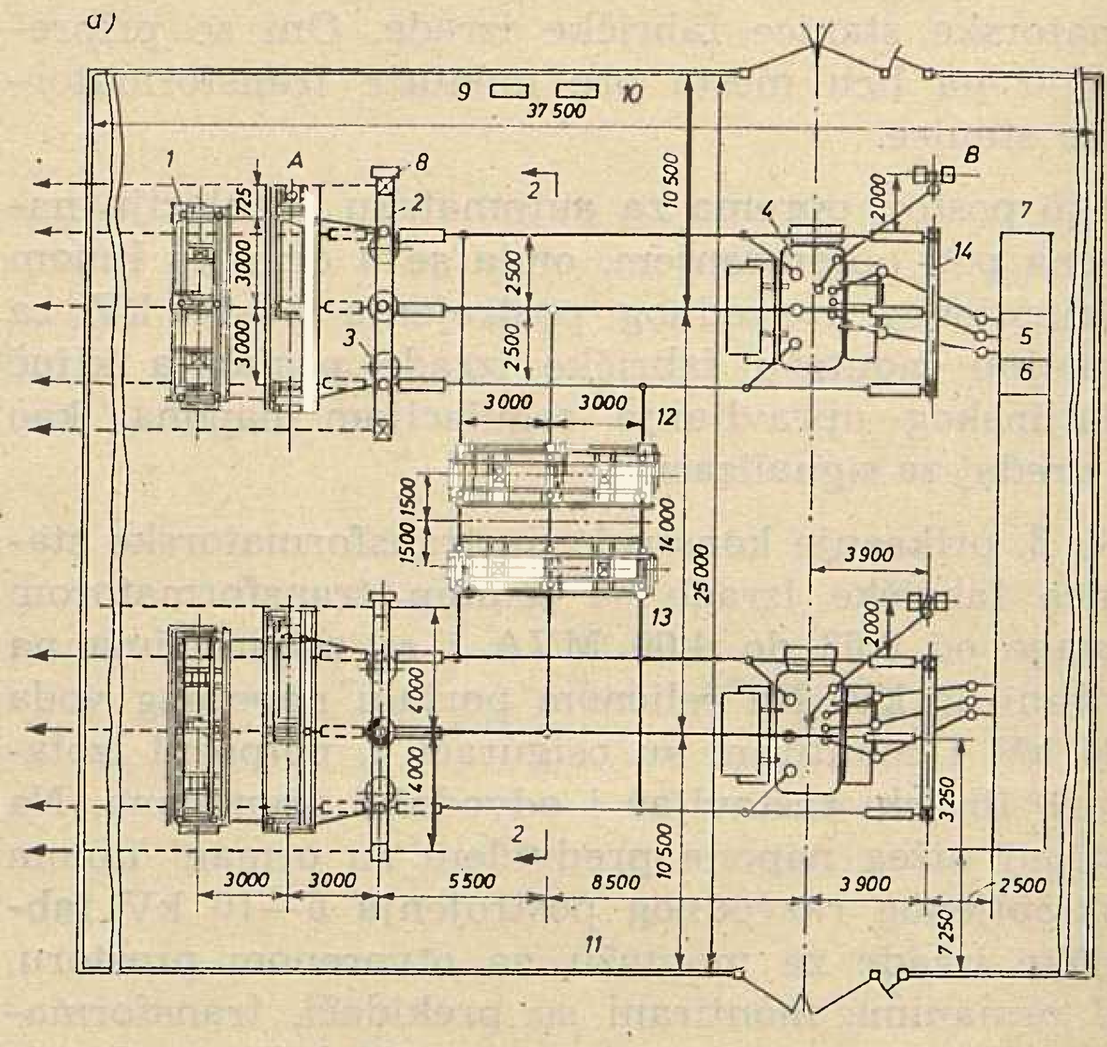
Transformatorske stanice fabričke izrade sa nabacivačima greške i rastavljačima snage konstruktivno se razlikuju od transformatorskih stanica fabričke izrade sa osiguračima (sl. 8).



Sl. 8. TRANSFORMATORSKA STANICA 35/6—10 kV FABRIČKE IZRADE SA DVA TRANSFORMATORA SNAGE PO 10 MVA, RASTAVLJAČEM SNAGE I NABACIVAČEM GREŠKE:

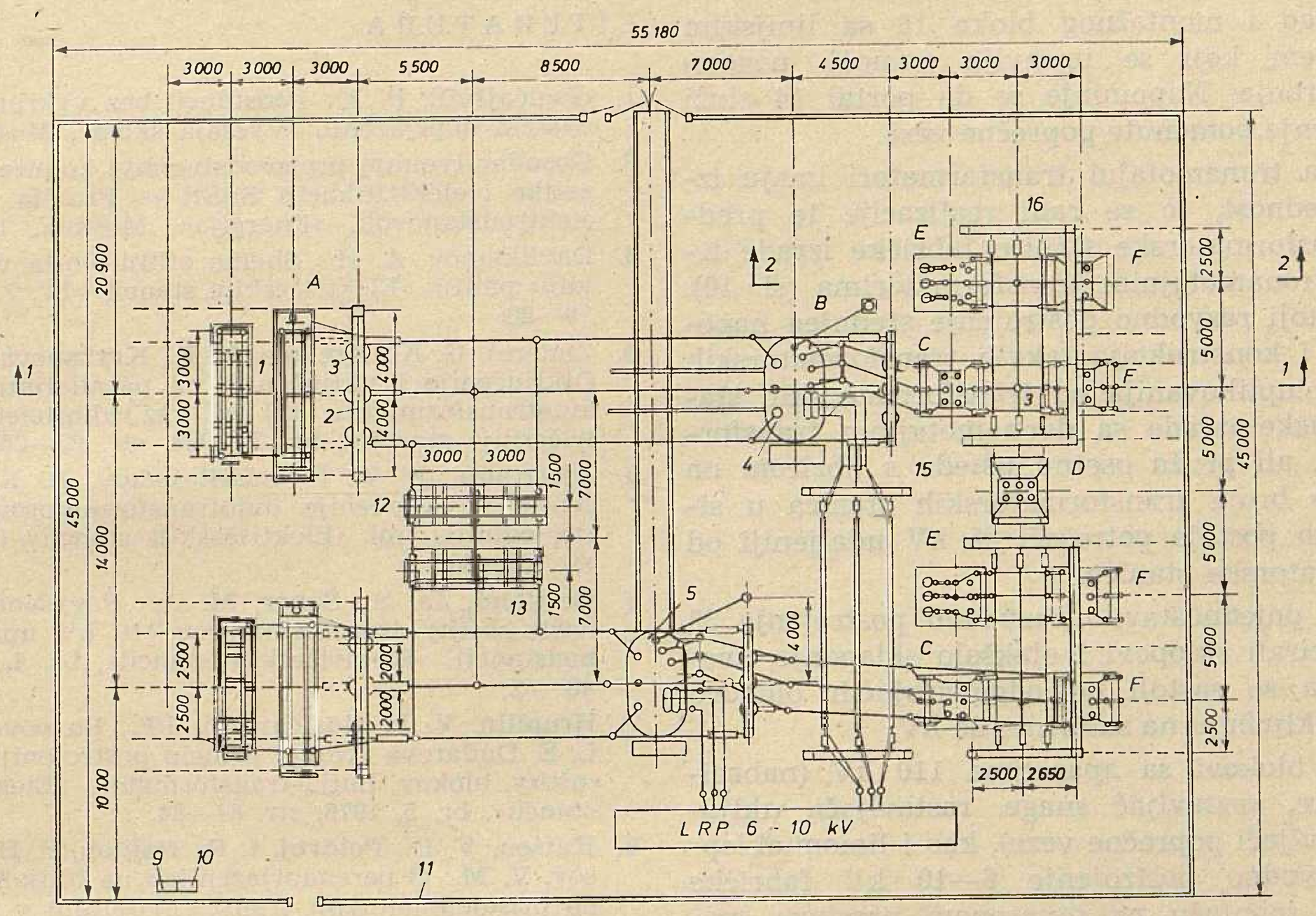
a — izgled sa strane; b — osnova; 1 — rastavljač 35 kV sa ručnim pogonom; 2 — rastavljač snage sa pogonom; 3 — nabacivač greške sa pogonom; 4 — ulazni portal; 5 — transformator; 6 — ormani nadzemnih izvoda; 7 — orman naponskog transformatora; 8 — transformatorsko polje; 9 — orman transformatora sopstvenih potreba; 10 — orman odvodnika prenapona; 11 — orman prekidača za sekcioniranje; 12 — platforma za izvlačenje kolica sa prekidačima

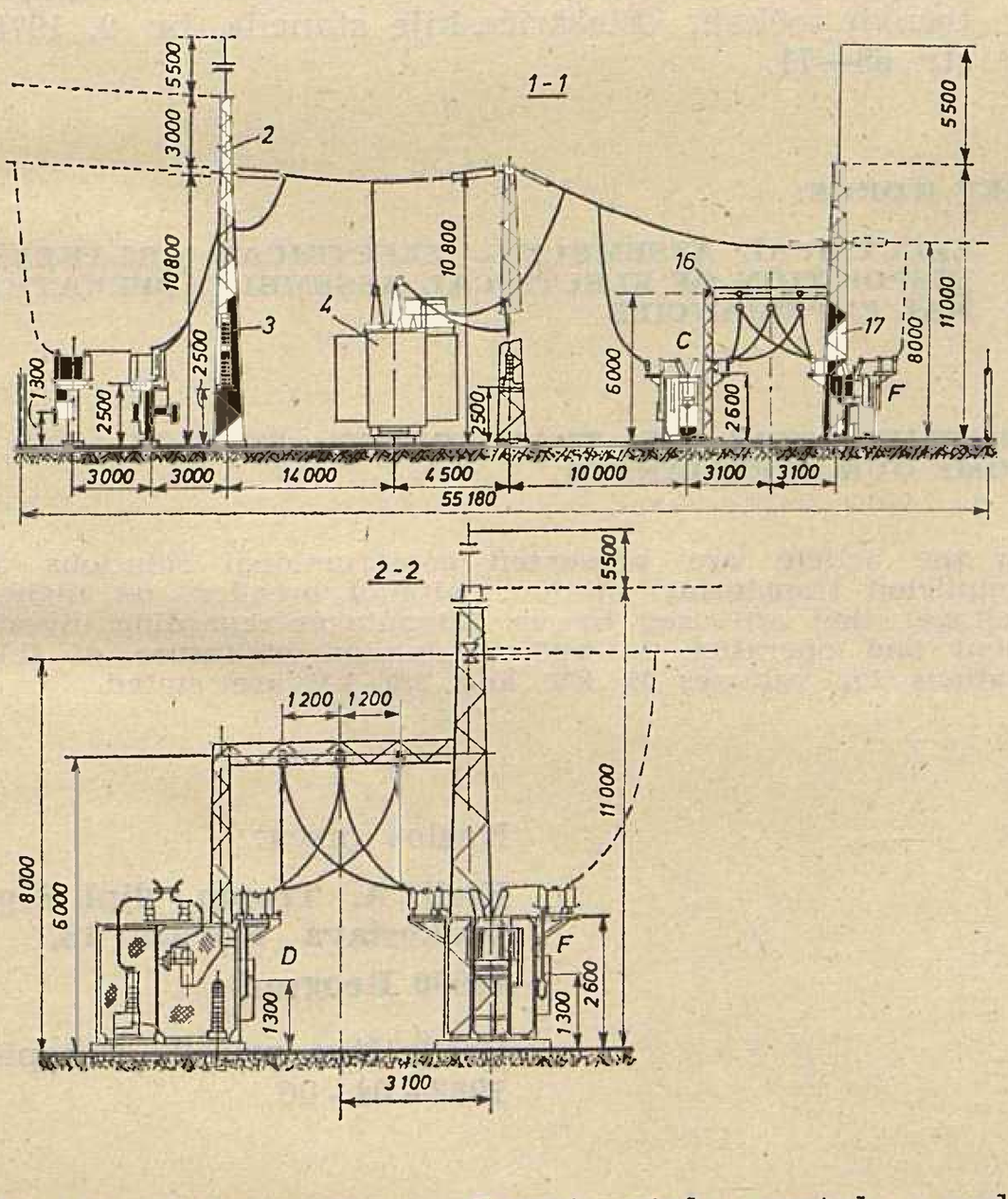
Za svaki transformator takve transformatorske stanice razvodno postrojenje 35 kV ima linijski portal sa odvodnicima prenapona i posebno postavljena postolja za tropolni rastavljač, rastavljač snage i nabacivač greške. Namena linijskog portala je ista kao i za prethodne transformatorske stanice. Na jednoj od nogu ovog portala po-



Sl. 9. TRANSFORMATORSKA STANICA 110/6—10 kV FABRIČKE IZRADE SA DVA TRANSFORMATORA SNAGE 2 × 16 MVA, POPREČNOM VEZOM, RASTAVLJAČEM SNAGE I NABACIVAČEM GREŠKE:

A — blok nabacivača greške sa rastavljačem snage; B — blok rastavljača za uzemljenje sa odvodnikom prenapona; 1 — rastavljač 110 kV; 2 — linijski portal 110 kV sa odvodnicima prenapona; 3 — odvodnik prenapona; 4 — transformator; 5 — priključak limom oklopljenog razvodnog postrojenja 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru; 6 — orman transformatora sopstvenih potreba; 7 — limom oklopljeno razvodno postrojenje 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru; 8 — orman za aparate relejne zaštite; 9 — orman sa opremom za gašenje požara; 10 — orman za inventar; 11 — ograda; 12 i 13 — rastavljači poprečne veze; 14 — transformatorski portal





Sl. 10. OSNOVA I PRESECI TRANSFORMATORSKE STANICE 110/35/6—10 kV FABRIČKE IZRADE SA DVA TRANSFORMATORA I POPREČNOM VEZOM:

A — blok nabacivač greške sa rastavljačem snage; B — blok rastavljač za uzemljenje sa odvodnikom prenapona; C — blok 35—110 kV rastavljača snage; D — blok prekidača za sekcioniranje; E — blok izvoda 35 kV; F — blokovi naponskih transformatora sa odvodnicima prenapona; 1 — rastavljač 110 kV; 2 — linijski portal 110 kV sa odvodnicima prenapona; 3 — odvodnik prenapona; 4 — transformator; 5 — priključak limom oklopljenog razvodnog postrojenja 6—10 kV fabričke izrade; 6 — orman transformatora sopstvenih potreba; 7 — limom oklopljeno razvodno postrojenje 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru; 8 — orman za aparate relejne zaštite; 9 — orman sa opremom za gašenje požara; 10 — orman za inventar; 11 — ograda; 12 i 13 — rastavljači poprečne veze; 14 — transformatorski portal; 15 — portal sabirničke veze; 16 i 17 — portal za sabirnice i priključke 35 kV; LRP 6—10 kV limom oklopljeno razvodno postrojenje 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru

stavlja se gromobran. Gornja rigla portala predviđena je za vešanje izolatorskih lanaca, a donja rigla služi za postavljanje odvodnika prenapona sa registratorima delovanja. Portal je predviđen za silu zatezanja provodnika od po 500 kp/faza. Na sl. 8. vidi se da iz limom oklopljenog razvodnog postrojenja 6—10 kV fabričke izrade za spoljnu montažu može da polazi osam vodova. Njihov broj može da bude i drugi u zavisnosti od lokalnih prilika.

Ako transformatorska stanica treba da ima jedan transformator, onda u tom slučaju važe napomene navedene za transformatorsku stanicu sa jednim transformatorom i osiguračima (v. sl. 7). Transformatorske stanice fabričke izrade takođe se izrađuju sa neautomatizovanom poprečnom vezom na strani 110 kV (sl.. 9).

Iz sl. 9. se vidi da se poprečna veza na višem naponu izvodi što bliže izvodima 110 kV transformatora da bi se smanjile dimenzije transformatorske stanice fabričke izrade, koje se inače povećavaju usled poprečne veze. Poprečna veza se sastoji od montažnog bloka 12 sa linijskim rastavljačem i njegovim pogonom opremljenog unutarnjim blokiranjem koje sprečava da se uključe noževi za uzemljenje kada su uključeni glavni

noževi, kao i montažnog bloka 13 sa linijskim rastavljačem koji se upravlja pomoću pogona bez blokiranja. Napominje se da portal 14 služi za ostvarenje pomenute poprečne veze.

Budući da tronamotajni transformatori imaju izvesnu prednost, to se radi realizacije te prednosti transformatorske stanice fabričke izrade izvode sa tronamotajnim transformatorima (sl. 10). Kako postoji razvodno postrojenje srednjeg napona, to je i konstrukcija takvih transformatorskih stanica komplikovanija od transformatorskih stanica fabričke izrade sa dvonamotajnim transformatorima, ali pruža osetnu uštedu s obzirom na smanjenje broja transformatorskih stanica u sistemu, ako postoje potrošači 35 kV udaljeniji od transformatorske stanice.

Da bi se pojednostavilo razvodno postrojenje 35 kV, unificirali sklopovi i olakšalo sklapanje, svaka sekcija se sastoji od odgovarajućih blokova koji se priključuju na sabirnice 35 kV.

Montažni blokovi sa aparatima 110 kV (nabacivač greške, rastavljač snage, rastavljači, uključivo rastavljači poprečne veze), kao i limom oklopljeno razvodno postrojenje 6—10 kV fabričke izrade za montažu na otvorenom prostoru spajaju se analogno transformatorskoj stanici fabričke izrade sa dvonamotajnim transformatorima. Provodnici sabirnica 35 kV oba transformatora su zategnute između čeličnih portala, koji su oblika slova »G« ćirilicom sa korišćenjem nogu linijskog portala. Linijski portal je izveden u vidu čelične konstrukcije sa dve noge i dve rigle, od kojih gornja služi za nošenje sabirnica 110 kV, a donja — za nošenje sabirnica 35 kV, koje su upravne na sabirnice 110 kV. Na gornju riglu obešeni su provodnici 110 kV; na donjoj rigli postavljeni su odvodnici prenapona 35 kV.

Energetski kablovi i kablovi instalacije osvetljenja transformatorske stanice polažu se u rovu. Instalacija osvetljenja se izvodi provodnicima u čeličnim cevima, položenim po čeličnim konstrukcijama. Za opšte osvetljenje na otvorenom prostoru i limom oklopljenog razvodnog postrojenja fabričke izrade postavljaju se na konzolama svetiljke sa sijalicama od po 300 W, sem unutarnjeg osvetljenja, predviđenog u svakom ormanu limom oklopljenog razvodnog postrojenja.

LITERATURA

1. Gogičajšvili, P. F.: Podstancii bez vykljućatelej na vyssem naprjaženii, »Vyssaja škola«, Moskva, 1965.
2. Gosudarstvennyj proizvodstvennyj komitet po energetike i elektrifikaciji SSSR — Pravila ustrojstva elektroustanovok, »Energija«, Moskva, 1966.
3. Davlikamov, A. H.: Shema otključenija v bestokovuju pauzu. »Električeskije stancii«, br. 7, 1965, str. 79—80.
4. Zaderej, G. K., Krekalo, N. E., Kryžanovskij, V. V.: Otključenije i vključenije na paralleljnuju rabotu avtotransformatora 330 kV raz'jedinitelem, »Električeskije stancii«, br. 7, 1968, str. 83—85.
5. Ajzstrauts, E. V., Princis-Rybakov, A. K.: Otključenije i vključenije avtotransformatorov 330 kV raz'jediniteljami, »Električeskije stancii«, br. 6, 1974, str. 63—65.
6. Geljfand, Ja. S., Šaber, M. A.- Povyšenije nadežnosti zaštity transformatorov 110 kV uprošćennyh podstancij. »Električeskije stancii«, br. 4, 1975, str. 48—52.
7. Hrupilin, V. I., Gogičajšvili, PF.: Po povodu statji L. E. Dudareva »Novyj princip postrojenija relejnoj zaštity blokov linija-transformator, »Električeskije stancii«, br. 5, 1975, str. 84—84.
8. Katson, V. D., Polovoj, I. F., Halilov, F. H., Čertousov, V. M.: O perenaprjaženijah na linijah s nagluho prisojedinennymi transformatorami v promežutočnyh točkah, »Električeskije stancii«, br. 9, 1975, str. 68—71.

KEY WORDS:

ELECTRICAL ASSEMBLIES, ELECTRICAL BREAKERS, DISPOSITION OF ELECTRICAL ASSEMBLY, OPERATIONAL EXPERIANCIES

SIMPLIFICATION OF TRANSFORMER STATION AND SOME OUR EXPERIANCES

In the article are presented constructional solutions of simplicied transformer station (without breakers on higher voltage), that are used by us. Advantages regarding investment and operation as well as opinion of future of this stations for voltages 35 kV and 220 kV are stated.

Naslov pisca:

Kiril A. Tropin, dipl ing.
Vjekoslava Kovača 18,
11000 Beograd

Uredništvo primilo rukopis
1982 - 04 - 06

Energija God. 31 (1982) br. 11—12, 453—454

PRIJEVOZNA VISOKONAPONSKA ISPITNA STANICA

Pal Zahorec, Zagreb

UDK 621.317.1.005
STRUČNI RAD

Riječ je o pokretnom visokonaponskom laboratoriju, čiji je osnovni dio prijenosna visokonaponska ispitna stanica, namijenjena za naponsko ispitivanje na terenu.

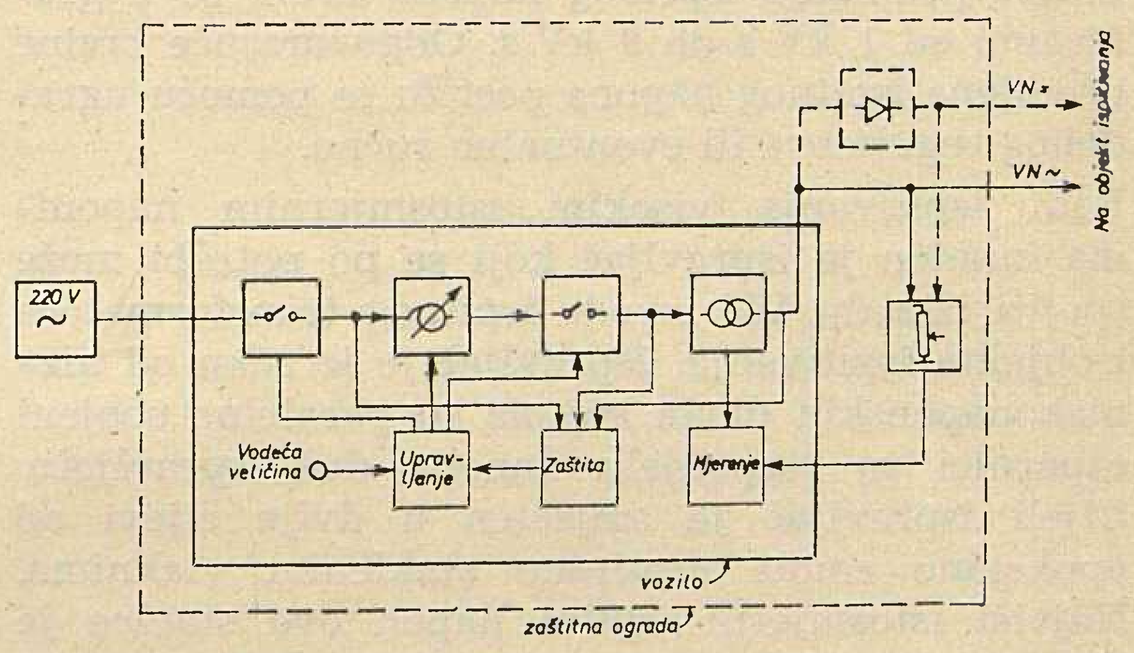
Ključne riječi: visoki napon, ispitna stanica, ispitivanje na terenu

Posljednjih nekoliko godina Institut za elektroprivredu se, uz pomoć elektroprivrednih organizacija SRH, dobro opremio za izvođenje ispitivanja elemenata električnih postrojenja na terenu. Brojna prijenosna ispitna oprema omogućuje izvođenje svih potrebnih ispitivanja za cjelovitu ocjenu stanja električne opreme elektrana, transformatorskih stanica, nadzemnih vodova i kabela. Na taj je način organiziran pokretni visokonaponski laboratorij čiji je osnovni dio prijevozna visokonaponska ispitna stanica. Ona je namijenjena za naponsko ispitivanje komponenti visokonaponske opreme na terenu, i to za ispitivanje izmjeničnim i istosmjernim ispitnim naponom. Izmjeničnim naponom se uglavnom ispituju jednominutni podnosivi naponi opreme i ispravnost odvodnika prenapona, dok se istosmjernim naponom uglavnom ispituje ispravnost izolacije kabela nakon polaganja. Visine ispitnih napona su takve da stanica omogućava:

- ispitivanje jednominutnih podnosivih izmjeničnih napona opreme do najviših napona opreme 123 kV
- ispitivanje odvodnika prenapona i sekcija odvodnika do nazivnih napona odvodnika, odnosno sekcija, od 110 kV
- ispitivanje izolacije kabela na kabelima nazivnog napona do 110 kV.

Sva ispitna oprema je ugrađena u furgon-vozilo IMV 2200 D. Radi ugradnje ispitnog transformatora vozilo je prepravljeno u radno vozilo i kao takvo atestirano. Prepravkom je povećana visina vozila na 3,15 m. Ta je visina manja od najveće dozvoljene visine na gotovo svim cestama odnosno prolazima.

Osnovni elementi ispitne stanice i njihove međusobne veze prikazani su na blok-shemi na sl. 1. Oprema ugrađena u vozilo prevozi se u stanju spremnom za rad odmah nakon dolaska na mjesto ispitivanja. Pripremne radnje na terenu svode se na spajanje objekta ispitivanja i VN-izvoda ispitnog transformatora i spajanje na izvor napajanja. Za rad stanice potreban je izvor napajanja napona 220 V. Potrebna snaga izvora ovisna je o vrsti



Sl. 1

ispitivanja, a kreće se u granicama 20—50 kVA. Najvažniji element ispitne opreme jest ispitni transformator. Ugrađen je jednofazni uljni transformator tipa IT 200—50 (proizvodnje »Rade Končara«) ovih nazivnih podataka:

— primarni napon	250	V
— primarna struja	200	A
— sekundarni napon	200	kV
— sekundarna struja	0,25	A
— snaga	50	kVA
— frekvencija	50	Hz
— napon kratkog spoja	6,5	%

Jedan kraj namota višeg napona je uzemljen, a drugi je izveden kroz provodni izolator nazivnog napona 250 kV (proizvodnje »Micafil«). Izolator je kondenzatorski, s dovoljno homogenim električnim poljem da se ispitni transformator može koristiti prilikom ispitivanja parcijalnih izbijanja. Na kraju izolatora i na mjestu prolaza izolatora kroz vozilo montirani su prsteni za oblikovanje električnog polja. Za mjerenje sekundarnog (višeg) napona transformator ima ugrađen specijalni mjerni sklop kojim je omogućeno mjerenje sekundarnog napona mjerenjem primarnog napona umanjenog za pad napona na transformatoru zbog opterećenja. Pogreška mjerenja sekundarnog napona proporcionalna je opterećenju i manja je od 1% pri nazivnom naponu i nazivnom teretu.

Objekt ispitivanja povezuje se s ispitnim transformatorom preko otpornika koji služe za ograničenje struje prilikom proboja izolacije u VN-krugu. Ispitni transformator napaja se preko regulacijskog transformatora koji omogućuje regulaciju i postepeno dizanje ispitnog napona. Regulacijski transformator je jednofazni autotransformator s kliznim kontaktom tipa RT 100—250 (proizvodnje »Rade Končara«). Namot transformatora je sačinjen od dva svitka u jednom sloju, koji su namotani oko prstenaste jezgre. Sekundarni napon regulira se u skokovima manjim od 0,5% nazivnog sekundarnog napona.

Za većinu visokonaponskih ispitivanja propisima je predviđena brzina podizanja ispitnog napona. Za ispitivanja za koja je predviđena ova stanica brzina podizanja ispitnog napona kreće se u granicama od 1 kV/s do 9 kV/s. Odgovarajuće brzine promjene ispitnog napona postižu se pomoću ugrađenog regulatora ili eventualno ručno.

Radi ispitivanja visokim istosmjernim naponima izrađen je ispravljač koji se po potrebi može spojiti između VN izvoda ispitnog transformatora i objekta ispitivanja. Ispravljač je izrađen od niza niskonaponskih dioda kojima su paralelno spojeni otpornici za raspodjelu napona duž ispravljača. Cijeli ispravljač je smješten u dvije cijevi od epoksidne smole armirane staklenim vlaknima. Najviši istosmjerni ispitni napon ove stanice je 282 kV. Pri tome se na ispravljaču može pojaviti napon od 564 kV, za koji je ispravljač i dimenzioniran.

Otpornim djelilom, spojenim između objekata ispitivanja i uzemljenog kraja VN namota ispitnog transformatora, omogućeno je direktno mjerenje visokih ispitnih napona. Djelilo je izrađeno od niza niskonaponskih otpornika, serijski vezanih i smještenih u istu cijev kao i ispravljač. Na oba kraja cijevi postavljeni su prsteni za oblikovanje el. polja.

Sklopovima za zaštitu štiti se osoblje, objekti ispitivanja i ispitna oprema. Zaštita je izvedena pomoću nadstrujnih i naponskih releja. Djelovanje zaštite prilagodivo je vrsti ispitivanja. Nadstrujna zaštita reagira u slučaju proboja izolacije objekata prenapona, kao i kod pojave prevelike struje u krugovima ispitne opreme.

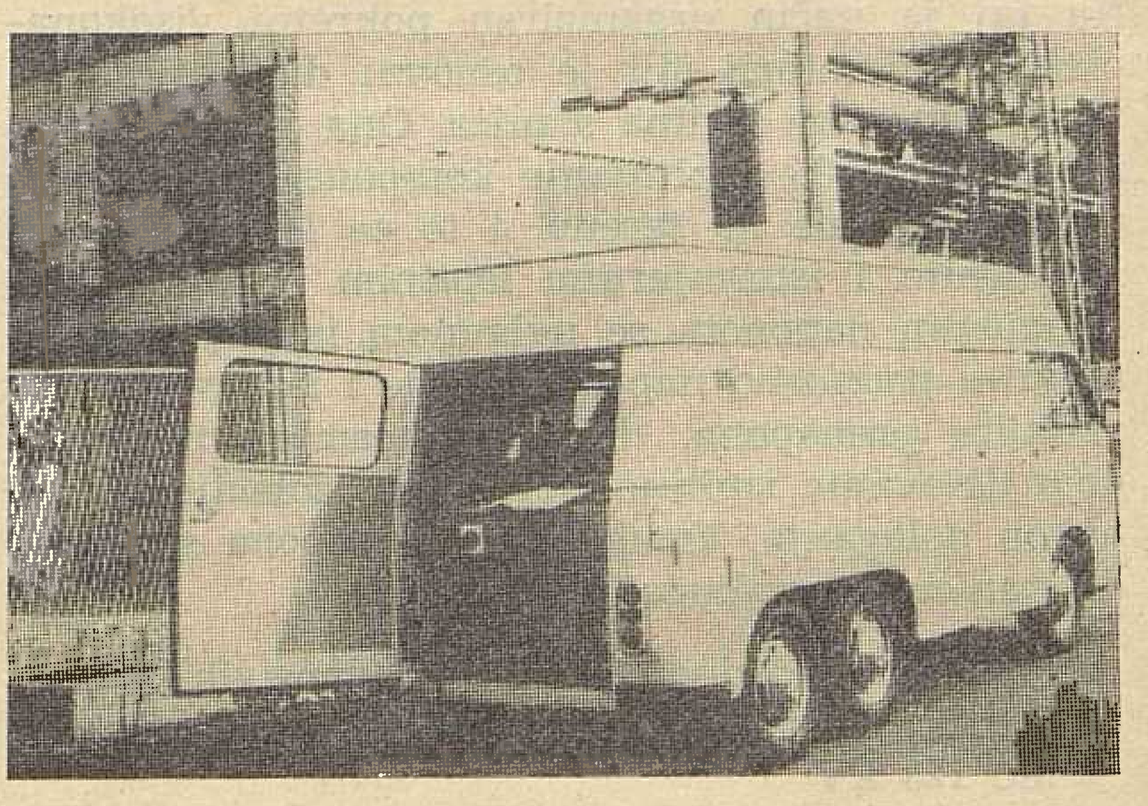
Zaštita će reagirati i pri pojavi povišenog napona na kućištima ispitne opreme. To je posebno važno za slučaj da sekundarni namot ispitnog transformatora ostane neuzemljen.

Cijela zona u kojoj se obavljaju visokonaponska ispitivanja ograđuje se zaštitnom ogradom sa zastavicama i pločama za upozorenje. Početak ispitivanja alarmira se sirenom.

Slike 2. i 3. snimljene su za vrijeme dok su u stanici vršena ispitivanja. Na slici 2 vidi se izgled stanice u toku ispitivanja istosmjernim naponima s postavljenim ispravljačem. Slika 3 pri-



Sl. 2



Sl. 3

kazuje izgled stanice u toku ispitivanja izmjeničnim naponima. Na zadnjoj strani vozila, neposredno iza otvorenih vrata, nalazi se upravljački stol, a upravljanje se obavlja izvana.

Naslov pisca:

Pal Zahorec, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu,
Proleterskih brigada 37
41000 Zagreb

Energija God. 31 (1982) br. 11—12, 455—459

SISTEM ZA PROIZVODNJU PARE S MODERNIM VODOKLJUČAJUĆIM REAKTOROM

Geza Z a k e, Zagreb

UDK 621.039:621.18
STRUČNI RAD

U članku se daje opći prikaz sistema i princip rada za proizvodnju pare kod energetskih vodokljućajućih reaktora uz naznaku pomoćnih reaktorskih sistema. Zatim se daje osvrt na moderni koncept vodokljućajućih reaktorskih sistema.

Ključne riječi: vodokljućajući reaktor, proizvodnja pare

UVOD

U nuklearnoj reaktorskoj tehnologiji koja se primjenjuje u elektroenergetskim objektima izdvojili su se, tehnički i komercijalno, lakovodni reaktori koji se kao gorivom koriste obogaćenim uranom 235, a kao hladilom i moderatorom bidestilat vode. Ta vrsta reaktora razvila se u dva tipa reaktorskih sistema: u reaktore hlađene i moderirane vodom pod tlakom — vodotlačne reaktore (Pressurized Water Reactor-PWR) i reaktore s ključajućom vodom — vodokljućajuće reaktore (Boiling Water Reactor — BWR).

Sličnost tih dvaju reaktorskih sistema očituje se nizom projektnih i funkcionalnih elemenata. Na primjer, ova dva sistema su projektirana na istim općim kriterijima sigurnosti. Nadalje, za oba sistema potrebni su identični kapaciteti za planiranje, projektiranje i proizvodnju.

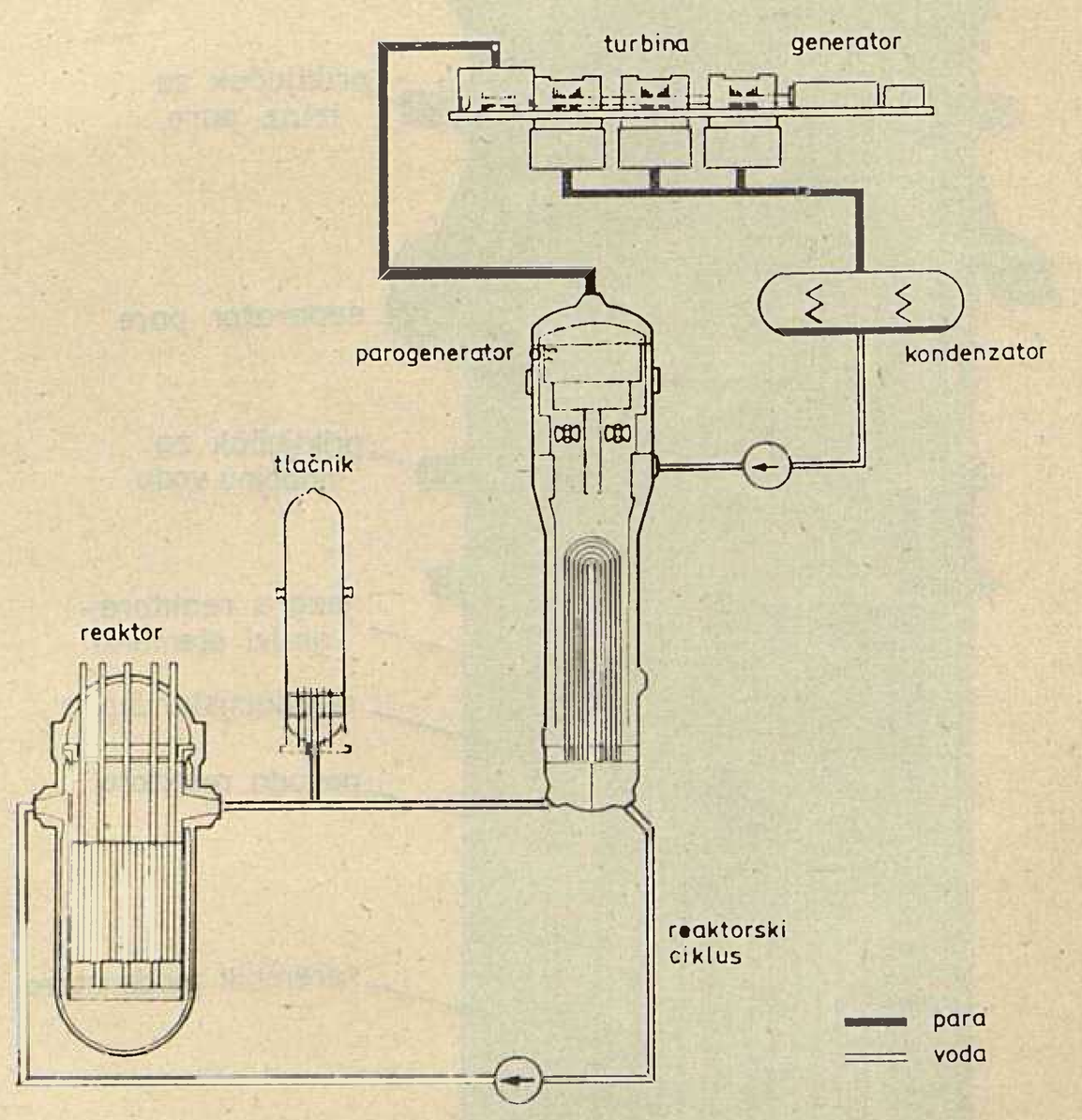
Poznato je da su elektrogospodarstva SR Hrvatske i SR Slovenije započela s pripremama za gradnju druge nuklearne elektrane, snage približno 1 000 MWe, na lokaciji Prevlaka kraj Zagreba. Tehnički koncept izbora te nuklearne elektrane praktički je vezan za dva navedena tipa lakovodnih reaktorskih sistema.

Kod prve nuklearne elektrane na lokaciji Krško odabran je sistem za proizvodnju pare s vodotlačnim reaktorom (PWR) i zbog toga je ovaj sistem u Jugoslaviji poznatiji.

Ovim člankom daje se prikaz alternativnog sistema s vodokljućajućim reaktorom (BWR) kako bi se širi krug stručnjaka upoznao s tim sistemom koji je razvijen u stranim tvrtkama General Electricu iz SAD i ASEA-ATOM iz Švedske.

SISTEM ZA PROIZVODNJU PARE

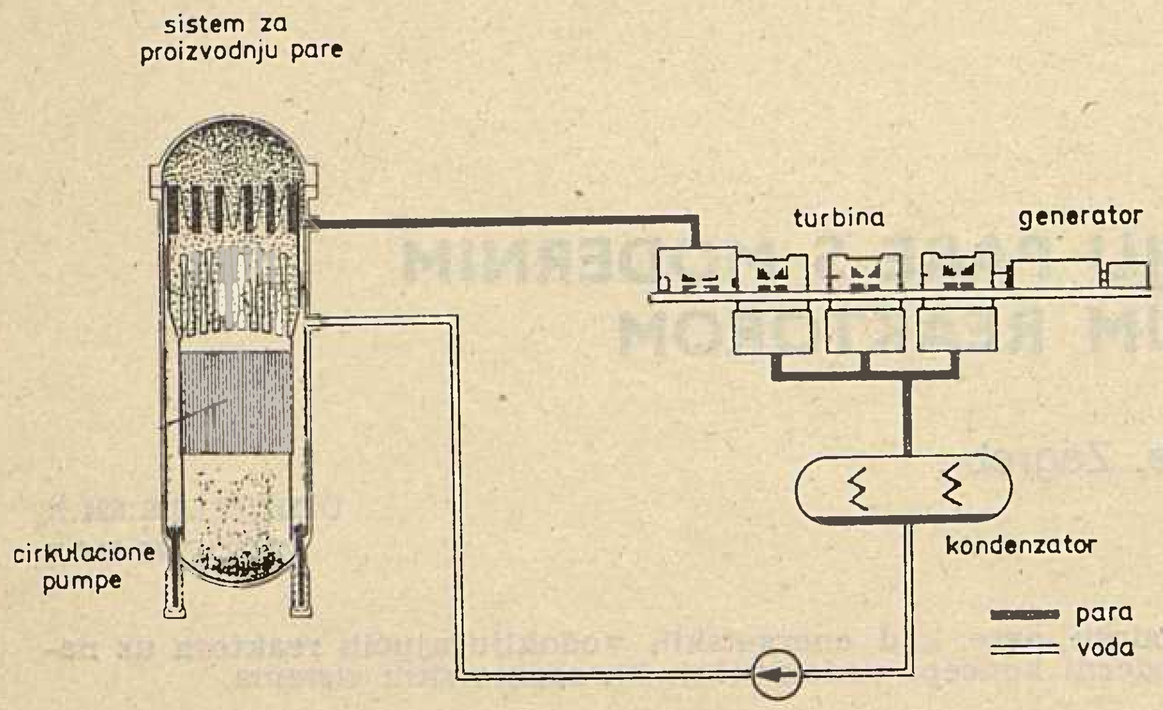
Kod vodotlačnih reaktora sistem za proizvodnju pare projektiran je kao indirektni ciklus. To znači da je parni ciklus odvojen od rashladnog ciklusa reaktora parogeneratorom. Na sl. 1. prikazane su osnovne komponente ovog sistema: reaktorska posuda, tlačnik, parogenerator i protočna pumpa. Za razliku od vodotlačnog sistema, vodokljućajući reaktorski sistem ima direktan parni ciklus, kao što je prikazano na sl. 2. Ovdje se voda pod tlakom u reaktorskoj posudi zagrijava energijom



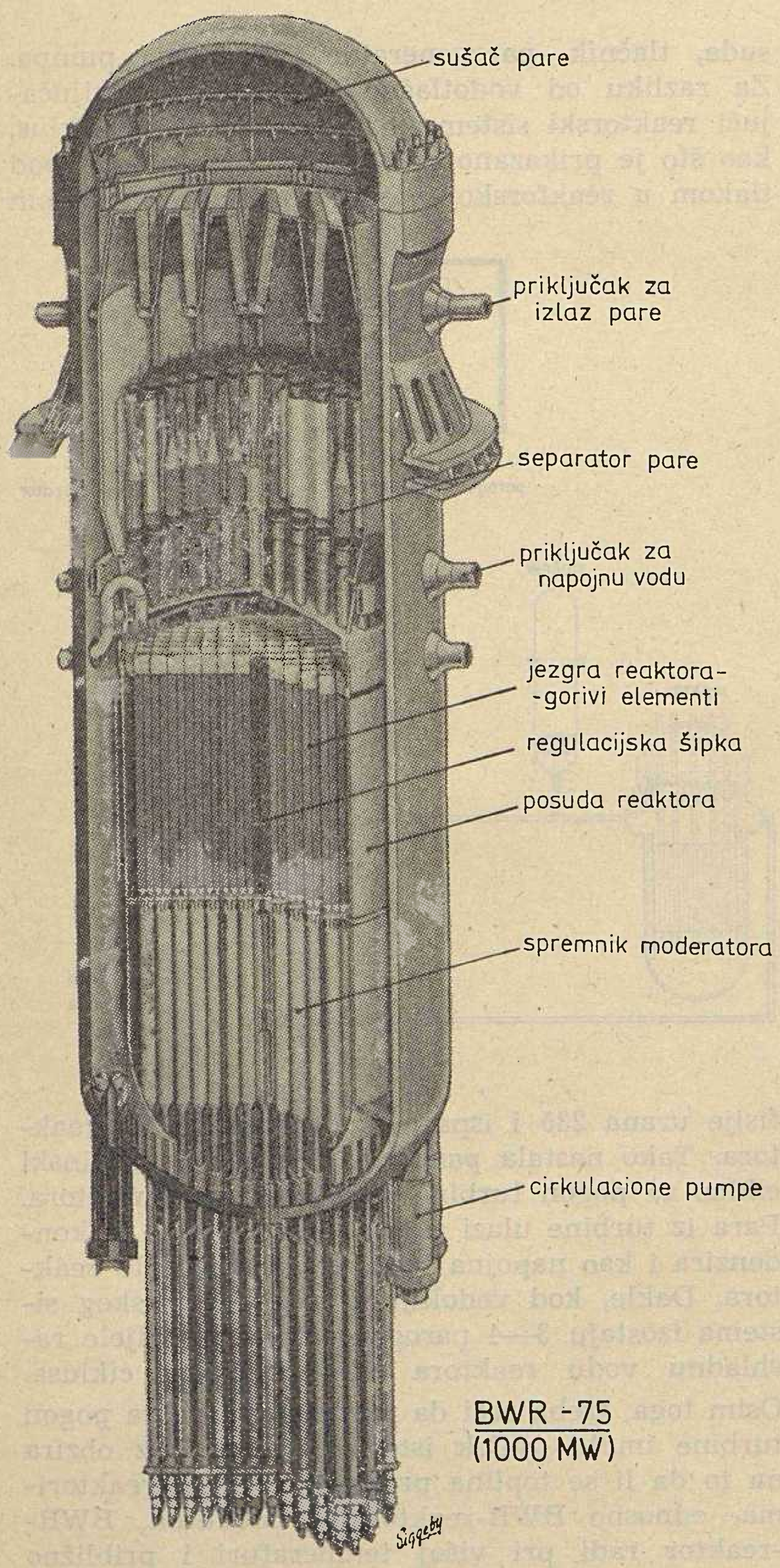
Sl. 1

fisije urana 235 i isparava u samoj posudi reaktora. Tako nastala para ide direktno u turbinski ciklus za pogon turbine i električnog generatora. Para iz turbine ulazi u kondenzator gdje se kondenzira i kao napojna voda vraća u posudu reaktora. Dakle, kod vodokljućajućeg reaktorskog sistema izostaju 3—4 parogeneratora koji djele rashladnu vodu reaktora od turbinskog ciklusa.

Osim toga, treba reći da parametri pare za pogon turbine imaju uvijek iste vrijednosti bez obzira na to da li se toplina proizvodi u PWR-reaktorima, odnosno BWR-reaktorima. Međutim, BWR--reaktor radi pri višoj temperaturi i približno dvostruko višem pritisku nego BWR-reaktor.



Sl. 2



Sl. 3

Sistem za proizvodnju pare kod vodokljućajućih reaktora čini reaktorska posuda s unutrašnjom opremom, što je prikazano na sl. 3. Generirana toplina u jezgri reaktora zagrijava vodu do vrenja. Nastala zasićena para prolazi kroz separatore i sušaće pare te pod tlakom od približno 6,8 MPa i temperaturom od 284 °C izlazi iz reaktorske posude kroz priključak za izlaz pare. Voda koja se izdvaja pomoću separatora pare u prostoru između obloge i stijenke reaktorske posude pada naniže i miješa se s napojnom vodom reaktora. Napojna rashladna voda ulazi u reaktor kroz priključak za napojnu vodu s temperaturom od 215 °C. (Ovi i daljnji podaci odnose se na BWR-reaktor snage 1 000 MW.)

Jezgru reaktora čini 700 gorivih snopova. Grupa od po četiri goriva snopa s regulacijskom šipkom čini gorivi modul. Regulacijske šipke u apsorpcijskom dijelu križnog su oblika i izrađene su od karbida bora. Podizanje i spuštanje regulacijskih šipki vrši se elektromehaničkim ili hidrauličkim putem.

Cirkulacijske pumpe nalaze se u donjem dijelu posude reaktora. Rotor i kućište pumpe smješteni su s unutrašnje strane posude, a motor sa kućištem s vanjske strane. Pogon se vrši pomoću indukcionih elektromotora s vlastitim konverterima frekvencije. Svaka pumpa ima vlastiti sistem hlađenja. Ukupni maksimalni protok za osam pumpi iznosi 11 400 kg/s, odnosno 1425 kg/s po jednoj pumpi.

Pomoću ovako projektiranog cirkulacijskog sistema rashladne vode moguća je brza i fleksibilna kontrola snage reaktora s obzirom na korelaciju između protoka rashladne vode i fisione energije. Čak i u slučaju zaustavljanja svih osam pumpi, zbog inercije toka hladila jezgra reaktora bit će hlađena.

Reaktorska posuda je najveća i najteža komponenta kod nuklearnih elektrana s vodokljućajućim reaktorom. Visina je 20,8 m, unutrašnji promjer 6,4 m a težina oko 750 tona. Posuda se sastoji od cilindričnog dijela s prirubnicom na gornjem dijelu. Donji dio posude je sferičnog oblika. Gornji dio posude je također sferičan i vijcima se veže za cilindrični dio.

Na donjem dijelu posude osim priključaka za pumpe nalaze se priključci za 169 regulacijskih šipki, zatim 43 prodora za neutronske detektore i 10 priključaka za mjerenje protoka vode.

Veliki prikljuci locirani su na cilindričnom dijelu posude, i to: 4 priključka za izlaz pare promjera 340 mm, 4 priključka za ulaz napojne vode promjera 230 mm, dva priključka promjera 150 mm za cirkulaciju naplavne vode i dva priključka promjera 150 mm za sistem prskanja jezgra reaktora.

Elementi unutrašnje opreme reaktora jesu:

— nosač spremnika moderatora
— spremnik moderatora

— rešetka jezgra
— separator pare
— sušač pare
— vodilice kontrolnih šipki
— distributor napojne vode
— pomoćni distributor napojne vode i
— sistem za prskanje jezgra reaktora.

POMOĆNI REAKTORSKI SISTEMI

Najvažniji pomoćni reaktorski sistem jest sistem za hlađenje jezgra reaktora za slučaj akcidentalnog stanja gubitka rashladne vode. Osnovna shema ovog sistema prikazana je na sl. 4. i sastoji se od:

— niskotlačnog injekcionog sistema rashladne vode kapaciteta 355 kg/s — sistem 323
— pomoćnog napojnog sistema kapaciteta 22,4 kg/s — sistem 327,
— rashladnog sistema zaštitnog plašta reaktora (containment) kapaciteta 100 kg/s — sistem 322,
— pomoćnog dizel-agregata — sistem 652 i pomoćnih rashladnih sistema 712 i 721 koji se odnose na distribuciju rashladne vode.

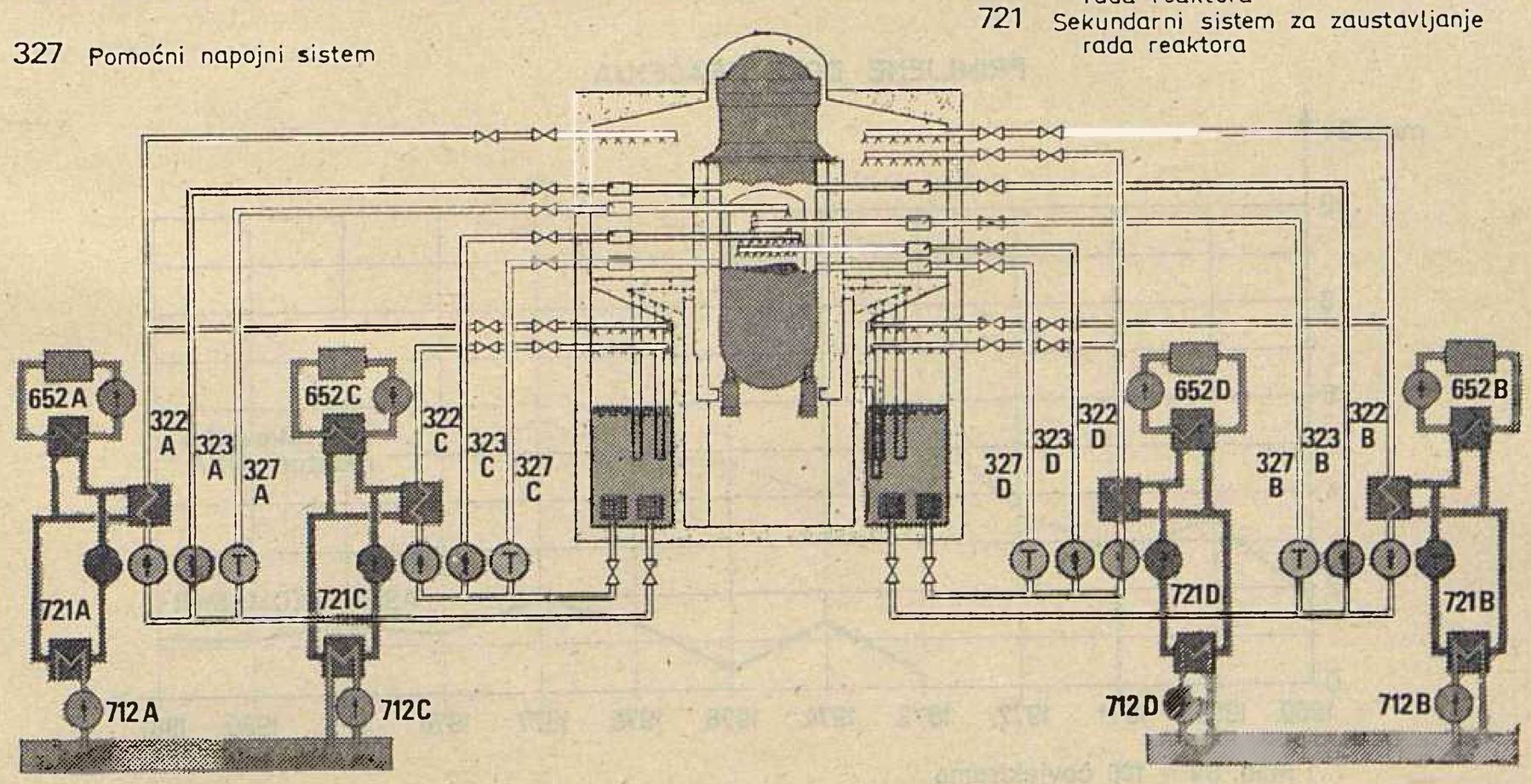
MODERNI KONCEPT

Na svjetskom tržištu nalaze se dva projektna koncepta vodokljućajućih reaktorskih sistema. Jedan koncept je BWR 6 koji je razvio General Electric u SAD, a drugi je BWR 75 što ga je razvio ASEA-ATOM iz Švedske.

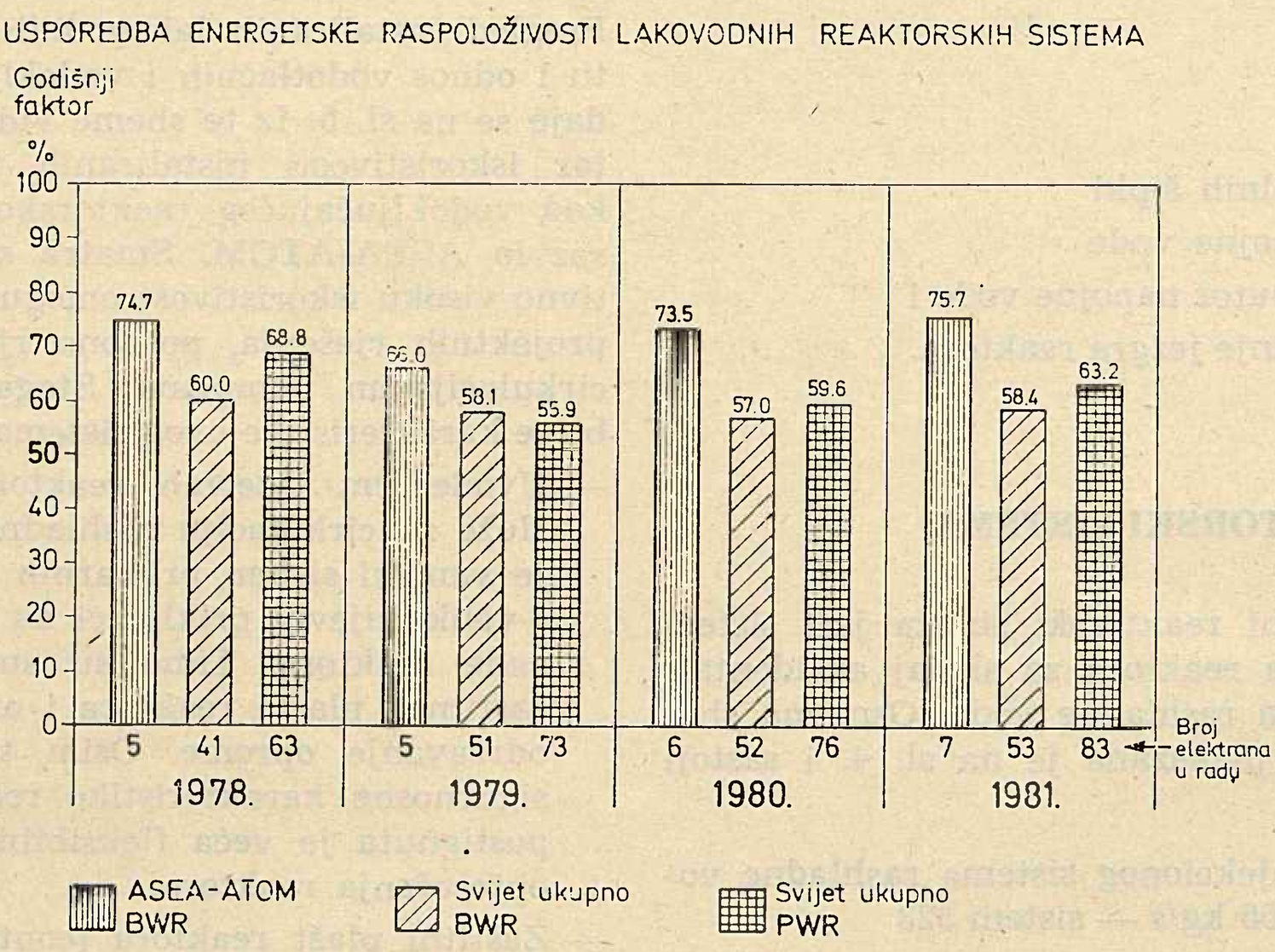
Pregled instaliranih lakovodnih reaktora u svijetu i odnos vodotlačnih i vodokljućajućih reaktora daje se na sl. 5. Iz te sheme vidljivo je da je faktor iskoristivosti instaliranih kapaciteta najviši kod vodokljućajućeg reaktorskog sistema koji je razvio ASEA-ATOM. Smatra se da ovako relativno visoku iskoristivost omogućuje jednostavnost projektnih rješenja, posebno rješenje s internim cirkulacijskim pumpama. Stoga se navode neke bitne karakteristike ovog sistema:

— Uvođenjem internih reaktorskih pumpi koje služe za cirkulaciju rashladne vode odstranjen je vanjski sistem primarnih cjevovoda, a time i veliki cijevni priključci na donjem dijelu posude reaktora. Time su smanjene dimenzije zaštitnog plašta reaktora i omogućeno je bolje održavanje opreme. Osim toga, povećane su sigurnosne karakteristike reaktorske posude i postignuta je veća fleksibilnost kod promjene opterećenja reaktora.
— Zaštitni plašt reaktora (containment) je cilindričnog oblika i izvodi se iz prednapregnutog betona s čeličnim lajnerom s unutrašnje strane. Takvo rješenje pojednostavljuje izvedbu nosača cjevovoda, zatim omogućuje bolji prostorni raspored opreme a time bolju mogućnost pregleda i održavanja.
— Regulacijski sistem reaktora izveden je sa dvojnom funkcijom. Elektromehanički služi za normalni rad s mogućnošću finog podešavanja položaja regulacijskih šipki, dok drugi, hidraulički služi za brzo pokretanje šipki u slučaju naglog zaustavljanja rada reaktora.
— Sigurnosni sistemi reaktora koji podliježu nuklearnoj klasi izvedeni su s četiri podsistema, od kojih samo dva služe za sigurnosno zaustavljanje rada reaktora. Podsistemi su jedan od drugoga odvojeni električki i fizički.

322 Sistem za prskanje vode u zaštitnom plaštu reaktora
323 Niskotlačni sistem za injektiranje rashladne vode
327 Pomoćni napojni sistem
652 Pomoćni diesel sistem
712 Rashladni sistem za zaustavljanje rada reaktora
721 Sekundarni sistem za zaustavljanje rada reaktora



Sl. 4



Sl. 5

— Moderni koncept vodokljućajućih reaktora izlaže radnike vrlo niskim dozama ionizirajućeg zračenja, što je vidljivo iz sheme na sl. 6.

— Snaga reaktora može se sniziti za oko 60% pomoću kontrole protoka rashladne vode, a sljedećih 20% pomoću neznatnog pomicanja regulacijskih šipki. To znači da je BWR 75 sposoban pratiti opterećenja dnevnih i tjednih ciklusa mreže, pa čak i ponovnog opterećenja nakon ispada.

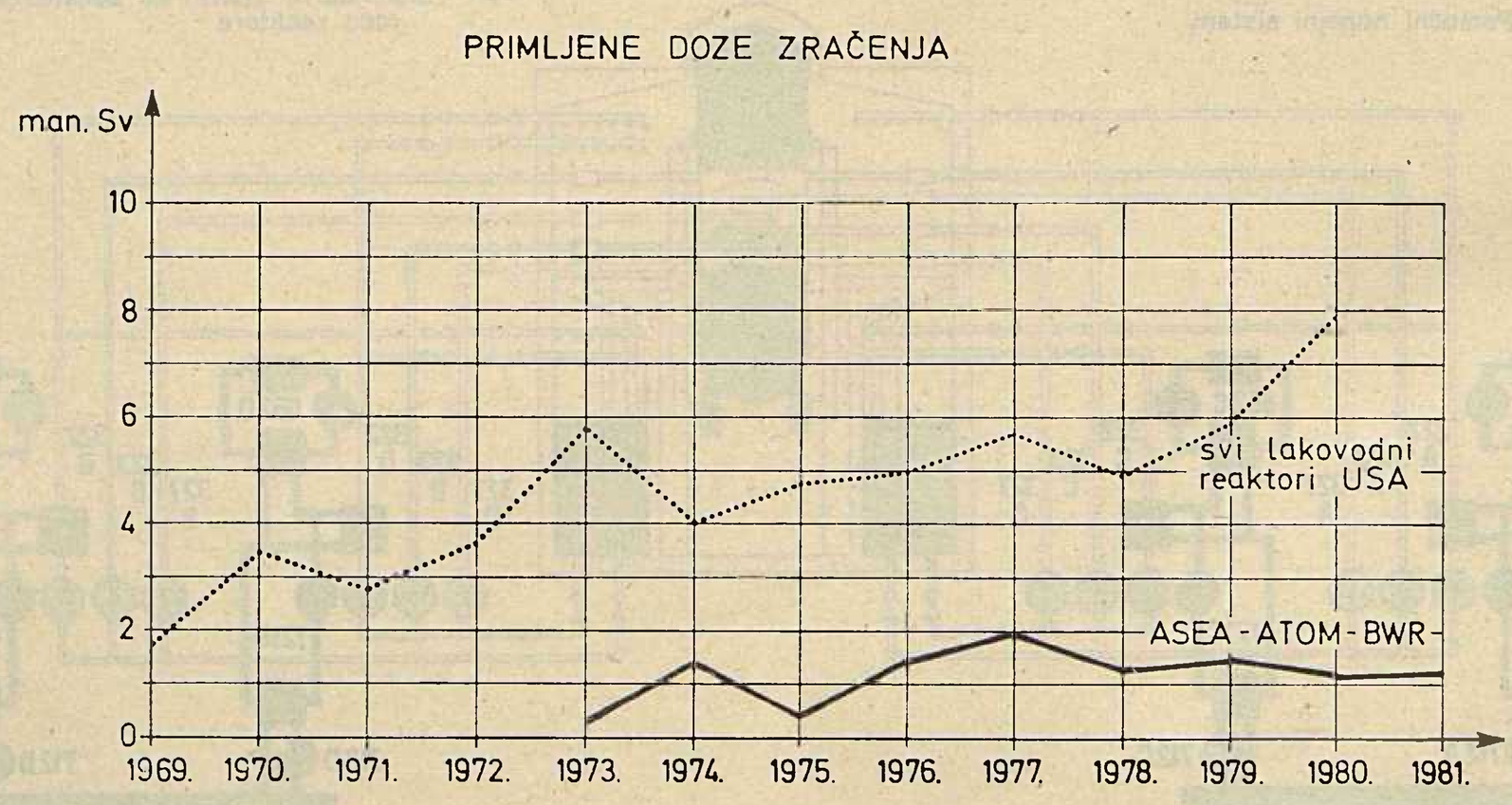
SIGURNOST

Glavna je razlika između vodotlačnih i vodokljućajućeg reaktora u jednostavnosti izvedbe i mogućnosti brzog podizanja i snižavanja snage reaktora. Da bi se postiglo hladno stanje vodotlačnog reaktora, potrebno je oko 24 sata, dok se kod vodokljućajućih reaktora hladno stanje postiže znatno brže. Ovakva mogućnost vodokljućajućih reaktora bitno utjeće na sigurnost cijelog sistema. Nadalje, za slučaj postuliranog akcidentalnog stanja — prekida dovoda rashladne vode — jezgra reaktora ne može ostati bez vode. To daje jedinstvenu prednost jer se onemogućuje pregrijanje jezgra reaktora i širenje akcidentalnog stanja.

Nuklearne elektrane s vodokljućajućim reaktorom projektiraju se tako da u turbinski ciklus ulaze samo radioaktivni plinovi s kratkim vijekom trajanja i bez mogućnosti kondenzacije. U slučaju propuštanja košuljice gorivih elemenata stvaraju se radioaktivni plinovi s dugim vijekom trajnja, kao što su radioaktivni Kripton i Ksenon. Za eventualnost ovakvog slučaja u kondenzator je ugrađen sistem za otplinjavanje.

EKONOMIJA

Mnoge studije su pokazale da je cijena izgradnje nuklearnih elektrana s vodotlačnim i vodoklju-



Sl. 6

čajućim reaktorom jednaka. Međutim, smatra se da ozbiljne studije trebaju kod vodotlačnih reaktora uključiti i cijenu zamjene parogeneratora, što po cijenama 1982. god. iznosi više od 300 milijuna US $. Osim toga, smatra se da treba tome dodati i godišnju cijenu zaustavljanja elektrane radi remonta parogeneratora i raznih inspekcija, te, konačno, tome treba dodati i cijenu primljenih doza radijancije koje mogu iznositi i do 3 000 čovjek/rema godišnje.

ZAKLJUČAK

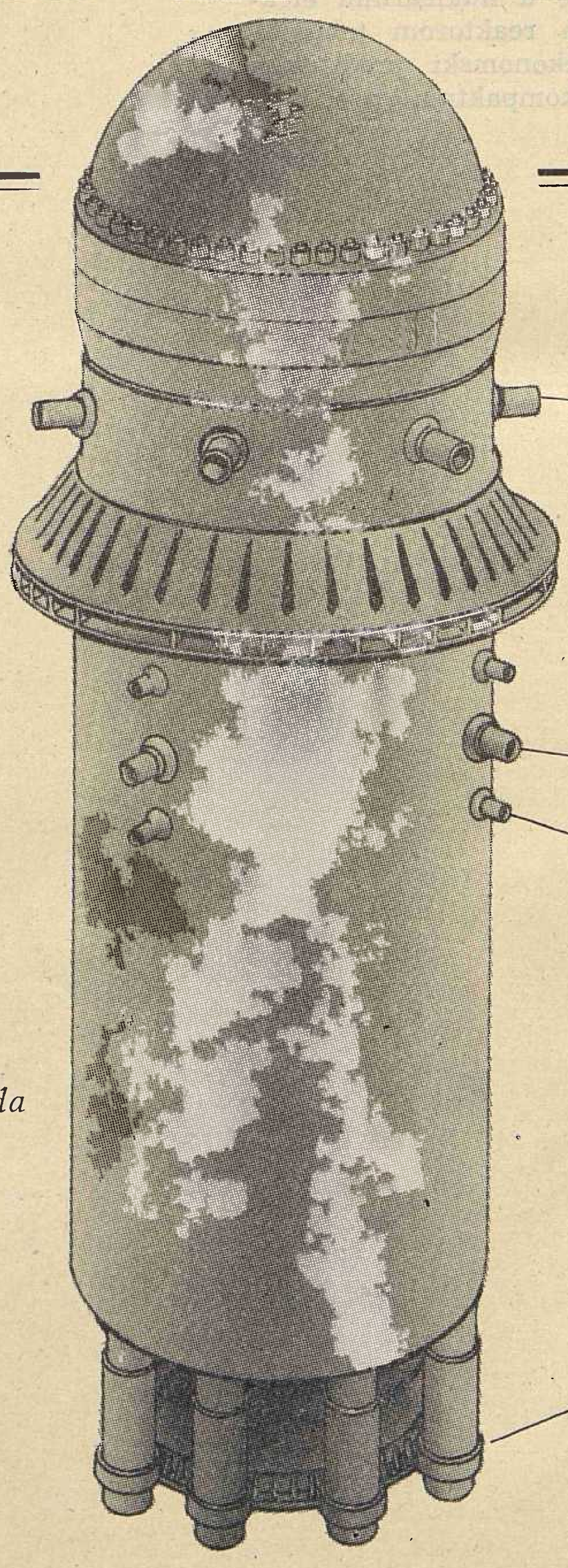
Sistem za proizvodnju pare u nuklearnim elektranama s vodokljućajućim reaktorom tehnički, tehnološki, sigurnosno i ekonomski predstavlja funkcionalnu, projektno kompaktnu, prostorno fleksibilnu i optimalno sigurnu reaktorsku tehnologiju. Uz ostala uspješna projektna rješenja sistema za proizvodnju pare ovo je naročito postignuto primjenom internih cirkulacijskih pumpi i eliminiranjem primarnih cjevovoda, te, dakako, direktnim ciklusom konverzije energije bez ugradnje i posredovanja problematičnih parogeneratora.

LITERATURA

[1] ASEA-ATOM »Plant Layout and system desing features of the BWR 75«.

Naslov pisca:
Geza Zake, inž.
Tridesettreće divizije 13
41000 Zagreb

POSLJEDN



Ključ za unapređenje perfomansa:

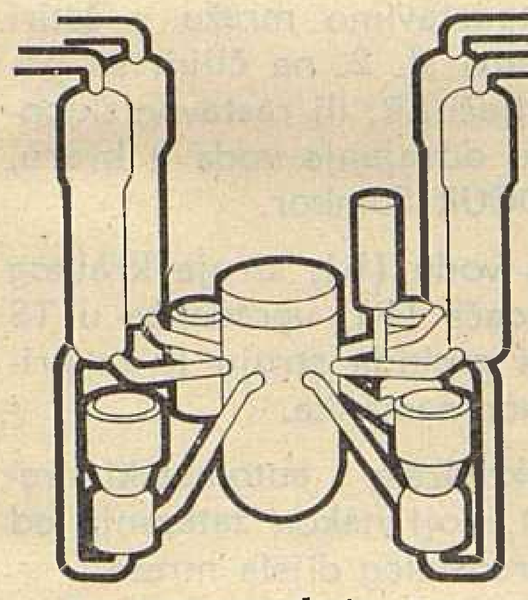
ASEA-ATOM pretvara nuklearnu energiju u parnu i električnu energiju i to bez parogeneratora, bez tlačnika i bez cjevovoda za recirkulaciju.

ASEA –ATOM BWR 75

JA RIJEČ

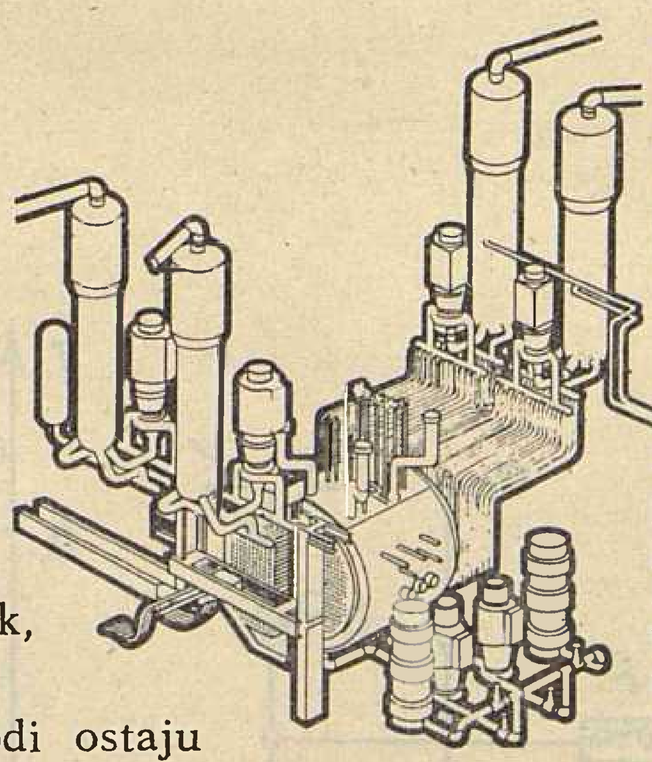
TEHNOLOŠKE JEDNOSTAVNOSTI.

Nuklearna energija koristi se već više od 25 godina za proizvodnju električne energije. Ispitano je više reaktorskih sistema za proizvodnju pare. Neki nisu uspjeli dokazati svoju opravdanost, dok su se drugi komercijalno dokazali.

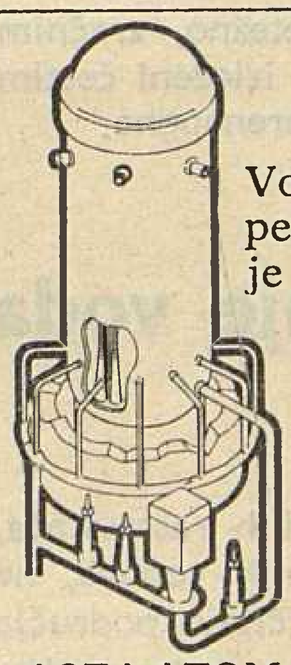


Vodotlačni reaktor (PWR) koji koristi laku vodu kao rashladni medij i moderator neutrona, još uvijek se primjenjuje. Prvotno je ovaj tip reaktora bio namijenjen potrebama mornarice SAD za pogon brodova.

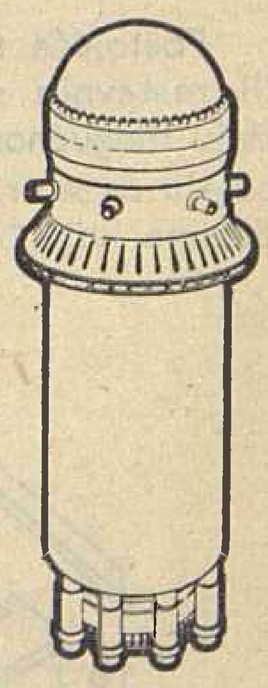
Za proizvodnju pare potrebne su brojne komponente — tlačna posuda, tlačnik, primarne pumpe, nekoliko parnih generatora i složeni cijevni sistem.



Reaktor sa cijevima pod pritiskom kao rashladni medij i moderator koristi tešku vodu. Tlačna posuda zamijenjena je složenim sistemom tlačnih cijevi, a tlačnik, primarne pumpe, parogeneratori, cjevovodi ostaju neophodne komponente.



Vodokljućajući reaktor s vanjskim petljama i mlaznim pumpama kod kojih je laka voda rashladni medij i moderator predstavlja značajan korak u daljnjem razvoju. U ovom slučaju tlačnik i parogeneratori nisu potrebni, dok je sistem recirkulacionih cjevovoda i dalje neophodan.



ASEA-ATOM vodokljućajući reaktor koji za hlađenje i modeliranje koristi laku vodu jedinstven je s obzirom na svoje projektno pojednostavljenje Primjenom pumpi koje su smještene unutar reaktorske posude a služe za recirkulaciju rashladnog medija eliminiran je sistem cjevovoda za recirkulaciju.

Inherentna jednostavnost ASEA-ATOM BWR 75 sa internim pumpama reaktora osigurava značajne prednosti u pogledu pouzdanosti, ekonomije, pogonske fleksibilnosti i održavanja. Četiri ASEA ATOM BWR-a koja su u komercijalnoj upotrebi to potvrđuju (prvi se nalazi u upotrebi od 1979). Tajna uspjeha leži u jednostavnosti projekta.

ASEA-ATOM

Predstavništvo za Jugoslaviju — Hotel Esplanade, Mihanovićeva 1, YU-41000 Zagreb, Jugoslavija, tel. (041) 277-942, (041) 277-816. Telex. 22-114 YU ASEA.

RADE KONČAR

NEKA NOVA RJEŠENJA U POBOLJŠANJU KONTINUIRANE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZRAČNIM VODOVIMA SREDNJEG NAPONA

Uvod

Prenapučenost velikih gradova i industrijskih središta, te nedovoljna propusna moć njihovih prometnica, sve više postaju ograničavajući faktor daljnjeg razvoja industrijske proizvodnje na postojećim lokacijama.

Već i do sada je često bilo nužno, a u buduće će biti još češće, da se prilikom novih ulaganja u proširenje proizvodnje, pronađu nove — uglavnom — disperzirane lokacije, više ili manje udaljene od sadašnjih.

Osim toga, u prigradskim selima razvija se i značajna djelatnost na području proizvodnje i prerade hrane, koja također zahtijeva sve više el. energije.

Svi ovi potrošači opskrbljuju se, pretežno, zračnim vodovima napona 12, 24 i 38 kV, koji su izloženi čestim kvarovima pod utjecajem atmosferskih prenapona.

Automatsko odvajanje voda u kvaru

Postojeća rješenja s ugradnjom linijskih rastavljača, ili rastavnih sklopki, na počecima krajnjih vodova, ne daju mogućnost brzog lociranja kvara, pa čitava područja ostaju duže vrijeme bez električne energije sa svim posljedicama koje iz tog proizlaze.

Druga mogućnost, koja na odvojcima zahtijeva postavljanje odgovarajuće transformatorske stanice (TS), sa prekidačem za ponovno uklapanje i pripadnom relejnom zaštitom, predstavlja i još će dugo predstavljati, ekonomski neprihvatljivo rješenje za ovu vrstu potrošača.

Nastojanja proizvođača el. opreme, da se i ovim potrošačima omogući sigurnija opskrba el. energijom dovela su do primjene uređaja za automatsko odvajanje zračnog voda u kvaru, koji se prigrađuje na svaku fazu linijskog rastavljača, prema sl. 1.

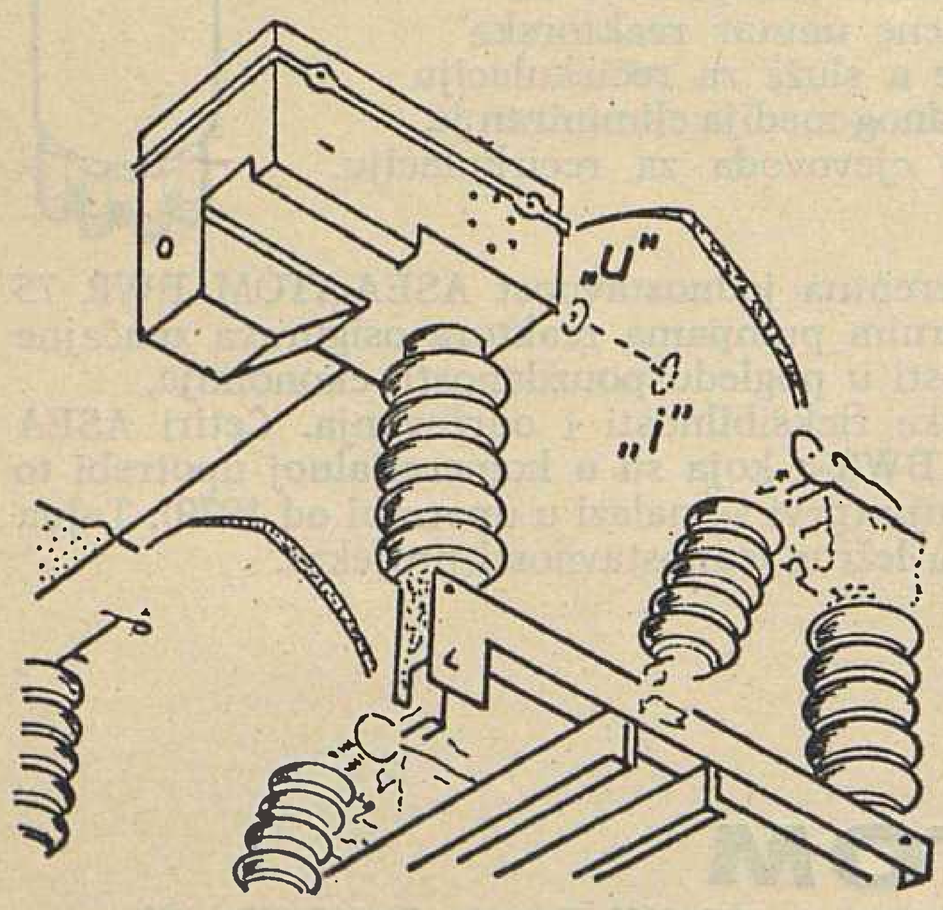
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

Za naše razmatranje, pretpostavimo mrežu s četiri radijalno spojena voda — prema sl. 2. na čijim su počecima ugrađeni linijski rastavljači LR, ili rastavne sklopke, s uređajima za automatsko odvajanje voda u kvaru, proizvodnje »R. Končar« — OOUR Sombor.

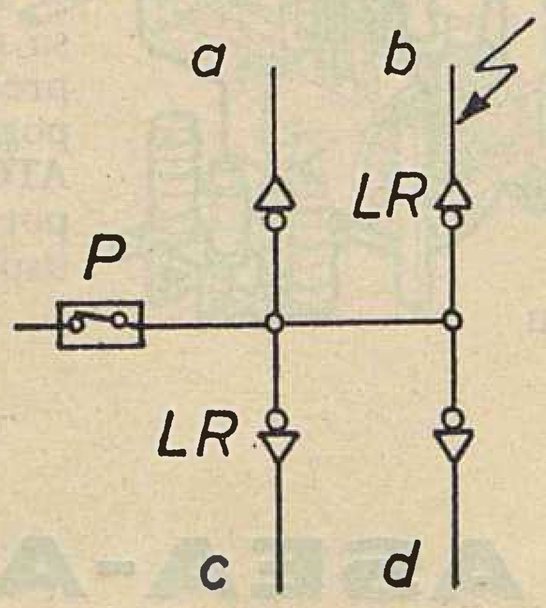
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

Istovremeno je struja I_k aktivirala i automatski uređaj za odvajanje na vodu (b), koji nakon zatezanja od 10 do 20 sek. odvoji vod od preostalog dijela mreže.

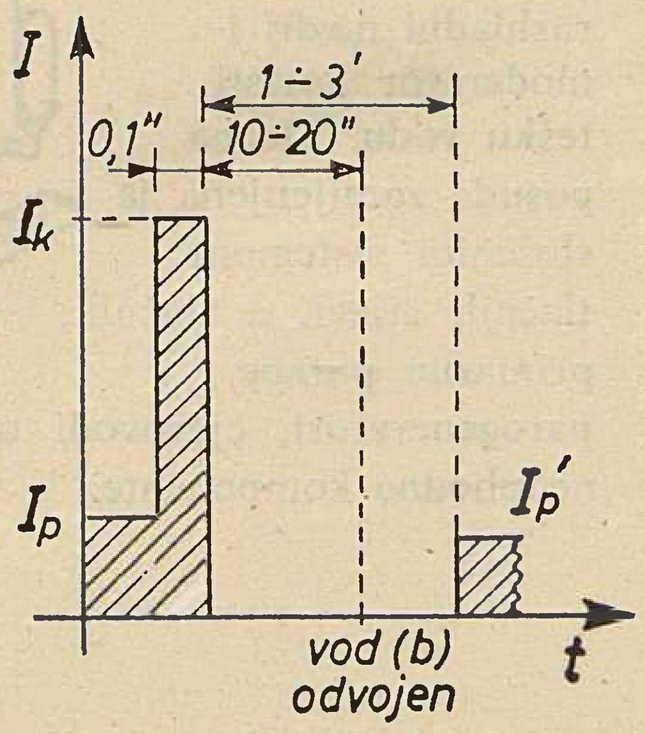
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

potrošača priključenih na vodove (a), (c) i (d), kao što je vidljivo iz dijagrama na sl. 3.

$$I_p = I_k = 0$$

Prije otklanjanja kvara na vodu, potrebno je linijski rastavljač ručno otvoriti u krajnji isklopni položaj, čime se izdanak vidljiv na sl. 1. vrati iz položaja »i« u položaj »u« i na taj način ponovno zatvori strujni put kroz uređaj za automatsko odvajanje na vodu (b).

Samo po sebi razumljivo, ako je na početku glavnog voda ugrađen prekidač (P) suvremenih karakteristika, kao što su prekidači tipa M12 — 38 proizvodnje »RK« — OOUR Zagreb Borongaj, koji imaju mogućnost brzog ponovnog uklopa, te ako u TS postoji odgovarajući APU uređaj i ako se radi o prolaznom kvaru, prekidač (P) ponovo uklopi nakon pauze od 0,3 do 8 sek., da u tom slučaju automatski uređaj za odvajanje voda u kvaru neće proraditi, čime se nastavlja redovna opskrba i potrošača priključenih na vod (b).

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

Posebno je zanimljiv slučaj, ako na razvijenijem konzumnom području imamo i takve potrošače, koji ni kraću stanku u opskrbi el. energijom ne mogu prihvatiti zbog zastoja u proizvodnom procesu. Primjer opskrbe važnijih potrošača na vodovima A i B, uz korištenje dva prekidača i linijskih rastavljača s uređajem za automatsko odvajanje voda u kvaru, prikazan je na slici 4.

U našem primjeru, ponovno je pretpostavljen kvar na odvojku (b). Struja kratkog spoja istovremeno potiče relej za automatsko odvajanje voda (b), te odgovarajuće zaštite na prekidačima P_1 i P_2. Zaštita prekidača u glavnoj TS, je tako podešena da prekidač P_1 prvi isklopi, dok je vremensko zatezanje na uređaju za automatsko odvajanje voda u kvaru — kako već znamo — od 10 do 20 sekundi. Uređaj za brzo ponovno uklapanje, uz prekidač P_1, odmah proslijedi impuls za ponovni uklop, te prekidač — nakon beznaponske pauze od približno 0,3 sek. — ponovno uklopi.

Ako je kvar bio prolaznog karaktera, opskrba el. energijom nastavlja se dalje bez ikakvih smetnji na čitavom području, kao što je opisano u prvom dijelu ovog članka.

Međutim, ako je na vodu (b) kvar trajnog karaktera, uklapanjem prekidača P_1 ponovno se u vodu (b), kao i kroz prekidače P_1 i P_2 uspostavlja struja kratkog spoja I_k. Za ovaj slučaj, zaštite na prekidačima se tako podešene, da drugo isklapanje izvrši prekidač P_2 u područnoj TS.

Ovime je mjesto kvara odvojeno prekidačem P_2, čime je osigurana nesmetana opskrba potrošača priključenih na vodovima A i B. Dijagram struje kroz prekidač P_1 prikazan je u ovom primjeru na sl. 5.

Nakon 10 do 20 sekundi po isklopu prekidača P_2, tj. nakon prestanka djelovanja struje kratkog spoja I_k, uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru, odvoji vod (b) od ostalog dijela mreže, čime vod (b) trajno ostaje izvan pogona dok se kvar točno ne pronađe i otkloni. Za potrošače priključene na vodove (a), (c), i (d), uspostavit će se ponovno redovna opskrba el. energijom jednu do tri min. nakon isklopa prekidača P_2 u područnoj TS, a dijagram struje kroz prekidač P_2 prikazan je u tom slučaju na sl. 6.

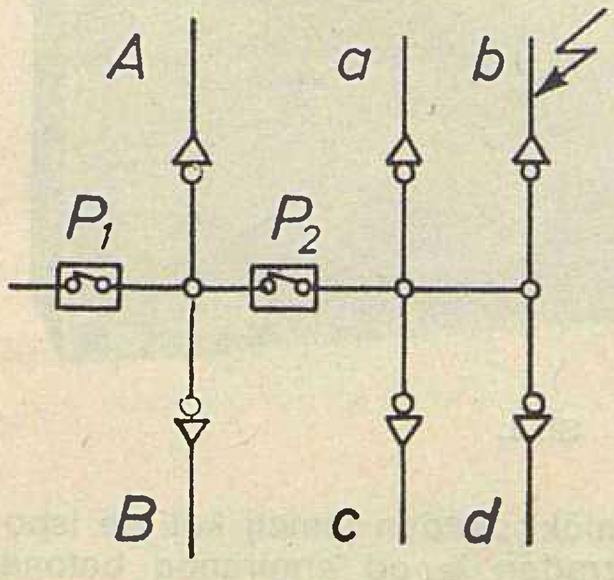
Zaključak

Iz navedenih primjera se vidi da uređaj za automatsko odvajanje voda u kvaru omogućava:

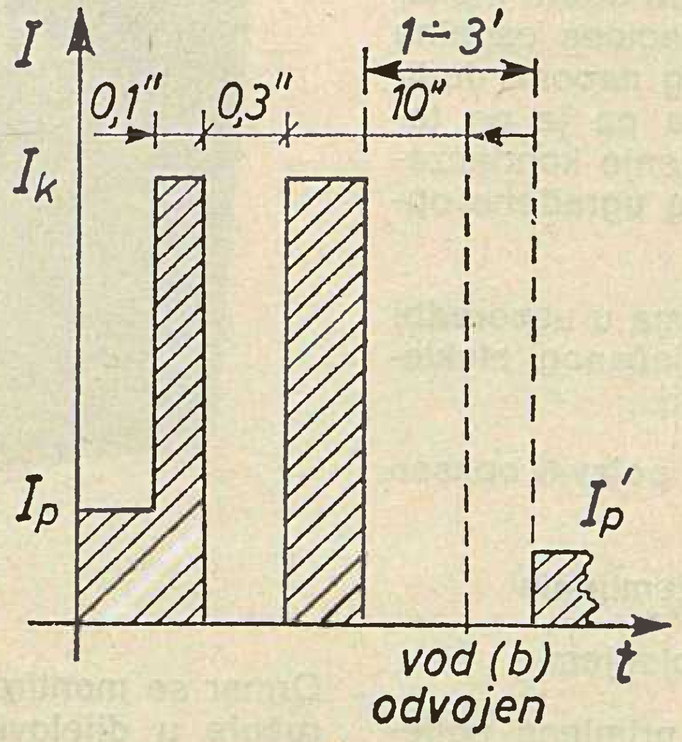
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

Sve ove prednosti potvrđuju zaključak, da se ubuduće može očekivati značajna primjena uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru na zračnim mrežama srednjeg napona.

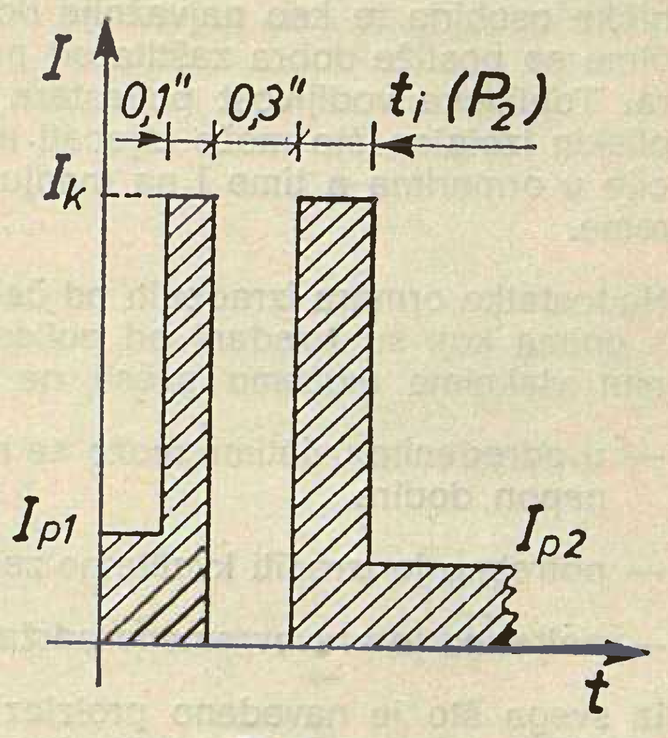
Naslov pisca:
Josip Polanc, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

Razvodni ormari od izolacijskog materijala

TEP

Nagli razvoj gradskih naselja uvjetovao je sve veću primjenu kabela u distributivnim elektroenergetskim mrežama. Pri izgradnji tih mreža nužan je određen broj tipova ormara za rješavanje:

— čvornih točaka u kabelskoj mreži

— kabelskog razvoda i upravljanja javnom rasvjetom.

U praksi se to rješava ormarima, različitih tipova i izvedaba. Svaka distributivna organizacija ima svoje rješenje a posljedica je ta da proizvođači opreme izrađuju male serije i nemaju mogućnost da postignu kvalitetnija tehnička rješenja. Sagledavajući sve to, TEP je izradio tri osnovna tipa slobodnostojećih ormara od poliestera ojačanog staklenim vlaknima koji mogu zadovoljiti sve uvjete da se ugradi oprema koja se koristi u elektrodistribuciji.

Materijal za izradu ormara

U posljednjih nekoliko godina sve veću primjenu u elektrotehnici ima poliester ojačan staklenim vlaknima. To je materijal s dobrim električnim i mehaničkim karakteristikama, veoma otporan na atmosferske utjecaje i na ultraviolete zrake. Te osobine omogućuju da uspješno zamjenjuje metale, čelični lim i silumin kao materijale za izradu kućišta razvodnih ormara i ormarića.

Osobine poliestera ojačanog staklenim vlaknima jesu:

mala gustoća, postojanost na koroziju, veoma dobre mehaničke osobine te kao najvažnije dobre izolacione osobine čime se postiže dobra zaštita od previsokog napona dodira. Toplinska vodljivost poliestera je niska pa je on topliskin izolator, što može utjecati na smanjenje kondenzacije u ormarima a time i na manju koroziju ugrađene opreme.

Nedostatke ormara izrađenih od čeličnog lima u usporedbi s onima koji su izrađeni od poliestera pojačanog staklenim vlaknima možemo svesti na slijedeće:

— u određenim uvjetima može se na njima pojaviti opasan napon dodira

— potrebno je izraditi kvalitetno zaštitno uzemljenje

— potrebno je pravovremeno održavanje bojenjem.

Iz svega što je navedeno proizlazi da je primjena poliesterskog ormara tehnički opravdana.

Ako gledamo s ekonomskog stajališta, onda se cijena jednog uređaja u zaštiti »zaštitno izoliranje« može prikazati na ovaj način:

C_k zaš. izol. = $C_{kl} + C_{kzuz}$

C_k zaš. izol. = cijena uređaja u izvedbi zaštitno izoliranje

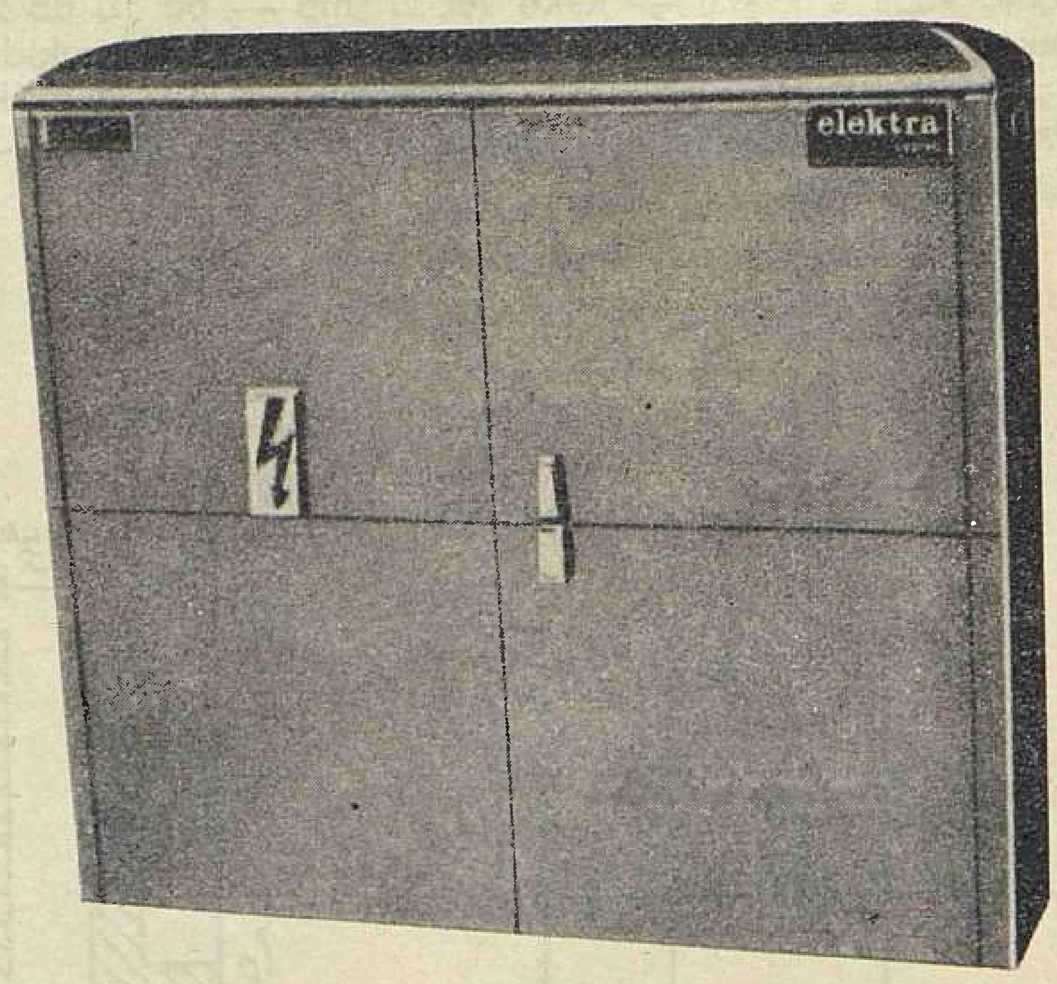
C_{kl} = cijena uređaja u izvedbi od lima ili silumina

C_{kzuz} = cijena izvedbe zaštitnog uzemljenja.

Moramo biti svjesni da svaka zaštita od previsokog napona dodira ima svoju cijenu.

Izvedba ormara s opremom

Ormari su konstrukcijski riješeni tako da ostvaruju stupanj zaštite od prodora stranih tijela i vode IP 43, a uz dodatno brtvljenje može se postići stupanj zaštite IP T4 (slika 1).



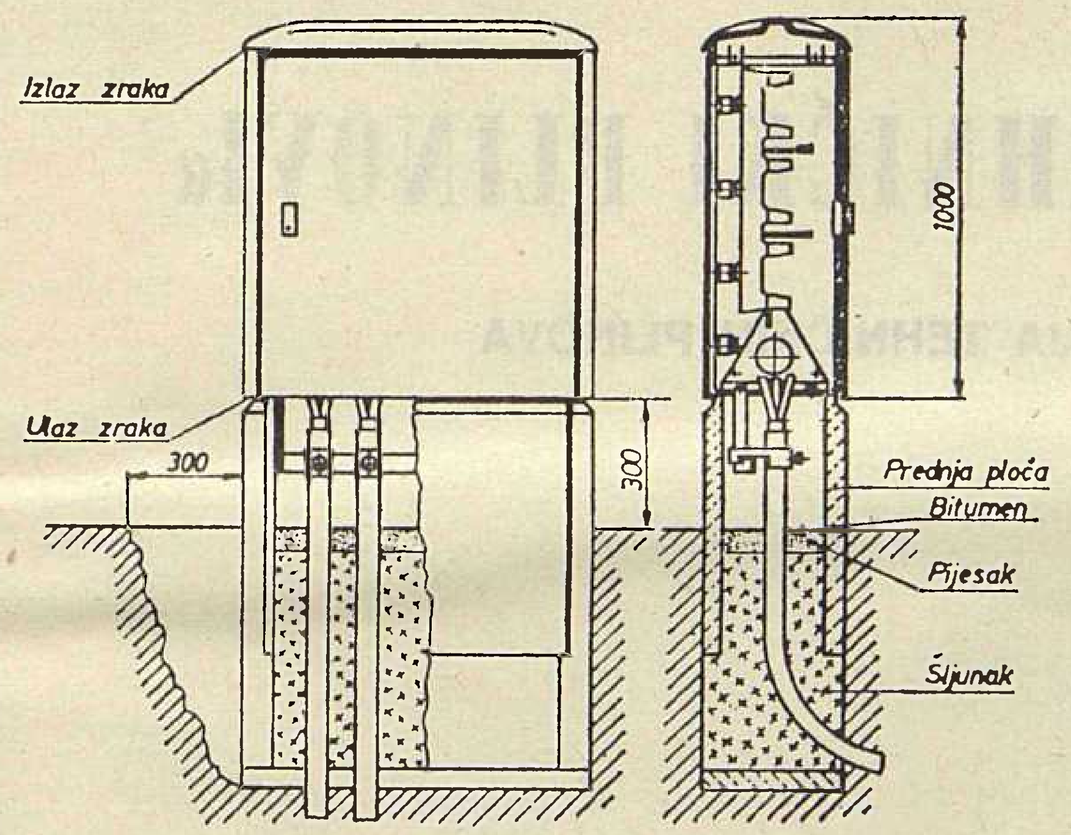
Sl. 1.

Ormar se montira na tvornički izrađen temelj koji se isporučuje u dijelovima, a izrađen je od armiranog betona. Kod spajanja kabela na opremu ormara prednja ploča te-

melja i prag ormara skidaju se, čime je olakšana montaža, te kabele nije potrebno uvlačiti u ormar.

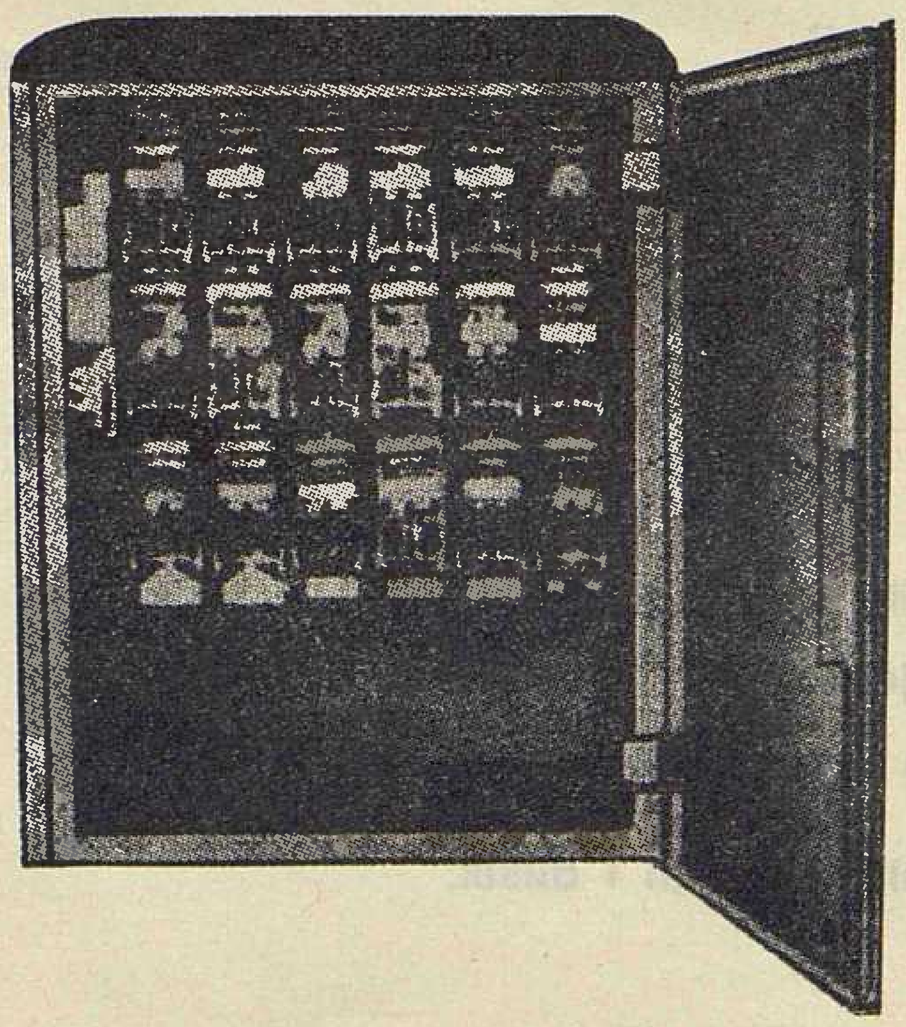
Na dnu ormara je nosač za učvršćenje kabela. Prostor gdje ulaze kabeli u ormar potrebno je ispuniti zemljom ili pijeskom, a u nivou zemlje unutrašnjost temelja zabrtviti bitumenom ili tankim slojem betona da se spriječi isparavanje vlage iz zemlje i kondenziranje u unutrašnjosti ormara (slika 2).

Ormari su čvorne točke u kabelskoj mreži tipa KRO-01, KRO-02 i KRO-03, napona do 1kV. Mogu biti opremljeni sa 4, 6 ili 8 (9) slogova osigurača nazivne struje 400 A (slika 3). Slog osigurača može biti izveden kao neoklop-



Sl. 2.

ljen, pa se za umetanje i izvlačenje patrona treba koristiti nasadnom ručicom, ili kao izoliran, u kojem su slučaju osnove osigurača oklopljene a ručica je sastavni dio osnove osigurača.

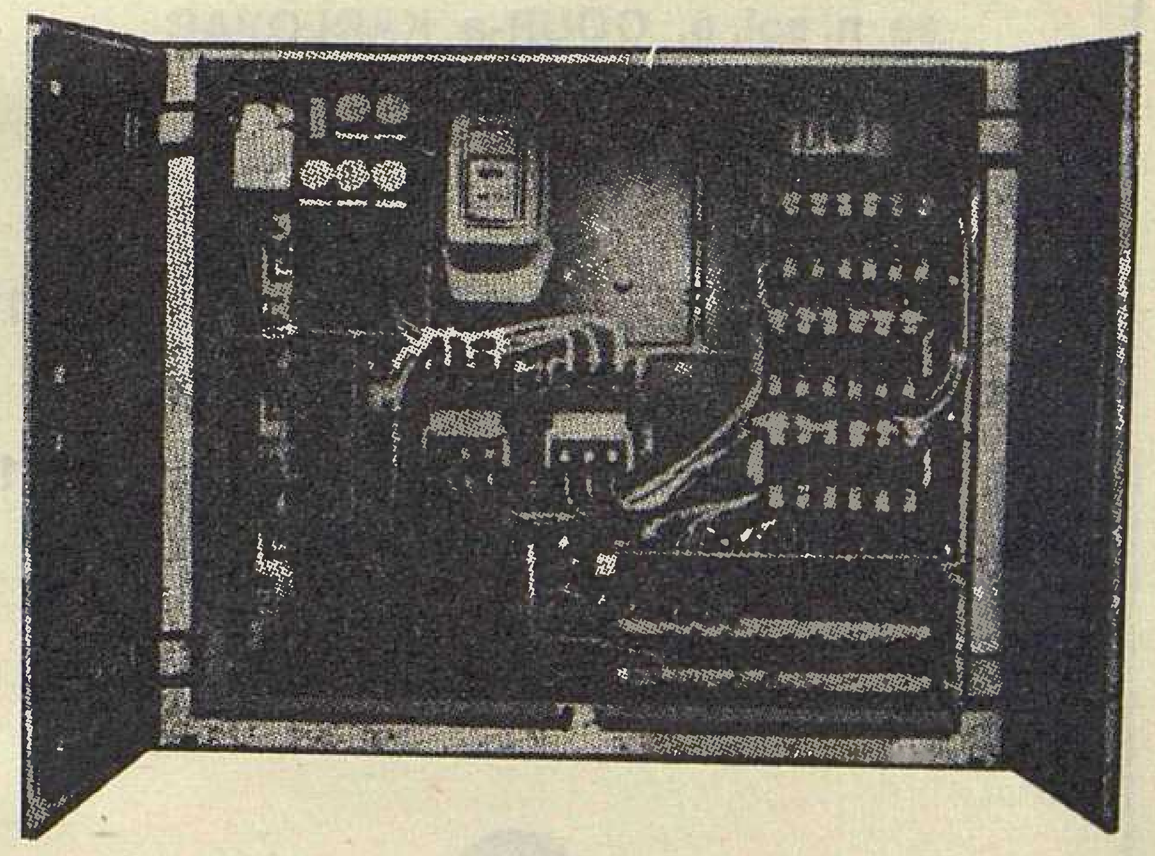


Sl. 3.

Rastavljajući slog osigurača ima ugrađenu lučnu komoru, pa je moguće vršiti prekopčanja i isklapanja pod opterećenjem, ali jednopolno. U ormar je ugrađena žarulja, koja se pali otvaranjem vrata ormara. Vrata se zatvaraju policilindarskom brtvom.

Na osnove osigurača moguće je priključiti kabel presjeka do 300 mm².

Ormari tipa KRO-JR namijenjeni su za uklapanje i isklapanje javne rasvjete (slika 4). Kod razrade električne sheme djelovanja obuhvaćene su sve mogućnosti koje se pojavljuju kod upravljanja javnom rasvjetom. Ormar se priključuje na pojni kabel koji može biti maksimalnog presjeka do 185 mm² sistema ulaz — izlaz. Kabeli koji vode do priključnice rasvjetnog stupa mogu imati maksimalni presjek 35 mm². Moguće je izvesti najviše 12 trofaznih izvoda kabela, a svaki je izvod osiguran visokoučinskim rastalnim osiguračem. Uklapanje i isklapanje rasvjete vrši se preko 2 sklopnika od 125 A. Kod uključenja obaju sklopnika svijetle sve svjetiljke, a kada je uključen jedan sklopnik, svijetli pola rasvjete, dakle obuhvaćen je sistem cjelonoćne i polunoćne rasvjete.



Sl. 4.

Upravljanje se vrši jednom od mogućnosti:

— tonfrekventno

— uklopnim satom

— luksomatom

— komandnim vodom

— ručno u ormaru.

Za biranje sistema služi grebenasta sklopka ugrađena u ormar. Za mjerenje potrošnje u ormar je ugrađeno kWh brojilo.

Ove kombinacije zadovoljavaju sve uvjete koji se postavljaju na moderno koncipiranu javnu rasvjetu i u pogledu štednje električne energije u periodu smanjenog prometa.

Marijan Jakovac dipl. inž.

O G L A S I

TEHNOMEHANIKA	omotna str. II
ELEKTROOPSKRBA	omotna str. III
»RADE KONČAR«	omotna str. IV
ASEA	460—461
IMPREGNACIJA	466
ELEKTRONABAVA	467
KANDELABRI	468
TPK	469
INA — INŽENJERING	470
TERMELEKTRANA »RIJEKA 1«	471
JUGOTURBINA	472
BRODOMATERIJAL	473
ĐURO ĐAKOVIĆ	474
HIDROELEKTRA	475
MONTING	476
STRUJA	477
ELEKTROPRENOS	478

»IMPREGNACIJA–TEHNIČKI PLINOVI«

KEMIJSKA ZAŠTITA DRVA I PROIZVODNJA TEHNIČKIH PLINOVA

sa n. sol. o. OOUR-a KARLOVAC

TELEFONI:

CENTRALA: 24-411, 70-112

DIREKTOR: 23-039

TEHNIČKI PLINOVI: 70-114



Obavlja kemijsku zaštitu drvnih sortimenata —
pragova za željezničke kolosijeke,
stupova za elektro i telefonske vodove, kocku i ostalo.

Proizvodi tehničke plinove: kisik, disuplin i dušik.