ENERGIJA

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

GODIŠTE 20. GODINA 1971.

SADRŽAJ »ENERGIJE« U 1971. GODINI

Studije i istraživanja

Strana

Begović K.: Izbor tipa proizvodnih grupa za hidroelektranu »Podsused« 88

Brajder A.: Principi strujnog i naponskog dimenzioniranja tiristorskog uzbudnika za generatore Hidroelektrane »Đerdap« 224

Brkić H.: Termoelektrane i toplane kao izvori onečišćenja s osvrtom na prilike u Zagrebu . 273

Čorak D.: Osnovni pravci razvitka termoenergetike u SAD 108

Čorak D.: Opravdanost uvođenja komjutorskog upravljanja u termoelektrane u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije 231

Damjanović B.: Nadzemni vodovi 35 kV i pokrajinske jednotransformatorske stanice /JTS/35/10 kV i 35/0,4/0,231 kV 100

Feretić D.: Nuklearna elektrana Krško 267

Golubović M.: *Hidroelektrana Đerdap* 137

Jelušić F.: Granice ekonomičnosti pumpno akumulacionih hidroelektrana 9

Karuza J.: Nuklearne elektrane — čist i pouzdan izvor električne energije 271

Markovčić B.: Prijenosna moć dalekovoda u sistemu i troškovi prijenosa 1

Markovčić B.: Razvoj i tendencije prijenosa velikih snaga 153

Markovčić B.: Vodovi 110 kV s vodičima u snopu za prijenos velikih snaga 363

Nevešćanin J.: Tendencija razvoja i izbor optimalnog broja i veličine transformatora distributivnih TS 35/10 kV 296

Požar H.: Postupak za određivanje optimalne strukture proizvodnje električne energije u sistemima hidroelektrana i termoelektrana . 69

Primožić A.: Rekonstrukcija i obnova distributivne mreže grada Rijeke i uže okolice u proteklih 15 godina 289

Radmilović B.: Daljinsko upravljanje postrojenjima prijenosne mreže 279

Ružić D.: Električno grijanje prostorija 237

Strana

Ružić D.: Tendencije i izvedbe modernih hidroelektrana u Norveškoj 34

Stefanini B.: Matrične jednadžbe mreža po metodi čvorova 77

Stefanini B.: Nesimetrični kratki spojevi u matričnom računu 15

Stefanini B.: Proračun nesimetričnih kratkih spojeva 144

Sterpin E.: Osjetljivost zemljospojnog elektronskog releja sa stajališta varijabilnosti otpora kvara 368

Šimundža Š.: Razvoj parametara područne mreže 35 kV Dalmacije 95

Tropin K.: Osobenosti osvetljenja elektroenergetskih postrojenja i smjernice za njegova dobra ostvarenja 305

Zlokovič V.: Analiza specifičnog potroška električne energije u kućanstvu u odnosu na glavnu upotrebu 318

Pogonsko-tehnička problematika

Dragičević D.: Elektromotorni pogoni i njihove značajke u eksploataciji 23

Dragičević D.: Predmontažni pregledi i revizije postrojenja, ispitivanja i rezultati probnog pogona Termoelektrane Sisak 352

Franušić A.: Kontrola ispravnosti spajanja sekundarnih prekostrujnih releja zasićenim transformatorom 303

Škarica M. — Muškardin O.: Sanacija dalekovoda 110 kV Senj — Vinodol 83

Ekonomsko-financijska problematika

Aždajić T.: Ekonomska optimalizacija iskorištenja elektroenergetskih kapaciteta 216

Bendeković J.: Metodologija za određivanje utjecaja promjena cijena električne energije na ekonomski položaj privrede i životni standard 203

Boranić V.: Plinska privreda u Evropi 166

Strana

Jamnicki I.: Osnove regionalne društveno-ekonomske optimalizacije korištenja energije . . 166

Jamnicki I.: Tendencije u razvoju opskrbe gradova energijom 343

Šimović J.: Ekonomski značaj revalorizacije osnovnih sredstava u elektrodistribuciji . . . 210

Vijesti iz poduzeća i elektroprivrede

Baranović B.: Situacija prijenosa električne energije u područje Zagreba, 1973 43

Baranović B.: Ekonomski položaj poduzeća »Elektroprivreda« — Zagreb 49

Horvat V.: Iz Poslovnog udruženja poduzeća za proizvodnju i prijenos električne energije (XXXIV sjednica) 249

Stanić V.: »Elektroslavonija« iz Osijeka nedavno otvorila novi pogon pomoćnih djelatnosti . . 243

Strana

Šimović J.: Iz rada UO Poslovnog udruženja poduzeća za distribuciju električne energije SR Hrvatske 52

Savjetovanja i konferencije

Markovčić B.: Četvrto savjetovanje o eksploataciji i III. savjetovanje o izgradnji 400, 220 i 110 kV prijenosne mreže SFRJ, Sarajevo, Ilidža 1971 383

Mijić D.: Ekonomska integracija nuklearnih elektrana u elektroenergetski sistem (kolokvij održan u Beču od 5. do 9. listopada 1971) . . 127

Mijić D.: Osma svjetska konferencija za energiju 387

Mijić D.: Programi radova energetskih komiteta Ekonomske komisije za Evropu OUN za razdoblja 1971/72. i 1971 1976. 253

Zloković V.: Dvadeset deveto zasjedanje Komiteta za električnu energiju, EKE-OUN . . . 119

GOD. 20 (1971) energija BROJ 1—2

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

PRIJENOSNA MOĆ DALEKOVODA U SISTEMU I TROŠKOVI PRIJENOSA

Boris Markovčić, Zagreb

Prijenosna moć dalekovoda, uzevši općenito, ovisi o tehničkim i ekonomskim uvjetima. Naročito veliki utjecaj imaju uvjeti sigurnosti prijenosa. Na konkretnom primjeru prijenosa centar-zapad jugoslavenske mreže, pokazan je utjecaj postavljenih uvjeta prijenosa na prijenosnu moć veze, investicione i stalne specifične godišnje troškove po jedinici prenesene snage.

DK 621.316.1

1. Uvjeti za utvrđivanje prijenosne moći voda

Prijenosna moć nekog dalekovoda u sistemu, tj. maksimalna snaga koja se tim vodom može prenositi, jest veličina koja za vod određenog napona, dužine i presjeka može varirati u širokim granicama ovisno o kriterijima i uvjetima prijenosa.

S tehničke tačke gledišta prijenosnu snagu vode mogu ograničiti tri uvjeta:

a) gubitak napona
b) ugrijavanje vodiča
c) stabilnost

a s ekonomske tačke gledišta

d) sigurnost pogona
e) gubici u vodu.

U stvari se, u svim nabrojenim uvjetima isprepliću tehnički i ekonomski momenti.

Utvrđivanje granične prijenosne snage prema uvjetu gubitka napona i ugrijavanja vodiča, daje svakako najodređeniji rezultat, premda se i ovdje granični tehničko-ekonomski uvjeti mogu kretati u izvjesnom pojasu, pa se jednoznačna vrijednost, u krajnjoj liniji, može utvrditi samo konvencijom.

Kod duljih vodova visokog i vrlo visokog napona, prijenosnu moć voda ne ograničavaju prva dva uvjeta već statička i dinamička stabilnost. Sam pojam stabilnosti je tehnički definiran, ali su diskutabilni uvjeti kod kojih se traži stabilnost sistema.

Kod planiranja mreža prilično je jednostavno provjeriti prva dva uvjeta (naponski i termički) ispitivanjem tokova snaga, što se može brzo provoditi kod različitih varijanti npr. na računskom stroju. Naprotiv, ispitivanje stabilnosti traži neusporedivo veći trud, odnosno vrijeme računanja, pa se mora ograničiti na što manji broj varijanti.

Da se ipak dobije neki uvid u stanje stabilnosti, kod računa tokova snaga redovno se utvrđuju i kutovi fazora napona u pojedinim čvorištima u odnosu na neku određenu referentnu elektranu. Premda je, na žalost, ova metoda prihvatljiva samo za utvrđivanje statičke stabilnosti, a za dinamičku nesigurna, ona zbog svoje jednostavnosti ima široku primjenu.

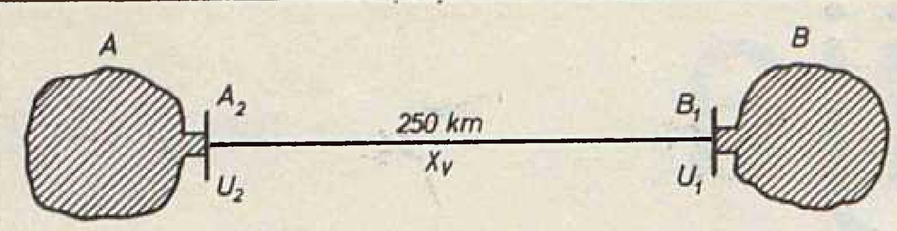
U daljnjem razmatranju ćemo uzeti, da granična stabilnost nastupa kod kuta od 90°, ne uzimajući, zbog jednostavnosti, u obzir umjetno održavanje stabilnosti, gdje se može ići i na nešto veće kutove.

Ako neki vod povezuje dva idealno čvrsta sistema, granična prijenosna snaga uvjetovana granicom stabilnosti je vrlo velika i redovno prelazi termičku graničnu snagu voda. Tako bi npr. vod napona 220 kV, dužine 250 km mogao prenijeti 450 MW, što proizlazi iz poznate formule za statičku stabilnost:

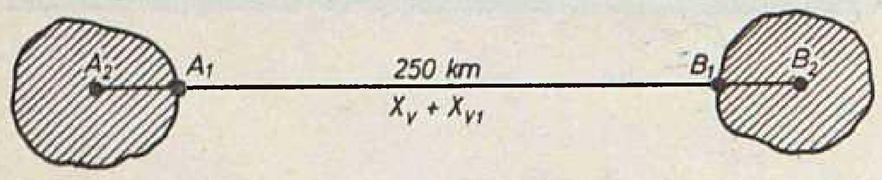
$$P = \frac{U_1 U_2}{X_v} \sin \Theta \text{ ili kod } \Theta = 90°,\ P_{max} = \frac{U_1 U_2}{X}$$

X je reaktancija voda između krajnih tačaka. U praksi se s tom snagom ne može računati iz dva razloga prvo, sistemi nisu idealno čvrsti, osobito kod prijenosa velikih snaga, i drugo, ne može se voditi pogon na granici stabilnosti, već je potrebno računati s nekom maržom sigurnosti, npr. 15 do 20% snage, kao što to uzimaju neki ruski autori. Kako se snaga mijenja u ovisnosti o sinusu kuta, kut fazora napona na kraju voda ne bi smio preći 50° odnosno 46° u odnosu na referentni kut na početku voda. Ukoliko se pak radi o sistemu (npr. A sl. 1) koji znatni dio svojih potreba dobiva od drugog sistema (npr. B), on se kod prijenosa ne može smatrati ni približno čvrstim, pa to utječe na daljnje osjetno sniženje prijenosne snage.

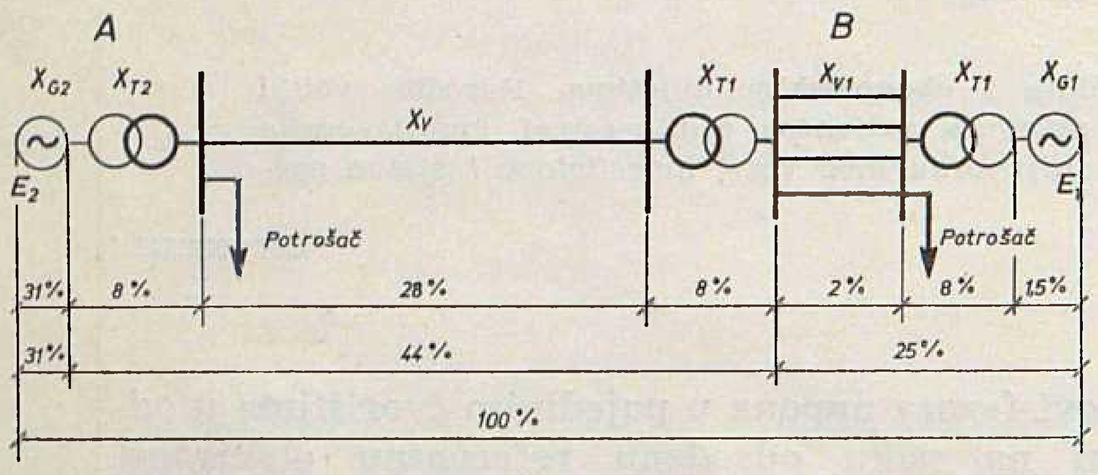
Nadalje, u prijenosnom sistemu obično nije težište opterećenja na kraju prijenosnog voda, a u sistemu koji daje nisu jaki izvori upravo na po-



Sl. 1



Sl. 2



Sl. 3

POVEZIVANJE SISTEMA A i B

četku voda (sl. 2). Snaga koja se prenosi mora proći prije ulaska u prijenosni vod kroz dio sistema B, a nakon izlaska iz voda kroz dio sistema A, što se konačno manifestira kao produljenje prijenosnog puta, odnosno povećanje reaktancije između referentne elektrane i promatrane tačke u sistemu A.

Međutim, kako i u sistemu A ima izvjestan broj generatora, problem se ekvivalentiranjem može svesti na poznati problem stabilnosti dvaju sinhronih strojeva. U tom slučaju nije u pitanju samo reaktancija voda, već suma reaktancije između napona E_1 i E_2 obaju promatranih generatora (ili ekvivalenata) kao u shemi sl. 3. Na toj je shemi ujedno označen, u postocima, udio reaktancije prijenosnog voda prema ukupnoj reaktanciji između napona E_1 i E_2 za uobičajene vrijednosti. Treba, međutim, istaći da na veličinu reaktancije pojedinih elemenata bitno utječu njihove nominalne snage, dok se specifične vrijednosti kreću u dosta uskom pojasu. Također je znatno varijabilan element dio mreže unutar sistema (u shemi sl. 3 nacrtan kao četverostruki vod ukupne reaktancije X_{V1}).

U danom primjeru nije bitno da li je dobivena vrijednost reaktancije voda upravo 28 % od ukupne reaktancije, već to da je taj postotak, općenito uzevši, dosta nizak. On je nizak čak i tada, kada se govori o bloku veze tj. ako se uzmu u račun transformatori na početku i kraju voda. Drugim riječima, ako se usvoji marža od 15 % zbog sigurnosti i time odabere ukupni maksimalni kut između fazora napona od 50°, na prijenosni vod s transformatorima otpada oko polovine te vrijednosti, a na sam prijenosni vod još i znatno manje.

Želimo li, u slučaju kada je prijenosna moć voda ograničena uvjetom statičke stabilnosti, sagraditi još jedan paralelni vod s transformatorima na početku i kraju, nećemo time moći udvostručiti prijenosnu moć postojeće veze, jer smanjujemo na polovinu samo dio koji predstavlja 48 % naše ukupne mjerodavne reaktancije.

Iz jednostavnog računa se može dobiti da će se prijenosna moć veze povećati samo 1,32 puta.

Izgradnjom novog voda dobili smo, dakle, samo 32 % povećanja prijenosne moći, i ako nam je uvjet stabilnosti mjerodavan, moramo troškove prijenosa također promatrati u dobivenom odnosu.

Međutim, ako problem promatramo sa stajališta sigurnosti pogona kod ispada, odnosi su opet drugačiji.

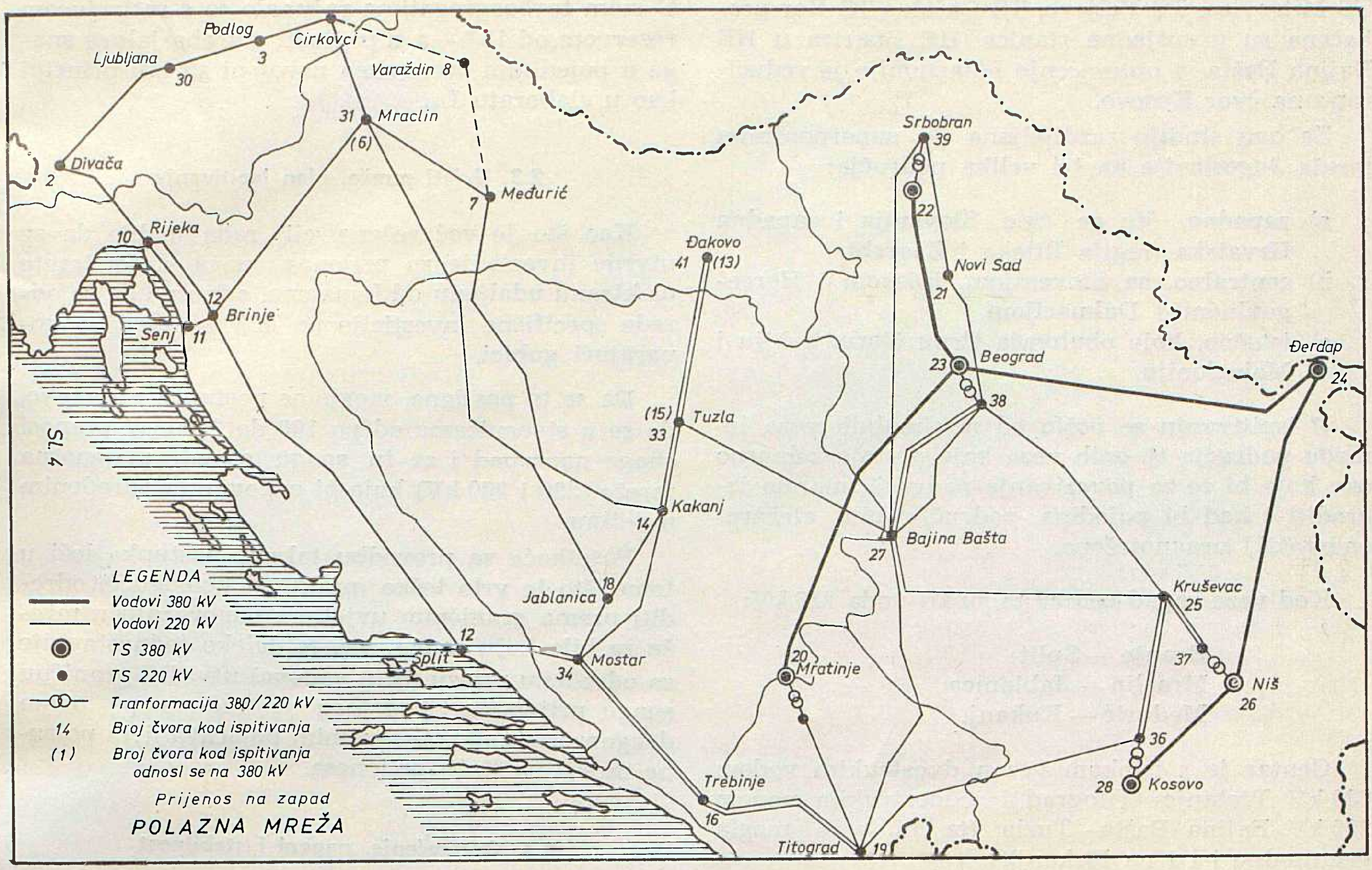
U našoj smo praksi planiranja mreže svojedobno postavili uvjet da nakon ispada nekog voda mora biti osigurano napajanje određenog područja u momentu maksimalnog opterećenja i tada, ako je izvan pogona istovremeno i najveći turboagregat napajanog područja. Kod toga ne smije opterećenje ni jednog voda preći termičku granicu, ali naponi u sistemu mogu biti nešto niži nego u zdravom pogonu.

Da se ovaj uvjet provjeri, vrlo je važno znati kakve prilike vladaju u sistemu u pogledu rezerve u izvorima, i u pogledu rezervnih veza u momentu ispada jednog prijenosnog voda.

Najgore je ako nema nikakvih rezervi u izvorima napajanog sistema, a sistem prima znatne snage. U tom slučaju nakon ispada jednog voda ostali moraju biti u mogućnosti da bez štete preuzmu njegov teret. Ako se pak prijenos vrši jednim vodom, neophodan je još jedan, pa je u normalnom pogonu u stvari prijenosna moć jednog voda tek oko polovice inače moguće prijenosne snage. Kod više paralelnih vodova razdioba je lakša i vodovi su u normalnom pogonu bolje iskorišteni.

S ove tačke gledišta vrlo je neekonomična paralelna izgradnja jednog voda višeg napona uz vodove nižeg napona npr. izgradnja jednog voda 380 kV paralelno s više vodova 220 kV. Ispadne li u navedenim prilikama taj jedini vod 380 kV, napajanje moraju izvršiti, makar uz nešto lošije naponske prilike, paralelni vodovi nižeg napona. Prema tome, prijenosna moć cijele veze među sistemima definirana je u ovom slučaju maksimalnom snagom vodova 220 kV, kod naponskih uvjeta sistema koji su utvrđeni za slučaj kvara.

Prijenosna moć opisane veze znatno je veća, ako prijenos nije vršen zbog pomanjkanja izvora u sistemu, već zbog povoljnije nabave energije iz susjedstva, dok napajani sistem istovremeno raspolaže manje ekonomičnim neangažiranim termoelektranama ili znatnim akumulacijama u hidroelektranama. Ako su navedene rezerve tolike da mogu pokriti prijenosnu snagu ispalog voda, prije-



Sl. 4

nosna moć veze definirana je uvjetima prijenosa u zdravom pogonu, npr. uvjetom stabilnosti uz određenu maržu.

Povoljna je situacija i tada, ako napajani sistem ima dovoljno jake rezervne veze s drugim sistemima. Ako su te veze stalno priključene, napajani sistem postaje čvršći, pa je prijenosna moć veze, zbog povećane stabilnosti veća i u zdravom pogonu, a kod ispada je osigurano rezervno napajanje.

Prema tome, osim sasvim tehničkih uvjeta, uvjet sigurnosti kod ispada od bitne je važnosti za procjenu prijenosne moći voda. Premda navedeni uvjet sigurnosti napajanja traži potpuno pokriće u momentu vrha opterećenja napajanog sistema, ipak će u slučaju odluke o izgradnji novog voda biti značajna i vjerojatnost pojave manjka s obzirom na veličinu i trajanje, no to nećemo dalje razmatrati.

Na kraju ovog općeg razmatranja treba zaključiti da prijenosna moć neke veze, a time i specifični troškovi prenesene energije, ovise o utvrđenim prijenosnim uvjetima tehničkog i ekonomskog karaktera.

2. Mogućnosti prijenosa centar-grad

Kao primjer iznesenih konstatacija bit će opisan rad Instituta za elektroprivredu u Zagrebu, u kojem je trebalo konkretno utvrditi kolika je prijenosna moć kod različitog broja vodova, alternativne veze između centra (Bosna i Hercegovina) i zapada, odnosno istoka (Srbija) i zapada. Krajnji je cilj rada bio taj da se utvrde specifični troškovi prenesene energije kod različitih manjkova zapada, tj. financijsko opterećenje energije proizvedene u elektranama susjednih područja. U ovom ćemo se razmatranju ograničiti samo na prijenos iz centra, jer je za prijenos s istoka postupak bio jednak.

Ispitivanja toka snaga koje je trebalo provesti u okviru ovog zadatka izvršena su na računalu IBM 1130 Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu.

2.1. Konfiguracija mreže

Osnova za razmatranje bila je konfiguracija supermreže 1975. iz elaborata (L. 2), ali tako, da je ona prilagođena specifičnim potrebama ovog zadatka tj. prijenosu energije prema zapadu (sl. 4).

Za navednu svrhu nije bilo potrebno ispitivati kompletnu jugoslavensku superponiranu mrežu, kako je ona predložena, već su se mogle izvesti izvjesne redukcije koje su olakšale ispitivanja, a nisu štetile tačnosti rezultata.

Na zapadu nisu učinjene nikakve redukcije, samo je drugi vod Mraclin-Cirkovci vođen preko Varaždina (Koprivnice), gdje je ustanovljena nova čvorna tačka.

Centralni dio supermreže također se nije mijenjao, osim što je malo opterećenje TS Prijedor prebačeno u susjedne čvorove, a mreža 220 kV u Dalmaciji reducirana u HE Split.

Najveće su redukcije učinjene na istočnom i jugoistočnom dijelu mreže. Stanice oko Beograda skupljene su u jednu čvornu tačku. Opterećenja

TS Mitrovica, TS Valjevo, TS Čačak i TS Bor prebačena su u susjedne stanice, HE Bistrica u HE Bajina Bašta, a opterećenje Makedonije je reducirano na čvor Kosovo.

Za ovu studiju razdijeljena je superponirana mreža Jugoslavije na tri velika područja:

a) zapadno, što ga čine Slovenija i zapadna Hrvatska (regija Rijeka i Zagreb),
b) centralno, sa Slovenijom, Bosnom i Hercegovinom i Dalmacijom,
c) istočno, koje obuhvaća Crnu Goru, Srbiju i Makedoniju.

U ispitivanju se pošlo od minimalnih veza između područja tj. onih veza koje postoje, odnosno one koje bi se za povezivanje područja morala izgraditi i kad bi pojedina područja bila elektroenergetski uravnotežena.

Kod veze zapad-centar to su tri voda 220 kV:

Branje — Split
Mraclin — Jablanica
Međurić — Kakanj.

Centar je s istokom vezan dvostrukim vodom 220 kV Trebinje—Titograd i jednostrukim vodom 220 kV Bajina Bašta—Tuzla (ta bi veza mogla eventualno ići i na Kakanj).

Ovako definirana superponirana mreža Jugoslavije nazvana je »polaznom mrežom« i na nju su tokom ispitivanja dodavani daljnji vodovi i utvrđivane odgovarajuće mogućnosti prijenosa na zapad pod određenim uvjetima (sl. 4).

2.2. Opterećenje čvorova

Opterećenje pojedinih čvorova mreže uzeta su, također, prema opterećenjima u elaboratu L2 za nazivnu 1975. godinu. Odabran je pogonski slučaj za prosinac prema hidrologiji za 1944. godinu, budući da tada nastupaju najveća opterećenja konzuma, a s hidrološke se strane ne pojavljuju neki naročiti ekstremi.

Većina opterećenja čvornih tačaka ostala je nepromijenjena tokom svih ispitivanja (izuzevši korekturu u jalovoj snazi). Promjene su vršene samo u nekim određenim tačkama, gdje dolazi u obzir izgradnja novih elektrana u skladu s promjenama snaga prijenosa.

Takve su čvorne tačke na zapadu bile:

TS Podlog
NTE Krško
TS Mraclin
TS Varaždin (Koprivnica)
TS Međurić,

a za varijantu dobave iz BiH:

TE Tuzla
TS Jablanica
TS Mostar.

U svim turboagregatima računalo se s rotirajućom rezervom od 15 %, a u pogledu potreba jalove snage u pojedinim čvorovima usvojeni su isti principi kao u elaboratu L_2.

2.3. Uvjeti mreže, plan ispitivanja

Kao što je već rečeno, cilj rada je bio da se utvrde investicije za prijenos snaga koje terete elektranu udaljenu od konzuma, odnosno da se odrede specifične investicije po MW i utvrde odgovarajući gubici.

Da se to postigne, moglo se postupiti npr. tako, da se u stepenicama od po 100 do 200 MW prenosi snaga na zapad i za tu snagu odredi prijenosna mreža (220 i 380 kV) koja bi odgovarala određenim uvjetima.

Poteškoća za provedbu takvog postupka leži u tome, što je vrlo teško (praktički nemoguće) odrediti prema graničnim uvjetima odgovarajuću mrežu za bilo koju snagu, već je daleko jednostavnije za određenu mrežu (broj vodova) utvrditi graničnu snagu prijenosa. Zbog toga je rađeno po ovom drugom postupku, postepenim pojačavanjem polazne mreže na liniji prijenosa.

2.4. Opterećenje, naponi i stabilnost

Granični su se uvjeti mreže uzeli slično kao kod dosadašnjih ispitivanja superponirane mreže. No kod utvrđivanja prijenosne mreže za ovu svrhu treba znati da će se rezultati ispitivanja upotrijebiti kod usporedbe troškova između elektrane izgrađene u zapadnim područjima i elektrane izgrađene izvan njega. U takvom će se slučaju prenositi dobrim dijelom temeljna energija, pa će stoga prijenosni vodovi imati razmjerno visoko iskorištenje (barem nekih 4000 do 5000 sati). Iz te konstatacije slijedi dalje, da prijenosni vodovi moraju biti vrlo pouzdani, kako sigurnost dobave u oba slučaja ne bi bila bitno različita. S obzirom da su dalekovodi vrlo visokog napona prilično sigurni objekti, može se prihvatiti uvjet sigurnosti koji je već iznesen.

Napon mreže mogao se kretati u rasponu od 205 do 245 kV. Da se pak utvrdi određena statička stabilnost sistema, ispitivanja su provedena tako da se kut fazora napona između sabirnica 220 kV referentne elektrane i krajnjih sabirnica 220 kV na zapadu kretao oko 25°.

Kod nekih konfiguracija jugoslavenske mreže, čija je stabilnost detaljno ispitivana kutovi su bili i nešto veći, no zbog sigurnosti o kojoj je prije govoreno i zbog nepredviđenih pogonskih stanja u mreži nije bilo poželjno da se ide u krajnost.

2.5. Pitanje rezerve

Kod primjene prijenosa, kao u promatranom slučaju, svakako je neophodna rezerva u napajanju kako je to definirano u tački 1. Rezerva se u promatranoj konfiguraciji može osigurati na dva načina:

a) Mreža za prijenos na zapad mora biti takva da se nakon ispada bilo kojeg prijenosnog voda može utvrđena snaga prenijeti uz navedene granične uvjete. Prema tome, prilikom ispitivanja treba utvrditi tu graničnu snagu kod jednog ispalog voda (najopterećenijeg). U takvim prilikama dobivene gubitke treba preračunati na gubitke u zdravoj mreži.

Kako nas zanimaju samo investicije i gubici za novu snagu tj. onu povrh snage koja se može prenositi polaznom mrežom, trebalo je najprije utvrditi prijenosne mogućnosti i gubitke u polaznoj mreži i njih odbiti od ukupno prenesene snage i ukupnih prijenosnih gubitaka (zdrave mreže). Dakle, na taj je način utvrđena prijenosna moć polazne mreže, definirana prema iznesenim tehničkim principima. Zbog toga, dodavanjem voda slične prijenosne snage, sasvim je svejedno da li je uzet princip rezerve ili nije, jer je ta rezerva već uzeta u postojećoj mreži. To je bitna razlika od prilika kad se tek počinju graditi prvi vodovi na nekoj liniji povezivanja. Odnosi se mijenjaju tek kod prijelaza na vodove viših napona znatno veće prijenosne moći.

b) Uvjet naveden pod a) ne mora biti ispunjen uzimanjem rezervnog voda na trasi prijenosa, već se kao rezerva mogu smatrati vodovi iz drugih područja, konkretno se za zapad mora računati sa Sudel prstenom (veze 220 kV s Italijom i Austrijom).

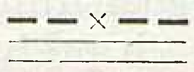
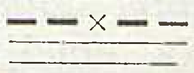
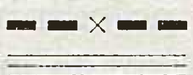
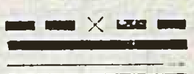
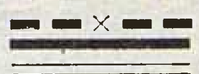
U tom slučaju snage dobivene ispitivanjem odgovaraju maksimalnoj snazi zdrave mreže, no jednako je tako definirana prijenosna moć polazne mreže. I ovdje je maksimalna prijenosna moć dodanih vodova definirana kao razlika maksimalne ukupne prijenosne snage i maksimalne prijenosne snage zdrave polazne mreže.

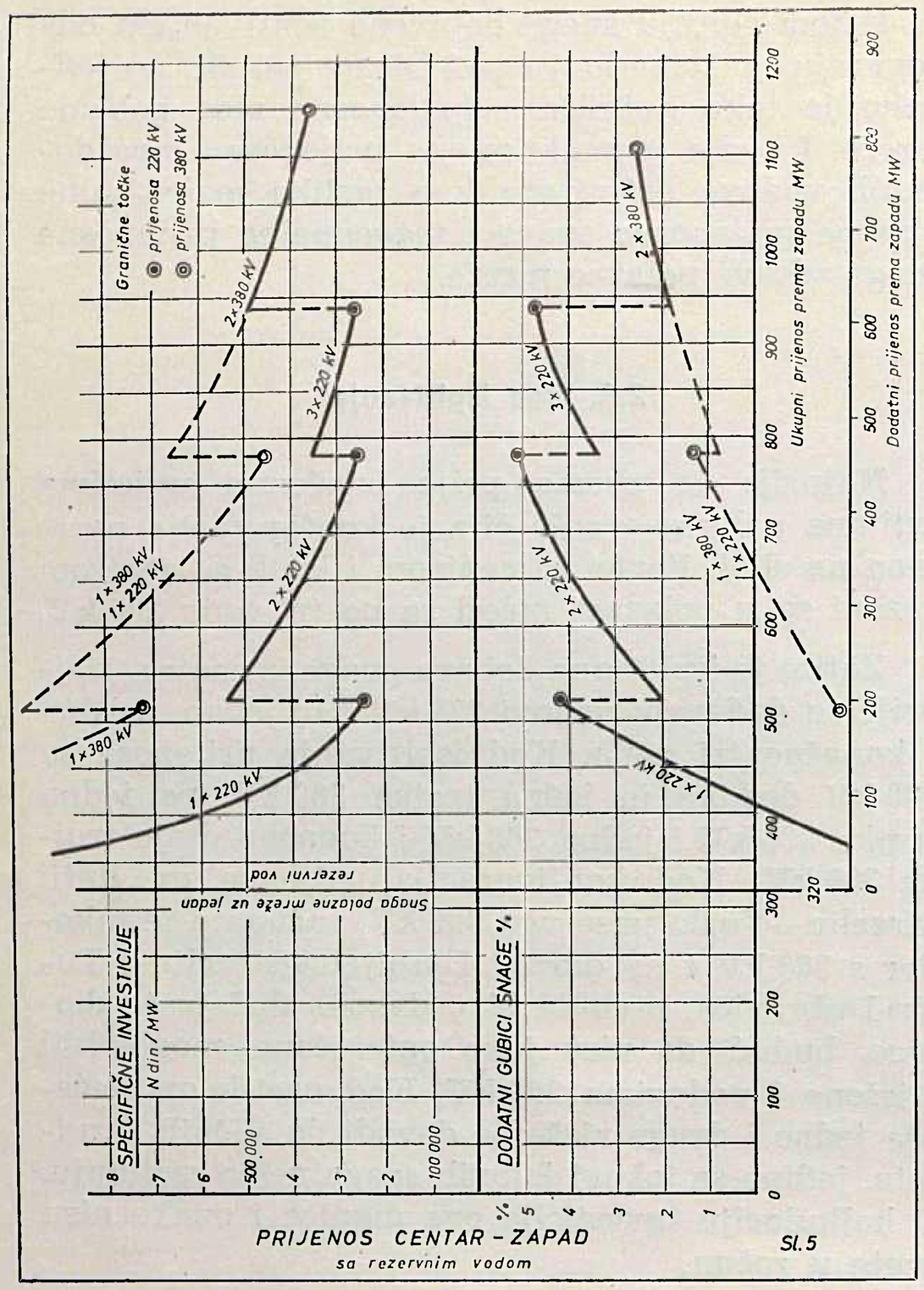
2.6. Plan ispitivanja

Najprije je prema prije izloženim uvjetima ispitana polazna mreža čija je konfiguracija nacrtana na sl. 4. Zapad sa centrom i istok sa centrom vezani su u polaznoj mreži sa po tri voda 220 kV.

Zatim je ispitivana dobava snage iz centra. Najprije su dodavani vodovi 220 kV i to jedan, pa dva i konačno tri voda. Kod ispitivanja prijenosa sa 380 kV dodana je jedna trojka 380 kV, pa jedna trojka 220 kV i jedna 380 kV i konačno dvije trojke 380 kV. Kod konfiguracija, gdje se na liniji Mraclin—Tuzla uzeo vod 380 kV, računato je također s 380 kV i na dionici Ljubljana-Mraclin i Tuzla-Dubravica, premda bi u danom slučaju te dionice, budući da nisu jako opterećene, mogle biti riješene i vodovima 220 kV. Kod uzetih opterećenja jedno i drugo rješenje dovodi do sličnih rezultata, jedino se tokovi jalovih snaga nešto razlikuju. U kalkulaciju investicije ove dionice i onako nisu uzete u račun.

Prijenos centar-zapad sa rezervnim vodom Tablica 1.

Ispitivanje	Polazna 1	2	3	4	5	6	7
Broj vodova							
Prijenosna snaga MW	320	520	735	890	510	735	1 050
Dodatna snaga prema polaznoj mreži MW	—	200	415	570	190	415	730
Gubici u zdravoj mreži	13,4	21,8	34,5	40,0	18,1	18,9	32,0
Dodatni gubici prema polaznoj mreži MW	—	8,4	21,1	26,6	—3,3	5,5	18,6
Specijalni dodatni gubici %		4,2	5,07	4,66	—1,73	1,32	2,54
Dodatna energija koja se prenese godišnje kod 4500 h/g. MWh	—	900.000	1.867.500	2.565.000	855.000	1.867.500	3.285.000
Dodatni gubici energije godišnji MWh	—	25.000	63.300	79.800	—9.900	16.500	55.800
INVESTICIJE							
Investicije dinara	—	49.250.000	106.230.000	152.100.000	137.800.000	187.050.000	276.400.000
Specijalne investicije d/MW	—	246.250	256.000	265.000	720.000	450.000	377.000
TROŠKOVI po kWh							
Inv. stopa 11%, dinara	—	5.417.500	11.685.000	16.731.000	15.158,000	20.575.500	30,404,000
Gubici kod 0,1 d/kWh	—	2.520.000	6.330.000	7.980.000	—990.000	1.650.000	5.580.000
Ukupno d	—	7.937.500	18.015.000	24.711.000	14.168.000	22.225.500	35.984.000
Specijalni troškovi prijenosa d/kWh	—	0,00882	0,00965	0,00962	0,0167	0,0119	0,01096



Sl. 5

2.7. Principi računanja investicija za pojedine konfiguracije

Načelno su u račun investicija uzeti samo objekti neophodni za prijenos između promatranih područja (zapad-centar), dok mreža unutar područja nije ušla u obzir. U pojedinim konfiguracijama se opaža da veličine snage prijenosa imaju izvjesni utjecaj na mrežu unutar područja, no obuhvatiti i taj faktor bilo bi moguće samo onda, kada bi bila tačno određena lokacija novih izvora u području i kad bi se za svaku konfiguraciju ispitivala različita pogonska stanja s obzirom na opterećenje i angažiranost hidro i termo izvora (slično kao kod razrade superponirane mreže Jugoslavije).

Prema tome su kod konfiguracija s dodanim vodovima 220 kV računani samo vodovi i vodna polja na oba kraja i eventualno investicije za kompenzaciju, ukoliko su potrebne.

Kod rješenja sa 380 kV računana je također TS 380 kV u Zagrebu s odgovarajućom transformacijom, ali bez dijela 220 kV. Postrojenja 220 kV trebalo bi, naime, izgraditi i tada kad bi se velike elektrane gradile na zapadu. Postrojenja 380 kV izvan promatrane linije prijenosa nisu uzeta u račun.

3. Zaključci

Na temelju ispitivanja na elektroničkom računalu, za prijenos iz centra izrađene su završne tabele i dijagrami, gdje su dani traženi podaci o specifičnim investicionim troškovima i specifičnim gubicima.

Podaci su rađeni uz dvije pretpostavke u pogledu rezerve:

a) rezerva u vodovima sadržana je u liniji povezivanja,
b) rezerva je sadržana izvan linije povezivanja.

3.1. Prijenos s rezervnim vodom u liniji povezivanja

Sva ispitivanja iz pripadne analize rađena su pod pretpostavkom da je potreban rezervni vod na trasi prijenosa.

Da se pak dobije pregled o mogućim prijenosnim snagama, gubicima i investicijama sastavljena je tablica 1.

U prvoj rubrici tablice su naznačena odgovarajuća ispitivanja prema kojima su uzeti podaci, zatim su shematski prikazani vodovi osnovne i dodatne mreže s vodom koji je ispao.

U treću su rubriku unesene maksimalne snage dobivene prema utvrđenim kriterijima, a zatim povećana snaga prema prijenosnoj snazi polazne mreže. To je razlika maksimalne prijenosne snage kod promatrane konfiguracije i polazne mreže.

Gubici u petoj rubrici odgovaraju gubicima za prijenos maksimalne snage, ali u zdravoj mreži, dok je u slijedećoj rubrici naznačena dodatna snaga gubitaka.

Iz dodatne snage i dodatnih gubitaka izračunani su specifični gubici.

U desetoj su rubrici navedene ukupne investicije za prijenos dodatne snage, a zatim su unesene specifične investicije (računano na bazi dodatne snage) u d/MW. Da se pak pokaže utjecaj godišnjih troškova prijenosa po kWh, pretpostavljeno je upotrebno vrijeme dodatne maksimalne snage od 4500 sati (odgovarajuće vrijeme gubitaka 3000 sati) i ukupna stopa godišnjih investicionih troškova 11 %. Na temelju tih pretpostavki izračunati su troškovi prijenosa u d/kWh i uneseni u posljednju rubriku tablice 1.

Za procjenu troškova prijenosa mora biti omogućeno da se za bilo koju snagu u određenom rasponu mogu ustanoviti odgovarajuće specifične investicije i specifični gubici. Da se to može postići, nacrtan je dijagram sl. 5.

Za svaku konfiguraciju nacrtana je tačka koja označuje specifične investicije i specifične gubitke za granične snage prema tablici 1. Da se pak dobije kontinuitet izračunana je krivulja za navedene vrijednosti koja seže do krivulje slijedeće niže konfiguracije. Jasno je, da kod iste konfiguracije (istih investicija), a manje prijenosne snage specifični investicioni troškovi rastu, a gubici padaju.

U dijagramu su krivulje nižih specifičnih investicionih troškova i krivulje specifičnih gubitaka za pripadne konfiguracije izvučene puno, dok su krivulje s višim specifičnim investicionim troškovima izvučene crtkano. Iz dijagrama se vidi da su, osim kod najvećih snaga, specifični investicioni troškovi prijenosa sa 380 kV viši od onih kod prijenosa sa 220 kV, ali je obratan slučaj kod specifičnih gubitaka.

Te velike razlike u specifičnim investicionim troškovima dolaze odatle što pri ispadu dodatnog voda 220 kV ne treba računati s dodatnom rezervom, jer je ona već sadržana u polaznoj mreži, međutim, kad ispadne vod 380 kV, skok smanjenja snage je vrlo velik. Ako je izgrađena samo jedna trojka 380 kV, nakon njenog ispada prijenos u stvari ostaje na tri voda polazne mreže.

Kako su kod konfiguracija s visokim investicionim troškovima gubici niski, takva rješenja dolaze u obzir kod velikih iskorištenja vodova. U uzetom primjeru (u tablici 1) kod iskorištenja od 4500 h, troškovi po kWh već su za sve konfiguracije prilično izjednačeni.

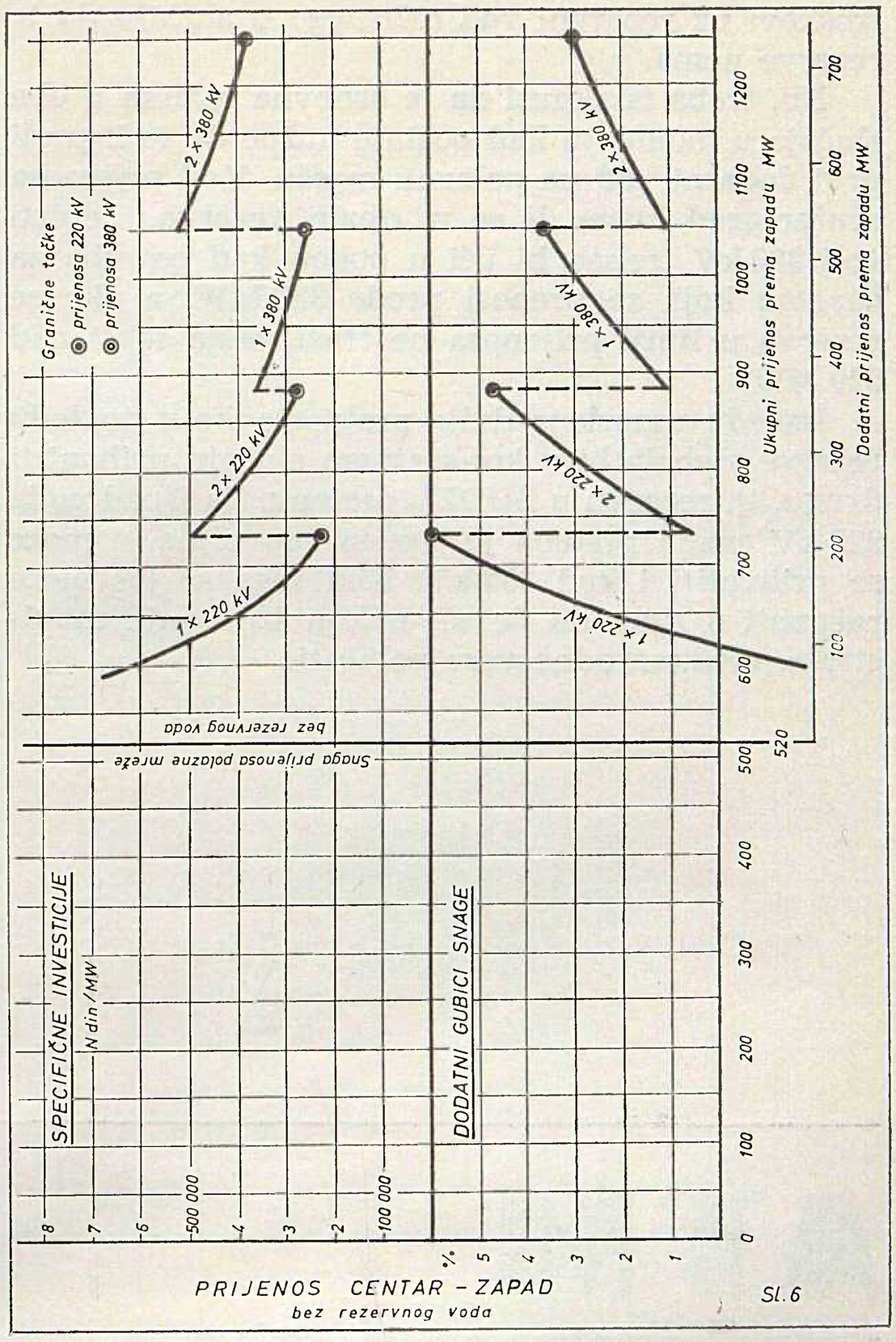
3.2. Prijenos bez rezervnog voda u liniji prijenosa

Kako je već istaknuto, ovdje se ne radi o tome da napajanje ne bi imalo rezervu u slučaju ispada jednog voda, već ta rezerva ne bi bila u vodovima na liniji povezivanja centar-zapad, već u vodovima SUDEL prstena.

Za taj je slučaj sastavljena tablica 2 i dijagram sl. 6.

Na jednak je način kao dijagram sl. 5. crtan i dijagram sl. 6, ali kod njega nema gornjih i donjih krivulja za konfiguracije 220 kV i 380 kV, već se krivulje nastavljaju jedna na drugu.

Upravo zbog toga što je kod pretpostavke rezervnog voda u liniji prijenosa rezerva sadržana u polaznoj mreži, a povećanje granične prijenosne snage raste polaganije od pridodanog broja novih vodova, za neke su snage specifični investicioni



Sl. 6

Prijenos centar-zapad bez rezervnog voda Tablica 2.

Broj vodova	Polazna				
Prijenosna snaga MW	520	735	890	1050	1250
Razlika prema pol. mreži MW	—	215	370	530	730
Gubitak snage MW	34,0	47,0	51,0	53,0	56,0
Dodatni gubici prema pol. mreži MW	—	13,0	17,0	19,0	22,0
Specifični dodatni gubici %	—	6,04	4,59	3,59	3,01
Investicije					
Investicije d	—	49.250.000	106.230.000	137.800.000	276.400.000
Specifične investicije d/MW	—	229.000	287.000	259.000	378.000
Dodatno:					
Prenesena energija kod iskorištenja 4500 h god. MWh	—	967.500	1.665.000	2.385.000	3.285.000
Gubici energije god. MWh	—	39.000	51.000	57.000	66.000
Troškovi po kWh					
Invest. stopa 11%. dinara	—	5.417.500	11.685.000	15.158.000	30.404.000
Gubici 0,1 d/kWh	—	3.900.000	5.100.000	5.700.000	6.600.000
Ukupno	—	9.317.500	16.785.000	20.858.000	37.004.000
Troškovi d/kWh	—	0,00962	0,0101	0,00874	0,01125

troškovi uz rezervni vod niži nego u slučaju da te rezerve nema.

No, treba istaknuti da je osnovna razlika u oba slučaja u momentu kad postaje nužno da se izgradi prvi dodatni vod na polaznu mrežu. Kod prijenosa centar-grad, uzme li se u obzir rezerva, četvrti vod 220 kV trebao bi ući u pogon kad potreba za snagom koja se prenosi pređe 320 MW, a ako se rezerva u liniji prijenosa ne traži, onda tek iznad 520 MW.

Između navedene dvije pretpostavke u pogledu rezerve trebalo bi u konkretnom slučaju prihvatiti drugu, tj. rezervu u SUDEL prstenu. Za ispad voda 220 kV snaga prstena je sigurno dovoljna, a može se prihvatiti i kod 380 kV. Kod toga se još može računati s time da će se, nakon izgradnje magistrale, međunarodne veze pojačati.

Na kraju, vrlo je važno konstatirati da je promatranje prijenosnih mogućnosti i ekonomskog efekta voda ugrađenog u razvijenu postojeću mrežu složen problem i bitno se razlikuje od klasičnog problema po shemi elektrana-vod-potrošač. Bez precizno definiranih prijenosnih uvjeta, nije moguće definirati prijenosnu moć voda, odnosno troškove prijenosa.

Literatura:

1. Markovčić: *Utjecaj izgradnje elektrana na zapadu na jugoslavensku superponiranu mrežu.* Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1969.
2. Despotović, Plaper, Markovčić: *Superponirana mreža Jugoslavije u 1973, 1975. i 1980. godini.* Instituti Beograd—Ljubljana—Zagreb 1968.

Naslov pisca: Boris Markovčić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

ATM

PODUZEĆE ZA AUTOMATIZACIJU I TEHNIKU MJERENJA U INDUSTRIJI

ZAGREB, HEINZELOVA 70 A

KONZULTACIJE, PROJEKTIRANJE, PROIZVODNJA, MONTAŽA, SERVIS I ODRŽAVANJE MJERNO REGULACIONIH UREĐAJA ZA TERMOENERGETSKA POSTROJENJA I RAZVOD ENERGETSKIH FLUIDA

— TERMOELEMENTI
— OTPORNI TERMOMETRI
— POKAZIVAČI TEMPERATURE
— MJERAČI PROTOKA
— MJERAČI UTROŠKA TOPLINE (KALORIMETRI)
— MJERENJE PRITISKA
— ANALIZA DIMNIH PLINOVA
— AUTOMATSKE STANICE ZA REDUKCIJU PRITISKA I TEMPERATURE PARE
— AUTOMATSKA REGULACIJA NIVOA, TEMPERATURE, PRITISKA, PODTLAKA, PROTOKA
— DALJINSKA KOMANDA (SERVOMOTORI I REGULACIONI VENTILI)
— SIGNALIZACIJA

TELEFONI: 514-122, 515-713, 515-050
TELEX: 21364, PP 466

GRANICE EKONOMIČNOSTI PUMPNO-AKUMULACIONIH HIDROELEKTRANA

Fedor Jelušić, Zagreb

Za pumpno-akumulacione elektrane navedene su postavke za određivanje granične ekonomičnosti. Određeni su i specifični troškovi izgradnje kod kojih se izjednače godišnji primici i izdaci elektroprivredne organizacije, uz primjenu važeće tarife za prodaju električne energije na prijenosnoj mreži.
Zatim je energija za pumpanje ocijenjena prema troškovima goriva termoelektrana, pa je određen granični odnos cijene vršne energije prema cijeni noćne energije.

DK 621.311.21.004

1. Uvodna razmatranja

Glavna značajka pumpno-akumulacionih hidroelektrana (skraćeno: PHE) je u tome, što su one za vrijeme malih opterećenja električne mreže (noću i u neradne dane) potrošači energije za podizanje vode pumpanjem sa nekog nižeg horizonta u neki više položeni akumulacioni bazen, pa tako sakupljenu vodu prerađuju u turbinskom pogonu za vrijeme vršnih opterećenja mreže. Pumpno-akumulacione hidroelektrane popunjavaju tako depresije dijagrama dnevnih opterećenja a preuzimaju na sebe pokrivanje vrhova opterećenja, pa za ostale elektrane proizvodnog sistema preostaje pokrivanje znatno jednoličnijeg i povoljnijeg dijagrama opterećenja.

Zadaci PHE u proizvodnom sistemu:

1. Pretvaranje manje vrijedne i otpadne noćne i blagdanske energije u najvredniju vršnu energiju.
2. Povećanje faktora opterećenja termoelektrana radi smanjenja specifičnog potroška goriva, i povećanje upotrebnog vremena instalirane snage termoelektrana radi smanjenja troškova kapitala po jedinici proizvedene energije.
3. Smanjenje preljevnih gubitaka protočnih hidroelektrana za vrijeme niskih opterećenja mreže.
4. Regulacija frekvencije mreže u proizvodnim sistemima sa pretežnim udjelom termoelektrana, nuklearnih elektrana i protočnih hidroelektrana, od kojih prve mogu samo sporo mijenjati opterećenje, i to u dosta uskim granicama, dok opterećenje protočnih hidroelektrana zavisi o raspoloživom protoku.
5. Služe kao brza mirujuća ili rotirajuća rezerva snage sistema. Kad su PHE u turbinskom pogonu, rezervu snage predstavlja samo razlika najveće snage i momentalnog opterećenja, a kad su u pumpnom pogonu, rezervu snage predstavlja zbroj preuzete snage pumpanja i najveće snage turbinskog pogona.

Prvo pumpno-akumulaciono hidroelektrično postrojenje od 800 KS Ruppoldingen u Švicarskoj, izgrađeno je još 1903. godine. Značajan je bio razvoj PHE u trećem desetljeću ovog stoljeća, osobito u Njemačkoj. U posljednjih 10 godina došlo je do vrlo naglog razvoja PHE u svijetu, što je izazvano sve većim udjelom termoelektrana u proizvodnim sistemima i puštanjem u pogon jačih nuklearnih elektrana, čemu je pogodovao i razvoj reverzibilnih hidrauličkih strojeva. Kod nas su, u sklopu hidroelektričnog postrojenja HE Nikola Tesla (Vinodol), u pogonu već 15 godina dvije akumulacione pumpne stanice i jedina u zemlji PHE Fužine od 6500 KS.

Prema raspoloživoj veličini bazena PHE mogu biti za dnevno izravnavanje dijagrama opterećenja, za tjedno izravnavanje, za sezonsko, ili za godišnje izravnavanje. U našim razmatranjima bavit ćemo se najčešćim slučajem, tj. PHE za dnevno izravnavanje, kod kojih je trajanje jednog ciklusā punjenje-pražnjenje 24 sata.

PHE-e za dnevno izravnavanje mogu se graditi na obalama mora ili jezera, kao i na hidrološki neznatnim vodotocima, ako su morfološki, geološki i geografsko-energetski uvjeti povoljni. Dovoljno je da postoji minimalni dotok u jedan od bazena za pokrivanje svih gubitaka, tj. gubitaka isparivanja sa površine bazena, gubitaka procjeđivanja bazena i propuštanja opreme. Posebno je pogodno ako postoji prirodni dotok u gornji bazen PHE, jer se tako povećava proizvodnja u turbinskom pogonu.

Kod daljnjih razmatranja pretpostavit ćemo da je dotok u gornji bazen zanemarive veličine, no upozorit ćemo na efekte eventualno većeg dotoka ili većeg potroška za druge svrhe iz gornjeg bazena.

Što se tiče pogonskih strojeva razvoj PHE je počeo pred 45 godina sa tandem hidrauličkim strojevima, to jest trojnim agregatima sa pumpom, turbinom i električnim generatorom, motorom na zajedničkoj osovini. U težnji da se instalacija pojednostavni i pojeftini već su pred oko 33 godine proizvedeni reverzibilni hidraulički strojevi, tj. pumpne turbine za PHE Pedreira i PHE Baldeney, ali za dosta skromne padove i jedinične snage. Reverzibilni dvojni agregat satsoji se od hidrauličkog stroja (u jednom smjeru vrtnje pumpa, a turbina u suprotnom smjeru vrtnje) i električnog stroja (motor kod pumpanja, a generator u suprotnom smjeru vrtnje). Danas ima reverzibilnih strojeva Francisovog tipa za jedinične snage do 400.000 KS i za padove i napore do 400 m u jednom stepenu.

Problematika pogonskih strojeva PHE vrlo je složena, no za potrebe pronalaženja granica ekonomičnosti tih postrojenja dovoljno je da se znade da su troškovi investicija za 10 — 15% manji kod upotrebe reverzibilnih hidrauličkih strojeva nego

kod upotrebe tandem hidrauličkih strojeva. Suprotno tome je stepen korisnosti ciklusa lošiji kod reverzibilnih strojeva za 1,5 do 3% kod nazivnih prilika, a još više kod parcijalnih opterećenja i dobava. Kod tandem strojeva mogu se, naime, koliko pumpa toliko i turbina slobodnije oblikovati i bolje prilagoditi pogonskim uvjetima, dok je reverzibilni stroj plod kompromisa, i to u kruto određenim uvjetima.

Još je stanovita prednost tandem strojeva u bržem prijelazu iz jednog režima rada u drugi, jer im je smjer vrtnje uvijek isti. Reverzibilni stroj treba, naime, kod prijelaza režima rada najprije zaustaviti da bi tek zatim krenuo u suprotnom smjeru vrtnje. Ova razlika od prilične je važnosti za brzinu uključivanja rezervne snage u proizvodni sistem kod ispada nekog izvora i perturbacija u mreži.

U svakom konkretnom slučaju treba prije izbora tipa strojeva ispitati koji je od alternativnih tipova najpovoljniji u pogledu pogonskih svojstava i ekonomije.

Može se ipak spomenuti da kod postrojenja sa padovima do 450 m, razvoj tendira korištenju reverzibilnih strojeva.

2. Postavke za određivanje granica ekonomičnosti

2.1. Specifični troškovi izgradnje

Naša razmatranja će se odnositi na PHE veće snage i padova od 150 do 400 m sa bazenima za dnevnu regulaciju. Koliko je poznato takva novija postrojenja u zapadnim zemljama stoje od 70 do 160 USA $ po instaliranom kW. Za naše prilike iz prošle godine možemo računati da specifični troškovi izgradnje obično počinju kod $K = 1000$ (d/kW), a odnose se na instaliranu snagu P_t u turbinskom pogonu.

Pretpostavlja se da će geografski položaj PHE biti takav da ne traži veće troškove investicija u mreži, i da leži povoljno prema konzumu, tako da ne izaziva prekomjerne gubitke u mreži.

2.2. Godišnji troškovi

Kod PHE je struktura stalnih godišnjih troškova slična kao i kod hidroelektrana, ali postoje i promjenljivi godišnji troškovi za plaćanje energije preuzete iz drugih izvora za pumpni pogon. Kako je udio opreme u troškovima izgradnje veći kod PHE, to će i kvota stalnih godišnjih troškova biti nešto viša nego kod običnih hidroelektrana. Radi općenitosti računat ćemo po jedinici instalirane snage.

2.2.1 Stalni godišnji troškovi (K_s)

U stalne troškove PHE spadaju troškovi na investiciju (troškovi kapitala) i troškovi plaća, uzdržavanja, potrošnog materijala itd. (troškovi pogona).

Prema sadašnjoj strukturi cijena proizvedene električne energije kod hidroelektrana je kvota godišnjih troškova bar oko $k = 0{,}14$ kroz prvih 15 godina pogona, a nakon toga smanjuje se na oko $k = 0{,}06$. Možemo uzeti da će kod PHE odgovarati kvota stalnih godišnjih troškova $k = 0{,}15$ za prvih 15 godina i $k = 0{,}07$ od 16. godine dalje.

Za razdoblje trajanja postrojenja od 40 godina bi prema tome odgovarala prosječna kvota stalnih godišnjih troškova $k = (0{,}15 \cdot 15 + 0{,}07 \cdot 25) : 40 = 0{,}10$.

U daljnjem razmatranju ispitat ćemo prilike kod $k = 0{,}15$ za prvo razdoblje pogona i kod $k = 0{,}10$ za ukupno razdoblje pogona. Stalni godišnji troškovi po jedinici instalirane snage jesu dakle:

$$K_s = k \cdot K \text{ (d/god. kW)}$$

2.2.2. Promjenljivi godišnji troškovi (K_p)

Kod PHE su promjenljivi godišnji troškovi, troškovi preuzete energije za pumpanje.

Prema dijagramu dnevnog opterećenja naše mreže može se u prosjeku oduzimati energija za pumpanje oko 7 sati tokom jednog dana. Ako uzmemo da će PHE biti tokom godine u pogonu 320 dana, to je godišnje trajanje pumpnog pogona

$$T_p = 7 \cdot 320 = 2240 \text{ (h/god)}$$

Pretpostavit ćemo da je snaga reverzibilnog agregata u pumpnom pogonu za 5% manja od nazivne snage u turbinskom pogonu, dakle je $P_p = 0{,}95 \cdot P_t$. Potrošak pak energije za pumpanje je $W_p = P_p \cdot T_p = 0{,}95 \cdot P_t \cdot T_p$ (kWh/god). Godišnji potrošak energije za pumpanje po instaliranom kW-u turbinske snage je prema tome:

$$w_p = \frac{W_p}{P_t} = 0{,}95 \cdot 2240 = 2120 \text{ (kWh/god, kW)}$$

Uzet ćemo da od tog potroška pada u kritičnu sezonu (IX, X, I i II mjesec) $w_{p1} = 700$ (kWh/god, kW), a ostatak od $w_{p2} = 1420$ (kWh/god, kW) u preostalih 8 mjeseci. Godišnji trošak energije za pumpanje, tj. promjenljivi godišnji troškovi K_p dobiju se sumiranjem produkata potrošaka energije za pumpanje i pripadne cijene noćne energije, to jest

$$K_p = \Sigma\, w_p \cdot c_n \text{ (d/god, kW)}$$

2.2.3. Ukupni godišnji troškovi (K_g)

Ukupni godišnji troškovi su prema tome:

$$K_s = K_s + K_p = k \cdot K + \Sigma\, w_p \cdot c_n \text{ (d/god, kW)}$$

2.3. Ukupni stepen korisnosti ciklusa

Za određivanje ukupnog stepena korisnosti ciklusa PHE treba izračunati gubitke u pumpama, ukupne hidrauličke gubitke između donjeg i gornjeg bazena u pumpnom pogonu, gubitke električnih strojeva i transformatora u pumpnom pogonu, pa ukupne hidrauličke gubitke u turbinskom pogonu, gubitke u turbinama i gubitke u električnim strojevima i transformatorima u turbinskom pogonu.

Prosječni stepen korisnosti ciklusa PHE je odnos u mrežu predane enrgije prema preuzetoj energiji iz mreže, tj.

$$\eta_c = \frac{W_t}{W_p} = \frac{w_t}{w_p}$$

Kod starijih PHE je obično $\eta_c = 0{,}55 - 0{,}68$, dok je kod većih modernih postrojenja $\eta_c = 0{,}70 - 0{,}76$.

Normalno je srednji bruto pad H_p pumpnog pogona jednak srednjem bruto padu H_t turbinskog pogona.

U posebnim slučajevima, kod znatnog prirodnog dotoka u donji bazen PHE, može se u turbinskom pogonu koristiti veći bruto pad ispuštanjem prerađene vode nizvodno od donjeg bazena. Ako tada uzmemo da je $\frac{H_t}{H_p} = h$ onda je taj faktor pada $h > 1$ kod $H_t > H_p$, dok je kod $H_t = H_p$ naravno $h = 1$.

Općenito je dakle korigirana prosječna korisnost ciklusa

$$\eta_c' = \eta_c \cdot h$$

2.4. Proizvodnja u turbinskom pogonu

Koliko će se energije moći proizvesti u turbinskom pogonu zavisi o sumi količina raspoložive vode u gornjem bazenu PHE tokom godine. Mjerilo za to su, dakle, godišnji potrošak energije za pumpanje i prosječni ukupni stepen korisnosti ciklusa, eventualno uz dodatak energetske vrijednosti korisnog prirodnog godišnjeg dotoka u gornji bazen, odnosno uz odbitak energetske vrijednosti potroška vode iz gornjeg bazena za druge potrebe, npr. za natapanje, vodoopskrbu, gubitke i drugo. Ako označimo godišnju energiju korisnog prirodnog dotoka u gornji bazen po jedinici instalirane snage PHE sa $+ w_d$, a energiju potroška za druge svrhe sa $- w_d$, onda je proizvodnja turbinskog pogona po instaliranom kW:

$$w_t = w_p \cdot \eta_c \cdot h \pm w_d \text{ (kWh/god. kW)}$$

Uzevši volumetrijski faktor:

$$d = 1 \pm \frac{w_d}{w_p \cdot \eta_c \cdot h}$$

možemo općenito uzeti da je:

$$w_t = w_p \cdot \eta_c \cdot h \cdot d \text{ (kWh/god. kW)}$$

Naravno da je kod prirodnog dotoka u gornji bazen volumetrijski faktor $d > 1$, kod potroška za druge svrhe je $d < 1$, dok je obično, kad nema ni dotoka ni potroška a ni primjetnih gubitaka $d = 1$.

Uz $k = 1$ i $d = 1$, a $\eta_c = 0{,}70$ i potroške pumpanja prema tački 2.2.2. proizvodnja u turbinskom pogonu je:

$$w_t = 2120 \cdot 0{,}70 = 1484 \text{ (kWh/god, kW)}$$

Od toga u kritičnu sezonu pada

$$w_{t1} = 700 \cdot 0{,}70 = 490 \text{ (kWh/god, kW)}$$

a u preostalo doba godine

$$wt_2 = 1420 \cdot 0{,}70 = 994 \text{ (kWh/god. kW)}$$

Upotrebno vrijeme instalirane snage je dakle

$$T_i = 1484 \text{ (h/god)},$$

što odgovara pogonu instaliranom snagom od $t_i = 1484 : 320 = 4$ sata i 39 minuta dnevno. Stvarno trajanje turbinskog pogona je dulje, jer se radi rezerve turbine ne opterećuju potpuno.

Uz

$$\eta_c = 0{,}75$$

bit će analogno

$$w_t = 1590 \text{ (kWh/god, kW)}$$

$$w_{t_1} = 525 \quad ,,$$

$$w_{t_2} = 1065 \quad ,,$$

$$t_i = 5 \text{ (h/dnevno)}.$$

3. Granice ekonomičnosti pumpno-akumulacionih hidroelektrana

Da odredimo kod kojih prilika izgradnje će PHE biti na granici ekonomije, izračunat ćemo stalne godišnje troškove prema postavkama iz tačka 2. pa godišnje prihode i troškove pumpanja prema današnjim tarifama za prodaju električne energije na prijenosnoj mreži. Na temelju tako dobivenih vrijednosti tražimo kod kojih specifičnih troškova izgradnje PHE se izravnavaju prihodi i rashodi.

Radi potpunijeg uvida u prilike pokušat ćemo doći do nekih drugih pokazatelja granične ekonomičnosti PHE a prema kriterijima od općenitijeg značaja i vrijednosti.

3.1. Granica ekonomičnosti PHE prema važećim tarifama

U prvom redu primijenit ćemo tarifu o prodaji električne energije na prijenosnoj mreži 110 kW prema »Odluci o najvišim tarifnim stavovima« (Sl. list 24/1965) i »Odluci o izmjeni odluke o najvišim tarifnim stavovima« (Sl. list 5/1970).

S obzirom da je godišnje trajanje turbinskog pogona svega oko 1500 h, to dolazi u obzir samo primjena II stepena tarife sa nižom pristojbom za snagu, a skupljom energijom.

Stalni godišnji troškovi (K_s)

Specifični troškovi izgradnje

$$K = 1000 - 2000 \text{ (d/kW)}$$

Kvote stalnih godišnjih troškova

$k = 0{,}10$ (10 %)	$k = 0{,}10$ (15 %)
$K_S = 100 - 200$ (d/g, kW)	$K_S = 150 - 300$ (d/g. kW)

Promjenljivi godišnji troškovi (K_p)
Cijene noćne energije za pumpanje iznose:

u kritičnoj sezoni:

$$c_{n1} = 0{,}0825 \text{ (d/kWs)}$$

u nekritičnoj sezoni:

$$c_{n2} = 0{,}044 \text{ (d/kWh)}$$

Kako se noćnim potroškom PHE samo popravljaju prilike u mreži, to nema opravdanja za obračunavanje pristojbe za snagu proizvodnom elektroprivrednom poduzeću.

Promjenljivi troškovi energije za pumpanje iznose:

$$K_p = w_{p1} \cdot c_{n1} + w_{p2} \cdot c_{n2} = 700 \cdot 0{,}0825 + 1420 \cdot 0{,}044 =$$
$$= 120{,}23 \text{ (d/god, kW)}$$

Ukupni godišnji troškovi (K_g)

$$K_g = K_s + K_p = K \cdot k + 120{,}23 \text{ (d/god, kW)}$$

Prihod od vršne energije (P_e)

u kritičnoj sezoni:

$$cd_1 = 0{,}121 \text{ (d/kWh)}$$

u nekritičnoj sezoni:

$$c_{d2} = 0{,}088 \text{ (d/kWh)}$$

Uz

$$\eta_c = 0{,}70\,, \qquad h = 1 \text{ i } d = 1$$

je:

$$P_e = w_{t1} \cdot c_{d1} + w_{t2} \cdot c_{d2} = 490 \cdot 0{,}121 + 999 \cdot 0{,}088 =$$
$$= 144{,}562 \text{ (d/god, } k\text{W)}$$

Uz

$$\eta_c = 0{,}75\,, \qquad h = 1 \text{ i } d = 1$$

je:

$$P_e = 525 \cdot 0{,}121 + 1065 \cdot 0{,}088 = 157{,}245 \text{ (d/god, kW)}$$

Prihod od snage (P_s)

Mjesečne pristojbe za preuzetu najveću četvrtsatnu snagu različite su veličine u kritičnoj sezoni (IX, X, I i II mjesec) i u nekritičnoj sezoni, no ne obaziru se na to u koje doba dana se ta najveća snaga uzimala. Kako se snaga PHE predaje u mrežu isključivo kao vršna snaga, to bi u stvari bilo opravdano da joj se odobri veća vrijednost nego što je priznaje II stepen važeće tarife.

Mjesečne pristojbe za snagu iznose:

u kritičnoj sezoni:

$$C_1 = 20{,}35 \text{ (d/kW, mj.)}$$

u nekritičnoj sezoni:

$$C_2 = 13{,}75 \text{ (d/kW, mj.)}$$

Uzet ćemo da se radi rezerve u snazi, vlastitog potroška PHE i naplaćivanja najvećeg mjesečnog četvrtsatnog opterećenja potrošača od instalirane snage PHE prodaje samo 90%, tj. da je faktor korištenja snage $n = 0{,}90$. Nadalje ćemo računati da se PHE ne koristi 1 mjesec u godini u nekritičnoj sezoni radi remonta i defekata, tj. da se u kritičnoj sezoni koristi kroz $m_1 = 4$ mjeseca i u nekritičnoj sezoni kroz $m_2 = 7$ mjeseci, a godišnje $m = 11$ mjeseci.

Godišnji prihod od snage je dakle:

$$P_s = 0{,}9\,(4 \cdot 20{,}35 + 7 \cdot 13{,}75) = 159{,}885 \text{ (d/god, kW)}$$

Ukupan godišnji prihod

$$[(P_g = P_e + P_s)]$$

Za

$$\eta_c = 0{,}70\colon\ P_g = 144{,}562 + 159{,}885 = 304{,}447 \text{ (d/g, kW)}$$

Za

$$\eta_c = 0{,}70\colon\ P_g = 157{,}245 + 159{,}885 = 317{,}130 \text{ (d/g, kW)}$$

Granični specifični troškovi izgradnje PHE

Granica rentabilnosti se postigne onda, kada se izjednače godišnji prihodi i godišnji rashodi, tj. kad je

$$K_g = P_g$$

Možemo dakle pisati

$$K \cdot k + \Sigma\, w_p \cdot c_n = \Sigma\, w_p \cdot \eta_c \cdot h \cdot d \cdot c_d + \Sigma\, m \cdot n \cdot C$$

Odatle je specifični trošak instalirane snage, kod kojeg se dolazi do granice rentabilnosti

$$K = \frac{1}{k}(P_e + P_s - K_p) = \frac{1}{k}(\Sigma\, w_p \cdot \eta_c \cdot h \cdot d \cdot c_d +$$
$$+ \Sigma\, m \cdot n \cdot C - \Sigma\, w_p \cdot c_n) \text{ (d/kW)}$$

Granični troškovi izgradnje PHE po jedinici turbinske instalirane snage ovise dakle o kvoti stalnih godišnjih troškova, o stepenu korisnosti ciklusa, o cijeni dnevne (vršne) energije, o cijeni noćne i blagdanske energije, o trajanju pogona u toku godine i o faktoru korištenja instalirane snage.

U posebnim slučajevima na granične troškove izgradnje utječu i faktor padova, kao i volumetrijski faktor (dotok).

U promatranom slučaju sa usvojenim pretpostavkama je granica rentabilnosti kod specifičnih troškova izgradnje navedenih u tablici 1.

Tablica 1

k	$\eta_c = 0{,}70$	$\eta_c = 0{,}75$
0,10	$K = 1842{,}17$ (d/kW)	$K = 1969{,}00$ (d/kW)
0,15	$K = 1228{,}00$ (d/kW)	$K = 1312{,}00$ (d/kW)

Rezultati ovog razmatranja pokazuju da prema II stepenu važeće tarife za prodaju električne energije mogu biti rentabilne samo PHE sa prilično niskim troškovima izgradnje po jedinici instalirane snage.

Još su kritičnije prilike kad PHE mora biti rentabilna već u prvih 15 godina pogona uz obračun stalnih godišnjih troškova prema danas važećoj strukturi proizvodne cijene uz $k = 0{,}15$. Kod toga još, prema usvojenoj pretpostavci, nisu uzeti u obzir nikakvi troškovi dodatne mreže za vezu PHE, a ni dodatni gubici energije u mreži koji nastaju pogonom PHE.

3.2. Granice ekonomičnosti prema općenitijim kriterijima

Da dobijemo još neke orijentacione vrijednosti granica ekonomičnosti PHE ocijenit ćemo troškove potroška energije za pumpanje prema specifičnim troškovima goriva termoelektrana, a pristojbu za vršnu snagu turbinskog pogona ocijenit ćemo prema stalnim troškovima snage termoelektrana.

Pretpostavlja se da su:

Cijena noćne energije (troškovi goriva): $c_n = 0{,}06$ (d/kWh)
Kvota stalnih godišnjih troškova PHE: $k = 0{,}10$
Kvota stalnih godišnjih troškova TE: $k = 0{,}13$
Specifični troškovi izgradnje na pragu TE: $K' = 2000$ (d/kW)

Ranije smo imali godišnji potrošak energije za pumpanje $w_p = 2120$ (kWh/god.).

Ukupni godišnji troškovi PHE dani su u tablici 2.

Tablica 2

K (d/kW)	k	$K_s = k \cdot K$ (d/g, kW)	$K_p = Wp \cdot c_n$ (d/g, kW)	$K_g = K_s + K_p$ (d/g, kW)
1000	0,10	100	127,2	227,2
1500	0,10	150	127,2	277,2
2000	0,10	200	127,2	327,2
2500	0,10	250	127,2	377,2

Prema tački 2.4. smo imali ove godišnje proizvodnje vršne energije uz $h = 1$ i $d = 1$:

$\eta_c = 0{,}70$: $w_t = 1484$ (kWh/god.)

$\eta_c = 0{,}75$: $w_t = 1590$ (kWh/god.)

Ako bi se vršna energija PHE prodavala po čistoj kWh tarifi, to bi se granica rentabilnosti dostizala kod prodajne cijene

$$c_d = \frac{K_g}{w_t} \text{ (d/kWh)}$$

U tablici 3 su granične prodajne cijene vršne energije c_d i odnos cijena vršne i noćne energije c_d/c_n uz pretpostavku da je $c_n = 0{,}06$ (d/kWh).

Tablica 3

K (d/k)W	$\eta_c = 0{,}70$		$\eta_c = 0{,}75$	
	c_d (d/kWh)	c_d/c_n	c_d (d/kWh)	c_d/c_n
1000	0,1530	2,55	0,1430	2,39
1500	0,1866	3,11	0,1745	2,91
2000	0,2203	3,67	0,2056	3,43
2500	0,2540	4,26	0,2372	3,96

Vrijednosti tablice 3 pokazuju da je prodajna cijena vršne energije kod koje se dolazi do granice ekonomičnosti između 0,15 (d/kWh) i 0,25 (d/kWh), dok je granični odnos cijena vršne i noćne energije između 2,4 i 4,2. Ove vrijednosti dosta dobro odgovaraju uobičajenim vrijednostima elektroprivrede većine zemalja zapadne Evrope, ili su još nešto ispod njih.

Preostaje još da vidimo kolika mora biti granična cijena vršne energije PHE, ako se zaračunava godišnja pristojba za snagu prema stalnim specifičnim troškovima termoelektrana.

Prema ranije navedenim pretpostavkama godišnja pristojba za snagu može biti:

$$P_s = K' \cdot k' \cdot n \cdot \frac{m}{12} = 2000 \cdot 0{,}14 \cdot 0{,}9 \cdot \frac{11}{12}$$
$$= 215 \text{ (d/god, } k\text{W)}$$

Ako odbijemo godišnju pristojbu za snagu od ukupnih godišnjih troškova iz tablice 2 dobijemo granične iznose koje mora pokriti prodaja energije. Dijeljenjem tih iznosa sa godišnjom proizvodnjom energije dobijemo cijene energije c_d kod kojih se uz pristojbu za snagu dolazi do granice rentabilnosti, što su navedene u tablici 4.

Tablica 4

K (d/kW)	K_g (d/g · kW)	P_s (d/g · kW)	$P_e = K_g - P_s$ (d/g · kW)	c_d (d/kWh)	
				$\eta_c = 0{,}70$	$\eta_c = 0{,}75$
1000	227,2	215	12,2	0,0082	0,0077
1500	277,2	215	62,2	0,0419	0,0392
2000	237,2	215	112,2	0,0756	0,0707
2500	377,2	215	162,2	0,1092	0,1020

Vrijednosti tablice 4 pokazuju da bi uz pristojbu za snagu, određenu prema stalnim troškovima termoelektrana, prodajna cijena vršne energije PHE morala biti veća negdje od 0,010 (d/kWh) do 0,10 (d/kWh) da eksploatacija PHE bude rentabilna. Ove cijene nisu veće od prosječnih prodajnih cijena dnevne energije prema II stepenu važeće tarife za prodaju električne energije na prijenosnoj mreži 110 kV.

4. Završna razmatranja

Kako se iz dosadašnjih izlaganja vidi na ekonomičnost eksploatacije PHE najveći utjecaj imaju specifični troškovi izgradnje i odnos cijena dnevne vršne energije prema noćnoj energiji. Što se tiče specifičnih troškova izgradnje PHE oni moraju biti niži od 2000 (d/kW) računajući sa prosječnom kvotom stalnih troškova kroz razdoblje od 40 godina, a najviše 1200 (d/kW) kod primjene II stepena važeće tarife za prodaju električne energije i kod proračuna proizvodnih troškova prema važećoj strukturi proizvodne cijene za prvih 15 godina eksploatacije.

Čiste PHE koje već u studijama pokazuju više specifične troškove izgradnje treba odbaciti, odnosno odložiti njihovu izgradnju za dalju budućnost, kad će vrijednost vršne snage biti veća.

Da bi i nešto skuplje PHE mogle u eksploataciji biti rentabilne treba da kod njih dolazi jače do izražaja jedan od ovih faktora:

a) višak korisnog godišnjeg dotoka u gornji bazen je primjetan, tj. $d > 1$,
b) u turbinskom pogonu se koristi veći bruto pad nego u pumpnom sistemu, tj. $h > 1$,
c) cijene noćne energije su niže, a cijene vršne energije više od pretpostavljenih, a pristojba za snagu je viša od one prema II stepnu danas važeće tarife,
d) uvjeti kreditiranja su povoljniji, tj. kamatna stopa je niža, a rok otplate kredita je duži od današnjeg.

Preostaje još da se kratko osvrnemo na druge mogućnosti za pokrivanje vršne snage i energije u proizvodnom sistemu. Prije nego se donese odluka za izgradnju neke PHE treba dokazati da ona ima pogonskih i ekonomskih prednosti pred drugim konkurentnim elektranama.

Za pokrivanje vrhova opterećenja mreže mogu se pored PHE-a izgraditi termoelektrane s plinskim turbinama ili s Diesel-motorima, odnosno vršne hidroelektrane. Dugo vrijeme pripreme za pogon i spora regulacija opterećenja isključuje klasične termoelektrane iz konkurencije.

Specifični troškovi izgradnje elektrana sa plinskim turbinama slične su veličine kao kod dosta povoljnih PHE, ali im je kvota stalnih godišnjih troškova veća. Troškovi goriva slične su veličine kao i troškovi pumpanja PHE. To znači da u slučaju niskih troškova izgradnje PHE može biti ekonomski povoljnija. Osim toga su pogonske prednosti PHE u tome, što se snaga agregata može slobodno birati u rasponu do nekih 300 MW, dok najveći agregati s plinskim turbinama dosad ne prelaze 70 MW. Pored toga se agregati PHE mogu pustiti u pogon i potpuno opteretiti u nešto više od 1 minute, dok za to treba agregatima s plinskim turbinama od 4 do 18 minuta.

Elektrane sa Diesel motorima dosta su skupe a snaga agregata je manja od 10 MW, pa mogu biti interesantne jedino u manjim izoliranim mrežama.

Kao ozbiljna konkurencija PHE postrojenjima preostaju, dakle, jedino visoko instalirane vršne akumulacione hidroelektrane, kod kojih, kao i kod drugih tipova čistih proizvodnih elektrana, jedino nema povoljnog djelovanja PHE od povećanja najmanjih noćnih i blagdanskih opterećenja mreže. Ako se pak nove vršne hidroelektrane, umjesto običnim turbinama, opreme reverzibilnim hidrauličkim strojevima, one sa minimalnim dodatnim troškovima postaju pumpno-akumulacione sa znatnim prirodnim dotokom u gornji bazen. Može se sa sigurnošću ustvrditi da će upravo takve hidroelektrane biti s pogonske i ekonomske strane najpovoljniji izvori vršne snage i energije u mješovitom proizvodnom sistemu naše skore budućnosti.

Literatura:

1. OUN (1968): *Rôle que les aminagements hydro-ilectriques a accumulation par pompage sont destinés a jouer dans la couverture des pointes de charge.* Publikacija: ST / ECE / EP / 45.
2. Johnson: *Pumped storage: An evaluation of the progress and experience to date with large reversible units.* VII. WPC, 1968 g. Ref. C 2, 156.
3. Campbell, Vernon: *Experience with high-head reversible plant and its application to hydro-electric development.* VII. WPC, 1968 g. Ref. C 2, 243.
4. Pfisterer, Press: *Experience in the construction and operation of large pumped storage stations.* VII. WPC, 1968 g. Ref. C 2, 77.
5. Lecher, Meier, Florjančić: *Considération au sujet de la puissance unitaire la plus des machines hydrauliques iquipant les installations d'accumulation par pompage.* VII. WPC, 1968. g. Ref. C 2, 219.
6. Del Campo, Olivares: *L'application en Espagne de centrales hydro-ilectriques avec pompes d'accumulation.* VII. WPC, 1968. g. Ref. C 2, 218.
7. I. Vušković: *Reverzibilne pumpne turbine Francisovog tipa.* I. Savjet o HE Slat. Radenci 1968. Ref. B. XII.
8. W. Meier: *Faut-il des groupes binaires ou ternaires dans les usines hydro-électriques avec pompage?* Buletin Escher Wyss, 39, 1966. No. 3.
9. D. Florjančić: *Die Pumpe-Turbine als Weiterentwicklung der Speicherpumpe.* Bulletin ASE, 56, 1965. No. 6.
10. J. Lieber: *Turbine-Pompe »Isoqyre«.* Bulletni ASE, 56, 1965. No. 8.
11. H. Gerber: *Die Pumpspeicherung und ihre Probleme.* Bulletin ASE, 1965. No. 5.

Naslov pisca: Fedor Jelušić, dipl. ing.
»Elektroprojekt«, Zagreb

NESIMETRIČNI KRATKI SPOJEVI U MATRIČNOM RAČUNU

Božidar Stefanini, Zagreb

U članku je prikazana veza faznih veličina i simetričnih komponenata pomoću matrice transformacije, i obrnuto. Zatim su izvedene matrične jednadžbe koje — putem impedancija u reduciranoj direktnoj, inverznoj i nultnoj mreži — povezuju fazne napone i fazne struje. Izvedeni su i matematički modeli u sistemu simetričnih komponenata za neke tipične vrste kratkih spojeva. Članak završava grafičkim modelima u sistemu komponenata za neke kratke spojeve.

DK 621.3.012.5 : 51

Fazne veličine i simetrične komponente

Pri postavljanju matematičkog modela za nesimetrične kratke spojeve mi ćemo, kao što je uobičajeno, raditi pomoću metode simetričnih komponenata. Osim toga ćemo se zbog orijentacije na korištenje elektroničkih računala, koristiti suvremenim matematičkim računskim postupcima, pa ćemo u ova naša razmatranja uvesti *matrični račun.*

Za svaku tačku mreže najprije ćemo definirati *električne veličine.* Pri tom ćemo razlikovati veličine u trofaznoj mreži s jedne strane, odnosno u direktnoj, inverznoj i nultoj mreži s druge strane. Na taj način su za svaku tačku trofazne mreže električne prilike definirane pomoću vektora *faznih* napona i vektora faznih struja, gdje su u svakom vektoru (tj. jednostupačnoj matrici) nalaze po tri veličine koje odgovaraju fazama R, S i T. Sve su to dakako kompleksne veličine.

$$[U_F] = \begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix}, \quad [I_F] = \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix}. \tag{1}$$

To znači: U — napon (kompleksna vel.)
I — struja (kompleksna vel.)

a indeksi znače: F — fazne veličine
R — faza R
S — faza S
T — faza T

Iste električne prilike možemo definirati pomoću simetričnih *komponenata* napona i struja. Opet imamo vektore (tj. jednostupačne matrice) sa tri člana, gdje komponente napona, odnosno struja, odgovaraju nultoj, direktnoj, odnosno inverznoj komponenti.

$$[U_k] = \begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}, \quad [I_k] = \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}. \tag{2}$$

Tu indeksi znače: K — komponente
0 — nulta
1 — direktna
2 — inverzna

Simetrične komponente prikazat ćemo na primjeru napona, slika 1. Nulte komponente za sve tri faze leže u istom faznom položaju. Direktne komponente pomaknute su za 120° i to u smjeru suprotnom mjerenju kuta. Inverzne komponente pomaknute su za 240° u tom istom smjeru, odnosno za 120° u suprotnom smjeru. Položaj pojedine komponente možemo odrediti pomoću operatora

$$a = 1\,\underline{/120}. \tag{3}$$

Fazne veličine napona dobivaju se kao suma nulte, direktne i inverzne komponente za dotičnu fazu. To možemo matematički definirati pomoću matrične jednadžbe, prema kojoj matricu faznih napona dobiejmo, ako matricu komponenata napona s lijeve strane množimo pomoću odgovarajuće matrice transformacije.

$$\begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

$$[U_F] = [C] \cdot [U_k] \tag{4}$$

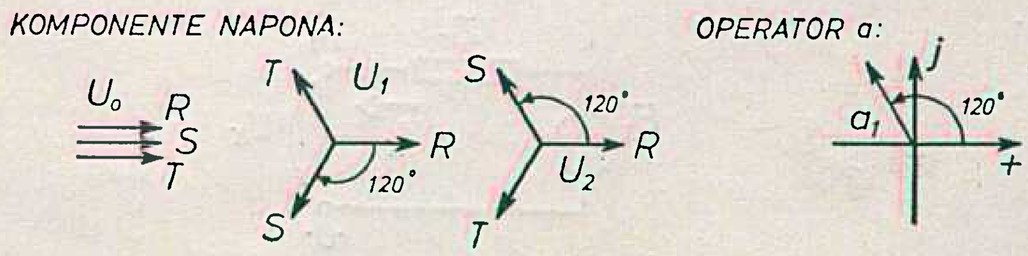
Tu je matrica transformacije:

$$[C] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \tag{5}$$

Gornja matrična jednadžba daje nam mogućnost da izračunamo fazne veličine iz simetričnih komponenata. Trebat će nam, međutim, i izraz za *izračunavanje komponenata* iz faznih veličina. Sigurno ćemo simetrične komponente dobiti, ako fazne veličine množimo s invertiranom matricom transformacije. Dakako da je potrebno znati kako izgleda razvijeno napisana invertirana matrica transformacije, a to se može izračunati pomoću poznatog postupka za inverziju matrice.

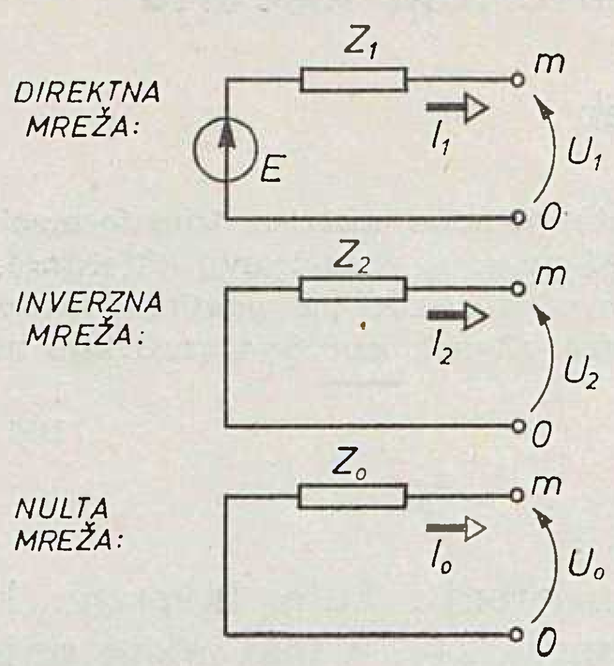
$$[U_K] = [C]^{-1} \cdot [U_F] \tag{6}$$

$$[C]^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \tag{7}$$



Sl. 1 Simetrične komponente

Sl. 2 Grafički modeli reduciranih mreža



Sve što je rečeno za napone, vrijedi analogno i *za struje.*

$$[I_F] = [C] \cdot [I_K] \tag{8}$$

$$[I_K] = [C]^{-1} \cdot [I_F] \tag{9}$$

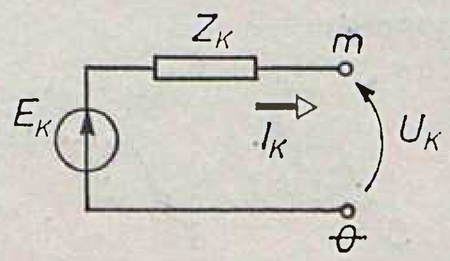
Model nesimetričnih električnih prilika

Svaku aktivnu mrežu možemo prema Theveniovu teoremu reducirati i prikazati pomoću naponskog izvora ili pasivnih grana spojenih u seriju. U slučaju kratkog spoja između nekog faznog čvora u mreži i neutralnog čvora, možemo mrežu reducirati upravo na ta dva čvora. Napon izvora *u reduciranoj mreži* jednak je naponu između ta dva čvora u mreži prije redukcije, a impedancija grane u reduciranoj mreži jednaka je impedanciji koju dobijemo, ako mrežu, kao pasivnu, reduciramo na samo jednu granu između ta dva čvora.

Takvu ćemo redukciju izvršiti za direktnu, inverznu i nultu mrežu. Ako pri tome pretpostavimo da naši izvori proizvode simetrične napone, onda će inverzne i nulte komponente proizvedenih napona biti jednake nuli, pa će i napon izvora u reduciranoj inverznoj, odnosno nultoj mreži, biti jednak nuli. Zbog toga taj napon izvora ne moramo crtati u inverznoj, odnosno nultoj mreži. Svakako možemo crtati *tri grafička modela* za reduciranu mrežu i to: direktnu, inverznu i nultu. Slika 2.

Budući da je grafički model isti za sve tri mreže, možemo nacrtati jedan jedini *zajednički grafički model.* Električne veličine u tom grafičkom modelu možemo shvatiti kao vektore komponenata napona, odnosno komponenata struja. Slika 3.

U grafičkom modelu reducirane inverzne mreže, odnosno reducirane nulte mreže, nismo crtali *naponski izvor,* jer je tu vrijednost napona jednaka nuli. Analogno u reduciranom modelu direktne mreže, gdje smo crtali naponski izvor, ne treba iznos toga napona označiti indeksom jedan, već tu



Sl. 3 Zajednički grafički model

oznaku možemo ostaviti bez indeksa, jer se odnosi na proizvedeni napon koji je ionako simetričan.

Ovako postavljeni grafički modeli za reducirane mreže (direktnu, inverznu i nultu), gdje se naponski izvor nalazi samo u grafičkom modelu reducirane direktne mreže, odgovara pretpostavci da su proizvedeni naponi u mreži simetrični. Od te pretpostavke redovito polazimo. Nema međutim nikakve smetnje da u slučaju *nesimetrično proizvedenih napona* uvedemo naponske izvore i u grafičke modele reducirane, inverzne, odnosno nulte mreže.

Na temelju zajedničkog modela za direktnu, inverznu i nultu mrežu u reduciranom obliku, možemo napisati izraz koji povezuje električne veličine. Tako dobijemo *matematički model* za međusobnu ovisnost električnih veličina.

$$[U_K] = [E_K] - [Z_K] \cdot [I_K] \tag{10}$$

Moramo još napisati izraze za napon izvora i impedanciju pasivne grane u tom grafičkom modelu, zajedničkom za sve tri reducirane mreže. Matrica napona izvora ima samo simetričnu komponentu, dok su inverzna i nulta komponenta jednake nuli.

$$[E_K] = \begin{bmatrix} 0 \\ E \\ 0 \end{bmatrix} \tag{11}$$

Što se tiče impedancije pasivne grane u tom zajedničkom grafičkom modelu, to je u stvari dijagonalna kvadratna matrica kojoj su dijagonalni članovi jednaki impedanciji reducirane nulte, direktne, odnosno inverzne mreže.

$$[Z_K] = \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \tag{12}$$

Ako navedenu matričnu jednadžbu napišemo razvijeno, i izvršimo množenje, vidimo da dobijemo *sustav od tri jednadžbe* koje daju komponente napona potpuno u skladu s nacrtanim grafičkim modelom za reduciranu, direktnu, inverznu, odnosno nultu mrežu.

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} U_0 = -Z_0 \cdot I_0 \\ U_1 = E - Z_1 \cdot I_1 \\ U_2 = -Z_2 \cdot I_2 \end{array} \right\} \tag{13}$$

Dalje ćemo razviti matematički model koji nam omogućuje da odredimo *fazne veličine.* Polazimo od prije napisane matrične jednadžbe koju množimo s lijeve strane matricom transformacije.

$$\begin{aligned} U_K &= E_K - Z_K \cdot I_K \qquad / \cdot C \\ C \cdot U_K &= C \cdot E_K - C \cdot Z_K \cdot I_K \;/\; I_K = C^{-1} \cdot I_F \end{aligned} \tag{14}$$

To možemo dalje srediti na taj način što lijeva

strana postaje jednaka faznim naponima, a na desnoj strani komponente struje također možemo pisati kao fazne struje množene s lijeve strane invertiranom matricom transformacije. Na taj način smo dobili izraz koji povezuje fazne veličine.

$$U_F = C \cdot E_K - C \cdot Z_K \cdot C^{-1} \cdot I_F \tag{15}$$

Dobivenu matričnu jednadžbu možemo pisati razvijeno i izvršiti potrebna množenja. Tako smo dobili fazne napone izražene pomoću faznih struja.

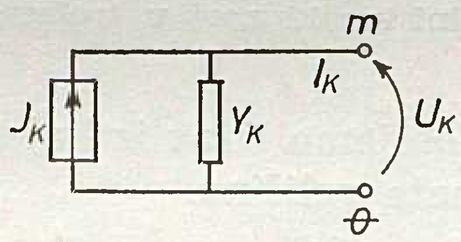
$$\begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ E \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} \cdot E - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} Z_0 + Z_1 + Z_2 & Z_0 + aZ_1 + a^2Z_2 & Z_0 + a^2Z_1 + aZ_2 \\ Z_1 + a^2Z_1 + aZ_2 & Z_0 + Z_1 + Z_2 & Z_0 + aZ_1 + a^2Z_2 \\ Z_0 + aZ_1 + a^2Z_2 & Z_0 + a^2Z_1 + aZ_2 & Z_0 + Z_I + Z_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix} \tag{16}$$

Analogni postupak možemo provesti tako da mreže reduciramo prema *Nortonovu teoremu.* U tom slučaju dobijemo zajednički grafički model za direktnu, inverznu i nultu mrežu, u kojoj imamo strujni izvor paralelno spojen s pasivnom granom. Slika 4.

Struja izvora će opet imati samo direktnu komponentu dok će inverzna i nulta komponenta biti jednake nuli.

$$J_K = \begin{bmatrix} 0 \\ E/Z_1 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{17}$$



Sl. 4 Grafički model po Nortonovu modelu

Što se tiče pasivnih grana, opet ćemo dobiti dijagonalnu kvadratnu matricu.

$$y_K = \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_0} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{Z_1} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{Z_2} \end{bmatrix} \tag{18}$$

Matrična jednadžba koja vezuje električne veličine u ovom modelu, potpuno je analogna jednadžbi koju smo dobili nakon redukcije po Theveninovu teoremu. Jedino su naponi i struje međusobno zamijenjeni, a impedancije su nadomještene admitancijama.

$$I_K = \mathcal{J}_K - y_K \cdot U_K \tag{19}$$

Ako provedemo potpuno analogni postupak polazeći od ove jednadžbe, dobit ćemo kao rezultat matričnu jednadžbu koja daje fazne struje ovisne o faznim naponima.

$$\begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} \cdot \frac{E}{Z_1} - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_0} + \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} & \frac{1}{Z_0} + \frac{1}{Z_1} + \frac{a^2}{Z_2} & \frac{1}{Z_0} + \frac{a^2}{Z_1} + \frac{a}{Z_2} \\ \frac{1}{Z_0} + \frac{a^2}{Z_1} + \frac{a}{Z_2} & \frac{1}{Z_0} + \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} & \frac{1}{Z_0} + \frac{a}{Z_1} + \frac{a^2}{Z_2} \\ \frac{1}{Z_0} + \frac{a}{Z_1} + \frac{a^2}{Z_2} & \frac{1}{Z_0} + \frac{a^2}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} & \frac{1}{Z_0} + \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} \tag{20}$$

Dobivene jednadžbe nam definiraju fazne napone u ovisnosti o faznim strujama, odnosno fazne struje u ovisnosti o faznim naponima. Te jednadžbe vrijede sasvim općenito, a u sebi uključuju komponente izvora napona i reducirane impedancije direktne, inverzne i nulte mreže. Obje matrične jednadžbe opisuju iste električne prilike, pa ćemo u daljnjem razmatranju upotrijebiti onu matričnu jednadžbu koja nam je u konkretnom slučaju prikladnija. Svaka od ovih matričnih jednadžbi predstavlja u stvari sustav od tri linearne jednadžbe, ali se u svakoj nalazi *šest nepoznatih* veličina. One za sada vrijede još sasvim općenito za bilo koju vrstu kratkog spoja. Želimo li promatrati jednu određenu vrstu kratkog spoja, onda iz fizikalnih uvjeta moramo napisati dodatne tri jednadžbe pomoću kojih su određene tri nepoznate veličine. Ostale tri nepoznate veličine lako je onda izračunati iz jedne ili druge od gornjih matričnih jednadžbi.

Tropolni kratki spoj

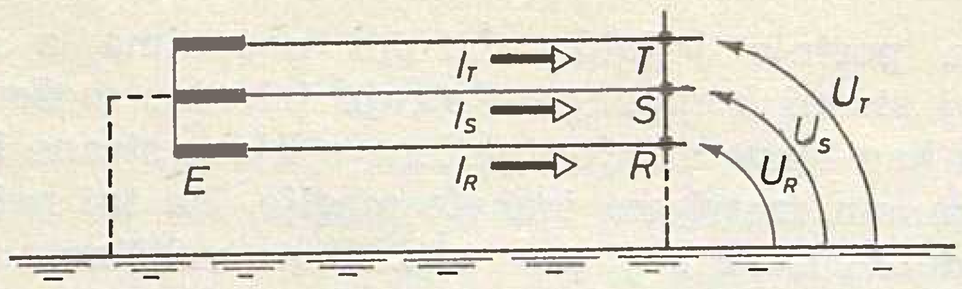
Tropolni kratki spoj nije nesimetričan kratki spoj, pa nije potrebno da pri tom koristimo metodu simetričnih komponenata. Ipak ćemo to

ovdje učiniti, tako da upotrebljeni postupak bude jedinstven za bilo koju vrstu kratkog spoja.

Razmatramo li prilike *u trofaznom sistemu* kod tropolnog kratkog spoja vidimo da će zvjezdište imati potencijal zemlje bez obzira da li je uzemljeno ili nije, jer se radi o simetričnim prilikama, slika 5. Bez obzira imamo li tropolni kratki spoj sa spojem na zemlju ili bez toga. Vidimo da su kod matematičkog modela za tropolni kratki spoj sva tri fazna napona jednaka nuli.

$$U_R = 0 \qquad U_S = 0 \qquad U_T = 0 \tag{21}$$

Za daljnu obradu bit će nam prikladnija matrična jednadžba (20), jer se u njoj naponi nalaze s desne strane. Ako za fazne napone u tu jednadžbu uvrstimo vrijednost nula, dobivamo kao rezultat *fazne struje*. Vidimo, da su sve tri fazne



Sl. 5 Tropolni kratki spoj u trofaznom sistemu

struje međusobno po iznosu jednake, a pomaknute za 120° jedna prema drugoj.

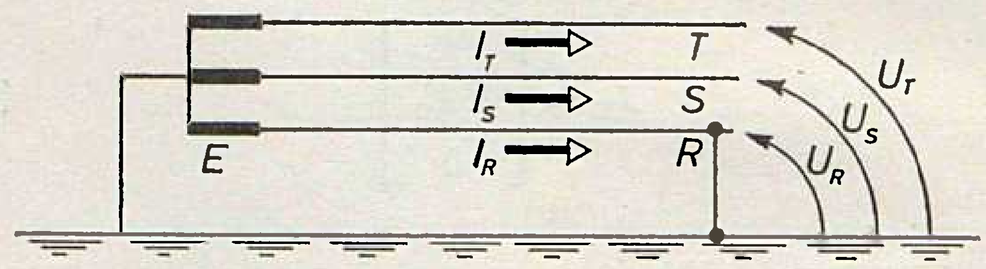
$$\begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} \cdot \frac{E}{Z_1} - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} \cdot/\cdot \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} \cdot \frac{E}{Z_1} \tag{22}$$

Dalje možemo izračunati *komponente struja*, pa vidimo da su nulta i inverzna komponenta jednake nuli, a direktna komponenta jednaka naponu izvora podijeljenom s impedancijom u reduciranoj direktnoj mreži.

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = [C]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} \cdot \frac{E}{Z_1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 + a^2 + a \\ 1 + a^3 + a^3 \\ 1 + a^4 + a^2 \end{bmatrix} \cdot \frac{E}{Z_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot \frac{E}{Z_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ E/Z_1 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{23}$$

Isto tako možemo izračunati *komponente napona*, pa dobijemo da su sve tri komponente napona jednake nuli.

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = [C]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = [C]^{1-} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{24}$$



Sl. 6 Jednopolni kratki spoj u trofaznom sistemu

Jednopolni kratki spoj

Ako *u trofaznom sistemu* s direktno uzemljenim zvjezdištem imamo jednopolni kratki spoj između faze R i zemlje, slika 6, vidimo da matematički model za jednopolni kratki spoj glasi: kod bolesne faze napon je jednak nuli, a kod zdravih faza struje su jednake nuli.

$$U_R = 0 \qquad I_S = 0 \qquad I_T = 0 \tag{25}$$

Ni jedna od izvedenih matričnih jednadžbi nije nam potpuno prikladna za daljnju obradu, ali je prikladnija jednadžba (16), gdje se s desne strane nalaze struje. Ako dakle u nju uvrstimo posljednja tri izraza (25) dobijemo izraz iz kojega možemo izračunati nepoznate veličine.

$$\begin{bmatrix} 0 \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} \cdot E - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} Z_0 + Z_1 + Z_2 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_R \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{26}$$

Ako izmnožimo u toj matričnoj jednadžbi prvi redak, odatle možemo izračunati struju u fazi R. Struje u ostale dvije faze su jednake nuli. S tim su poznate sve tri *fazne struje*.

$$0 = E - \frac{1}{3}(Z_0 + Z_1 + Z_2) \cdot I_R \quad \rightarrow I_R = \frac{3\,E}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \qquad I_S = 0 \qquad I_T = 0 \tag{27}$$

Ako te vrijednosti uvrstimo u istu jednadžbu (26), možemo izračunati *fazne napone*.

$$\begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} \cdot E - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} Z_0 + Z_1 + Z_2 & \dots & \dots \\ Z_0 + a^2 Z_1 + a Z_2 & \dots & \dots \\ Z_0 + a Z_1 + a^2 Z_2 & \dots & \dots \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{3}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = E \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{3}(Z_0 + Z_1 + Z_2 \frac{3}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \\ a^2 - \frac{1}{3}(Z_0 + a^2 Z_1 + a Z_2 \frac{3}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \\ a - \frac{1}{3}(Z_0 + a Z_1 + a^2 Z_2 \frac{3}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \end{bmatrix} =$$

$$= E \begin{bmatrix} 1 - 1 \\ \dfrac{Z_0(a^2-1) + Z_1(a^2-a^2) + Z_2(a_2-a)}{Z_0+Z_1+Z_2} \\ \dfrac{Z_0(a-1) + Z_1(a-a) + Z_2(a-a^2)}{Z_0+Z_1+Z_2} \end{bmatrix} = E \begin{bmatrix} 0 \\ \dfrac{Z_0(a^2-1) + Z_2(a^2-a)}{Z_0+Z_1+Z_2} \\ \dfrac{Z_0(a-1) + Z_2(a-a^2)}{Z_0+Z_1+Z_2} \end{bmatrix} \tag{28}$$

Nadalje možemo izračunati *komponente struja,* pa vidimo da su sve tri komponente struja međusobno jednake.

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = [C]^{-1} \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^1 & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dfrac{3E}{Z_0+Z_1+Z_2} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{E}{Z_0+Z_1+Z_2} \\ \dfrac{E}{Z_0+Z_1+Z_2} \\ \dfrac{E}{Z_0+Z_1+Z_2} \end{bmatrix} \tag{29}$$

Isto tako možemo izračunati i *komponente napona.*

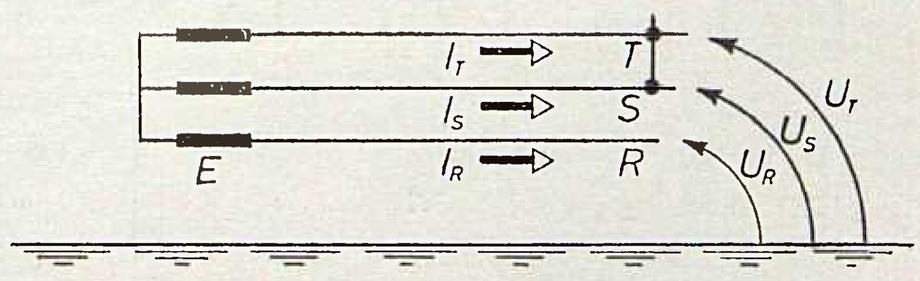
$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = [E]^{-1} \begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \cdot E \begin{bmatrix} 0 \\ \dfrac{Z_0(a^2-1) + Z_2(a^2-a)}{Z_0+Z_1+Z_2} \\ \dfrac{Z_0(a-1) + Z_2(a-a^2)}{Z_0+Z_1+Z_2} \end{bmatrix} =$$

$$= \frac{E}{3} \begin{bmatrix} \dfrac{Z_0(a^2+a-2) + Z_2 \cdot 0}{Z_0+Z_1+Z_2} \\ \dfrac{Z_0(a^3-a+a^3-a^2) + Z_2(a^3-a^3+a^2-a^4)}{Z_0+Z_1+Z_2} \\ \dfrac{Z_0(a^4-a^2+a^2-a) + Z_2(a^4-a^3+a^2-a^3)}{Z_0+Z_1+Z_2} \end{bmatrix} = E \begin{bmatrix} \dfrac{-Z_0}{Z_0+Z_1+Z_2} \\ \dfrac{Z_0+Z_2}{Z_0+Z_1+Z_2} \\ \dfrac{-Z_2}{Z_0+Z_1+Z_2} \end{bmatrix} \tag{30}$$

Vidimo da je je njihova suma jednaka nuli.

$$U_0 + U_1 + U_2 = 0 \tag{31}$$

Na taj smo način dobili matematički model za jednopolni kratki spoj definiran pomoću komponenata struja i komponenata napona.



Sl. 7 Dvopolni kratki spoj u trofaznom sistemu

Dvopolni kratki spoj

Iz grafičkog modela *u trofaznom sistemu* (slika 7) vidimo da matematički model glasi: naponi bolesnih faza su međusobno jednaki, struje bolesnih faza su međusobno jednake po iznosu, ali suprotne po smjeru, dok je struja zdrave faze jednaka nuli.

$$\begin{aligned} U_S &= U_T \\ I_R &= 0 \\ I_S &= -I_T \end{aligned} \tag{32}$$

Ako uvjete (32) uvrstimo u izraz (16), dobivamo mogućnost da izračunamo nepoznate *fazne struje.*

$$\begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} \cdot E - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} Z_0+Z_1+Z_2 & Z_0+aZ_1+a^2Z_2 & Z_0+a^2Z_1+aZ_2 \\ Z_0+a^2Z_1+aZ_2 & Z_0+Z_1+Z_2 & Z_0+aZ_1+a^2Z_2 \\ Z_0+aZ_1+a^2Z_2 & Z_0+a^2Z_1+aZ_2 & Z_0+Z_1+Z_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} E - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} \cdot/\cdot \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a^2 \\ -I_T \\ I_T \end{bmatrix} \tag{33}$$

$$\begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} E - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} (a-a^2)Z_1 + (a^2-a)Z_2 \\ (1-a)Z_1 + (1-a^2)Z_2 \\ (a^2-1)Z_1 + (a-1)Z_2 \end{bmatrix} \cdot (I_T) = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} E + \frac{1}{3} \begin{bmatrix} \cdot/\cdot \end{bmatrix} \cdot I_T \tag{34}$$

$$a^2 E + \frac{I_T}{3}[(1-a)Z_1 + (1-a^2)Z_2] = aE + \frac{I_T}{3}[(a^2-1)Z_1 + (a-1)Z_2] \tag{35}$$

$$(a^2 - a)E = \frac{I_T}{3}[(a^2 - 1 - 1 + a)Z_1 + (a - 1 - 1 + a^2)Z_2] = \frac{I_T}{3}[-3Z_1 - 3Z_2]$$

$$I_T = \frac{(a-a^2)E}{Z_1 + Z_1}, \qquad I_S = \frac{(a^1 - a)E}{Z_1 + Z_2} \tag{36}$$

Ako izraz (36) uvrstimo u izraz (34), možemo izračunati *fazne napone.*

$$U_R = E + \frac{1}{3}[(a-a^2)Z_1 + (a^2-a)Z_2] \cdot \frac{(a-a^2)E}{Z_1+Z_2} = E + \frac{1}{3}[(a^2 - a^3 - a^3 + a^4)Z_1 + (a^3 - a^2 - a^4 + a^3)Z^2]\frac{E}{Z_1 - Z_2}$$

$$= E + \frac{1}{3}[-3Z_1 + 3Z_2]\frac{E}{Z_1+Z_2} = E\left(1 + \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1+Z_2}\right) = E\frac{2Z_2}{Z_1+Z_2}$$

$$U_S = a^2E + \frac{1}{3}[(1-a)Z_1 + (1-a^2)Z_2] \cdot \frac{(a-a^2)E}{Z_1+Z_2} = a^2E + \frac{1}{3}[(a - a^2 - a^2 + a^2)Z_1 + (a - a^3 - a^2 + a^4)Z_2]\frac{E}{Z_1+Z_2}$$

$$= a^2E + \frac{1}{3}[-3a^2Z_1 + 3aZ_2]\frac{E}{Z_1+Z_2} = E\left(a^2 + \frac{aZ_2 - a^2Z_1}{Z_1+Z_2}\right) = E\frac{(a^2-a^2)Z_1 + (a^2+a)Z^2}{Z_1+Z_2} = E\frac{-Z_2}{Z_1+Z_2}$$

$$U_T = U_S = E\frac{-Z_2}{Z_1+Z_2} \tag{37}$$

Prema izrazu (9) dobijemo *komponente struja.*

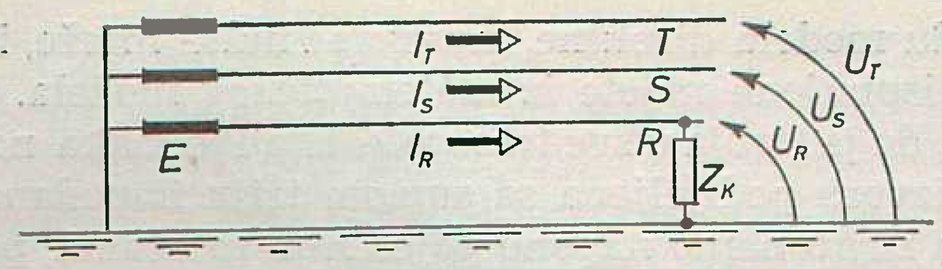
$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = [E]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix} = \frac{1}{3}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ a^2 - a \\ a - a^2 \end{bmatrix}\frac{E}{Z_1+Z_2} = \frac{1}{3}\begin{bmatrix} a - a^2 + a^1 - a \\ a^3 - a^4 + a^3 - a^2 \\ a^2 - a^3 + a^4 - a^3 \end{bmatrix}\frac{E}{Z_1+Z_2} =$$

$$= \frac{1}{3}\begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ -3 \end{bmatrix}\frac{E}{Z_1+Z_2} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{E}{Z_1+Z_2} \\ \frac{-E}{Z_1+Z_2} \end{bmatrix} \tag{38}$$

Prema izrazu (6) dobijemo *komponente napona.*

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = [E]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_U \end{bmatrix} = \frac{1}{3}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}\frac{Z_2E}{Z_1+Z_2} = \frac{1}{3}\begin{bmatrix} 0 \\ 2 - a - a^2 \\ 2 - a^2 - a \end{bmatrix}\frac{Z_2E}{Z_1+Z_2} =$$

$$= \frac{1}{3}\begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix}\frac{Z_2E}{Z_1+Z_2} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{Z_2E}{Z_1+Z_2} \\ \frac{Z_2E}{Z_1+Z_2} \end{bmatrix} \tag{39}$$



Sl. 8 Jednopolni kratki spoj preko otpora

Jednopolni kratki spoj preko otpora

Iz grafičkog modela *u trofaznom sistemu* (slika 8), vidimo da matematički model glasi: struje u zdravim fazama jednake su nuli, a napon bolesne faze jednak je padu napona uslijed struje te faze u impedanciji otpora.

$$U_R = I_R \cdot Z_K$$
$$I_S = 0 \qquad (40)$$
$$I_T = 0$$

Ako izraz (40) uvrstimo u izraz (16) možemo izračunati struju bolesne faze, pa su tako poznate sve *fazne struje.*

$$\begin{bmatrix} I_R \cdot Z_K \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} E = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} Z_0 + Z_1 + Z_2 & \dots & \dots \\ Z_0 + a^2 Z_1 + aZ_2 \dots & & \dots \\ Z_0 + aZ + a^2 Z_2 \dots & & \dots \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_K \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$I_K \cdot Z_K = E - \frac{1}{3}(Z_0 + Z_1 + Z_2)\, I_R$$

$$\rightarrow I_R = \frac{3\,E}{3\,Z_K + Z_0 + Z_1 + Z_2} \qquad (41)$$

Uvrstimo li izraz (41) u izraz (16), dobijemo *fazne napone.*

$$\begin{bmatrix} U_R \\ U_S \\ U_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} E - \frac{1}{3} \begin{bmatrix} \quad \cdot/. \quad \end{bmatrix} \frac{3\,E}{3\,Z_K + Z_0 + Z_1 + Z_2} = \begin{bmatrix} 1 - (Z_0 + Z_1 + Z_2)\,/\,(3\,Z_K + Z_0 + Z \;\; + Z_2) \\ a_2 - (Z_0 + a^2 Z_1 + aZ_2)\,/\,(3\,Z_K + Z_0 + Z_1 + Z_2) \\ a - (Z_0 + aZ_1 + a^2 Z_2)/\,(3\,Z_K + Z_0 + Z_1 + Z_2) \end{bmatrix} E =$$

$$= \begin{bmatrix} 3\,Z_K \\ a^2\,3\,Z_K + (a^2 - 1)\,Z_0 + (a^2 - a)\,Z_2 \\ a\,3\,Z_K + (a - 1)\,Z_0 + (a - a^2)\,Z_2 \end{bmatrix} \cdot \frac{E}{3\,Z_K + Z_0 + Z_1 + Z_2} \qquad (42)$$

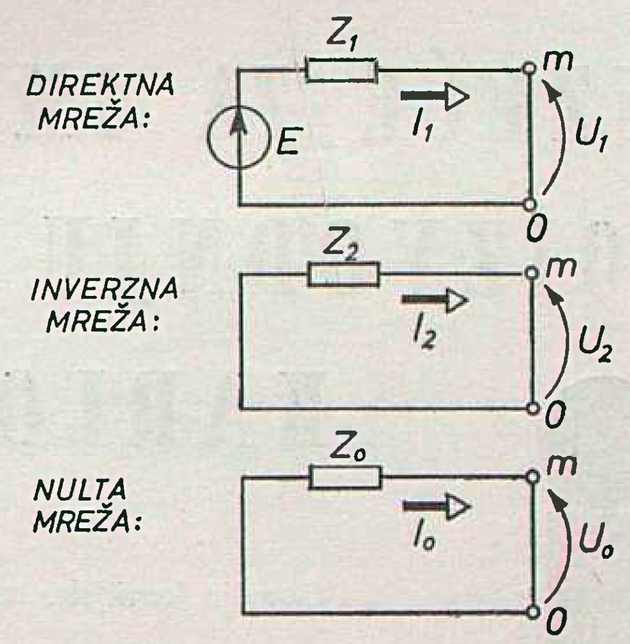
Komponente struja i napona možemo izračunati analogno kao ranije.

Grafički modeli u sistemu komponenata

Za komponente napona odnosno struja kod *tropolnog kratkog spoja* utvrdili smo da su sve tri komponente napona jednake nuli, da je direktna komponenta struje jednaka naponu izvora podijeljenom s impedancijom reducirane direktne mreže, a da su ostale dvije komponente struja jednake nuli. To je matematički model za tropolni kratki spoj, dan pomoću komponenata napona, odnosno struje.

$$U_1 = 0$$
$$U_2 = 0$$
$$U_0 = 0 \qquad (43)$$
$$I_1 = \frac{E}{Z_1}$$
$$I_2 = 0$$
$$I_0 = 0$$

Ako nacrtamo modele reducirane direktne, inverzne i nulte mreže vidimo, da će uvjeti iz matematičkog modela biti ispunjeni onda, ako u direktnoj mreži kratko spojimo fazni čvor sa neutralnim čvorom. Inverzna i nulta mreža ne smije imati nikakvu vezu sa direktnom mrežom, a da li je kod njih fazni čvor kratko spojen sa neutralnim čvorom, u stvari, nije bitno, slika 9.

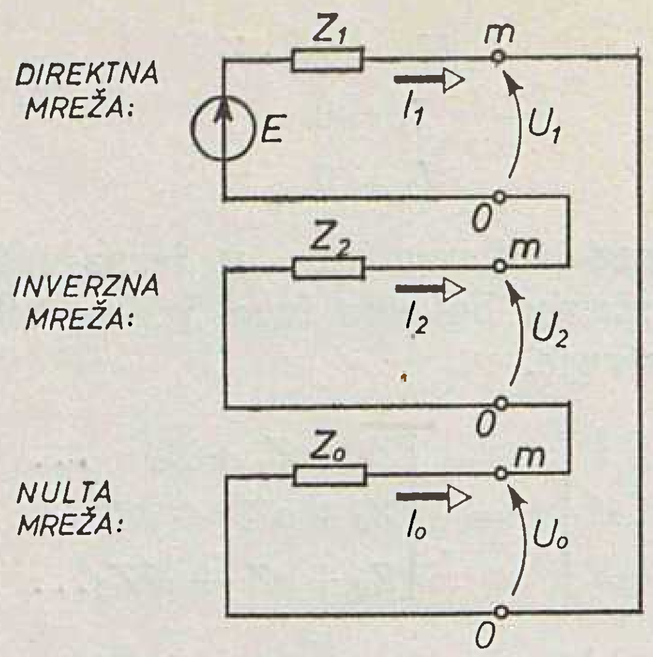


Sl. 9 Tropolni kratki spoj u sistemu komponenata

Matematički model za *jednopolni kratki spoj* izražen pomoću komponenata napona, odnosno struja, glasi: suma svih komponenata napona jednaka je nuli, a sve tri komponente struje su međusobno jednake, i to jednake naponu podijeljenom sa sumom impedancija grana u reduciranim mrežama.

$$U_1 + U_2 + U_0$$
$$I_1 = \frac{E}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \qquad (44)$$
$$I_2 = I_1$$
$$I_0 = I_1$$

Tome odgovara grafički model s direktnom, inverznom i nultom mrežom, u kojem su sve tri



Sl. 10 Jednopolni kratki spoj u sistemu komponenata

mreže međusobno jedna za drugom spojene u zatvoreni krug. Vidimo da u slučaju takvog spoja između modela direktne, inverzne i nulte mreže, imamo ispunjene uvjete iz matematičkog modela. Naime, da je struja u sve tri mreže ista i jednaka naponu izvora podijeljena sa sumom triju impedancija. Ako izračunamo napone pojedinim mrežama, pa ih zbrojimo, vidimo da je ispunjen i uvjet da je njihova suma jednaka nuli. To se uostalom direktno vidi iz činjenice da u petlji koju čine vodovi izvan mreža, nemamo nikakvih impedancija, a da se u toj petlji nalaze uključene samo tri komponente napona, pa po drugom Kirchhofovu zakonu njihova suma mora biti jednaka nuli, slika 10.

Na sličan način mogli bismo postaviti grafičke modele za ostale vrste kratkih spojeva.

Naslov pisca: Prof. dr ing. Božidar Stefanini
Elektrotehnički fakultet, Zagreb

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA
I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA
KARLOVAC

Obavlja kemijsku zaštitu (kotlovsku impregnaciju) svih vrsti željezničkih pragova, pragova za smještaj kranskih dizalica, stupova za TT i EV vodove, kocaka za hale, rudno drvo i ostali građevinski materijal od drveta.
Impregnira po najsuvremenijim metodama.
Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

ELEKTROMOTORNI POGONI I NJIHOVE ZNAČAJKE U EKSPLOATACIJI

Drago Dragičević, Sisak

U prvom dijelu članka autor je iznio vlastita zapažanja i iskustva oko montaže, ispitivanja i zaštite elektromotora, za vrijeme svoga djelovanja u TE - TO, Zagreb.
U drugom dijelu iznesena su uputstva namijenjena pogonskom osoblju, kako će se ustanoviti neki kvarovi na elektromotorima, kao i neke sugestije za njihovo održavanje.

DK 621.313.18.004

U postrojenja termoelektrana ugrađuju se mnogobrojni elektromotori snage od samo 100 W, pa do 4 i više MW. Elektromotori pokreću mnogobrojne crpke, ventilatore, mlinove ugljena, dodavače, drobilice, kalibrirana sita, transportne trake, zasune, ventile, uređaje elektrofiltera, regulacione uređaje itd.

Korisno je da se osvrnemo na neka iskustva postignuta u eksploataciji, održavanju, pojavi najčešćih kvarova, načinu pronalaženja neispravnosti i potrebnim rezervnim dijelovima.

1. Izbor elektromotora

Kod izbora elektromotora treba bezuvjetno uvažiti uvjete pogona i okoline. Narudžba za elektromotor treba sadržavati ove tehničke podatke:

— tip, oblik i vrstu zaštite;
— snagu (KW ili KS);
— vrstu pogona (trajni, kratkovremeni, intermitirani ili drugačiji pogon;
— brzinu vrtnje (okr/min);
— frekvenciju (Hz);
— pogonski napon (V), eventualno spoj namota;
— način upuštanja i vrstu rotora (kavezni, kolutni);
— ukoliko se traži regulacija brzine, treba definirati područje regulacije, a kod motora sa više brzina treba navesti brzine vrtnje i potrebne snage kod pojedinih brzina;
— kod velikog broja uklapanja na sat, ili kod pogona koji se teško pokreću, treba navesti: broj uklapanja na sat i zamašni moment GD^2 tereta reduciranog na osovinu motora sa karakteristikom momenta opterećenja u ovisnosti o brzini vrtnje;
— posebne karakteristike u zaletu (potezni moment, struja uklapanja);
— klasu izolacije (za naročitu izolaciju treba definirati vlažnost atmosfere, prisustvo nekog plina ili štetnih kemijskih djelovanja);
— temperaturu okoline, ako je iznad 40° C;
— nadmorsku visinu, ako je iznad 1000 m;
— priključnu kutiju, normalna ili posebna izvedba (za kabel) i smještaj;
— kraj osovine: sa jednim iil dva kraja;
— pribor (remenica, pritezne tračnice i dr.);
— rezervni dijelovi, npr. ležaji, četkice, namot statora itd. i
— propise prema kojima treba motor ispitati.

Na definiranju ovih podataka moraju zajednički raditi stručnjaci elektro i strojarske struke. Ispravno definiranje ovih tehničkih podataka osigurava da će nabavljeni elektromotor zadovoljiti spomenute uvjete pogona i okoline, i osloboditi nas u toku eksploatacije mnogobrojnih zastoja i šteta do kojih bi inače moglo doći.

Na izbor elektromotora znatno utječe i projektant postrojenja. Osnovni cilj projektanta i nadzornog inženjera treba biti, da se postrojenje projektira sa što manjim brojem tipova elektromotora, jer to u redovnom pogonu omogućuje jednostavnije održavanje i osiguranje potrebnih rezervnih elektromotora i dijelova (namoti, ležaji itd.).

Kada ćemo se odlučiti za nešto veću nazivnu snagu elektromotora nego što je potrebno, da bismo izbjegli izbor još jednog tipa elektromotora, odlučit će ekonomsko tehnička analiza.

2. Montaža elektromotora i ispitivanje prije puštanja u pogon

Preduvjet za ispravnu montažu elektromotora je kvalitetan, i prema mjernoj skici motora, tačno izgrađen temelj.

Prije montaže obavezno ćemo pregledati elektromotor s obzirom na manjkavost dijelova ili oštećenja do kojih je došlo za vrijeme transporta, očistiti ga i provjeriti spojne elemente, koji su mogli popustiti u toku transporta.

U toku svoje prakse naišao sam na nekoliko slučajeva da su vratila ispod pripadajućeg ležaja kod niskonaponskih i visokonaponskih elektromotora bila netačno tvornički obrađena (u smislu određene tolerancije), naime vratila su bila obrađena u minusu prema provrtu unutarnjeg prstena ležaja, što nije dozvoljeno. Takvih slučajeva je bilo na poklopcima elektromotora, čiji su provrti bili obrađeni u plusu, što je također bilo neispravno i moralo se odstranjivati.

Ove netačnosti na poklopcima motora mogle su se doraditi na potrebnu tolerancu, ali su zato vratila predstavljala vrlo složen problem, jer se metaliziranje pokazalo kao kratkotrajno rješenje pa su nakon toga tolerance vratila opet postale netačne. Primijetili smo nakon toga metodu utaljivanja sličnog metala s metalom vratila pri prilično visokoj temperaturi, što je dalo vratilu kompaktan sastav nakon potrebnih obrada, ali je zbog visoke primijenjene temperature utaljivanja slijedila deformacija osovine, koja se sa dosta teškoća morala izravnati. Ukratko, ovi nedostaci su nedopustivi na bilo kojem elektromotoru, a pogotovo na onim elektromotorima o kojima ovisi kontinuitet rada elektrane ili nekog tehnološkog procesa. Zato je

potrebno prije montaže važnijih elektromotora izmjeriti toleranciju dosjeda vratilo-ležaj odgovarajućim mikrometrom kod okolne temperature od 20° C.

Praksa je pokazala, da je korisno kontrolirati priključne kutije elektromotora, koji su predviđeni za vanjsku montažu, kako bi se unaprijed odstranile eventualne neispravnosti. Priključna kutija motora za vanjsku montažu, koja je prikazana na sl. 1 s procjepima u ploči potpornih izolatora (procjepi su izvedeni, da se smanje vrtložne struje i ugrijavanja izazvana njima) nije uporabiva ako je nepropusno zatvorena, ili ako je zatvorena a nije izolirana ili na neki način grijana. Nepropusno zatvorena kutija ove izvedbe kod niskih okolnih temperatura, ili kod pokretanja motora nakon dužeg stajanja — funkcionira kao kondenzlonac, tj. dolazi u njoj do kondenzacije i do smanjenja izolacionog otpora, što dovodi do električnih proboja između faza i proboja prema masi. Posljedice su prilična oštećenja priključne kutije, priključnog kabela i nepoželjna opterećenja prekidača elektromotora, i narušavanje kontinuiteta proizvodnje, a u izvjesnim okolnostima ovi proboji predstavljaju pravu opasnost za ljude, koji vrše eksploataciju i održavanje ovih elektromotora.

Nakon ovih provjeravanja pristupa se montaži uz prethodno stvrdnuti temelj ili izvedene konzole. Noge motora dovode se u horizontalni položaj podmetanjem željeznih klinova ili pločica. Osovine motora i radnog stroja moraju se dovesti u isti pravac, kad je sklop spojen spojkom. Nakon podešavanja zabetoniraju se temeljni vijci i zaliju, zbog povećanja dosjedne plohe priteznice. Pritezanje temeljnih vijaka dopušteno je poslije potpunog stvrdnuća zalivene mase. Zatim se buši rupa za prizon zatike u temeljnoj ploči, a u slučaju prijenosa spojkom ili zupčanikom u nogama motora, da bi se na kraju na temelj stavila glazura.

Zatim se pristupa mjerenju izolacionog otpora namota prema masi. Najmanji izolacioni otpor dobiven mjerenjem treba biti jednak iznosu kojeg daju slijedeći izrazi:

kod niskgo napona $R_{iz} = 1000 \cdot U$,

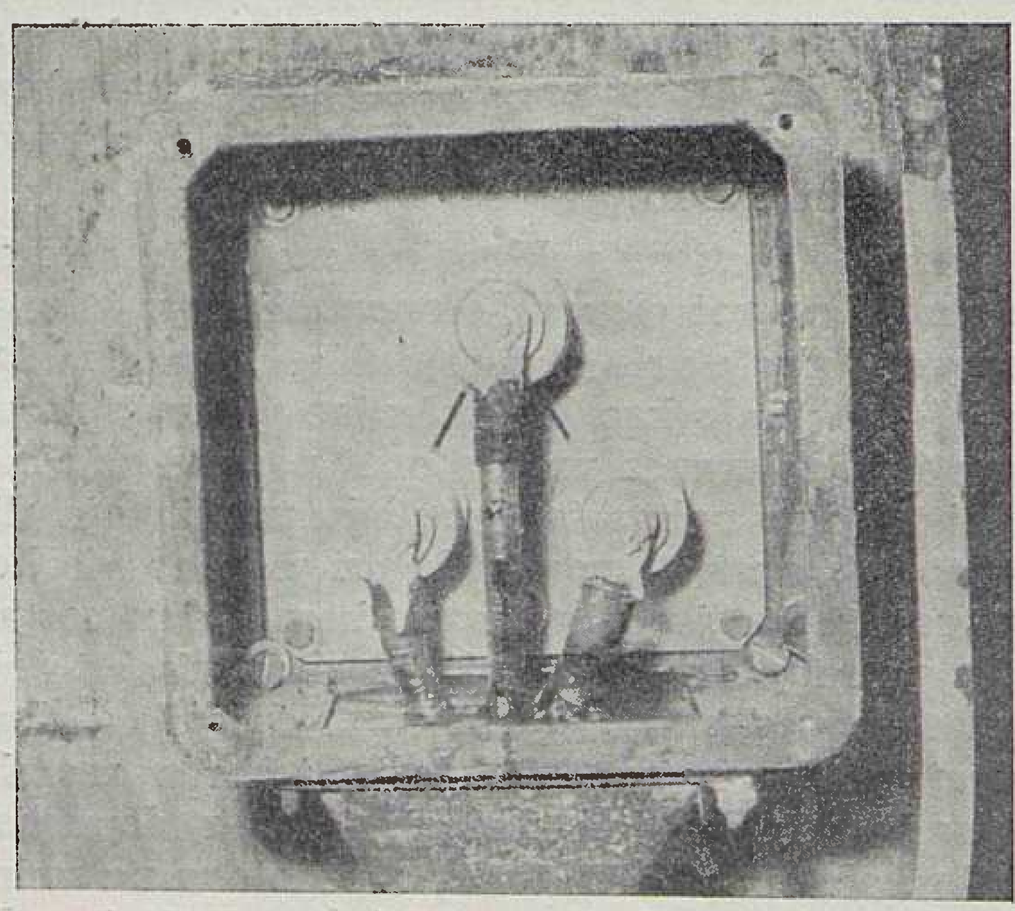
kod visokog napona $R_{iz} = \frac{1000 \cdot U}{D}$, gdje je U nazivni napon motora u (V) i D = promjer rotora u metrima.

Ako je izolacioni otpor manji od naznačenog, motor treba sušiti. Sušenje se može provesti pomoću kalorifera priključenih na otvore kućišta motora, 6 kV motori mogu se priključiti na niski napon i na taj način sušiti. Sušenje možemo provesti i istosmjernom strujom dobivenom iz svarnog agregata, koja se podesi na polovinu nazivne struje motora. Kod upotrebe trofazne struje za sušenje motora s kliznim kolutima treba rotorski namot kratko spojiti i rotor zakočiti, a na statorski namot priključiti podesivi napon, koji će potjerati 50 % nazivnu struju. Kod motora s kliznim kolutima u toku sušenja treba nadzirati temperaturu bandaže rotora. Svi dvopolni i veliki četveropolni motori s kliznim kolutima, ne smiju se sušiti trofaznom strujom.

Budući da je namot elektromotora postigao propisani izolacioni otpor možemo izvršiti naponski pokus. Ispitni napon stavimo između namota koji ispitujemo i mase. Ovako ispitujemo svaku fazu zasebno. Pri ponavljanju naponskih pokusa uzima se 80 % napona, ako je stroj još u garancijskom roku, ili 70 % nakon toga roka. Naponski pokus izvodi se u intervalu jedne minute. Naponske pokuse izvršit ćemo na visokonaponskim motorima u novosagrađenom objektu prije prvog upuštanja u pogon.

Spajanje elektromotora na mrežu izvodimo prema nacrtima i prema podacima natpisne pločice u priključnoj kutiji. Motor se priključuje na mrežu preko zaštitne sklopke, sa termičkom zaštitom, koju treba podesiti na nominalnu struju motora, a koja štiti motor od preopterećenja. Motori pored ove zaštite imaju i elektromagnetsku zaštitu od kratkog spoja, kao i zaštitu od preniskog napona. Dakako da motor treba biti uzemljen, nulovan ili uzemljen i nulovan.

Prije prvog uklapanja treba ispitati priključne vodove na međusobni spoj ili spoj sa zemljom, provjeriti zaštitu, presjek priključnih vodova i spoj. Rotor se mora dati rukom slobodno okretati. Kod motora s kliznim kolutima treba provjeriti položaj četkica i poluge napuštača. Nakon svega motor se uklopi u pogon i ostavi da radi u praznom hodu jedan sat. Ako sve faze imaju jednaki napon i ako motor jednoliko bruji bez vibracija i bez povećanog ugrijavanja ležaja i namota, možemo smatrati motor spremnim za redovni pogon.



Sl. 1 Priključna kutija visokonaponskog motora u izvedbi za vanjsku montažu

3. Relejna zaštita visokonaponskih elektromotora

Visokonaponske elektromotore štitimo termičkom zaštitom u dvije faze (R i T). Ovi releji imaju dva člana: termički koji štiti objekt od preopterećenja i prekostrujni koji ga štiti od kratkog spoja.

Termički relej preslikava ugrijavanje namota štićenog objekta i pokazuje nadtemperaturu sa pokazivačem temperature, i kada postigne podešenu temperaturu, isključuje štićeni objekt. Da bi relej kod izmjeničnog tereta ispravno preslikavao temperaturu, treba biti odabrana termička vremenska konstanta releja ista, kao i vremenska konstanta štićenog objekta. Ovaj uvjet je presudan za izbor ove zaštite.

Kod nazivne struje u štićenom objektu, mora sekundarna struja strujnog transformatora iznositi između 4 i 5 A. Pri svakom drugom prijenosnom omjeru, strujnom transformatoru se mora predspojiti međutransformator, koji prenosi tako, da kod nazivne struje štićenog objekta, sekundarno strujnog transformatora teče oko 4,5 A.

Podesi li se temperatura isključenja na releju na 60° C što odgovara 100 % opterećenju, tada je još moguć pogon s punim opterećenjem. Obično treba podesiti za 5°, odnosno 10 %, a najviše 10° odnosno 20 % više, dakle na 65—70° odnosno 110—120 %. Niža podešenja primjenjujemo tamo, gdje štićeni objekt stalno radi u blizini punog tereta.

Momentalni član s područjem od 3—10 · I_n podešavamo tako, da je podešenje nešto veće od struje upuštanja. Npr. ako je struja upuštanja 6,5 · I_n — podesit ćemo momentalni član na 7 · I_n čime je osigurano da ne dođe do ispada elektromotora u momentu upuštanja i da je motor dobro štićen od kratkog spoja. Ovi navodi odnose se na termički relej tipa STr proizvodnje BBC.

Svi visokonaponski motori, koji su iskazani u strukturnoj tablici bili su štićeni ovim relejima i nismo imali ni jedan slučaj da je u toku promatranog vremena došlo do zatajivanja ili otkazivanja funkcije u kritičnim momentima. U toku eksploatacije visokonaponskih motora proradili su termički i momentalni članovi ovih releja nekoliko puta.

4. Najčešći kvarovi i njihovi uzroci

Prije tabličnog pregleda kvarova, koji su se desili u promatranom elektromotornom pogonu, navodim strukturu pogona, koji je stavljen prvi put u rad u drugoj polovici 1962. godine.

Za ovu strukturu i broj motora navest ću tablični pregled kvarova, koji su se desili na motorima u toku njihove eksploatacije od 1962. do 1966. Kvarove ću razvrstati vremenski po godinama i nekim specifičnostima, kako bi ih mogao grupirati.

Razdoblje od 4,5 godine za koje se daje pregled nastalih kvarova je dovoljno dugo, da bismo mogli utvrditi najčešće kvarove do kojih dolazi u toku rada elektromotornog pogona. Godinu 1962. treba shvatiti kao godinu stavljanja u pogon i ispitivanja u praznom hodu s manjim intervalima rada pod opterećenjem i to najčešće ne s nominalnom snagom.

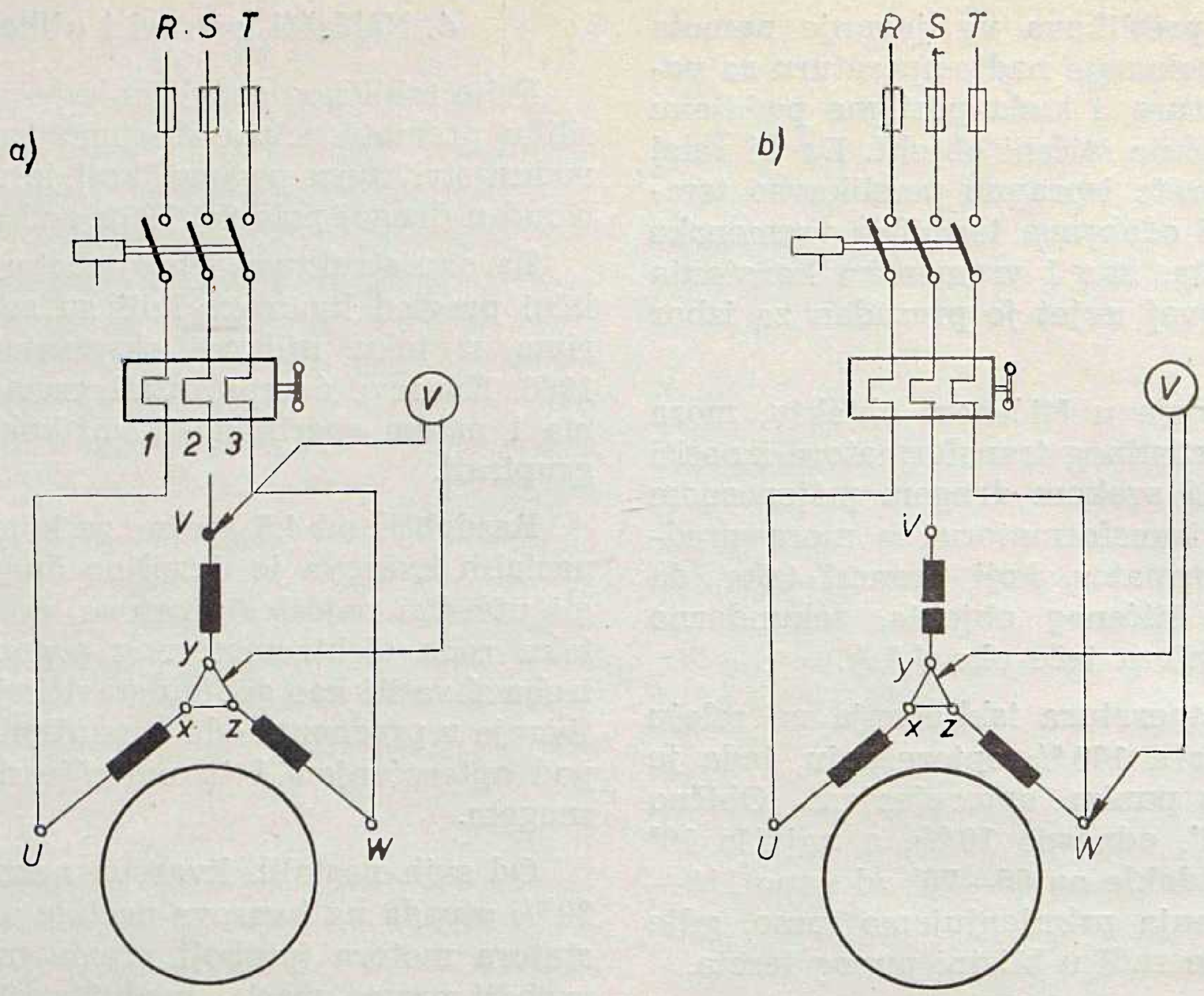
Od svih nastalih kvarova naznačenih u tablici, 39 % otpada na kvarove nastale u izolaciji namota statora motora (proboji prema masi međufazno i proboji prema masi i međufazno), 17 % kvarova uslijedilo je zbog mehaničkih razloga, kao što je uništenje ležaja uslijed nepoklapanja magnetskih osi statora i rotora, neispravnog centriranja i drugih poremećaja. Isti postotak kvarova odnosi se na kvarove koji su uzrokovali nekvalitetni sklopnici, koji su bili ponegdje poddimenzionirani ili neispravni, pa su uvjetovali zavarivanje rastavnih kontakata, što je dovodilo do dvofaznog rada i pregaranja motora. Nadalje, 14,6 % kvarova uslijedilo je u priključnoj kutiji visokonaponskih motora za vanjsku montažu zbog ranije opisanih uzroka, 9,8 % kvarova nastupilo je zbog neispravno odabrane klase izolacije elektromotora, primjerice motori klase izolacije »E« ne odgovaraju vlažnosti okolnog prostora 90 % i više, što je uz intermitirani rad dovodilo do električnih proboja u namotu.

Tablični pregled kvarova

Godina	Broj kvarova u izolaciji namota statora	Broj mehaničkih kvarova	Broj kvarova uzrokovanih sklopnikom	Kvarovi u priključnoj kutiji	Broj kvarova uz rokovanih neispr. izborom motora	Broj kvarova zbog zatajivanja zaštite
1962.	1	3	4	4	1	1
1963.	10	2	3	Ø	3	Ø
1964.	2	2	Ø	6	Ø	Ø
1965.	3	Ø	Ø	2	Ø	1
1966.	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø

Tablični pregled strukture elektromotornog pogona

	Niskonaponski trofazni elektromotori nazivne snage od				Visoko-napon. motor. naz. snage od	Ukupno svih motora
	0,23—5,5 KW	5,5—22 KW	22—56 KW	56—220 KW	220—1100 KW	
Broj montiranih motora	222	41	45	9	30	347
Broj tipova motora	50	21	16	5	8	100
Broj isporučilaca motora	13	8	7	5	4	17



Sl. 2 Pronalaženje prekida u linijskom vodiču (a) i u faznom namotu statora (b) pomoću voltmetra

Bimetalna zaštita niskonaponiskih motora zatajila je samo jednom, dok je samo jedan termički relej, koji je štitio jedan visokonaponski motor ostao bez snage i motor je izgorio uslijed preopterećenja. Relej nije mogao proraditi jer je došlo do prekinuća vodiča u strujnom krugu, koji je prosljeđivao impuls releja za iskapčanje prekidača motora. Vodič je pukao, jer je bio nefleksibilan, a relej je bio smješten u rasklopnom ormaru, izvrgnut čestim trešnjama i vibracijama, što je uzrokovalo prekinuće vodiča.

Zaključak

Vidi se da se najveći broj kvarova pojavljuje u prvoj godini eksploatacije i da temeljita analiza uzroka kvarova daje mogućnost da se oni znatno smanje, i na taj način poveća sigurnost i kontinuitet rada motornog pogona. Podaci o broju kvarova upućuju nas na to, da bi kupac elektromotora morao tražiti od dobavljača rigoroznije ispitivanje u pogledu kvalitete izolacije statorskog namota i pripaziti na pravilan izbor elektromotora, kontrolirati izvedbu priključnih kutija i tačnost tolerancija u sklopu vratilo-ležaj.

Obraćanje pažnje na ove momente uz ispravno održavanje motora, ispitivanje i podešavanje relejne zaštite što čini samo jedna, za taj posao kvalificirana osoba, daje mogućnost postojanja vrlo sigurnih — kontinuiranih elektromotornih pogona uz vrlo malo kvarova i smetnji u toku eksploatacije.

5. Kako odrediti neispravnost asinhronog motora

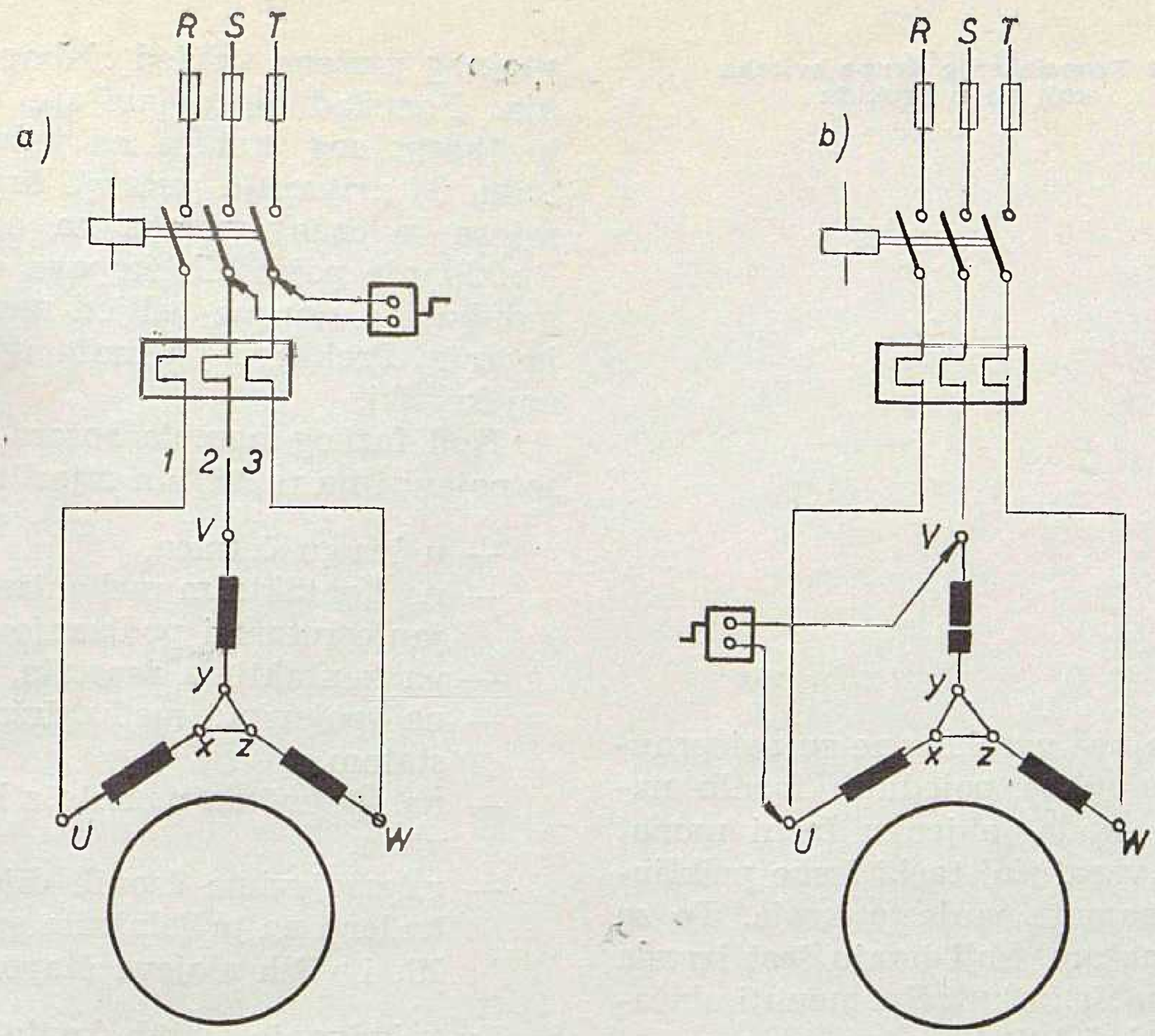
Elektromotor je električni stroj, koji pretvara električnu energiju u mehaničku pri čemu razvija određeni okretni moment i broj okretaja (brzinu vrtnje). Narušavanje upravo spomenutog određenog okretnog momenta i broja okretaja može se smatrati znakom da je nastupio neki kvar. Neispravnost elektromotora pokazuje se i kroz povećano ugrijavanje pojedinih dijelova motora, u povišenom nivou šuma i vibracijama motora. Proanalizirat ćemo neke karakteristične slučajeve:

5.1. Otežano okretanje rotora motora

Otežano okretanje rotora kod stavljanja u pogon u najvećem broju slučajeva uvjetovano je mehaničkim uzrocima, kao što su: neispravnost gonjenog mehanizma (zaklinjenje); preopterećen motor npr. u slučaju pretrpavanja i začepljenja u drobilicama, mlinovima, mješalicama, zatvoreni ulazni otvori kompresora, prekomjerno zatezanje zaptivačkih prstena na crpkama i sl. U tom slučaju najbolje je, ako je moguće, odvojiti motor od mehanizma kojeg goni i staviti ga odvojenog ponovo u pogon. Normalan rad odvojenog motora, direktni je dokaz, da su u pitanju spomenuti uzroci. Otežano okretanje rotora motora može uslijediti i zbog neispravnosti motora, npr. zapinjanje rotora o stator, oštećenje ili velika istrošenost ležaja, iskrivljenost ležajnih štitova itd.

5.2. Elektromotor nema upusnog momenta

Ako motor nema početnog upusnog momenta, onda se sigurno radi o električnim greškama, koje mogu biti npr.: prekidi u mreži ili motornoj instalaciji, unutarnji prekid u jednom faznom namotu statora pri spoju u zvijezdu ili u dva fazna namota pri spoju u trokut, i prekid u dvije ili tri faze rotorskog kruga.



Sl. 3 Pronalaženje prekida u linijskom vodiču (a) i u faznom namotu statora (b) megaommetrom

Za određivanje prekida u namotu motora voltmetrom, treba uključiti motor na mrežu i mjeriti napon na stezaljkama statora motora. Pri pristupačnoj nultački u spoju zvijezda, mjere se fazni naponi. U slučaju prekida u linijskom vodu 2 (sl. 2a) naponi će među stezaljkama U-X i W-Z biti međusobno jednaki i ravni polovici linijskog napona, a napon na stezaljkama V-Y jednak je nuli.

Pri prekidu u faznom namotu statora npr. u namotu V-Y (sl. 2b) napon među stezaljkama U-X i W-X bit će jednak polovici linijskog napona, a među stezaljkama V-Y dobit će se približna veličina napona u iznosu 0,87 linijskog napona.

Nije li dostupna nultačka namota statora u slučaju prekida u dovodu br. 2 (sl. 2a) izmjereni naponi na stezaljkama motora bit će nesimetrični; napon među stezaljkama U-W imat će linijski iznaponi među stezaljkama U-V, U-W i V-W bit će napon jednak polovici linijskog napona. Ako je nastupio prekid u faznom namotu statora (sl. 2b) naponi među stezaljkama U-V, U-W i V-W bit će jednaki i ravni linijskom naponu mreže. Na taj način može se mjerenjem napona na stezaljkama uključenog motora tačno utvrditi oštećenje na linijskom vodu, a kod nepristupačne nultačke nemoguće je utvrditi u kojem je faznom namotu statora nastupio prekid.

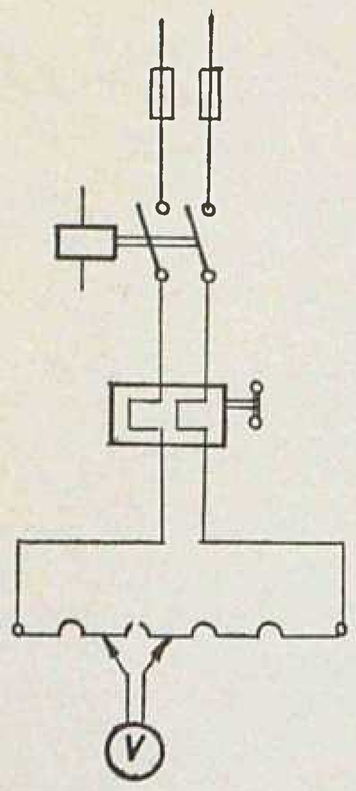
Za određivanje prekida u krugu statora megaommetrom ili ommetrom — mjerenje se provodi pri isključenom sklopniku. Mjere se otpori među noževima 1—2, 1—3 i 2—3. U slučaju prekida u provodniku 2-V (sl. 3a) ili u faznom namotu V-Y izmjeren izolacioni otpor među noževima 1—3 bit će gotovo jednak nuli, budući da je krug zatvoren kroz dvije faze namota i linije, a među noževima 1—2 i 2—3 bit će otpori veći (jednak otporu cijele izolacije dijela mreže i namota statora).

Da bi odredili gdje imamo prekid, u mreži ili namotu statora, isključe se vodovi od stezaljki motora i provodi mjerenje otpora među stezaljkama statora U-V, U-W i V-W. Pri unutarnjem prekidu npr., u faznom namotu V-Y (sl. 3b) otpor među stezaljkama U-W jednak je nuli, a između stezaljki U-V i V-W većeg iznosa (otpor izolacije među namotima). Tako smo ustanovili fazu u prekidu 1 pomoću voltmetra možemo odrediti svitak faze koji je u prekidu. Oštećenu fazu stavimo pod najviši fazni napon i mjerimo napon na kraju pojedinih grupa svitaka (sl. 4). Na krajevima svitaka s prekidom voltmetar će pokazivati puni napon mreže, a na krajevima ispravnih svitaka nulu.

Pri prekidu u krugu rotora motora s kliznim kolutima (u dvije ili tri faze), u linijskim vodovima statora koji su uključeni na mrežu teče struja istog iznosa. Da bismo ustanovili mjesto prekida, treba izmjeriti napon na stezaljkama rotora. Ako voltmetar pokazuje iste napone među stezaljkama, prekid se nalazi u vanjskom krugu rotora i odmah treba provjeriti cjelinu spojnih vodova i reostata. Ako je napon na stezaljkama rotora jednak nuli, onda se radi o oštećenju namota rotora. U tom slučaju treba provjeriti ispravnost kliznih kontakata između četkica i kliznih prstena, i spojeve namota sa kontaktnim prstenima.

5.3. Pri upuštanju motora, rotor ima malo ubrzanje (polagano postiže brzinu)

Ta je pojava popraćena šumom niskog tona i vibracijama. Jačina struja je u linijskim dovodima različita i pri praznom hodu ponekad prelazi no-



Sl. 4 Pronalaženje grupe svitaka koji su u prekidu

minalni iznos. Ove pojave uzrokovane su neispravnim međusobnim spojevima pojedinih faznih namota statora — npr. kada je jedan fazni namot preokrenut tj. k odgovarajućoj tački šeme priključen početak faznog namota umjesto kraja. To se najčešće opaža kod motora, koji imaju šest izvoda za spajanje u zvijezdu ili trokut. Spomenuti slučajevi prikazani su na sl. 5 i 6.

5.4. Okretni moment motora pulzira

Brzina vrtnje rotora manja je od nominalne i znatno koleba čak pri malom opterećenju. Struja je u linijskim dovodima pulzirajuća. Uzrok ovoj neispravnosti je slab kontakt u krugu rotora.

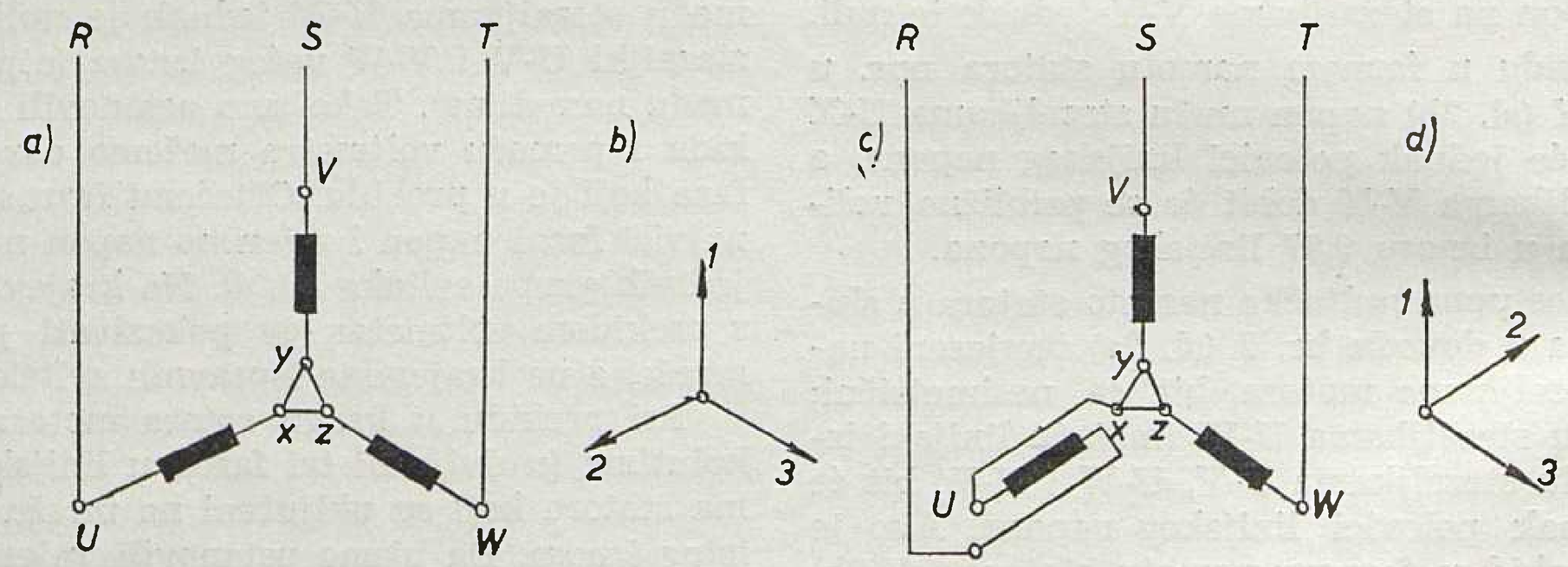
U kratkospojnom rotoru slab kontakt može se pojaviti na mjestima spajanja štapova i kratkospojnog prstena uslijed slabog lemljenja ili varenja. Ponekad se pojavljuje otkidanje štapa od kratkospojnog prstena na jednom ili više mjesta. Slika 6a prikazuje pucanje kratkospojnog prstena rotora kaveznog motora na označenim mjestima. Prekidanje pojedinih štapova opaža se kod rotora s dubokim utorima uslijed neravnomjernog zagrijavanja. Prekid štapa može uslijediti i pri lijevanoj krletki.

Kod faznog namota rotora slabi kontakt može se pojaviti na razilčitim mjestima rotorskog kruga:

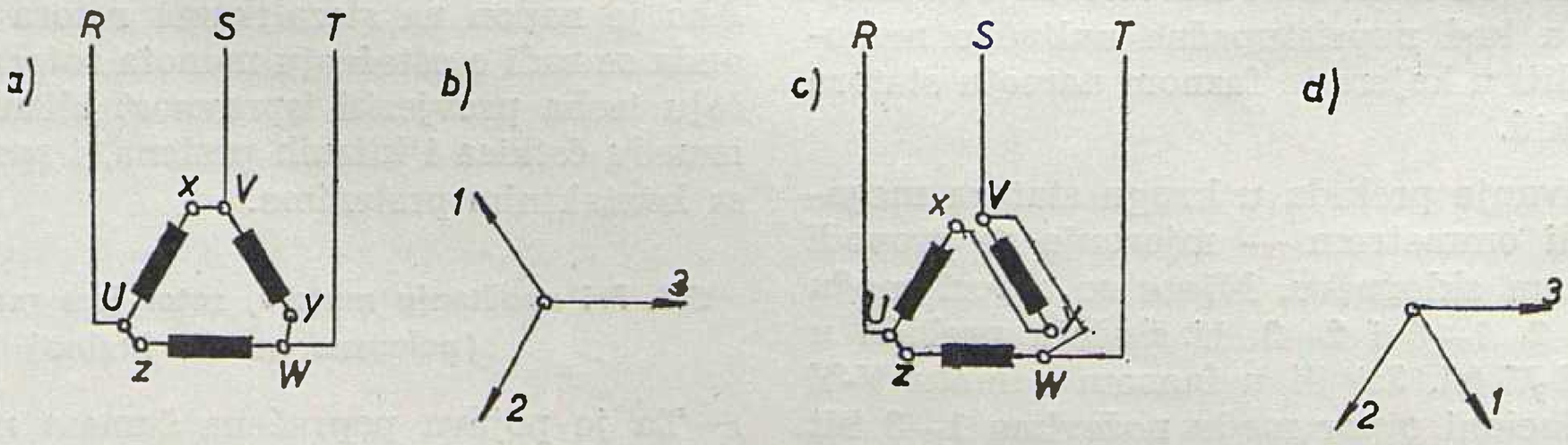
— u krugu četkica,
— na kontaktnim mehanizmima za kratko spajanje rotora i podizanje četkica,
— na kontaktima reostata,
— na spojevima među držačima četkica i reostatom,
— na spojevima namota s kontaktnim prstenovima,
— na spojevima čeonih dijelova namota, a također i na prijelaznim spojevima između nižih i viših slojeva štapova.

Za otkrivanje slabih kontakata, kako u štapovima rotora i kratkospojenim prstenovima, tako i u rotorskom krugu s faznim namotom, neophodan je temeljit pregled, no mjesto slabog kontakta u nekim slučajevima se otkriva vrlo teško.

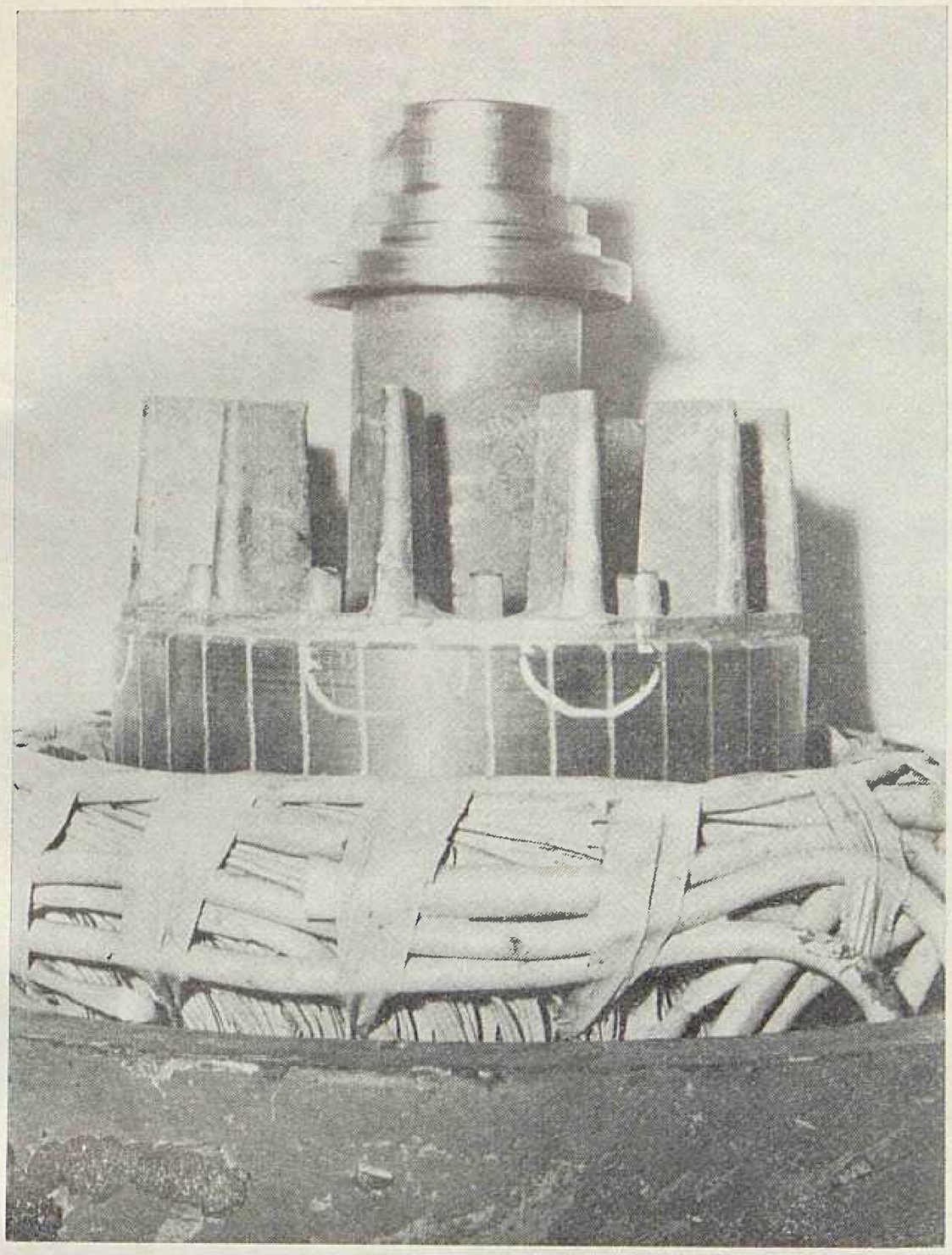
Slab kontakt u spojevima čeonih dijelova faznog namota rotora može se odrediti mjerenjem pada napona, jer se pri slabom spoju povećava otpor kontaktnog mjesta. Za pronalaženje nekvalitetnih spojeva u čeonim krugovima treba naiz-



Sl. 5 Spoj faznih namota u zvijezdu: a — pravilno spojeni namoti; b — pravilan raspored magnetskih osi faznih namota; c — nepravilno spojeni namoti; d — nepravilan raspored magnetskih osi namota

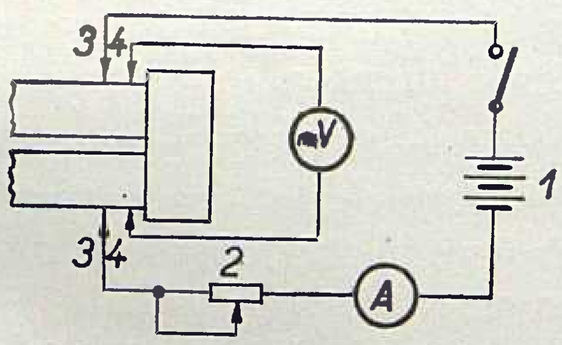


Sl. 6 Spoj faznih namota u trokut: a — pravilno spojeni namoti; b — pravilan raspored magnetskih osi faznih namota; c — nepravilno spojeni namoti; d — nepravilan raspored osi namota



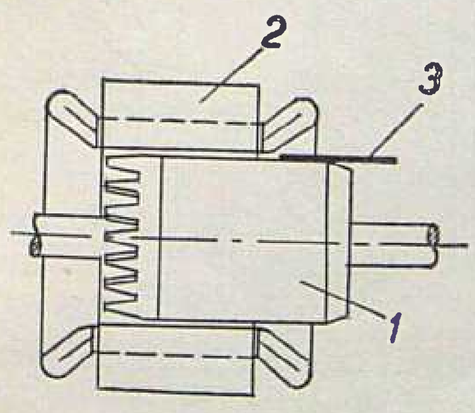
Sl. 6 e — Mjesta označena kredom označuju pukotine na kratkospojenom prstenu rotora kaveznog motora

mjence mjeriti pad napona na svakom spoju čeonog dijela namota. Istosmjerna struja može se narinuti neposredno na čeone spojeve, kako je to prikazano na sl. 7. Izvor istosmjerne struje je aku-



Sl, 7 Pronalaženje nekvalitetnih spojnih mjesta namota rotora i kontaktnih prstenova

mulator 1, jakost struje se regulira reostatom 2 i mjeri ampermetrom. Jačina struje regulira se tako, da se dobije otklon kazaljke milivoltmetra iz koje se može odrediti pad napona. Mjesto slabih spojeva otkriva povišeni pad napona. Mjesta spojeva se mogu smatrati dobrim, ako pad napona na njima ne prelazi pad napona u dobrim spojevima više od 10 %.



Sl. 8 Pronalaženje prekida u rotorskom krugu kaveznog motora

Postojanje prekida štapa kratkospojnog namota u utornom dijelu rotora može se pronaći, ako se rotor 1 malo izvuče iz statora 2 (sl. 8) i oprezno osigura od okretanja (npr. zabije se manji drveni klin u zazor između rotora i statora). Namot statora se uključi na sniženi napon (0,2—0,3 nominalnog). Na svaki utor rotora stavlja se tanka čelična pločica 3, koja prekriva dva zuba rotora. Kad pločica prekriva utore sa štapovima bez prekida, ona je privučena i bruji, a kad pločica prekriva utor sa prekinutim štapom, privlačenje i brujanje pločice iščezava i postaje znatno slabije.

5.5. Sniženi okretni moment motora pri jednakim strujama u linijskim dovodima

Uzroci neispravnosti su: a) sniženi napon na stezaljkama statora, b) namot statora spojen u zvijezdu umjesto spoja u trokut i c) prevelik otpor u krugu faznog rotora.

Osnovni uzrok sniženog napona može biti preopterećenje električne mreže. Okretni moment motora proporcionalan je kvadratu napona i pri nepromijenjenom momentu tereta uz sniženi napon smanjuje se broj okretaja. Sniženi napon na priključnicama utvrđuje se mjerenjem, a neispravan spoj se kontrolira i dovodi u ispravno stanje.

Smanjenje broja okretaja može uslijediti zbog povećanja otpora kruga rotora s faznim namotom. Objašnjenje je u tome, da za dobivanje neophodne jačine struje rotora (određene opterećnjem motora) pri povišenom otporu treba povećati elektromotornu silu namota rotora i shodno tome veću brzinu presjecanja provodnika rotora magnetskim tokom. Ova neispravnost karakteristična je za motore sa stalno klizećim četkicama.

Uzrok smanjenja broja okretaja rotora može se pronaći mjerenjem otpora dijelova kruga rotora: spojnih vodova među četkicama i reostatom i onog stalno uključenog dijela reostata, ili mjerenjem pada napona na tom dijelu rotorskog kruga. Mjerenje pada napona ostvaruje se jednostavnije, jer ne treba razdvajati krug rotora.

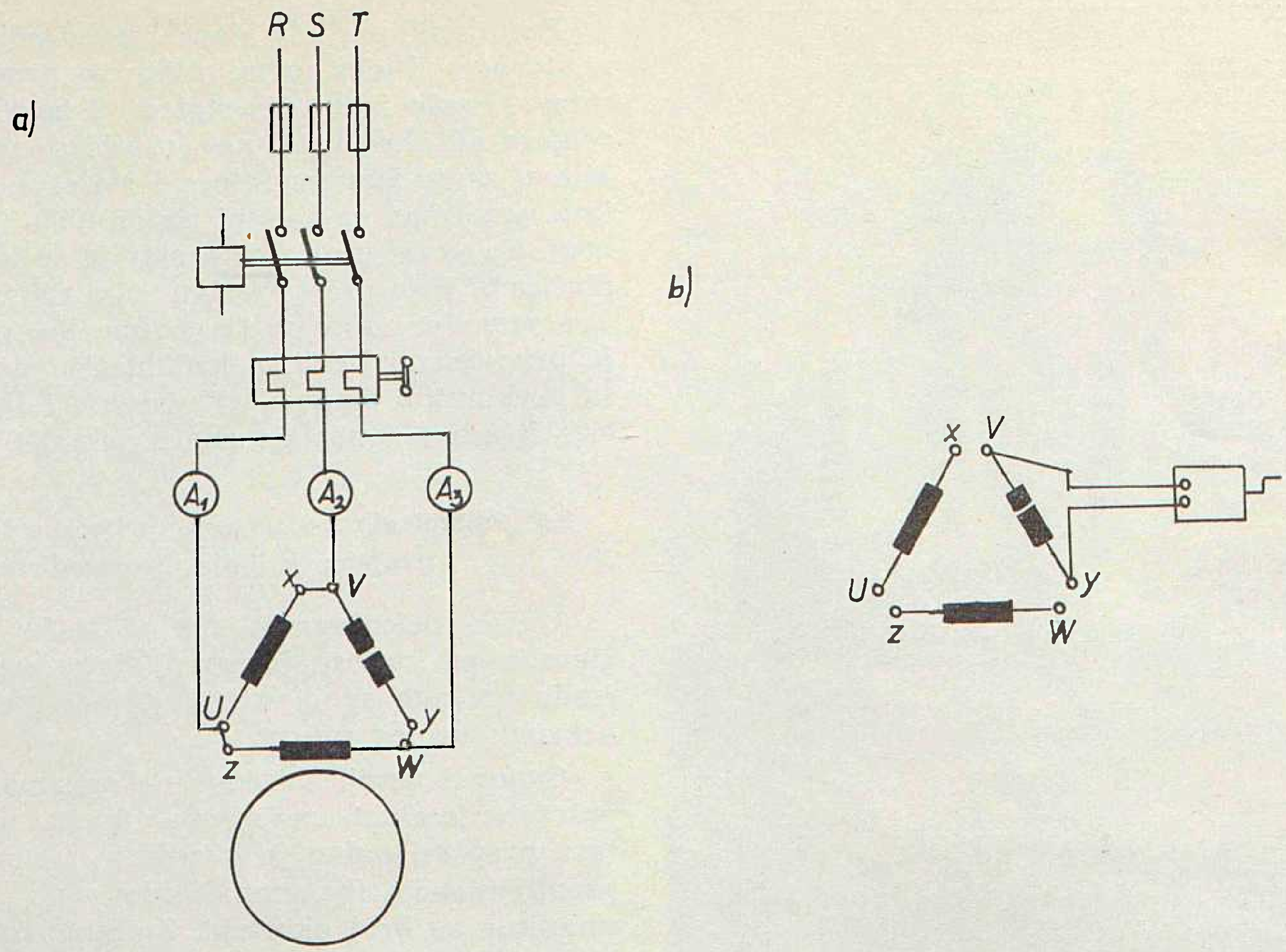
Za umanjenje otpora rotorskog kruga neophodno je reostat maksimano približiti k motoru i povećati presjek vodiča među četkicama rotora i reostata.

5.6. Smanjenje okretnog momenta motora pri različitim strujama u linijskim vodičima

Ova pojava popraćena je povećanjem šuma i vibracijama motora. Uzrok neispravnosti je prekid u jednoj fazi namota statora pri spoju faznih namota u trokutu (sl. 9a).

U ovom slučaju dobiva se otvoreni trokut, koji omogućuje stvaranje okretnog magnetskog polja i stvaranje upusnog momenta motora. No, budući da se energija dovodi samo u dvije faze statora, to je snaga motora umanjena.

Kod ove neispravnosti struja je u jednom linijskom dovodu mjerena ampermetrom A_1 pri nominalnom opterećenju motora veća za 0,73 od drugih



Sl. 9 Pronalaženje prekida faznog namota pri spoju u trokut: a — ampermetrom, b — megametrom

dviju. Zagrijavanje motora pri malom opterećenju može ostati u dopuštenim granicama, a fazni namot u prekidu ostaje hladan.

Postojanje prekida u jednoj fazi namota, lako se otkriva, ako je na stezaljke motora izvedeno svih šest krajeva faznih namota. Tada se putem mjerenja otpora pojedinih faznih namota megaommetrom (sl. 9b) može utvrditi oštećeni fazni namot. Ako su fazni namoti spojeni unutar motora, tada se prekid može utvrditi mjerenjem otpora među stezaljkama. Od triju mjerenja, dvije veličine otpora su jednake, a treće mjerenje daje dva puta veći otpor.

Prekid se također može utvrditi mjerenjem struje, ako se izmjenično na stezaljke motora dovodi jednofazni nominalni napon. U fazi s prekidom tj. u linijskom vodiču, koji je spojen na oštećenoj fazi bit će struja znatno manja.

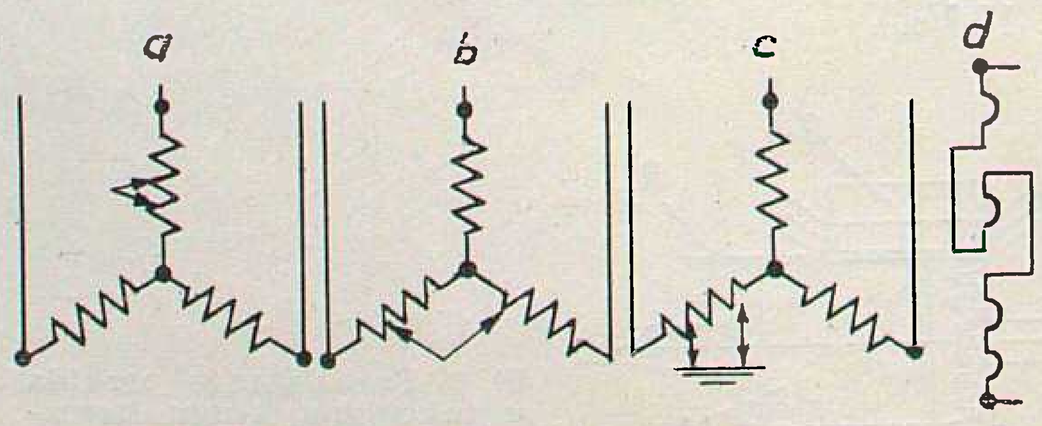
5.7. Znatnije mjestimično zagrijavanje namota statora

Mjestimično zagrijavanje namota statora često prate: sniženi broj okretaja rotora čak i onda kad motor nije opterećen, povećani šum i vibracije motora. Iznos jačine struje u pojnim vodovima također je različit. Uzroci ovim pojavama mogu biti u nepoželjnim spojevima prikazanim na sl. 5, 6 i 10.

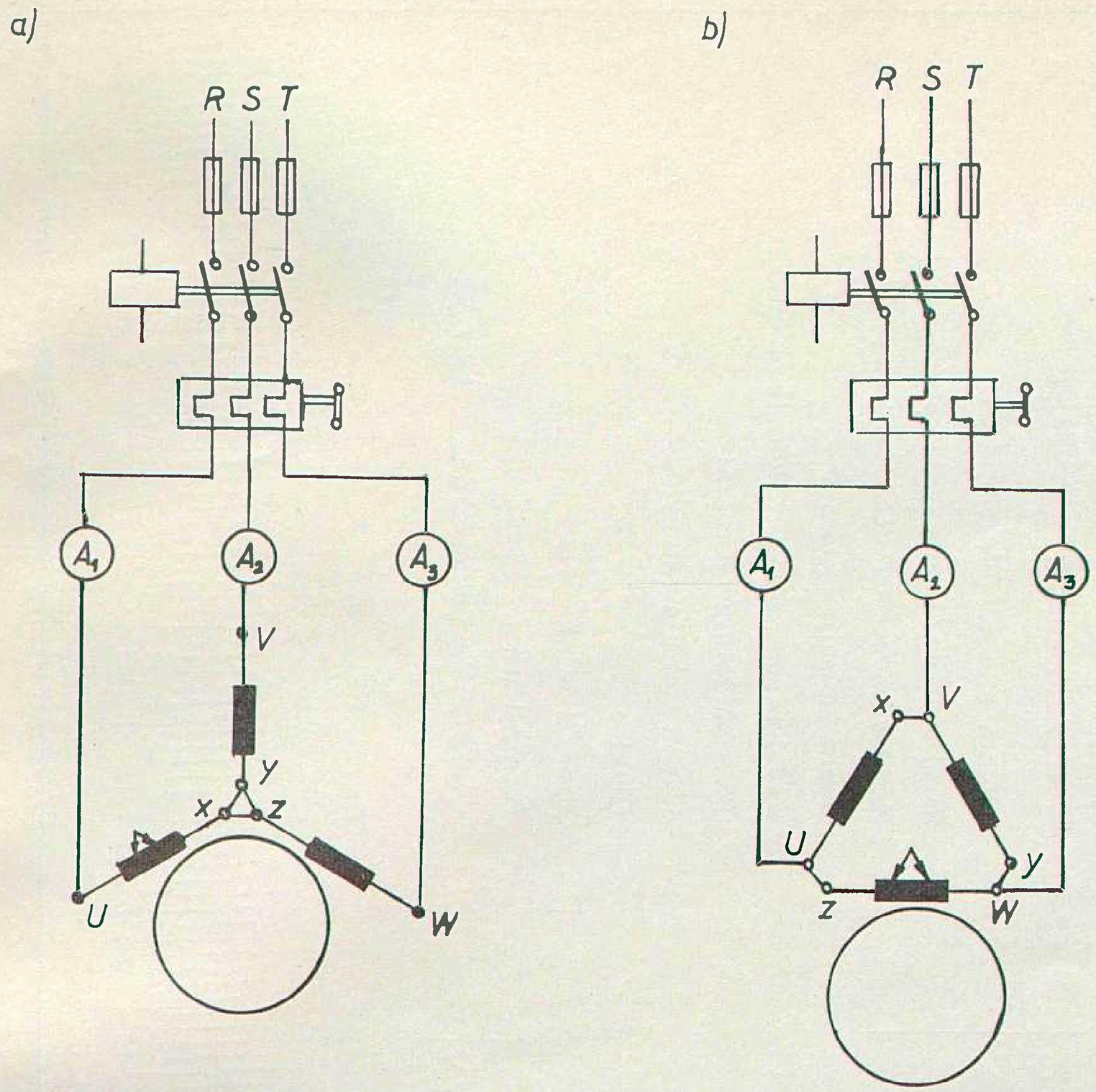
U namotima s kratkim spojevima stvaraju se kratkospojni krugovi, u kojima se induciraju okretnim tokom inducirani naponi, i zbog toga u takvim krugovima pri dobrom kontaktu na mjestu kratkog spoja mogu cirkulirati struje velikih iznosa. Spomenuta struja jako zagrijava namot sve do pojave dima i topljenja spojnih mjesta, a produženi rad motora s neispravnim namotom može izazvati uništenje namota i oštećenje dinamo-limova.

Pri kratkom spoju većeg broja zavoja namota — uključenje motora u mrežu postaje nemoguće zbog suviše velike upusne struje, zbog čega se motor isključuje posredstvom zaštite. Ako se motor još dade uključiti, onda je broj okretaja motora mali. Povećano zagrijavanje izaziva uništenje izolacije i povećava razmjer oštećenja namota.

Osnovni simptom kratkog spoja među zavojima je pojava prekomjernog zagrijavanja kratkospojnog kruga. U nekim slučajevima kratkospojni dio namota može biti određen po vanjskom izgledu — po pougljenoj izolaciji. Ako se motor nalazi u hladnom stanju, to za određivanje položaja kratkospojnog zavoja treba uključiti motor u mrežu i brzo ga isključiti. Kratkospojni dijelovi namota statora bit će više zagrijani u usporedbi s ostalim namotom. Ako se pri uključivanju motora u mrežu dobiva veća struja, treba sniziti napon na koji je priključen



Sl. 10 Pronalaženje zavojnog spoja u faznom namotu pri spoju faznog namota u zvijezdu (a) i trokut (b)



Sl. 11 Pronalaženje zavojnog spoja u faznom namotu pri spoju faznog namota u zvijezdu (a) i trokut (b)

stator. U slučaju motora sa faznim namotom rotora ispitivanje treba provesti pri otvorenom krugu rotora.

Određivanje faznog namota, koji ima kratkospojne zavoje može se odrediti po povećanju struje. Pri spoju faznih namota u zvijezdu (sl. 11a), fazni namot koji ima kratki spoj imat će veću struju (A_1) nego druga dva fazna namota. Pri spoju u trokut (sl. 11 b) dva linijska dovoda na koja je spojen oštećeni fazni namot imat će veću struju (A_1 i A_3), od struje u trećem dovodu (A_2). Pokus određivanja oštećenog faznog namota treba provesti pri sniženom naponu, fazni namot treba biti otvoren. Rotor s kratkospojenim namotom može se okretati ili biti zakočen.

Određivanje faznog namota, koji ima kratkospojene zavoje može se provesti mjerenjem otpora faznih namota ommetrom, mostom ili metodom ampermetra i voltmetra. Fazni namot sa kratkospojnim zavojima ima manji otpor. Ako su spojevi faznih namota izvedeni unutar motora, to se mogu izmjeriti tri linijska otpora. U slučaju spoja u zvijezdu (sl. 11a) najveći će otpor biti izmjeren na kraju faznih namota, koji nemaju kratkospojnih zavoja. Druga dva otpora su jednaka međusobno i manja od prvoga. Pri spoju u trokut (sl. 11b) najmanji otpor je na kraju faznog namota, koji ima kratkospojne zavoje.

6. Održavanje elektromotora

Elektromotor ima mali broj svojih sastavnih dijelova, koji su normalno izloženi istrošenju, kao što su uglavnom ležaji, komutatori i kontaktni (klizni) prsteni. Na motoru u pogonu treba kontrolirati zagrijavanje namota, zagrijavanje ležaja, hod motora, šum motora, vibraciju, čistoću otvora za hlađenje i pravilno podmazivanje. Otvore za hlađenje treba ispuhivati komprimiranim zrakom, a unutrašnjost zatvorenog motora treba očistiti prilikom svakog podmazivanja. Vijke, stezaljke i priključke treba povremeno pregledavati da li su dobro pritegnuti.

Istrošenje kliznih ležaja utvrđujemo mjerenjem zračnog raspora između statora i rotora. Dopušteno istrošenje iznosi samo koju desetinku milimetra.

Kontrola zagrijavanja motora rukom nije pouzdana, jer se najčešće krivo zaključuje o stepenu zagrijavanja motora. Izolacioni materijali klase B na primjer dozvoljavaju zagrijavanje do 80° C iznad okolne temperature zraka pri čemu je dozvoljena najveća okolna temperatura zraka 40° C. Tačno mjerenje temperature je moguće samo putem mjerenja otpora stroja u hladnom i toplom stanju i zaključivanje temperaturnog stanja stroja na temelju tog mjerenja.

No, najčešće je dovoljno izmjeriti temperaturu termometrom na najtoplijem mjestu kućišta — u navojnoj rupi vijka s laticom pomoću kojeg se prenosi motor. Pri umetanju termometra u navojnu rupu treba donji dio termometra oviti staniolom, kako bi se stvorio što bolji kontakt. Kada se temperatura na termometru ustali, očita se temperatura motora i okolnog zraka čija je razlika stvarna temperatura motora. Pri tom je stvarna

Shema br: *2497 - 3*

Kartica elektromotora broj: *27 / 2*

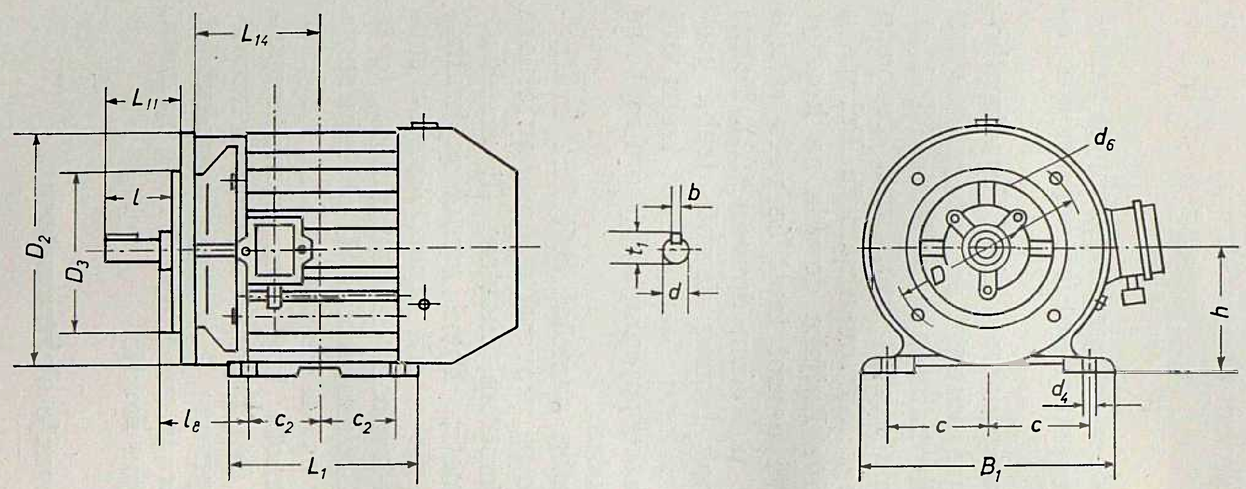
Objekat: *kotlovnica* Naziv pogona: *turbopuhaljka* Oznaka pogona: *K7A*

Kabel tip: *PP41 A* Presjek: *4 × 180* mm² Dužina: *135* m

Rasklopni aparat: *ABM - 4 H*

Vrsta i podešenje zaštite; Kratki spoj *1200* A; Preopterećenje *275* A; Podnaponska *285 V;*
10 sek. 4 sek.

Proizvodač	*SSSR*						*god. 1968.*	
Tip	*Ma 36 — 50/2*			Broj	*234*			
Spoj	*— 2*	*380*	V	*229*	A	*125*	KW	*2980* ok./min.
Cos fi	*0,9*	eta	*92*	%			*1280*	kg



OSTALI TEHNIČKI PODACI

Namot statora *dvoslojni*

Broj svitaka / broj zavoja *60 /* .....

Dimenzija vodiča *3,28 × 6,4* kg *93*

Vrsta izolacije *klasa F*

Fazni otpor ..... kod temp. °C .....

Izvedba rotora *Kavezni*

Napon i struja rotora — V; — A

Četkice —

Prednji ležaj *315*

Stražnji ležaj *315*

Oblik / mehanička zaštita *B 3 / S e*

D_2	D_3	D_4	d	d_4	d_6	L_1	L_{11}	L_{14}	l	B_1	b	C	C_2	h	l_8	t_2
—	—	—	65	34	—	665	—	—	140	720	18	310	262	355	—	70,5

Slika 12

unutarnja temperatura motora u mnogo slučajeva za 5, odnosno 10° C viša od dobivene temperature ovim mjerenjem.

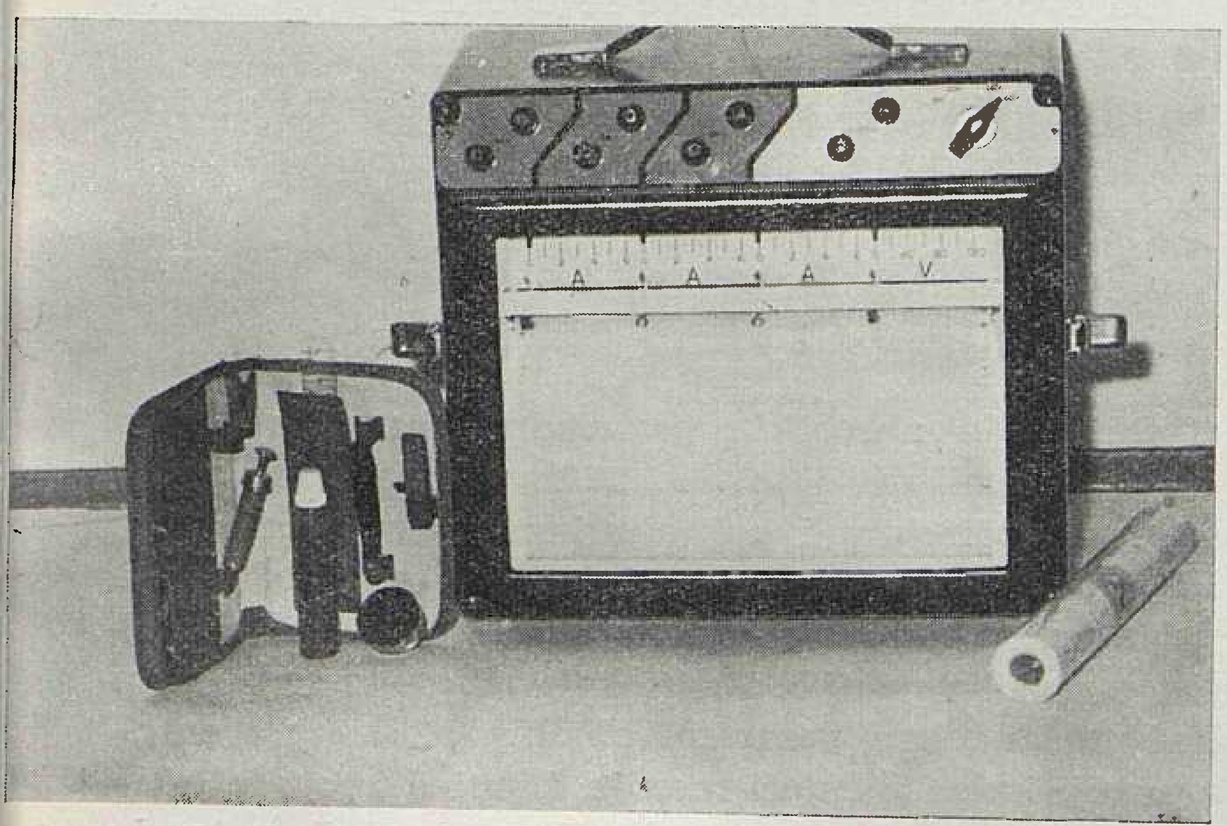
Za ispravno održavanje elektromotora potrebno je uvijek znati sve tehničke podatke za bilo koji motor, pa treba imati za svaki motor — motornu karticu (vidi sl. 12) na čijoj su prvoj stranici svi tehnički podaci i mjerna skica motora, a na ostalim stranicama dnevnik pogonskih događaja.

Kartoteka motora unosi sistematičnost u održavanje i bolju kontrolu nad radom motora, a u slučaju kvarova ubrzava intervencije kod njihovih otklanjanja, jer na prikladnom formatu kartice imamo sve podatke za motor.

7. Alati, uređaji i instrumenti za održavanje elektromotornog pogona

Ako se termoelektrana nalazi u većem mjestu u kojem su locirane tvornice ili bolje opremljene elektromehaničke radionice, nije potrebno elektromehaničku radionicu u elektrani opremati uređajima za prematanje elektromotora, već treba sa spomenutim tvornicama ili elektromehaničkim radionicama sklopiti ugovor o uslugama prematanja elektromotora, pri čemu treba paziti na kvalitet obavljenih radova i brzinu prematanja motora.

Elektromehaničku radionicu treba opremiti sa: izvlakačima različitih dimenzija za skidanje ležaja i spojki, napravom za mjerenje centričnosti, mjernim kovčegom za mjerenje snage, napona, struje i smjera okretnog magnetskog polja, induktorom, pronijevom kočnicom, higrometrom, prenosnim ampermetrima, uređajem za ispitivanje izolacije namota, ispitnim pultom sa zakretnim transformatorom, tahometrom i jednim registrirajućim instrumentom (sl. 13) kojim se mogu istovremeno registrirati struje svih triju faza i pripadajući napon. Ovaj instrument se priključuje preko strujnih mjernih transformatora i može nam svojom registracijom objasniti mnogobrojne ispade motora iz pogona čiji se uzroci često teško otkrivaju i često različito tumače u službama strojarskog i elektro održavanja.



Sl. 13 Registrirajući trofazni ampermetar i voltmetar

Dosadašnja praksa pokazuje da je nužno usvojiti takav princip identifikacije narušenog režima rada elektromotora, da cijeli agregat (motor-pumpa) istovremeno pregledaju pogonski elektromehaničar i pogonski strojobravar do utvrđivanja definitivne smetnje. Ovim načinom se smanjuje procedura ispitivanja i ubrzava otklanjanje nastalog kvara.

8. Rezervni dijelovi

U termoelektranama koje troše ugljen kao pogonsko gorivo nužno je na svaka četiri motora za pogon mlinova imati jedan rezervni motor. Ukoliko su usisni i tlačni ventilatori pokrenuti elektromotorima istih nazivnih snaga, treba imati za jedan blok jedan rezervni elektromotor. Za neke visokonaponske elektromotore, kao što su motori usisnih i tlačnih ventilatora (ako motori usisnih i tlačnih ventilatora nemaju istu nazivnu snagu), zgodno je imati na skladištu rezervne statorske namote bez izolacije. Neophodno je izvršiti analizu svih motora u motornom pogonu i utvrditi njihovu važnost u održavanju kontinuiteta rada elektrane, pa na osnovu te analize odrediti rezervne motore koje treba imati na skladištu u slučaju potrebe za zamjenom oštećenih motora. Broj rezervnih motora, kao i količina ostale rezervne opreme ovisi o važnosti termoelektrane, o njenoj namjeni u sistemu i o spremnosti njenih postrojenja koja se moraju danomice ostvarivati, o projektnim i izvedbenim rješenjima, o broju istorodnih elektrana u dotičnoj regiji itd. Rezervni dijelovi moraju biti sistematično odloženi u skladištu za svako postrojenje posebno, i pogonsko osoblje mora znati gdje se oni nalaze.

Ostali rezervni dijelovi za elektromotorni pogon sastoje se u određenom broju rezervnih ležajeva, četkica i drugih sitnih materijala.

Naslov pisca: Drago Dragičević, dipl. ing.
Termoelektrana Sisak

---

* Skoro cijeli članak napisao je autor dok je radio u TE-TO, pa se iskustveni podaci u ovom članku i odnose na postrojenje TE-TO Zagreb.

TENDENCIJE I IZVEDBE MODERNIH HIDROELEKTRANA U NORVEŠKOJ

Izvod iz predavanja norveških stručnjaka Knut S. Anderssena, Christian F. Gronera i Johan A. Rivertza prilikom izložbe i simpozija održanog u Oslu od 19. do 24. svibnja 1970. pod nazivom »NOR-POWER 70« INTERNATIONAL POWER SYSTEM FAIR AND SYMPOSIUM.

Hidroelektrična postrojenja u Norveškoj su takva, da je nemoguće u jednom kratkom izlaganju iznijeti sve interesantnosti. Zato će biti spomenuta samo karakteristična obilježja norveškog hidroelektričnog potencijala, zatim nekoliko praktičnih primjera postojećih postrojenja što može korisno poslužiti pri planiranjima novih, i konačno kraći opis pregradnje dviju starih hidroelektrana.

Norveški hidroelektroenergetski potencijal

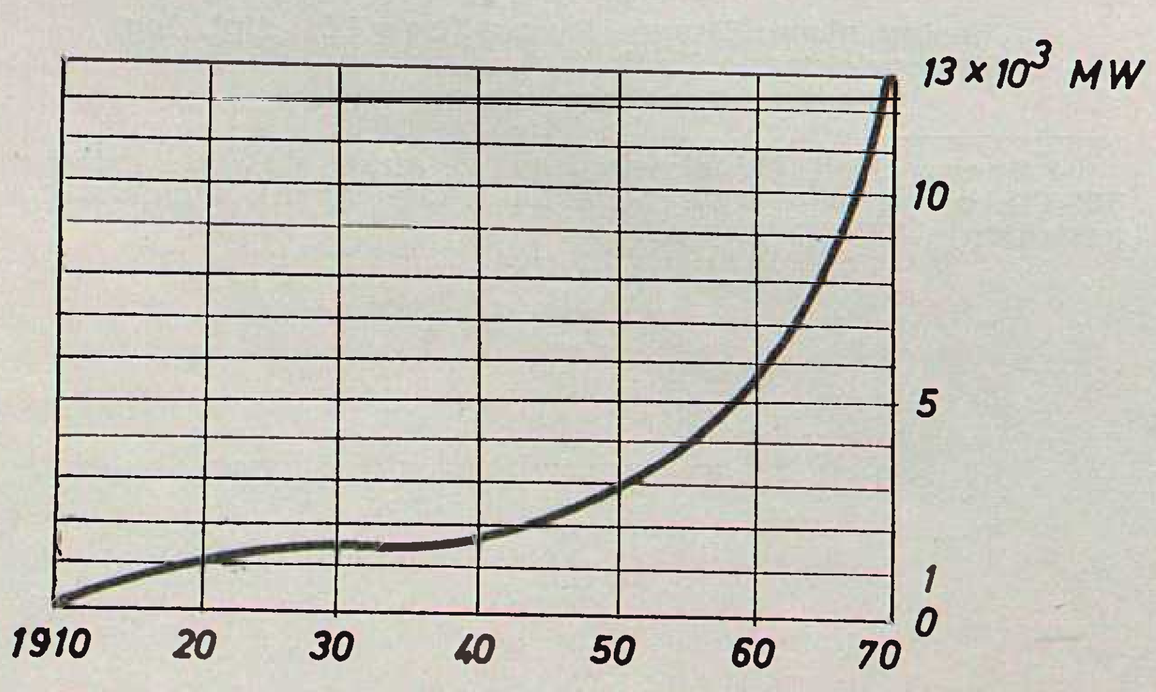
Snaga hidroelektrana u Norveškoj se posljednjih 20 godina učetverostručila — od 3000 MW u 1950. na 12.400 MW u 1969, što je u potpunosti uvjetovano bogatom i jeftinom vodnom snagom. Na sl. 1. prikazan je dijagram porasta instaliranih kapaciteta od 1910. iz kojeg se vidi da je snaga bila:

1910.	oko 250 MW
1920.	,, 1200 MW
1930.	,, 1550 MW
1940.	,, 2000 MW
1950.	,, 3000 MW
1960.	,, 6000 MW

Odgovarajući porast proizvodnje prikazan je na sl. 2. za razdoblje od 1940. do 1968. i to:

1940.	oko 8 TWh
1950.	,, 18 TWh
1960.	,, 30 TWh
1968.	,, 60 TWh

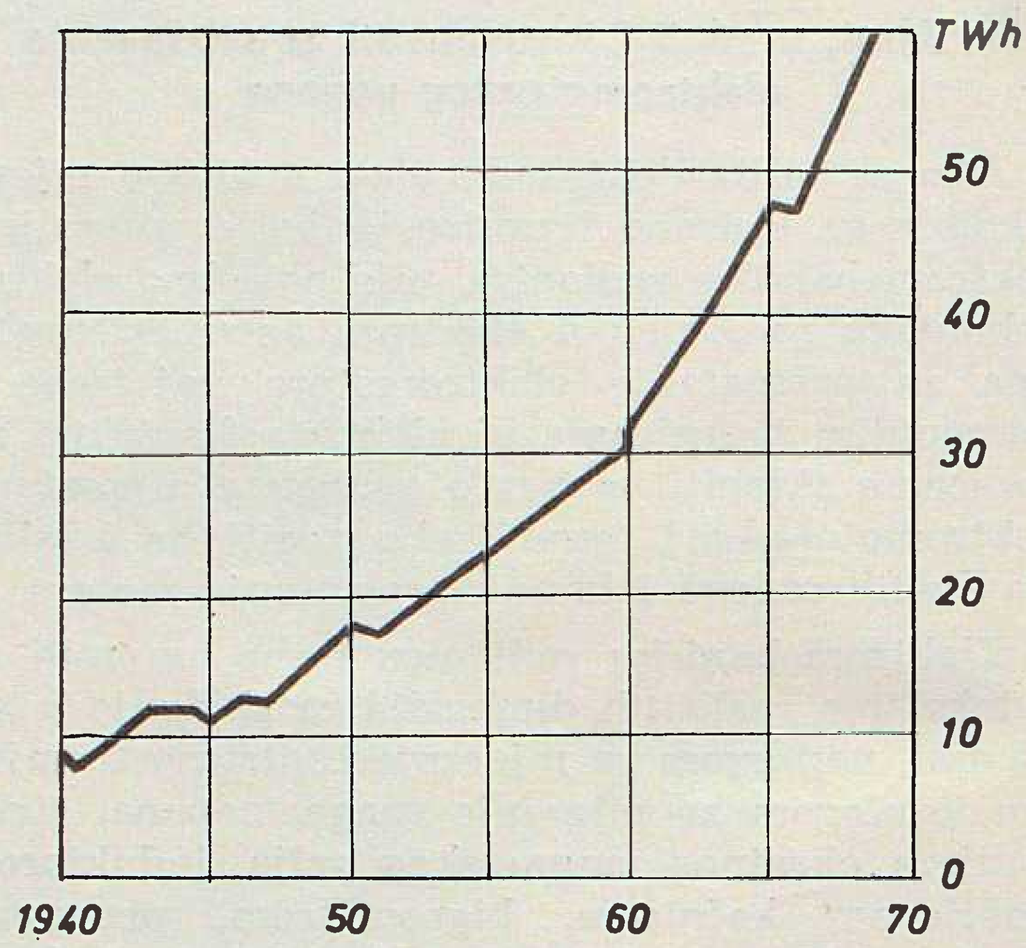
Mogućnost iskorištenja vodnog potencijala za proizvodnju električne energije u Norveškoj procijenjena je na 150 TWh. Koliko će biti iskorišteno u budućnosti ovisit će o usporedbi troškova budućih hidroenergetskih objekata i troškova energetskih objekata drugih oblika proizvodnje električne energije (TE, NE). Na osnovu cijena iz 1967. godine na sl. 3. je prikazan »investicioni količnik« za buduće hidroenergetske izvore, do veličine proizvodnje od 130 TWh.



Slika 1

Za 57 TWh:	20 ö/kWh,	oko 35 p/kWh
Za 102 TWh:	30 ö/kWh,	oko 53 p/kWh
Za 130 TWh:	43 ö/kWh,	oko 75 p/kWh

Da li će u budućnosti doći do izgradnje hidroenergetskih postrojenja ove ili one proizvodne vrijednosti, neće ovisiti samo o porastu investicionog količnika u usporedbi sa sve više konkurentnim nuklearnim i termo elektranama, već će i zaštita prirode biti mjerodavan faktor. Baš u odnosu na potrebu zaštite prirode nesumnjivo će se odbaciti neki projekti bez obzira na ekonomičnost izgradnje.



Slika 2

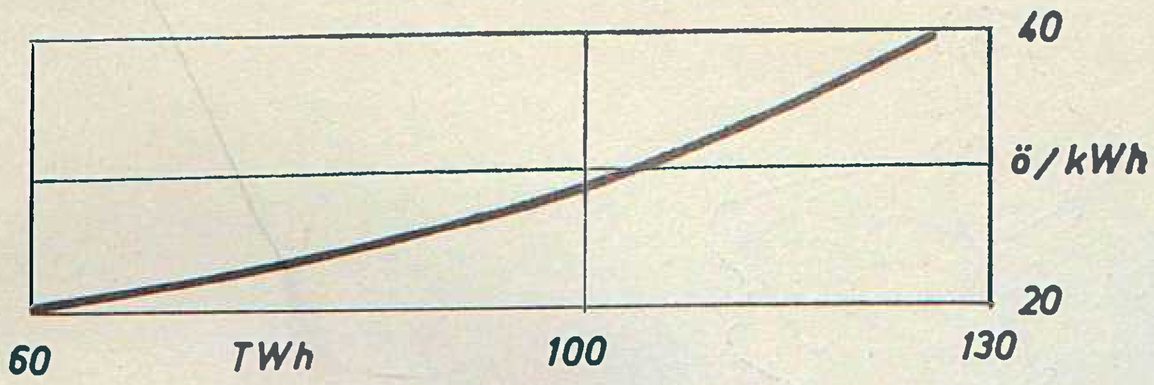
Na ovo pitanje uskoro će se dobiti odgovor, jer su tehnička rzamatranja u toku. Međutim, trenutno ne postoje indikacije da bi u ovoj deceniji moglo doći do istiskivanja zacrtanih hidro-objekata drugim oblicima proizvodnje električne energije.

Vlasništva i prava — zakonodavstvo

Oko 75 % norveških proizvodnih kapaciteta je u općem vlasništvu, i to oko 29 % u državnom, a oko 46 % u općinskim i pokrajinskim vlasništvima. Oko 25 % je u privatnom vlasništvu. Rijeke i vode su u privatnom vlasništvu, tj. pripadaju dobrima (farma) lociranim uz njih. Prava koja slijede iz toga moou biti prodana kao nezavisni objekti, ali zbog eventualnih spekulacija kupci moraju dobiti dozvolu od vlade. Svatko tko ima pravo korištenja vodnih potencijala za produkciju električne energije, mora dobiti dozvolu od vlade, pri čemu se koncesije daju na određeno vrijeme od 50—60 godina. Nakon toga postrojenje prelazi u vlasništvo države bez kompenzacije.

Geografija i topografija

Norveška je dugačka, uska i planinska zemlja, okružena duž cijele zapadne obale Sjevernim morem i Atlanskim oceanom. Padavine variraju od kojih 2,0



Slika 3

m na zapadu do 1,0—0,5 m na istoku, ovisno o udaljenosti od zapadne obale. Planine su strme i vodni tokovi kratki, naročito u zapadnoj Norveškoj, a djelomično i na sjeveru zemlje. U prosjeku je najviše vodnih tokova pogodno za korištenje visina (padova) od 300—500 m.

Mnoga prirodna i duboka jezera u visokim planinskim područjima su podesna za akumulacije. One se iskorištavaju za dobivanje energije spuštanjem nivoa vodne površine. Međutim, jezera su često mala, tako da spuštanje nivoa ne omogućuje dovoljno akumuliranje vode. Tada je potrebno podignuti nivo vode izgradnjom brane. Topografski i geološki uvjeti za izgradnju brana na izlazima iz jezera su većinom vrlo dobri.

U usporedbi s mnogim drugim zemljama, geološki uvjeti u Norveškoj pogoduju razvoju hidroenergetskih postrojenja. Najčešće kamene podloge sadržavaju primarno ili drugo čvrsto stijenje. Seizmički poremećaji su praktički nepoznati, pa pravila i propisi ne predviđaju specifičnosti u izgradnji s obzirom na potrese.

Uvjeti koji određuju hidroenergetski razvoj

Pogodni prirodni uvjeti u Norveškoj su već spomenuti. U prošlosti je izgrađen izvjestan broj jeftinih postrojenja, ali i neki manje ekonomični izvori vodne snage. Kao rezultat toga, no više kao rezultat porasta cijena i nadnica, povećani su troškovi proizvodnje. Međutim, troškovi su znatno manji nego što je opći porast cijena. U jediničnim cijenama po kWh, troškovi hidroenergetskog razvoja su vrlo malo u porastu, zbog sve bolje tehnologije i planiranja. Moderne metode radova (građevinskih) imaju bitan utjecaj na cijenu.

Tačno programiranje i detaljno planiranje također znatno utječu. Elektroenergetski sistem je postao opći instrument u sveopćem planiranju i koristi se za sve veći domet.

Činjenica, da velike jedinice daju najjeftiniju snagu očituje se u projektiranju i razvoju velikih hidroelektroenergetskih sistema, koji obuhvaćaju po nekoliko rijeka (vodnih tokova). Zahvatne površine su komparativno male, i radi izgradnje velikih postrojenja, vodni potencijali (rijeke) su međusobno povezani tunelskim sistemima. Unatrag nekoliko godina to je bilo nezamislivo. Tunelske sekcije su dugačke, koliko to razvojni program dopušta, što se sve odražava u ekonomičnosti. Naime, smanjen je broj posebnih instalacija-postrojenja, što zahtijeva izgradnju manjeg broja pristupnih putova i manje privremenih nastambi, kao što su uredi na gradilištima, nastambe, radionice, skladišta itd.

Broj radnika je također smanjen, a neke nužne službe su centralizirane.

Prednosti takvih tunelskih sistema nisu još dovoljno iskorištene, jer su tradicija, vlasništvo i zakonodavna prava to sprečavali. Teškoće još uvijek postoje. No, kroz nekoliko godina ideje će izmijeniti sadašnje teškoće.

Pogodni geološki uvjeti omogućuju da se tuneli ostave neobloženi. To je jedna od velikih prednosti u Norveškoj, a odražava se u priličnoj uštedi troškova konstrukcije. Čak su i tuneli izvrgnuti visokim pritiscima ostavljeni neobloženi. Ovo je naročito značajno kad su u pitanju tlačni tuneli, koji mogu biti izloženi tlaku od nekoliko stotina metara vode. Premda kvarovi i štete u postrojenjima mogu biti znatni, uslijed ovakvog načina rada, ipak se je pristupilo ovakvoj izvedbi. To su počeci novog razvoja u hidroenergetskom inženjeringu, od kojeg se očekuje veliki napredak.

Kriteriji projektiranja

Opterećenje u Norveškoj u toku sezone znatno varira s obzirom na dotok u akumulacije i njezino korištenje. Na primjer u istočnoj Norveškoj je korištenje akumulacija 7 mjeseci godišnje, i to uglavnom zimskih mjeseci, kada je dotok najmanji (XI, XII, I, II, III, IV mj. i VIII mj.) i kada je opterećenje najveće (II mj.), tako da u akumulacijama moraju biti obilne količine vode.

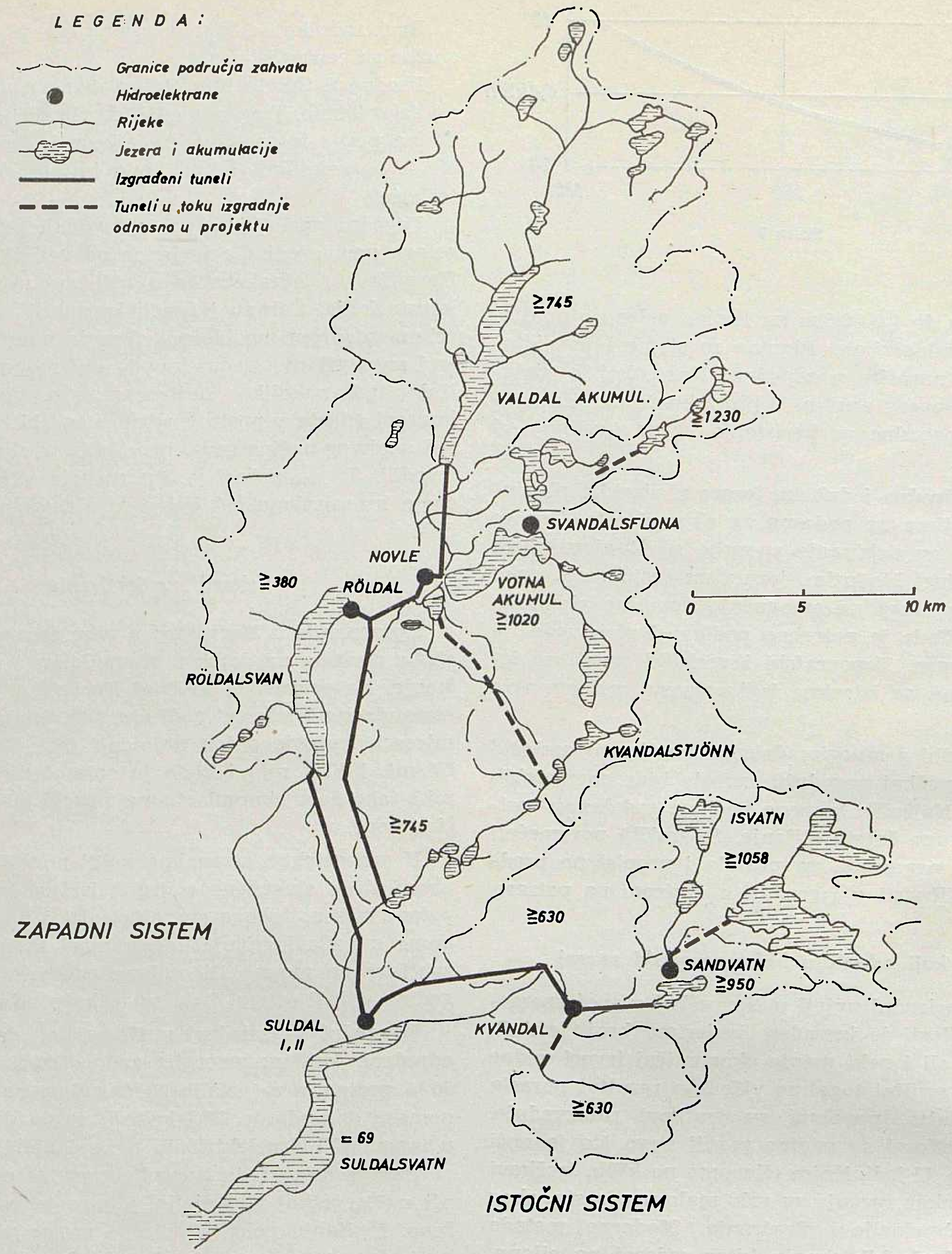
U energetskim sistemima nalik norveškim, gdje je proizvodnja električne energije isključivo na vodnim potencijalima, dobava energije ovisi o naglim promjenama u padavinama. U ekstremno suhim godinama zahtjevi ne mogu biti zadovoljeni. Ako jedna suha godina slijedi drugu, tada su teškoće vrlo velike.

Normalni su zahtjevi u Norveškoj da produkcija određene količine energije zadovoljava za najmanje 90 % godina, a za ostalih 10 % godina ne postoji ekonomsko opravdanje. Taj kriterij je do danas zadržan u izgradnji hidroelektričnih postrojenja.

Pitanje osiguranja isporuke energije prema potražnji u Norveškoj kao cjelini, danas je brižljivo istraženo. I pitanju pokrića potreba snage također je posvećena potrebna pažnja. Rezultati ovih istraživanja imat će poresudni utjecaj na dimenzije budućih hidroelektričnih zahvata.

Isporuka energije u slijedećih nekoliko godina može biti osigurana na više načina. Jedna alternativa je da se poveća kapacitet hidroelektričnih postrojenja u budućem razdoblju, a druga da se izgrade termoelektrane, koje bi isporučivale energiju za vrijeme vršnih opterećenja. Malo ima interesa za izgradnju pumpnih postrojenja. Samo su dva takva postrojenja izgrađena, a nekoliko projekata je planirano za velika pumpna postrojenja u integraciji sa cijelim sistemom.

Pumpna će se postrojenja (akumulaciona) koristiti u Norveškoj da bi se osigurala snaga u vrijeme sezonskih vršnih opterećenja. Jeftina ljetna, ili izvan-vršna (off-peak) raspoloživa snaga pumpat će vodu u akumulacije na velikim visinama, gdje će ostati do potrebe produkcije snage za vrijeme zimskog vršnog opterećenja.



Slika 4

Energija iz nuklearnih elektrana bit će primijenjena tek negdje u budućnosti. Koliko je poznato, ovaj tip postrojenja mora raditi najveći dio godine, da bi bio ekonomičan. Ulogu, koju imaju hidroenergetski potencijali, trebat će ponovno razmotriti i procijeniti u sklopu ostalih oblika proizvodnje. Viši troškovi opravdani povećanjem pogodnosti što ih pružaju akumulacije, zatim regulacija rijeka (vodnih tokova) i povećanje instaliranih kapaciteta, trebaju se usporediti s cijenama za dobavu energije i snage iz drugih vrsta izvora.

Röldal-Suldal

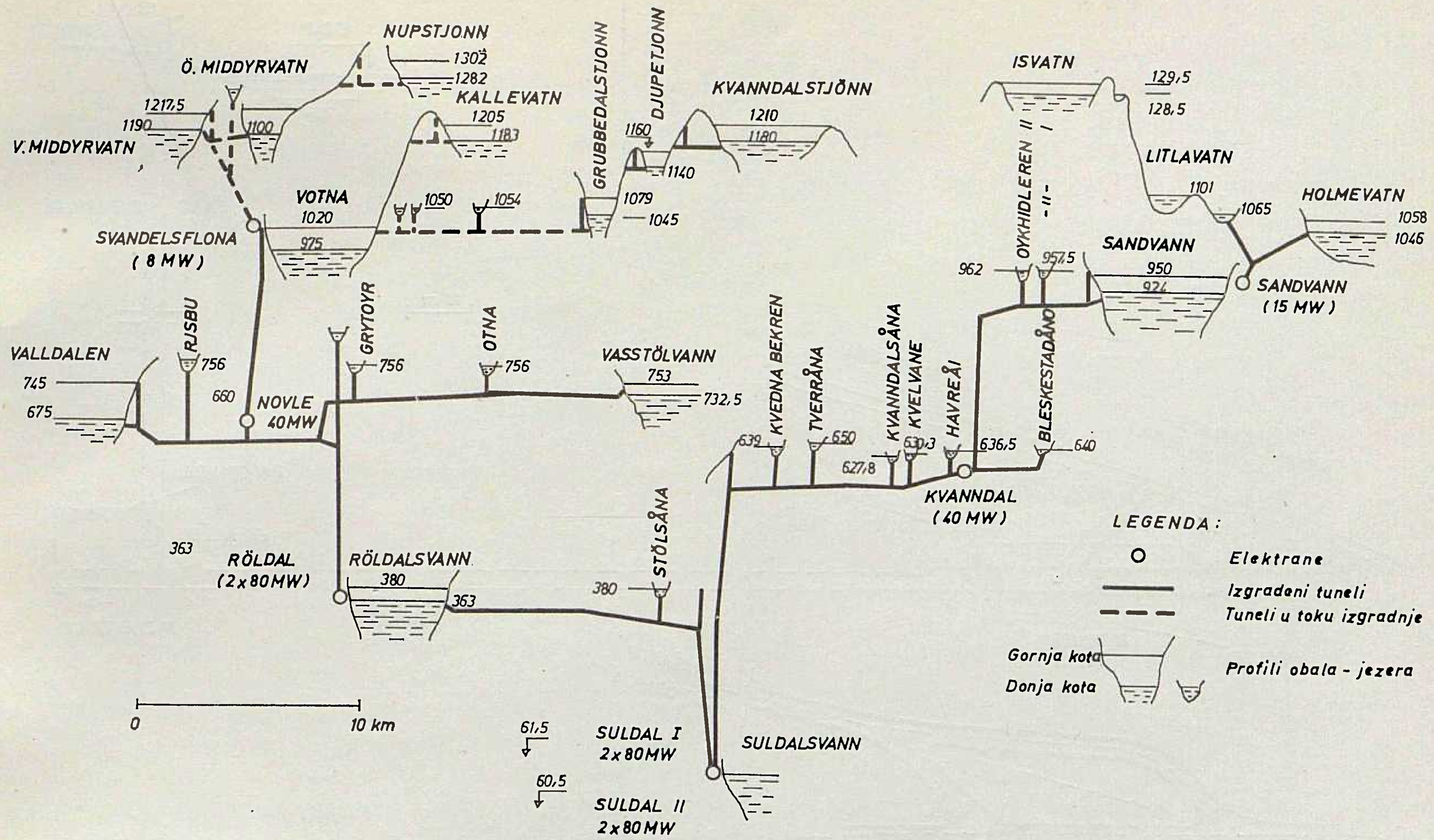
Kod izlaganja pojedinih detalja najbolje se osvrnuti na postrojenja koja su neposredno izgrađena. Jedno od najsuvremenijih postrojenja je hidroelektroenergetski kompleks Röldal-Suldal u zapadnoj Norveškoj, što će biti ovdje opisan.

Opći plan

Iskorištena su dva sistema — zapadni i istočni, i rijeke što utječu u Suldalsvan (aps. kota +68 m). Zahvat još njie kompletiran, pa se završetak očekuje do 1973. godine.

Mogućnosti reguliranja prirodnim akumulacijama su minimalne jer na ovim područjima prirodna jezera su mala i ima ih samo nekoliko. No, ipak je bilo nužno da se ta jezera uklope u sve alternative izgradnje.

Izgradnja je započela 1963. godine, a četiri i po godine kasnije sve su elektrane tog sistema bile u pogonu. Instalirana snaga je 550 MW a prosječna godiš-



Slika 5

nja proizvodnja iznosi oko 2 500 MWh. Investicioni količnika je 34 p/kWh [19,5 ö/kWh]. Kod potpunog kompletiranja instalirana snaga će biti 575 MW, a proizvodnja će porasti na 2 880 GWh. Dodatni troškovi će porasti za 26 % od čega dvije trećine iznose troškovi posebne pogodnosti (kvalitete regulacije).

Kad bude završen potpuni kompleks bit će u pogonu 7 elektrana od kojih su dvije integrirane u zajedničkoj kaverni.

Zapadno područje:

Elektrana	*Svi dotoci iznad*	*MW*
»Svandalsflona«	1230 m n. v.	8
»Novle«	1020 m n. v.	40
»Röldal«	745 m n. v.	2×80
Suldal I«	380 m n. v.	2×80

Elektrana	*Svi dotoci iznad*	*MW*
Sandvann«	1058 m n. v.	15
»Kvanndal«	950 m n. v.	40
»Suldal II«	630 m n. v.	2×80

Sistem tunela

Uključivši i tlačne tunele, izgrađeno je ukupno 60 km tunela, s profilima 6—40 m². Najdulja tunelska sekcija iznosi 6 km. Tuneli su pretežno neobloženi, ali su na nekim dijelovima pojačani betonom, tamo gdje postoji opasnost od urušavanja, odnosno popuštanja strukture stijenja. Tuneli za dvije gornje (male) elektrane trebaju se još izgraditi i to uzvodno od elektrana do akumulacija.

Jezera, koja trebaju služiti kao akumulacije bit će regulirana spuštanjem (varijacijom) nivoa, a tuneli izbušeni na prethodno ispitane tačke dna jezera. Debljina mekše naslage se ispituje seizmički, a čep treba biti u čvrstoj stijeni. Ovaj način izvedbe predstavlja velike uštede u troškovima jer:

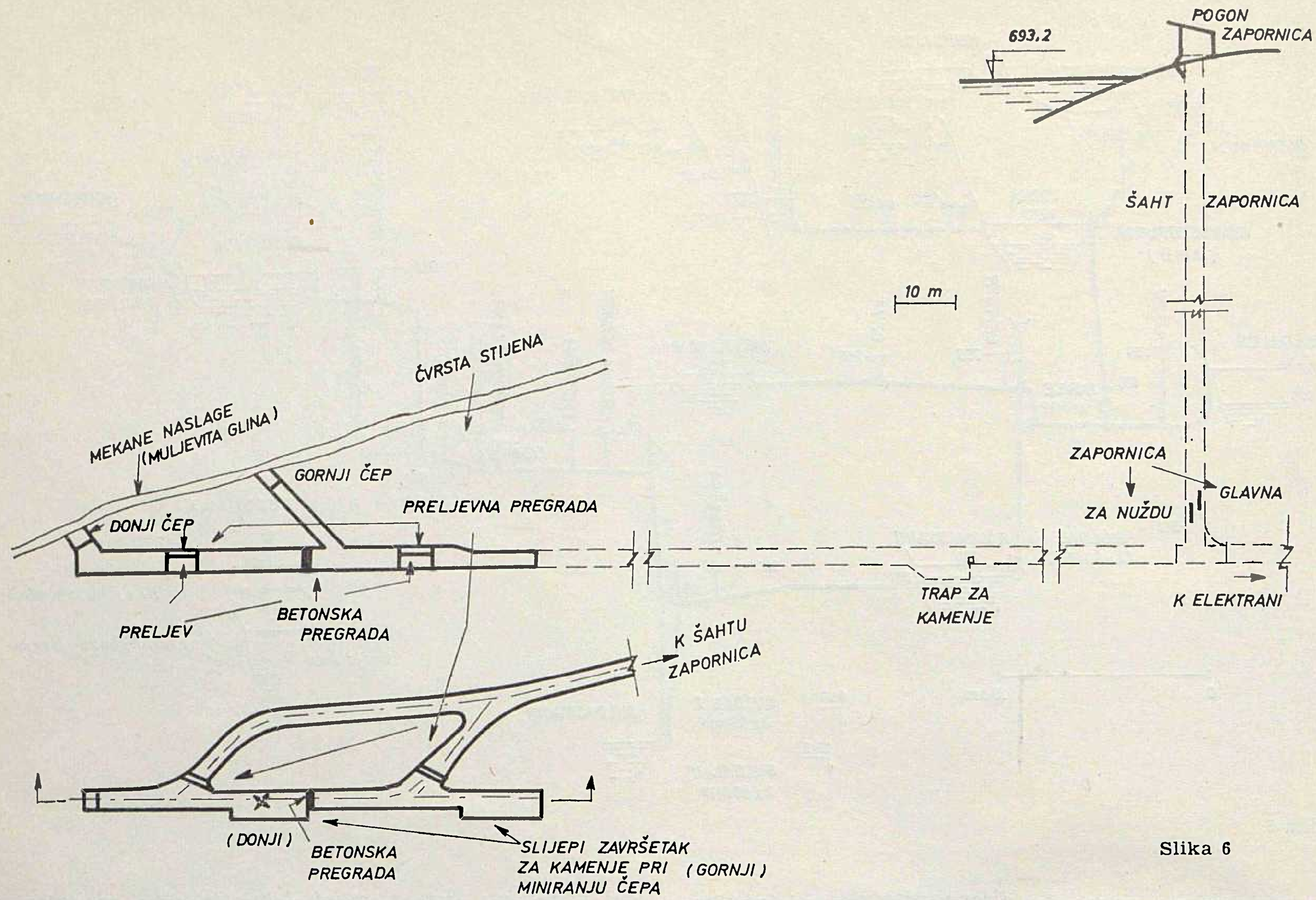
1. Nisu potrebne brane. Radilišta u planinama su 7—8 mjeseci godišnje pod snijegom. Oštra klima zato zahtijeva dobro izgrađene objekte za službe i stanovanja, kao i transportne putove.
2. Ne izgrađuju se tlačni cjevovodi, nego se svi tuneli iz ovih prirodnih akmuulacija svode na jedan zajednički tunel prema elektrani.

Brane

Većina akumulacija je izvedena tako da se koriste prirodna jezera s varijacijom nivoa. Međutim, dva su jezera opskrbljena branama (Valldal i Votna). Valldal brana je izgrađena zatvaranjem doline 90 m visokom zemljanom branom, s jezgrom od morena, čega ima u većini dolina u blizini gradilišta brane. Oko 1,5 mil m³ stijena, pijeska i morene bilo je potrebno za izgradnju ove brane. Troškovi bez taksa (poreza) su iznosili oko 49 milijuna din. Volumen akumulacije je 292 mil. m³. Votna je brana vitke lučne armirano-betonske konstrukcije. Visoka je 50 m, sa cestom širine 4 m na vrhu. Dno brane je široko 4 m, a vrh (ispod ceste) 1 metar. Ova brana je karakterističnog tipa, kakvih je nekoliko u Norveškoj.

Tlačni cjevovodi (tuneli)

Svi tlačni tuneli Röldal-Suldal sistema su obloženi čeličnim cijevima položenim u beton. Da li će se tunel obložiti ili ne, mora biti odlučeno već u početnim planiranjima, a odluka mora biti temeljena na obimnim geološkim istraživanjima. Odluka da se u ovom slučaju oblože tlačni tuneli bila je svrsishodna.



Slika 6

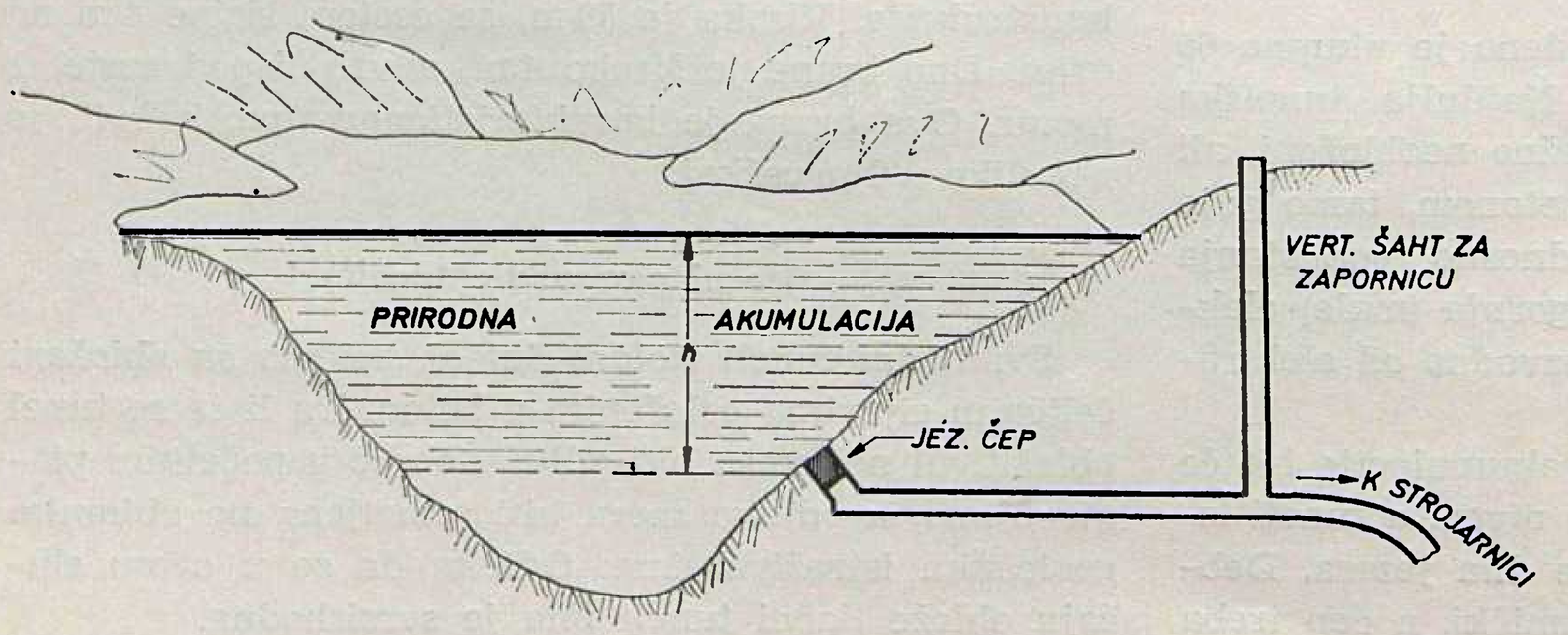
Kod elektrane Suldal II razlika visine kod kosog dijela tlačnog cjevovoda (tunela) iznosi 492,3 m. Kosina iznosi 42°. Razlika visine do zapornice je 510,5 m, no cjelokupna hidrostatska visina je veća još za oko 33 m. Iza iskopa tunela (kosog) položene su tračnice i to vrlo tačno, jer su služile za namještanje čelične obloge. Čelične cijevi dužine 6 m, bile su nakon polaganja učvršćene betonskom masom između cijevi i tunelskih stijena. Čelična obloga je izvedena tako da može izdržati vanjski i unutarnji vodni pritisak. Vanjski pritisak rijetko prelazi hidrostatsku visinu od 100 m. Čelična obloga je opremljena injekcionim džepovima.

Strojarnice

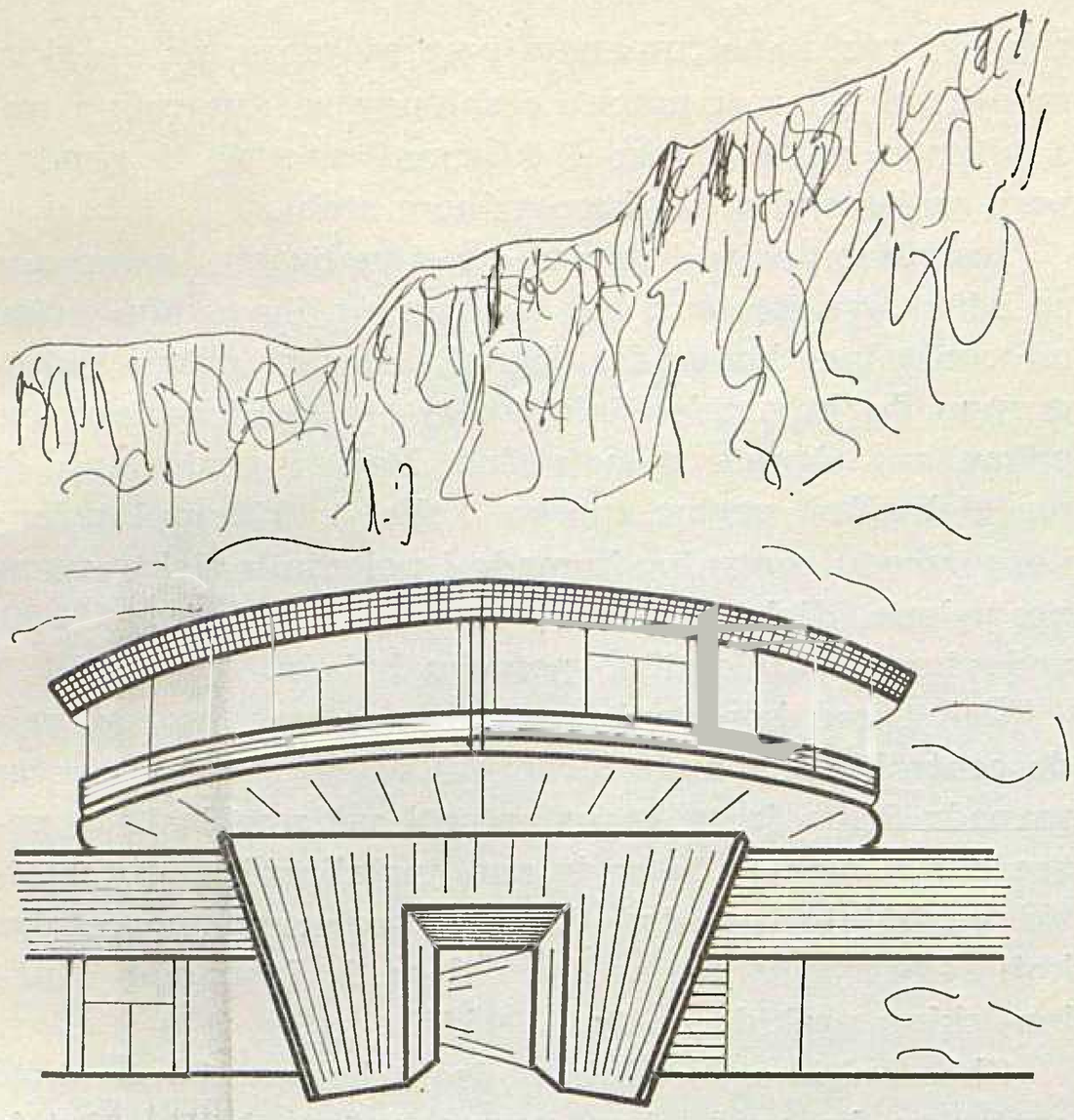
Sve su strojarnice u ovom kompleksu locirane podzemno, što je iza drugog svjetskog rata opća praksa u Norveškoj. Oko 83 % električnog postrojenja također je smješteno podzemno, prvenstveno »možda« s obzirom na veću sigurnost u ratnim uvjetima.

Napredak u metodama miniranja i iskopa podzemnih kaverni i tunela rezultira u cijeni koštanja. Ekonomske prednosti također su došle do izražaja u smanjenju dužina inače skupih tlačnih kosih tunela, i to koliko god je to moguće provesti.

U Norveškoj je cijena izgradnje podzemne strojarnici praktički ista kao i cijena strojarnice na otvorenom, uključivši pri tom i tlačni cjevovod konvencionalne izvedbe. Ako se isključe troškovi održavanja podzemnog postrojenja (koji su inače veći) u kalkulaciji su sveukupni troškovi čak i niži. Geologija u Norveškoj pridonosi ovoj ekonomičnosti. Röldal-Suldal kompleks je tipičan primjer za to. Sve strojarnice su slične u osnovi, jedino dužina varira prema zahtjevima. Zidovi su neobloženi. Betonska lučna stropna obloga služi kao zaštita od eventualnog padanja ka-



Slika 7



Slika 8

menja. Staze mosne dizalice su ovješene o stropnu lučnu oblogu.

Očevidno je da uspješne solucije lokacije strojarnica ovise o prethodnim svrsishodnim ispitivanjima i ranijim geološkim kartiranjima (rasjekline, klasifikacija stijena itd.). To je provedeno geološkim površinskim istraživanjima, a ponekad i pomoću bušotina. Sva ova podzemna postrojenja su locirana u zaista pogodnim položajima s obzirom na zone rasjeklina. Pogrešna su mišljenja da podzemna postrojenja zahtijevaju dulje vrijeme izgradnje od postrojenja konvencionalnog tipa. Obližnje zemljište-stijenje svakako su faktor ograničenja, no iskustvo je pokazalo da dobro planiranje zahvata, pojednostavljenje građevinskih radova i tačne analize procedure rada rezultiraju u jednom iznenađujućem kratkom vremenu izgradnje.

Razmotrimo primjer strojarnice Suldal iz ovog kompleksa. Na izvjesnoj udaljenosti od strojarnice, pristupni tunel se razdvaja u dva pravca, a jedan od njih je bušen prema tlačnim tunelima. Druga sekcija pristupnog tunela je bušena nadolje prema najnižoj tački strojarnice. Sekcije, najgornja i najdonja u strojarnici su bušene istovremeno. Iza završetka iskopa vršnog dijela strojarnice izvršeno je betoniranje zaštitnog stropnog luka strojarnice, kao i betoniranje staze mosne dizalice, po kojoj su postavljene i šine dizalice. U isto vrijeme tlačni tuneli su bušeni prema gore iz najnižeg dijela, radi spoja s prvim pristupnim tunelom. Dvije međusekcije, između najgornje i najdonje u strojarnici, iskapane su u nizu tj. gornja pa donja, i konačno iza toga grabe-jame za izlaze iz strojarnice.

Cjelokupni rad trajao je manje od 7 mjeseci i to: iskop od vrha do dna strojarnice 2 mjeseca, betoniranje stropnih lukova 2 mjeseca i iskop najnižih dijelova strojarnice i prostora izlaznih zapornica 3 mjeseca.

Čim je iskop bio završen, mosna dizalica je već bila u pogonu. Ona je bila vrlo korisna kod izvođenja betonskih radova u strojarnici.

Uređaj strojarnice

Suldal strojarnica je opremljena sa 4 vertikalna agregata, snage oko 80 MW svaki. Generator je u bloku s pripadajućim transformatorom. Transformatori su smješteni ispod poda hale i između pojedinih agregata, što zahtijeva malo veći razmak između osovina agregata, no s druge strane nema potrebe da se strojarnica gradi šire, ili da se iskapaju zasebni bočni prostori za transformatore. Sabirničke veze između generatora i transformatora su također reducirane na minimum.

Razna udubljenja i galerije iskopane radi pristupa i minerskih radova također su iskorištene, i to ona prema vrhu za isisni ventilacioni sistem, dok su skladište, priručne radione održavanja, aku-prostor i 220 V distribucioni sistem, locirani u uklinjenom dijelu na dnu tunela bušenog prema najnižem dijelu strojarnice.

Betoniranjem strojarnice se započelo neposredno iza završnih radova iskopa. Važno je da se u ovom stadiju izvede što više građevinskih radova prije nego što se počnu instalirati strojevi. Međutim, velika je prednost ako se i izlazni cjevovodi mogu instalirati i smjestiti u beton prije nego što započnu radovi na višim kotama (podovima) u strojarnici.

Betonske kolone izgrađene su ispod strojarnice da formiraju dijelove za temeljenje turbina i generatora. Betonski podovi su položeni na vrh ovih kolona za generatorske i strojarske prostore. Međupodovi i međuzidovi strojarskih i drugih prostora su tek onda betonirani. Zatim su montirani strojevi.

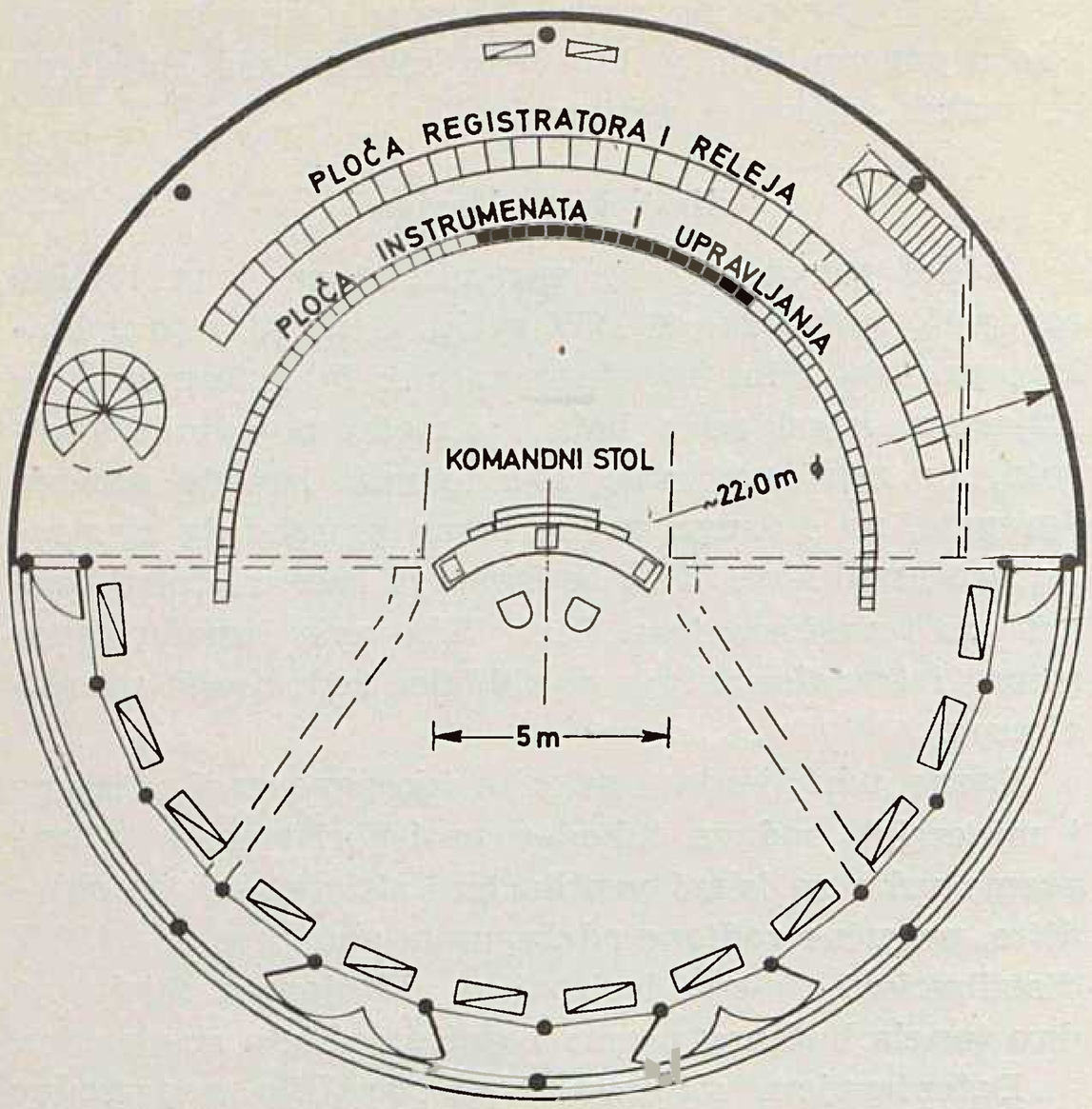
Kompletni radovi od početka bušenja do puštanja u redovni pogon prva dva agregata trajali su 15 mjeseci.

Električno i strojarsko postrojenje

Kao što je spomenuto Röldal-Suldal kompleks se sastoji od nekoliko elektrana. Sve su slične izvedbe, i to u odnosu na planiranje, i mehaničke i električne uređaje. Posebni napori su bili učinjeni za postizanje standardizacije, a s tim u vezi za pojednostavljenost i lakše održavanje, naročito na onim područjima gdje je pogonsko osoblje u svakodnevnom kontaktu s radom elektrana. Gdje je to bilo moguće, različite jedinice su opremljene uređajima za upravljanje kao nezavisni blokovi. Svaki agregat zauzima dužinu od 14 m strojarnice, gdje su koncentrirani turbina-generator s kuglastim zatvaračem, transformator, upravljačka ploča, relejni uređaj, regulator itd.

Turbine su vertikalne — Francis. Tlak varira oko 300 i 550 m, ovaj posljednji je jedan od najviših, svjetskih, za ovaj tip turbine. Regulatori turbine su elektrohidraulički. Faktor snage generatora je 0,8 s time, da generator ima nešto reaktivne snage u rezervi kada radi kod deklarirane veličine. Napon generatora je 13 kV. Generator ima nosivi i vodeći ležaj odozgo i vodeći ležaj na turbinskoj strani.

Kod četiri generatora naponski regulatori su transduktorski. Tiristor regulatori su primijenjeni kod generatora Suldal II, Novle i Kvandal.



Slika 9

Za izolaciju su upotrebljeni moderni plastični ojačani izolacioni materijali.

Blok transformatori su trofazni s prijenosnim omjerom 13/315 kV i imaju ugrađene kabelske priključne kutije za 300 kV.

Kabeli 300 kV su jednožilni, uljni za dovod energije do vanjskog rasklopišta. Energija se prenosi iz pojedinih elektrana na centralno rasklopište i odavle dalje u zemaljski sistem. Centralno rasklopište je opremljeno cjevnim sabirnicama i pantograf rastavljačima. Intencija je da se naknadno izgrade dvostruke sabirnice za dalekovodna polja, čim se glavni zemaljski sistem još više razvija.

Sabirnice su iz Alu cijevi 125/111 mmØ, poduprte potpornim izolatorima. Polja izlaza imaju dozemne noževe. Svi kabelski završeci i izlazni vodovi su opremljeni s odvodnicima prenapona (s magnetskim otpuhivanjem). Prekidači su na pneumatski pogon, rasklopne snage 11,5 GVA. Rastavljači i dozemni noževi su na elektrohidraulički pogon.

Svaki agregat ima svoju vlastitu upravljačku ploču u strojarnici. Tu je ispod poda i prostorija za releje, i to upravo ispod upravljačke ploče. Sadrži sve zaštitne i pomoćne releje, dok upravljačke ploče sadrže jedino instrumente i upravljačke mehanizme.

Agregati startaju automatski. Kad je startno tipkalo pritisnuto, pokrene se turbina i generator se automatski sinhronizira uz prethodnu autokontrolu.

Kabelski sistem je relativno jednostavan i lagan za dazor, jer postoji centralni smještaj relejne prostorije, gdje je smješteno najviše pomoćnih uređaja.

Rad svih elektrana je upravljen i kontroliran iz centralne upravljačke prostorije, koja je izgrađena iznad ulaznog tunela u elektrane Suldal I i II i locirana uz administrativnu zgradu, zajedno s uredima, skladištima i radionicama.

U centralnoj komandi smještene su, u krugu oko komandnog stola, ploče registracionih instrumenata i releja, i ploča instrumenata i upravljanja, na kojoj su montirani svi instrumenti i sklopke za kontrolu i upravljanje postrojenjima. Alarmni uređaji i uređaji veza smješteni su na komandnom stolu.

Instrumentacija i uređaji za signalizaciju pogrešaka su isti za sve strojeve, bez obzira na njihovu udaljenost od centralne komande. Signali dolaze preko releja grupno do komande, dok svaka strojarnica-elektrana prima sve signale pojedinačno. Većina postrojenja je na električni pogon (preko kabela). Komunikacione veze između centralne komade i pojedinih elektrana su provedene djelomično VF uređajima preko 300 kV vodovima, a djelomično pomoću kabela.

Čak i kod korištenja grupnog sistema broj signala do centralne komande može biti vrlo velik. Kod većeg raspada često je teško ustanoviti vrijeme i slijed pogrešaka (uzroka). Da se to zna, instalirani su automatski registratori u dodatku registratorima pogrešaka, koji registriraju sve važne naloge iz komande, i uklop-isklop prekidača 13 i 300 kV.

Zbog opisanog uređaja nadzora i upravljanja, samo centralna komanda ima permanentnu službu. Ostala postrojenja su bez posade izuzev personala za inspekciju i održavanje.

Izgleda nevjerojatnim da se pogon ovog kompleksa može još pojednostavniti, no instalacija jednog kompjutora, radi optimalizacije pogona i automatskog upravljanja sistema, je u toku razmatranja.

Rekonstrukcija starih elektrana

U prošlih 60 godina firma »Norsk-Hydro« je izgradila 5 elektrana uzduž jedne rijeke u dolini Vestfjord. Ukupna visina (pad) je 830 m, i u potpunosti je iskorištena. Kada su elektrane »Vemork« i »Saheim« puštene u pogon 1911. odnosno 1916. godine, spadale su među najveće na svijetu. Obje elektrane su bile opremljene malim jedinicama, kao što je to tada bilo uobičajeno. Padovi su 300 odn. 275 m, a Pelton turbine su bile jedina solucija u to vrijeme. Svaka turbina je bila priključena na svoj vlastiti tlačni cjevovod.

Korisnost, koja je već u početku bila mala (za današnje pojmove), postepeno je padala kao rezultat istrošenosti, pa su troškovi održavanja porasli.

Poslije detaljnih razmatranja, tri od devet agregata u elektrani Saheim su zamijenjena jednim velikim vertikalnim agregatom s Francis turbinom 1959. godine, a slijedeća tri sa sličnim agregatom 1961. godine. Dva sloga od po tri tlačne cijevi su međusobno priključena, pa tvore glavni cjevovod za dvije nove turbine. Rezultat tih izmjena bilo je neprekidanje rada (proizvodnje) ostalih jedinica.

Svi iskopi i betoniranja i instalacija strojeva, bili su izvedeni za vrijeme dok su ostali agregati radili pod punim opterećenjem. Velika je pažnja i briga posvećena miniranjima, koja su trebala biti provedena neposredno uz postrojenje u pogonu, i na većoj dubini uz odvodni kanal postojećih agregata. Bilo je znatnih propuštanja vode kroz stijenje, pa su kod betoniranja poduzete naročite mjere. Izvedba je bila vrlo uspješna i svaki od novih agregata proizvodi uz isti protok 8300 kV snage više, od tri izmijenjena agregata.

Tri agregata su još ostala, i za sada se još ne predviđa njihova zamjena.

U elektrani »Vemork« postoji 11 agregata, svaki sa svojim tlačnim cjevovodom. Ova elektrana proizvodi isključivo istosmjernu struju za potrebe elektrolize. Druge moderne metode produkcije diktiraju rekonstrukciju ove elektrane s generatorima izmjenične struje. Stanje agregata je također loše, tako da su potrebna znatna održavanja i veliki broj posluge. Suočeni s tim problemima, nužna su bila zamašna istraživanja i to za cijeli sistem hidroelektrana u Vestfjordu radi pronalaženja najboljeg rješenja za svaku elektranu, tj. za rijeku u cjelini, kao i da se vidi kako će cijena snage i radni program utjecati na rezultat. Alternative s uvođenjem kompletnih novih elektrana, kako bi se iskoristio pad postojećih, također su preispitane.

Za rješenja, odnosno, pronalaženje rješenja nužna je bila upotreba kompjutora.

Na temelju cijene snage i potrebnih sredstava, bilo je odlučeno da se prihvate dvije alternative, gdje se uzima u obzir rekonstrukcija elektrane »Vemork«.

1. minimum rekonstrukcije postojećih agregata, tj. osposobljavanje agregata za proizvodnju izmjenične struje. Potrebna sredstva 3,5 mil. US $ (43,7 mil. d).
2. izgradnja novog postrojenja tj. s novim vodnim komorama, tlačnim cjevovodima, i novom strojarnicom sa 2 nova vertikalna agregata s Francis turbinama. Potrebna sredstva oko 9,9 mil. US $ (114 mil. d).

Kao što se vidi, razlika u potrebnim sredstvima bila je znatna, no i dodatna moguća proizvodnja se također znatno razlikovala tj. za 36 GWh po alternativi 1, i za 190 GWh po alternativi 2.

Kalkulacija godišnjih troškova kapitala, troškova pogona i održavanja u komparaciji s očekivanim dohotkom, pokazala je da je alternativa 2 malo pogodnija od alternative 1, no ta konstatacija još uvijek nije bila dovoljna za donošenje odluke. Činjenice koje su utjecale na donošenje odluke bile su slijedeće:

Materijal starog tlačnog cjevovoda, koji je bio predviđen da i dalje služi po alternativi 1, bio je u relativno slabom stanju. Čelik je postao krhak, a cjevovod je nekoliko puta oštećen u drugom svjetskom ratu (bombardiranje).

Popravci su bili izvedeni s materijalom koji je tada bio na raspolaganju, pa su se kasnije javljale raspukline na popravljenim mjestima. Upravo zbog navedenih razloga odlučeno je da se izgradi nova elektrana Vemork. Radovi su započeti godine 1969.

Cjelokupno postrojenje bit će smješteno ispod zemlje, uzduž starog vanjskog postrojenja. Topografija terena zahtijeva smještaj novih vodnih komora unutar jedne od starih, a iskop do nje je izveden ispod postojećeg glavnog tunela. Galerije su izbušene prema gore do priključka na postojeći tunelski sistem. Tlačni cjevovod (tunel) bit će 3,6 m∅ obložen čelikom, koji će zamijeniti postojećih 11 vanjskih tlačnih cjevovoda.

Strojarnica će biti izvedena na uobičajeni način sa zavješenim stazama mosne dizalice na lučne stropne zaštite (obloge). Zidovi će biti neobloženi i transformatori smješteni ispod poda hale između agregata. Staro postrojenje će ostati u pogonu, do završetka novog u XI mj. 1971. godine. Da se priključi novo postrojenje na stari tunelski sistem, i na izlazni tunel bit će potrebno 10 dana.

Ova dva primjera su iznesena da bi se vidjelo kako se u Norveškoj pristupa rekonstrukcijama starih postrojenja, za što postoji sve više zahtjeva, koji će se provesti u bližoj i daljnjoj budućnosti. Planiranje i projektiranje rekonstrukcija starih postrojenja jednako je važno, kao i planiranje i projektiranje novih.

Priredio: D. Ružić, dipl. ing.

OPTIMALNE VELIČINE BUDUĆIH HIDROELEKTRANA U MJEŠOVITOM ENERGETSKOM SISTEMU

Razvoj novih hidro-elektroenergetskih postrojenja, koja će moći zadovoljiti sve veće i veće zahtjeve za elektroenergijom, može se provesti jedino velikim investicionim ulaganjima. Ova činjenica, kao i ograničena sredstva, prisiljavaju projektante hidropostrojenja da ulože mnogo truda da bi postigli optimum svakog projekta.

Najviše korištena metoda za optimizaciju je kalkulacija granične vrijednosti profita za kompleksne sisteme, kao i za različite dijelove projekta. To znači da je veličina svakog dijela projekta postavljena tako, da investicije u taj dio daju godišnji povratak jednak željenom profitu (obično 9%).

Donedavno, ove su kalkulacije vrijedile za projekt sam, bez obzira na cjelokupni energetski sistem. Razlog tome, bila je specifična struktura norveškog energetskog sistema, koji je baziran isključivo (preko 99%) na hidroenergiji i bio koncentriran na pojedinim područjima, tzv. »pool« — regija. Između ovih regionalnih sistema nisu postojale gotovo nikakve veze. Karakteristično je za ta područja da su varijacije u dotoku iz godine u godinu podjednake za sva postrojenja unutar područja (jugoistočna Norveška).

Svaki novi projekt u sistemu treba osigurati isporuku »primarne energije« prema mogućoj produkciji, koja treba biti osigurana u 90% svih godina. S obzirom na to, ostatak produkcije (višak) može biti samo djelomično disponiran kao »sekundarna energija« npr. za napajanje električnih kotlovskih postrojenja itd. Prema pretpostavljenim cijenama za primarnu i utrživu sekundarnu energiju može se odrediti godišnji prihod za svaki kWh, i onda ovu vrijednost upotrijebiti u kalkulaciji »marginalne«, granične vrijednosti svakog dijela projekta.

Nakon uvađanja elektroničkih računala (60-tih godina), ovaj je postupak postao mnogo stručniji, boljim

i obimnijim programiranjima, koja omogućuju simulaciju rada i produkciju projekata kod hidroelektrana, na osnovu višegodišnjih podataka. Proračuni uz pomoć elektroničkih računala razvili su se posljednjih godina tako, da je danas moguće prikazati rad velikih energetskih projekata nekoliko elektrana u nizu duž nekog vodnog toka.

Programi mogu biti razrađeni tako, da su upotpunjeni pumpnim postrojenjima koja akumuliraju ljetne pretičke vode u akumulacijama na višim nivoima radi povećanja zimske proizvodnje u predviđenom projektu. Nadalje, mogu se uzeti u račun varijacije visina svakog proizvodnog postrojenja, prouzročenog varijacijom vodnog nivoa u gornjim i donjim akumulacijama.

Elektronička računala su u potpunosti zamijenila ogroman ljudski rad, što ga je trebalo ranijih godina uložiti, da bi se dobile mogućnosti proizvodnje energije za više godišnjih razdoblja. Danas je moguće proizvesti daleko više tačnijih istraživanja s obzirom na mogućnost obrade velikog broja alternativa, koje se razmatraju pri otkrivanju hidroenergetskih potencijala unutar danog područja.

Programiranja služe zato da bi se ustanovile marginalne vrijednosti pri izmjenama različitih parametara koji tome podliježu, kao npr.:

— veličina akumulacije,
— veličina elektrane,
— presjeci tunela,
— obuhvat daljnjih zahvatnih područja,
— obuhvaćanje pumpnih postrojenja.

Glavne slabosti u takvom programiranju su, uzimanje u obzir samo projekta, bez obzira na cjelokupni energetski sistem. Zato je nemoguće odrediti veličinu produkcije primarne energije u projektu, koja se može izvesti u vrijeme viška energije u čitavom sistemu. Nadalje, ne može se tvrditi količina sekundarne utržive energije, niti odrediti količina i cijena energije potrebne, odnosno raspoložive, za pumpanje.

Posljednjih godina provedena su čvrsta povezivanja mreže između različitih područja u Norveškoj, i povezivanje Norveške i Švedske. Norveška je do danas iskoristila oko 50% cjelokupnog hidroenergetskog potencijala, koji se može koristiti unutar razumnih troškova, a ostatak treba iskoristiti u slijedećih 10—15 godina, da bi se zadovoljila povećana potreba za energijom.

Zbog toga je potrebno, da se unutar nekoliko godina obuhvati izgradnja termo i nuklearnih izvora u elektroenergetskom sistemu Norveške, tj. da se sadašnji hidroenergetski sistem promjeni u »mješani« elektroenergetski sistem. Ova tendencija nameće potrebu za modelima i elektronskim programiranjem, koje može predočiti rad cijelog sistema: hidroelektrane, termoelektrane i nuklearne elektrane.

U posljednje dvije godine razvijen je model i kompjutorski program, koji daje sasvim prikladan prikaz svake elektrane unutar sistema, u odnosu na njezine mogućnosti proizvodnje. Dosad postoji model za jednu verziju koja uključuje 400 elektrana u »seriji« i »paraleli«.

U račun su uzete termo i nuklearne elektrane, i uvozne i izvozne mogućnosti energije. Sada je u norveškom državnom elektroenergetskom sistemu u razmatranju posebni program za optimizaciju sistema.

Prema projektu godišnja će proizvodnja iznositi 55 TWh, snaga od oko 2.000 MW, a obuhvaća pumpnu akumulaciju za oko 650 MW. Može se također obuhvatiti jedna velika akumulacija za više od 10 TWh. Glavni problem ovog projekta je utvrđivanje optimalne veličine akumulacije.

Obrada proračuna bila je obavljena uz pomoć niza simulacija (predočenja) za razdoblje od 30 godina (1920—1950), s raznim kapacitetom akumulacije. To je omogućilo proračune marginalnih porasta isporuke primarne energije iz cjelokupnog sistema u funkciji povećanja kapaciteta akumulacije. Nadalje, bilo je provedeno niz simulacija na bazi konstantnog kapaciteta akumulacije u funkciji povećanja kapaciteta termo postrojenja. Na taj način je bilo moguće ustanoviti marginalne troškove prouzrokovane povećanjem isporuke primarne energije.

Odluka o optimumu veličine akumulacije može biti donesena, bilo da se pretpostavi korist iz povećane isporuke primarne energije na temelju akumulacije, bilo postavljajući ovu vrijednost povećanja isporuke jednaku narginalnim (podnosivim) troškovima dobave primarne energije iz termopostrojenja.

Na taj je način bilo moguće kalkulirati marginalni profit kod različitih kapaciteta akumulacija, pa je izabran kapacitet akumulacije, koji je iskazao dobit od 9%.

Izvod iz predavanja što ga je pod ovim naslovom održao 22. V 1970. Mr. Johan A. RIVERTZ — Norvegian Water Resources and Electricity Board iz Osla.

D. Ružić, dipl. ing.

SITUACIJA PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE U PODRUČJE ZAGREBA, 1973.

Detaljniji računi prijenosa između užih područja izrađeni su na elektroničkim računalima u Ljubljani i Beogradu, u elaboratu Superponirana mreža Jugoslavije 1973, 1975. i 1980. što su ga izradila tri instituta. Elaborat je izrađen 1968. i mnoge su se prepotsavke računa promijenile. Pokušat ćemo dati grubu ocjenu situacije prijenosa u šire područje Zagreba, analizirajući pojedine promjene i njihove utjecaje na prijenos. Razmatrat će se samo 1973. g., jer je poznato da će tada u Jugoslaviji biti veliki viškovi energije, dok će kasnije biti sve manji, da bi 1975. nestali, uglavnom radi velikog porasta konzuma (aluminij) i težih financijskih uvjeta izgradnje novih izvora.

Konzum 1973.

Za područje Zagreba, bez Slavonije, ova tablica pokazuje porast konzuma.

U elaboratu »*Superponirana mreža*« računalo se za 1973. sa

3300 GWh prag prijenosa
620 vršnog opterećenja u XII sjesecu,

pa se vidi da, što se tiče Zagreba, podatak konzuma u elaboratu zadovoljava.

Kod ostalih područja Jugoslavije, veći utjecaj će imati ulazak u pogon novih tvornica aluminija, pa to treba razmotriti.

Ulazak nove potrošnje aluminija u bilancu po JUGEL-u u GWh, (izvještaj od 16. 4. 1970).

	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.
AL — Titograd	900	900	900	900	900
AL — BiH				1000	2000
AL — Dalmacija					1000
FENI — Kavadarci			560	1120	1120
	900	900	1460	3020	5020

Prema elaboratu triju instituta:

	1963.	1975.	1980.
AL — Titograd	826	826	1652
AL — BiH	550	812	1050
AL — Dalmacija	1000	1200	1300
AL — Kavadarci	600	1370	1370

Prema najnovijim informacijama, s kojima u ZJE još nisu raspolagali, dalmatinski aluminij će se koristiti 1973, s novom potrošnjom iako ne u punoj veličini od 1000 GWh.

Uglavnom se može reći, da podaci u elaboratu za aluminij odgovaraju, iako će po svoj prilici, bosansko-hercegovački doći poslije 1973.

Izvori 1973.

Vlastiti izvori područja, prag

HE Gojak	48 MW
TE-TO Zagreb	59 MW
TE Sisak	200 MW
TE Jertovec	35 MW
ukupno:	342 MW

Vlastiti izvori, nakon odbitka rezerve od 15 % u termoelektranama:

HE Gojak	48 MW
TE-TO Zagreb	50 MW
TE Sisak	170 MW
TE Jertovac	30 MW
ukupno:	298 MW

U bilanci elaborata »Superponirana mreža« korištene su termoelektrane po redoslijedu ekonomičnosti čitavog sistema Jugoslavije, pa TE Sisak ima broj prioriteta 14, a Jertovec 41. Samo agregat A TE-TO Zagreb ima prioritet broj 1, dok već agregat B ima broj 36. Iz ovoga proizlazi da u vršnom opterećenju u doba najvećeg prijenosa energije iz drugih područja, a to je u elaboratu od veljače 1973, TE Sisak, TE Jertovec, kao ni agregat B TE-TO Zagreb nisu u pogonu. Međutim, obuhvaćena je već HE Varaždin, što kako znamo izostaje, pa to treba uzeti u obzir kod daljnjih razmatranja.

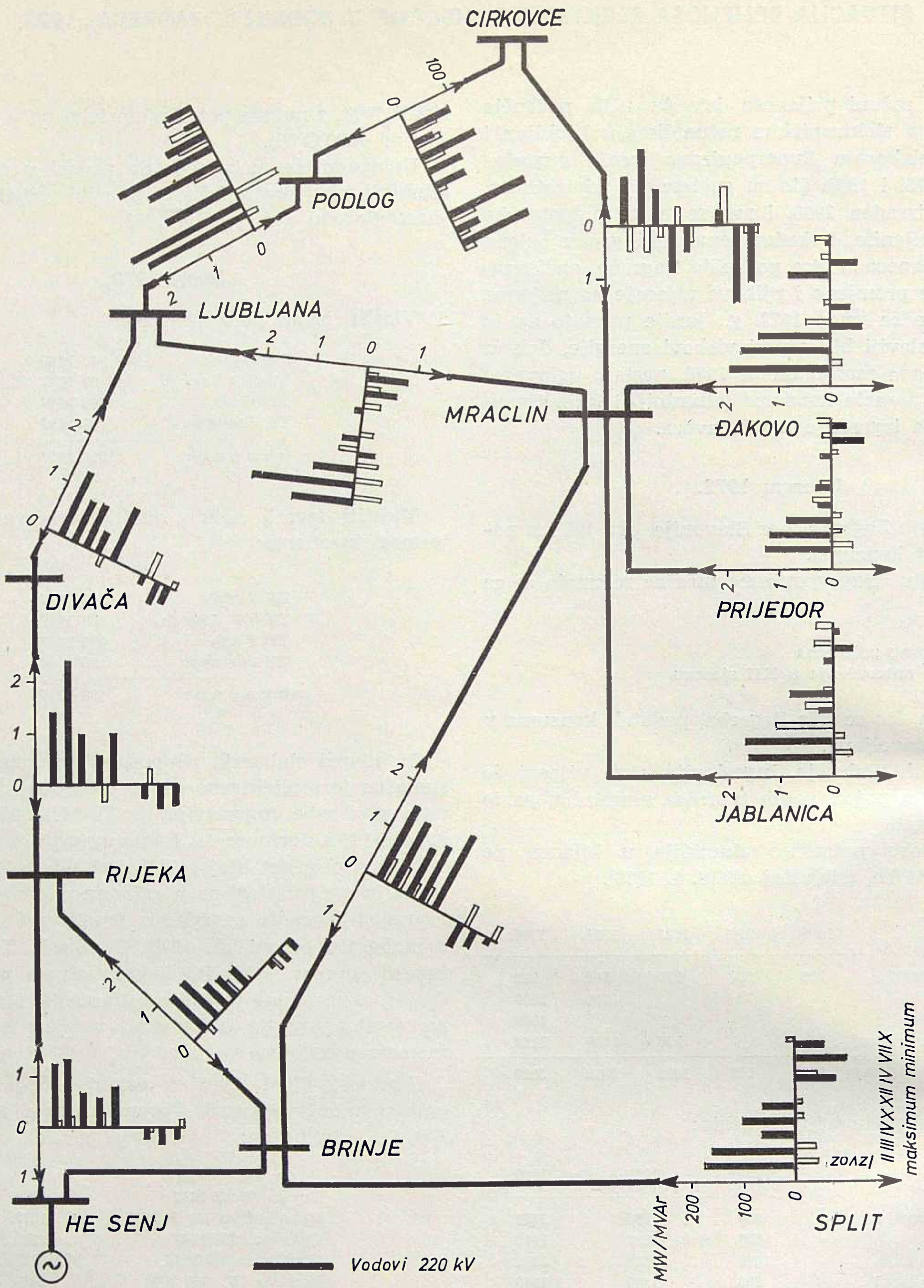
Pretpostavljeni izvori u ostalim regijama u 1973. uglavnom će se ostvariti i prema najnovijim podacima ZJE ići će u pogon:

Tuzla III, 200 MW	1970.
Tuzla IV,200 MW	1972.
Grančarevo II, 54 MW	1972.
Orlovac, 237 MW	1972.
Mratinje, 360 MW	VII 1973.
Kosovo IV, 200 MW	1970.
Šoštanj III, 275 MW	1971.
Obrenovac I, 200 MW	1970.
Obrenovac II, 200 MW	1971.
Đerdap, 1000 MW	1971/1972.

Eenergetska bilanca Zagreba od 1971—1975.

	1971.		1972.		1973.		1974.		1975.	
	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW
Potreba konzuma	2816	489	3100	541	3379	591	3712	651	4047	711
Proizvodnja HE + TE*	2149	373	2104	373	2054	373	2002	373	2612	459
Manjak	—667	—116	—996	—168	—1325	—218	—1710	—278	—1435	—252

* Kod proizvodnje HE i TE računalo se samo s postojećim elektranama, uključivši HE Dubrovnik 22% i od 1975. HE Varaždin. Faktor rezerve za TE je 15%, a sigurnost opskrbe potrošnje 90%.



Superponirana mreža SFRJ. Zapadna zamka u 1973.

Neće ući u pogon, a u elaboratu je prikazan, Dubrovnik II, 216 MW. Mratinje ulazi tek u srpnju 1973. što znači manjak raspoložive snage u veljači 1973, kad se u elaboratu predviđa najveći prijenos u Zagreb. Što će nepredviđeno ući u pogon 1972. Kosovo V, neće pomoći zapadnom sistemu, jer su prijenosne veze iz istočnih regija na zapad više nego slabe.

Prijenosni kapaciteti 1973.

Za prijenos energije u područje Zagreba, konkretnije u glavnu čvornu tačku Mraclin, 220 kV, i čvornu tačku 110 kV Rakitje, postoje mnogi vodovi koji se potpuno ili djelomično mogu upotrijebiti za taj prijenos. Prijenosne moći ovih vodova, radi ilustracije, označit će se granicama zagrijavanja, premda u konkretnim prilikama prenošene snage znatno variraju, jer ovise o mnogim uvjetima.

220 kV	Brinje — Mraclin	400	MVA
220 „	Kakanj — Mraclin	260	„
220 „	Rama — Mraclin	260	„
220 „	Cirkovci — Mraclin	260	„
2 × 110 „	Jajce — Mraclin	80	„
2 × 110 „	Vinodol — Rakitje	80	„

Koliko će se stvarno vodovima 220 kV moći prenijeti u raznim pogonskim situacijama izračunato je, kako je već rečeno, za 1973, 1975. i 1980. na računalima u Ljubljani i Beogradu, a naknadno još i nekoliko varijanti za 1975. na elektroničkim računalima Elektro-tehničkog fakulteta u Zagrebu, u pojednostavljenom opsegu.

Za 1973. računalo se s vodom 220 (380 kV) Mraclin — Đakovo — Obrenovac, odonsno alternativno Mraclin — Tuzla — Obrenovac i Mraclin — Ljubljana, od kojih vjerojatno ni jedan neće biti do tada gotov, pa će se i to razmotriti.

Prijenosne prilike u 1973.

Prijenosne prilike u ovoj godini obrađene su prvenstveno u Ljubljani. Prema rezultatima računa, prenosilo bi se za potrebe Zagreba 257—440 MW po danu, odnosno 17—260 MW noću, i to uz optimalni raspored rada termoelektrana u jugoslavenskom sistemu, po kojem u doba najvećih prijenosa u veljači za hidrologiju 1974. ne bi radile TE Sisak, TE Jertovec i agregat B TE-TO Zagreb. Za potrebe Zagreba, Rijeke i Slovenije prenosilo bi se s juga, centra i istoka ukupno 135—640 MW po danu, i 127—426 MW noću, ali ni tada ne bi radile spomenute termoelektrane, a niti TE Šoštanj B i C, TE Plomin, i još neke druge termoelektrane. Prijenos unutar zapadne zamke prikazan je na slici.

Ako se malo zadržimo na ovim rezultatima, iako sve pretpostavke računa neće biti ostvarene (HE Varaždin, vodovi), možemo vidjeti, da se ove snage prijenosa mogu znatno smanjiti, ako će se nakon temeljitih računa pokazati da je ekonomski opravdanije držati u pogonu neke od ovih termoelektrana, to više, što u elaboratu nisu ušli u obzir troškovi prijenosa.

Navodimo elaborat str. 15—17:

»Prema tome se može sniziti maksimalni prijenos prema zapadu u normalnom pogonu, no pita se koje se elektrane na zapadu mogu angažirati, a da njihovi troškovi proizvodnje ne budu veći od troškova proizvodnje u jeftinim termoelektranama centra i istoka. Takvo je razmatranje na mjestu samo u slučaju ako je u pitanju gradnja novog voda. Kako pokazuju podloge, povećani manjak se uz neangažirane termoelektrane javlja najčešće prva tri mjeseca u godini tj. 2100 sati, pa bi za to iskorištenje trebalo, ili sagraditi vod, ili staviti u pogon nešto skuplje termoelektrane.

Da se o tome dobije neka predodžba, može se izvesti grubi račun za prijenos od najbližeg većeg izvora (TE Tuzla) do najbližeg velikog konzumenta (TS Mraclin) oko 250 km. Računamo li da vod 220 kV stoji 25.000 000 s Din/km, s prijenosnom moći oko 150 MW u zdravom pogonu uz stopu godišnjih troškova od 10% dobijemo da stalni godišnji troškovi voda iznose 6,250.000 s DIN.

Uz navedeno iskorištenje od 2100 sati vod bi godišnje prenio 315 GWh, a 1 kWh bio bi opterećen troškovima od oko 2,0 SDin. Kako su troškovi goriva TE Tuzla II (L 1) 4,33 SDin/kWh još se isplati na zapadu držati u pogonu elektrane čiji su troškovi goriva oko 6,3 SDin/kWh. No, pri tom treba istaknuti da su zanemareni gubici prijenosa i usporedba sigurnosti pogona, a osim toga je u račun uzeta minimalna dužina voda, pa su prema tome dobiveni troškovi sigurno na donjoj granici.

U grupu elektrana s troškovima goriva do 6,3 SDin/kW spadaju elektrane na zapadu:

TE Šoštanj B i C	49,0 MW (na pragu)
TE Plomin	96,5 MW
TE Sisak	159,8 MW
	305,3 MW

Kako je ukupni manjak snage 646 MW, stavljanjem u pogon navedenih elektrana, manjak se smanjuje na 341 MW. Treba međutim pogledati da li se pod ovim uvjetima maksimalni prijenos ne pojavljuje u kojem drugom pogonskom slučaju. Iza II mjeseca najveći se manjak u zdravom pogonu javlja u IV mjesecu u iznosu od 372 MW. Budući da su tada neangažirani samo mali i neekonomični agregati (ukupne snage od 86 MW), to je 372 MW minimalna snaga s kojom se za prijenos prema zapadu u zdravom stanju mreže treba računati. Posebno je pitanje ispad agregata i izvoz.

Ako u pogonskom stanju za II mjesec rade termoelektrane na zapadu povećanom snagom od 305 MW, moraju elektrane centra smanjiti proizvodnju za istu snagu, pa bi u tom slučaju trebalo zaustaviti ove agregate:

TE Tuzla III	156,4 MW (na pragu)
TE Tuzla II	76,5 MW
Kakanj III	86,0 MW
	318,9 MW

TE Tuzlu III, međutim, ne bi trebalo zaustaviti jer navedeni odnosi vrijede za izravnane snage u sistemu bez gubitaka, koji se pokazuju tkom mjerenja, a za njihovo pokrivanje mogla bi služiti TE Tuzla III«

Kao što se vidi, ako se računa zdrava mreža bez izvoza, onda pogonsko stanje II mjeseca, unatoč velikih manjkova koji se pojavljuju, nije mjerodavno za utvrđivanje vodova prema zapadu.

U ostalim mjesecima manjak ne prelazi 370 MW. U maksimumu X mjeseca, kad su sve termoelektrane u pogonu, manjak je samo 136 MW.

Zaključak koji možemo iz ovoga izvući je, da će se prijenos prema Zagrebu kretati u graničnim slučajevima oko 440 MW, u što je već uračunat izostanak HE Varaždin.

Radi potpunosti navodimo, da su mogućnosti prijenosa uz granične uvjete napona, stabiliteta i sigurnosti, kontrolirane po principima što ih je usvojila komisija naručioca, tj. ZJE, i da su uglavnom zadovoljeni, uz neka odstupanja u pojedinim pogonskim slučajevima. U pogledu bilance jalove energije, račun je u elaboratu proveden uz niz približenja, pa bi trebalo pobliže razmotriti čvorište Zagreb u tom pogledu, jer je manje instalirane snage na tom području nego što je bilo računato, tj. bez HE Varaždin.

Problem, koji sada nastaje, jest pitanje da li se snaga od oko 440 MW može prenijeti s postojeća tri

voda 220 kV — odnosno samo s dva, ako je jedan ispao. Drugim riječima bez izgradnje voda 220 (380) kV Mraclin — Đakovo i bez voda 220 (380) kV Mraclin — Ljubljana plasirati potrebnu snagu dalje u Sloveniju.

U pogledu prijenosa do Zagreba može nam pomoći i elaborat Instituta za elektroprivredu u Zagrebu: »Utjecaj gradnje elektrana na zapadu na jugoslavensku superponiranu mrežu« izrađen 1969, kao i naknadna ispitivanja, ove godine, na računalu Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu, po narudžbi Elektroprivrede — Zagreb. U ovim najnovijim ispitivanjima razmotrene su prilike prijenosa s konzumom 1975, s nešto pojednostavljenom mrežom i uz varijacije izgradnje izvora i vodova, pa su tražene maksimalne mogućnosti prijenosa iz BiH-a u područje Zagreba. Ostali uvjeti pogona mreže su kao i kod ranijeg elaborata. Pokazalo se, da se kod zdrave mreže s *postojećim vodovima 220 kV*, bez učešća vodova 110 kV, može računati s *mogućnošću prijenosa prema Zagrebu s 568 MW*, ali je potrebno na zagrebačkom području dodati još znatne reaktivne snage, reda veličine 100 MVA-r, što bi trebalo još tačnije utvrditi. Također bi još trebalo izračunati mogućnosti prijenosa kod pojedinih vodova 220 kV u kvaru, ali tada uključiti u rezervnu dobavu i mrežu 110 kV. Također se može računati kao s vjerojatnom rezervom i dobava iz susjednih zapadnih zemalja preko 220 kV u SUDEL-prstenu. S druge strane, veze s BiH-om ne mogu koristiti za isto takvo ispomaganje iz izvora istočnog dijela države, gdje u kratkom roku (1970—1973) ulazi u pogon 2000 MW (Đerdap, Obrenovac i Kosovo), jer su veze između centralnog i istočnog dijela jugoslavenskog sistema slabe. Postoji samo vod 220 kV Trebinje — Titograd — Bajina Bašta i lokalni vod 110 kV Tuzla — Zvornik, što je s obzirom na snage koje se obostrano povezuju, vrlo malo. Ako bi se uzelo da bi veze trebale imati samo 10 % instaliranih snaga mreža koje se vežu, onda bi za ova dva sistema, koji će 1973. imati okruglo 7 900 MW, trebalo *hitno* sagraditi vodove prijenosne moći oko 600 MW, računajući da Titograd — Bajina Bašta može prenositi oko 200 MW. S gledišta zagrebačkog područja bilo bi dobro kad bi se izgradila jedna odgovarajuća veza naponom 380 kV sa sistemom Srbije, jer bi se time mogućnosti ispomaganja daleko poboljšale, a bili bi stvoreni i neophodni preduvjeti za uključivanje nuklearnih elektrana koje traže snažnu mrežu.

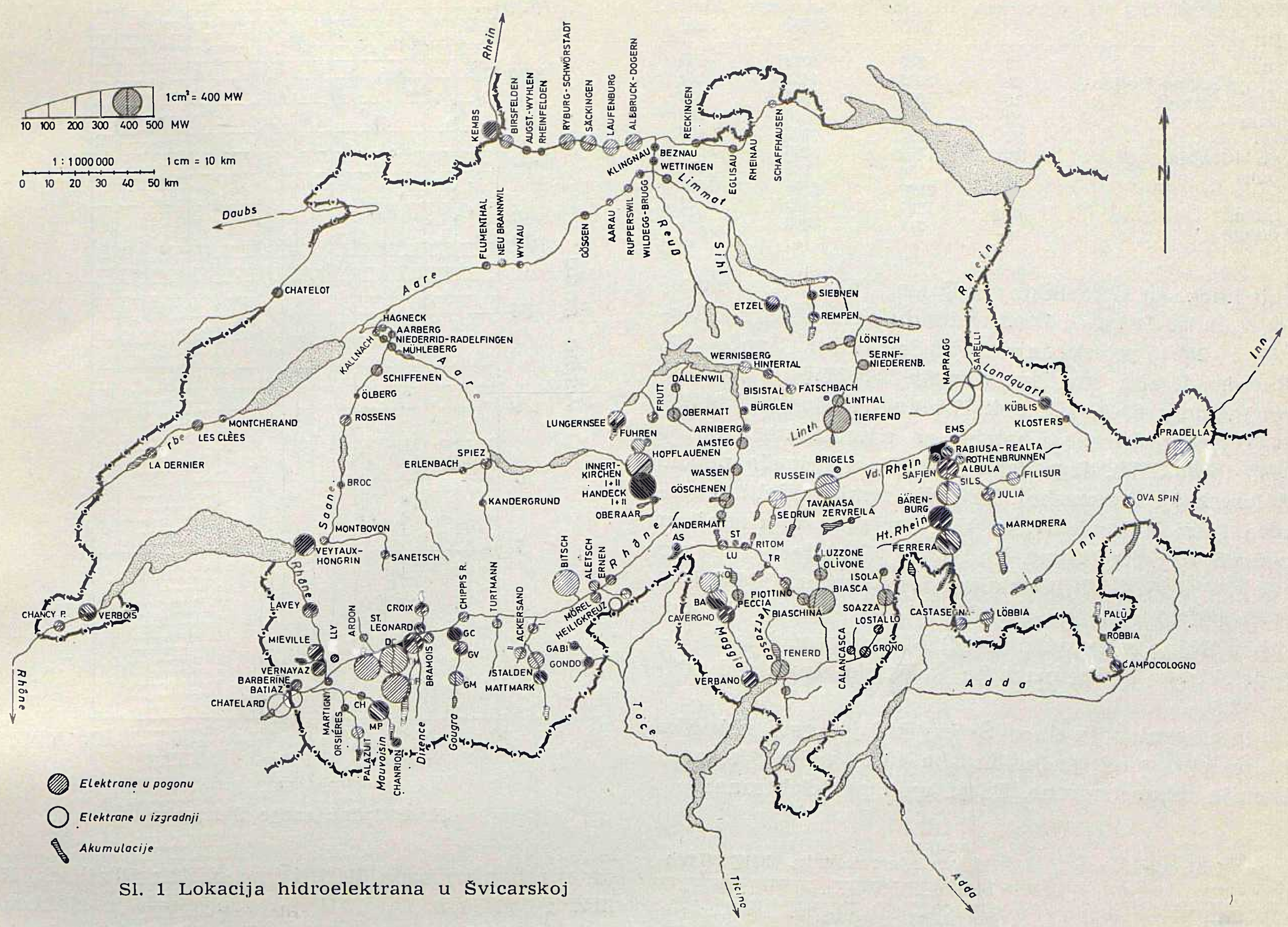
Zaključci

U pogledu pogonsko-tehničkih problema prijenosa energije iz ostalih područja u zagrebačko, može se zaključiti slijedeće:

1. Zdrava, postojeća mreža 220 kV može zadovoljiti i najekstremnije potrebe prijenosa do 1973, ali treba najhitnije analizirati potrebe reaktivnih snaga u zagrebačkom području, uključujući tu i bilančne rezerve, i razmotriti rješenja za nove instalacije.
2. U pogledu situacija kod ispada dijelova mreže ili izvora iz pogona treba još detaljnije ispitati prilike za iduće godine, po mogućnosti i na dinamičku stabilnost.
3. Treba poduprijeti nastojanje ZJE da se što prije izgrade prioritetni dijelovi prstena 380 kV, naročito veze između istočnog i zapadnog dijela elektroenergetskog sistema Jugoslavije.

Borivoj Baranović

HIDROPOTENCIJAL ŠVICARSKE I NJEGOVO ISKORIŠTENJE



Sl. 1 Lokacija hidroelektrana u Švicarskoj

U Švicarskoj je vodna snaga gotovo jedini domaći izvor energije. Dok u svim susjednim zemljama, pa čak i u Austriji koja je također alpskog karaktera, postoje vlastiti izvori energije, ugljen, nafta i zemni plin, u Švicarskoj ovih izvora nema. Elektricitet ima široku i vrlo veliku primjenu u privrednom i društvenom životu Švicarske. Ona je danas s prosječnom potrošnjom od 4200 kWh godišnje po stanovniku na trećem mjestu u Evropi, iza Norveške i Švedske.

Bruto hidropotencijal švicarskih rijeka procjenjuje se na 144 TWh. Prema procjenama izvršenim oko 1960. od toga je po prilici jedna četvrtina ekonomski iskoristiva, što iznosi odprilike oko 35 TWh. Proizvodnja električne energije u hidroelektranama bila je 1968. 29,4 TWh, a ta je godina bila izuzetno vlažna, dok je u 1969. koja je bila sušna, proizvodnja iznosila 28,4 TWh. To znači da je oko 90% ekonomski iskoristivog hidropotencijala već iskorišteno. S postrojenjima koja su u gradnji popet će se u slijedećih pet godina mogućnost proizvodnje u normalnoj godini na 31,5 TWh.

Prema jednoj obavijesti sa svjetske energetske konferencije u 1969, u Švicarskoj su sveukupne potrebe svih vrsti energije pokrivene iz zemnog plina i nafte 67%, iz vodnih snaga 22%, iz ugljena 8% i drva 3%. Električna energija skoro se u potpunosti poklapa sa udjelom vodnih snaga, jer je svega 4% proizvedene električne energije (1,2 TWh) proizvedeno u kaloričkim elektranama. Treba znati da u Švicarskoj postoji samo jedna termoelektrana na loživo ulje. To je postrojenje Vouvry od 300 MW u blizini rafinerije Collombey. Postoji mišljenje da ovakve termoelektrane više ne treba graditi i zato je počela izgradnja nuklearnih termoelektrana. Prva takva elektrana Beznau I je krajem 1968. ušla u pogon sa 350 MWe, a druga, Beznau II sa 656 MWe je u gradnji. Ostale nuklearne elektrane su u stadiju planiranja i projektiranja.

Analizirajući pojedine tipove potrošnje električne energije u toku posljednjih 15 godina, pokazalo se da potrošnja električne energije u tom razdoblju prepušta u industriji vodeću poziciju potrošnji u kućanstvima i obrtu:

kućanstva, obrt i trgovina	44 %
saobraćaj	7 %
industrija	20 %
elektrotermička industrija	16 %
elektropeći	2 %
gubici	11 %

U Švicarskoj je u pogonu ili u gradnji oko 160 hidroelektrana koje su veće od 10 MW instalirane snage. Od toga 68 imaju akumulaciju. Neka postrojenja novijeg datuma rađena su kao pumpna postrojenja. Na sl. 1 pokazana je karta s veličinama instaliranih snaga hidroelektrana u Švicarskoj većih od 10 MW.

Pogled na popis svih ovih hidroelektrana pokazuje da ima razlika u padu, protoku vode i akumulaciji. Sve elektrane spadaju u deset oblasti, prema rijeci ili jezeru kojem gravitiraju. U tablici 1 je pregled tih oblasti. Nekoliko hidroelektrana je Švicarska izgradila

Tablica 1

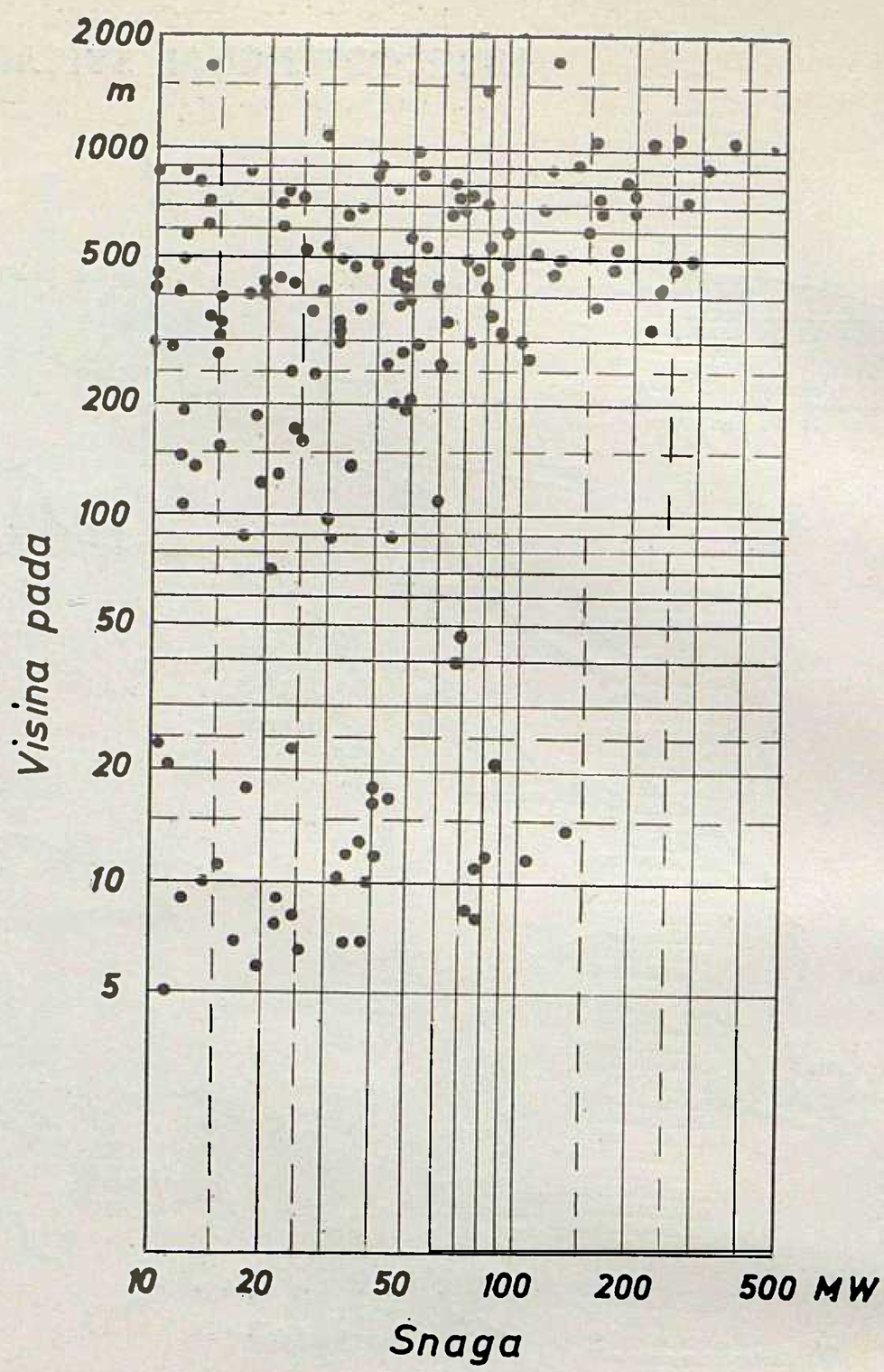
Rijeka (područje)	Broj elektrana	Instalir. ukupno MW	Godina proizvodnje GWh	Akum. hm^3
Inn	2	388	1004	164
Gornja Rajna-Boden j.	20	2095	4467	574
Linth-Limmat	10	638	1094	387
Reuss	13	476	1673	148
Aare	33	1095	4609	463
Donja Rajna	12	736	5250	—
Doubs	1	30	100	16
Rhone	40	3245	8768	1220
Tessin	24	1537	4422	307
Addage	5	219	642	101

zajednički sa susjednim zemljama. Tako npr. elektrane Rabuisa-Realta i Ferrera imaju akumulaciju u Italiji i 20% proizvodnje pripada Italiji. Inače HE Rabuisa-Realta ima instaliranih 225 MW i godišnju proizvodnju 234 GWh, dok HE Ferrera ima 235 MW i 663 GWh. Elektrana Chatelot na rijeci Doubs ima 30 MW i 100 GWh. Izgrađena je 1953, a pripada popola Švicarskoj i Francuskoj. Te dvije zemlje dijelit će popola i tri hidroelektrane koje su sada u gradnji u području rijeke Rhone. To su HE Chatelard-Emosson 192 MW i 284 GWh, Chatelard-Les-Esserts 50 MW i 40 GWh i HE La Batiaz sa 160 MW i 310 GWh. Na donjem dijelu Rajne, na granici sa SR Njemačkom, ima 12 hidroelektrana u kojima udio Švicarske iznosi od 20% do 92,8%.

Interesantno je da u Švicarskoj još radi nekoliko hidroelektrana izgrađenih prije 1900. godine, koje su kasnije rekonstruirane. To je ovih pet elektrana:

hidroelektrana	godina izgradnje	rekonstr.	MW	GWh
Bürglen	1895.	1967.	22	104
Spiez	1899.	1925.	21	62
Wynan	1896.	1937.	11	67
Aarau	1894.	1959.	17	125
Rheinfelden (50 % SRNJ)	1898.	1940.	20	160

Interesantno je promotriti koliki su padovi vode kod švicarskih elektrana. Ako se prikaže grafički kao na sl. 2, može se uočiti da ima 31 elektrana s padom od 5 do 25 metara, svega 7 elektrana sa padom od 25 do 100 metara, 16 sa padovima od 100 do 250 metara. Ostalih 115 elektrana imaju pad veći od 250 metara, a od toga tri elektrane imaju pad veći od 1400 metara. To su elektrana Chandoline iz sistema Gradde Dixence sa 1748 metara pada, zatim elektrana Fully sa 1645 metara i elektrana Salanfe-Mieville sa 1460 metara. Elektrana Chandoline izgrađena je 1934. godine, rekonstruirana 1950. i ima protok 10 m^3/sek, 126 MW i 260 GWh. Od 1934. do danas ova je elektrana prva u svijetu po količini pada vode koja se koristi za proizvodnju električne energije.



Sl. 2 Vodne snage Švicarske

Najveće instalirane protoke imaju elektrane na donjoj Rajni. Šest elektrana je izgrađeno za protoke veće od 1000 m^3/sek., a najveći instalirani protok ima elektrana Säckingen 1300 m^3/sek., koja ima 72 MW i 404 GWh, a dijeli se 50% sa SR Njemačkom.

Najveću godišnju proizvodnju ima HE Pradella na rijeci Inn, 927 GWh sa 288 MW instalirane snage. Ova elektrana uz još 12 ima godišnju proizvodnju veću od 500 GWh. Osnovni podaci o ovih 13 najvećih švicarskih hidroelektrana nalaze se u tablici 2.

(Prema: ÖZE, Jg. 23, H. 8, st. 500)

Josip Moser

hidroelektrana	god. izgradnje	pad m	protok m/sek³	snaga MW	proizvodnja GWh	akumulacija hm³
Pradella	1970.	496	66	288	927	—
Tavanasa	1962/68.	479	46	180	505	—
Sils	1960/62.	413	73	235	663	—
Innertkirchen	1942/55.	672	40	200	786	—
Albruck-Dogern	1933.	11	1060	75	532	—
Laufenburg	1914/60.	12	1080	83	585	—
Ryburg-Schwörstadt	1930/31.	12	1200	108	732	—
Birsfelden	1954/55.	8	1200	74	519	—
Kembs	1932.	14	1150	136	864	—
Grande Dixence						
Fionney D	1958/64.	874	45	320	770	350
Mendaz	1960/64.	1008	45	370	950	—
Mauvoisin Riddes	1956/60.	1016	29	225	523	—
Biasea	1959/63.	711	50	280	674	—
Verbano	1953/68.	293	44	100	563	—

Ekonomski položaj poduzeća »Elektroprivreda« Zagreb

Nakon što su prestale radom zajednice elektroprivrednih poduzeća Jugoslavije, u SR Hrvatskoj su osnovana tri regionalna združena elektroprivredna poduzeća: Rijeka, Split i Zagreb, i Poslovno udruženje poduzeća za proizvodnju i prijenos električne energije SR Hrvatske.

Postavljanjem ovakve organizacije u drugom polugodištu 1965. i početkom 1966. godine bilo je poznato da Združeno elektroprivredno poduzeće za proizvodnju i prijenos električne i toplinske energije, sa sjedištem u Zagrebu, dolazi u bezizlazni materijalni položaj. Međutim, ovakva organizacija elektroprivrede u Hrvatskoj stvorena je na osnovi stavova Izvršnog vijeća Sabora SR Hrvatske, što ih je ono zauzelo prilikom reorganizacije elektroprivrede Jugoslavije, a na zahtjev Splita. Već tada je bilo poznato da se poduzeća Rijeka, Spliti i Zagreb stavljaju u različite uvjete stjecanja dohotka i da prihodi od prodaje električne energije poduzeća Zagreb ne mogu pokriti ni najnužnije troškove poslovanja ovog poduzeća. Dakle, unaprijed se znalo da će poduzeće Zagreb poslovati s manjkom prihoda. Stoga je bilo dogovoreno, da će cijena za električnu energiju što će je Rijeka i Split isporučiti Zagrebu, a u okviru predviđenog Združenog poduzeća elektroprivrede Hrvatske, biti takvog nivoa da se Zagrebu omogući normalno poslovanje barem u jednostavnoj reprodukciji.

Ovakva organizacija elektroprivrede u Hrvatskoj mogla je biti provedena samo pod tim uvjetima, jer se po propisima nije moglo osnovati poduzeće za koje se unaprijed zna da će poslovati sa gubitkom.

Težak materijalni položaj poduzeća Zagreb nastao je zbog objektivnih razloga, i to:

— Poduzeće Zagreb u svom sastavu ima skupe termoelektrane, čija je cijena proizvodnje daleko iznad propisanih prodajnih cijena električne energije i koji mogu biti ekonomični samo u većem sistemu u kojem ima potrebe i za ovakvim izvorima.
— Treba istaknuti da poduzeće Zagreb nije imalo pravo na regres od federacije, jer su regres po Osnovnom zakonu u elektroprivredi mogle primati samo elektroprivrede onih republika koje u cjelini posluju s gubitkom, što nije bio slučaj s elektroprivredom SR Hrvatske. Ova postavka Osnovnog zakona eksplicitno govori da se razlike između skupih i jeftinih izvora trebaju izravnati u Republici. Radi toga je za razdoblje 1966—1968. i postojala obaveza Splita i Rijeke da pokrivaju manjak prihoda Zagreba, što je provedeno Sporazumom sklopljenim između tri navedena poduzeća.
— Pretpostavke o budućoj organizaciji elektroprivrede, na kojima je Izvršno vijeće Sabora SR Hrvatske zasnivalo svoje stavove u pogledu organizacije, nisu ostvarene, tj. nije formirano združeno elektroprivredno opduzeće SR Hrvatske s onim funkcijama što su bile predviđene u času postavljanja nove organizacije elektroprivrede (1965. godine).

Da je Izvršno vijeće Sabora SR Hrvatske doista smatralo da će u Hrvatskoj djelovati jedno združeno poduzeće, vidi se, između ostalog, i iz »Rješenja o prijenosu imovine, prava i obaveza Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, koja je prestala s radom«, što ga je donijelo Izvršno vijeće 8. veljače 1966. godine, budući da u tački 4. spomenutog Rješenja stoji: »Poslovna zgrada u ulici Proleterskih brigada 37 zajedno sa zemljištem, uređajima, inventarom i drugim pripadajućim sredstvima, kao i laboratorij i vozni park, prenose se na »Udruženu elektroprivredu«, poslovno udruženje poduzeća za proizvodnju i prijenos električne energije SR Hrvatske, do vremena dok ne bude osnovano poduzeće, odnosno Združeno poduzeće, koje će obuhvatiti proizvodna i prijenosna poduzeća s cijelog područja SR Hrvatske, u kojem slučaju se ova imovina prenosi na to poduzeće«.

S obzirom na potrebu rješavanja aktuelnih problema elektroprivrede Hrvatske kao i na potrebu trajne uske suradnje između postojećih poduzeća, 10. XI 1967. godine je predložen, a zatim i prihvaćen, od sva tri poduzeća i Poslovnog udruženja dokument pod nazivom »O platformi, principima i načinu rješavanja aktuelnih problema elektroprivrede u SR Hrvatskoj, a posebno o realizaciji programa izgradnje do 1970. godine«. Pored ostalog ovaj dokument govori:

— da će tri proizvodno-prijenosna poduzeća zajednički donositi program izgradnje elektroenergetskih objekata na osnovi suglasnosti o razvoju potrošnje električne energije;
— da će izbor i prioritet izgradnje vršiti na osnovi unaprijed utvrđenih kriterija dajući prednost onim objektima koji osiguravaju opskrbu potrošača uz najniže troškove, bez obzira da li se radi o izgradnji na području na kome pdouzeće djeluje, ili na drugom području;
— da će se višak sredstava od jednog poduzeća, koji bi preostao nakon financiranja izgradnje objekata na njegovom području, upotrijebiti za financiranje objekata od zajedničkog interesa na području drugog poduzeća, a na principu ujedinjavanja sredstava radi zajedničkog poslovanja, odnosno na principu ulaganja sredstava;
— da treba dugoročnim ugovorima o međusobnim odnoisma u vezi s ujedinjavanjem, odnosno ulaganjem sredstava, regulirati, između ostalog, obaveznost isporuka određenih količina električne energije na osnovi uloženih sredstava, veli-

činu i trajanje učešća u dohotku objekata koji se financiraju na taj način, planove i rokove vraćanja uloženih sredstava kao i druga pitanja.

Nakon toga su Republičko i Privredno vijeće Sabora SR Hrvatske, 16. V 1968. godine, da bi se sredili odnosi u elektroprivredi Hrvatske donijeli »Preporuku u vezi s provođenjem Zakona o izgradnji i financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata do 1970. godine«. Ovim dokumentom ukazuje se na potrebu sređivanja odnosa među poduzećima, kao i dugoročnog osiguranja električne energije za potrebe potrošača. Tako se na primjer u tački 5. navodi: »da je neophodno aktualizirati i ubrzati rješenje odnosa između poduzeća za proizvodnju i prijenos i poduzeća za distribuciju električne energije, i što prije pristupiti integraciji ovih djlatnosti, budući da njihova postojeća odvojenost predstavlja ozbiljnu zapreku za usklađenje razvoja elektroprivrede u cjelini, a posebno za neophodno uspostavljanje odgovarajućih poslovnih veza između elektroprivrednih organizacija i potrošača električne energije, u cilju osiguranja veće odgovornosti elektroprivrede prema potrošačima i sistemu primjerenijeg financiranja proširene reprodukcije u ovoj privrednoj grani«.

U tački 7. između ostalog se kaže: »Privredno i Republičko vijeće Sabora smatraju da je Združeno poduzeće na nivou Republike organizaciono najprikladniji oblik za osiguranje ovih zajedničkih interesa i zato podržavaju mišljenja i prijedloge unutar samih elektroprivrednih organizacija, da bi na toj osnovi trebalo pristupiti njihovoj daljnoj integraciji, smatrajući da bi do kraja godine trebalo izvršiti sve potrebne pripreme kako bi se već početkom iduće godine osigurala efikasnija organizacija elektroprivrede u Rpeublici«.

Od prvog dana svog djelovanja poduzeće Zagreb poslovalo je s planskim manjkom u prihodima. Treba napomenuti, da je drugo polugodište 1965. godine, kada su sadašnja poduzeća Rijeka i Zagreb činila ekonomsku cjelinu, bilo pokriveno regresom, jer je za razdoblje srpanj-prosinac 1965. godine pravo na naknadu razlike između kalkulirane cijene i najviše propisane prodajne cijene na temelju Osnovnog zakona o elektroprivredi osigurano iz saveznog budžeta.

Pokriće planskog manjka prihoda iz djelatnosti proizvodnje, kupnje i prodaje električne energije bilo je riješeno za 1969. godinu uz velike teškoće, sporazumno tek pred kraj godine.

Stoga je ponovno zatražena intervencija Izvršnog vijeća Sabora SR Hrvatske, koje je na sjednici održanoj 6. V 1967. godine, razmatralo problem pokrivanja manjkova na ukupnom prihodu našeg poduzeća i donijelo slijedeći zaključak:

»Izvršno vijeće utvrđuje, da je prilikom reorganizacije elektroprivrede SR Hrvatske dogovoreno da naknadu razlike između kalkulativne cijene i propisane najviše cijene električne energije u prelaznom razdoblju do kraja 1968. godine treba da doknade elektroprivredna poduzeća, da se ta naknada isplaćuje sporazumno nepovratno Združnom elektroprivrednom poduzeću Zagreb iz sredstava elektroprivrednih poduzeća na području Rijeke i Splita«.

Pozivom na navedeni zaključak Izvršnog vijeća Sabora SR Hrvatske, i s obzirom na preuzetu obavezu prilikom formiranja elektroprivrednih poduzeća SR Hrvatske, i primijenjujući analogiju člana 61—66. Osnovnog zakona o elektroprivredi, poduzeća Rijeka, Split i Zagreb su zaključila »Sporazum«, kojim se utvrđuje način i iznos pokrića manjka prihoda osnovne djelatnosti za 1966, 1967. i 1968. godinu.

Na temelju tog Sporazuma, planski manjak prihoda Zagreba pokrivala su nepovratno sva tri poduzeća, tj. u pokriću manjkova ovog prihoda učestvovalo je i poduzeće Zagreb, što znači da na poduzeće Zagreb nije u cijelosti primijenjena analogija Zakona, već je obračun bio nepovoljniji u odnosu na poduzeća koja su regres dobivala iz saveznog budžeta.

Za tri navedene godine poduzeće Zagreb, prema vlastitom obračunu, realiziralo je slijedeće iznose za pokriće planskog manjka:

d 10^3

Opis	Rijeka	Split	Zagreb	Ukupno
1966.	2.468	9.033	2.710	14.211
1966.	—	9.948	—	9.948
1967.	1.337	17.618	2.355	21.310
1968.	083	13.102	3.087	18.272
Sveukupno	5.888	49.701	8.152	63.741

* Napomena: Sniženi tarifni stavovi od 1. I 1966. do 31. VIII 1966.

Zagreb je učestvovao u vlastitom pokriću planskog manjka sa d 8,152.000. U istom razdoblju od tri godine godine Zagreb je ostvario u djelatnosti električne ukupno 31,317.000 d za fondove i to:

Godina	d
1966.	15,417.000
1967.	6,381.000
1968.	9,519.000

Iz navedenih podataka vidi se da je u djelatnosti električne energije poduzeće Zagreb realiziralo prihode od Splita i Rijeke preko 55,6 milijuna d i time saniralo svoj ekonomski položaj. Bez tih sredstava Zagreb ne bi imao sredstva za fondove, a imao bi manje osobne dohotke za 24,2 milijuna dinara.

U okviru područja na kome djeluje poduzeće Zagreb, kroz tri godine ostvarena su sredstva za fondove od oko 31.317.000 d dok su u poduzeću Split u istom razdoblju ostvarena sredstva za fondove od oko 119.706.000 d i preko 10,000.000 ubrzane amortizacije, makar ima potrošnju samo oko 50% potrošnje Zagreba i lošije strukture u pogledu prodajnih cijena (specijalni potrošači). Ovdje dolazi do izražaja nejednakost uvjeta privređivanja. U ove tri godine Rijeka je ostvarila ukupno za fondove 26,144.000 d.

Ekonomski položaj Zagreba u 1969. godini, tj. u prvoj godini u kojoj više poduzeća iz Rijeke i Splita ne pokrivaju manjak prihoda Zagreba, ipak je omogućio normalno poslovanje s obzirom na povoljno sklopljene ugovore o nabavi električne energije, uspješno korištenje izvora energije i provedbu ugovora o nabavi i korištenju viškova električne energije.

U toj godini poduzeće je ostvarilo u djelatnosti električne energije sredstva za fondove od 8,8 milijuna d, dok je Rijeka ostvarila 19,4 milijuna d, a Split 79,0 milijuna d.

Međutim, u 1970. godini ekonomski položaj poduzeća Zagreb je težak, bez obzira na povećanje prodajne cijene električne energije, što je stupilo na snagu u toku travnja 1970. Pored toga što poduzeće Zagreb ima lošu strukturu izvora energije, pa kupnjom ne može pokriti razliku u cijeni vlastitih skupih izvora, povećali su se još i troškovi poslovanja, a naročito troškovi energetskog goriva (ulje za loženje). Iz daljnjeg se izlaganja vidi da postoje i zahtjevi dobavljača električne energije koji poduzeće Zagreb dovode u bezizlaznu situaciju.

Proračun za 1970. godinu

Zaključenje ugovora o kupoprodaji električne energije između poduzeća Zagreb i Rijeke, odnosno Splita za 1970. godinu stalno je odgađano. Razlika u cijeni na štetu Zagreba iznosi 18,114.000 d.

Ostvarenje cijene kupljene električne energije u razdoblju 1966—1968. godine od dobavljača Rijeka odnosno Splita, preračunate na 1 kWh su ove:

	para/kWh	
Godina	Rijeka	Split
1966.	5,66	7,34
1967.	5,98	7,17
1968.	6,37	7,79

Ove cijene su rezultat ugovora za ukupno nabavljene količine. S obzirom na kupnju natplanskih količina, ugovorena cijena je nešto veća. Međutim, ove cijene ne sadrže i nisu umanjene za navedene iznose za pokriće planskog manjka prihoda poduzeća Zagreb.

Svrha povećanja prodajne cijene jest povećanje sigurnosti opskrbe potrošača, a to izaziva povećane troškove poslovanja. Prema kalkulaciji čitav iznos što će se realizirati povećanjem cijena, pod pretpostavkama i kriterijima iz elektroenergetske bilance, služi za pokriće povećanih troškova radi sigurnosti opskrbe.

Neodrživo je stanovište Rijeke i Splita da se kupnja električne energije vrednuje po tržišnim principima, budući da nisu riješena prava Zagreba iz zajednički izgrađenih objekata do reorganizacije elektroprivrede 1965. godine, a k tome su još i prodajne cijene potrošačima limitirane propisom.

U članu 72. stav 3. Osnovnog zakona o elektroprivredi propisano je slijedeće:

»Imovina, prava i obaveze Zajednice iz stava 1. ovog člana prenijet će se na elektroprivredna poduzeća udružena u tim zajednicama, koja odredi republičko izvršno vijeće«.

Prema tome, nedvosmisleno je da je u času reorganizacije elektroprivrede Hrvatske trebalo utvrditi i prava novo formiranih poduzeća, iz objekata što su zajednički izgrađeni.

Iz Rješenja o prijenosu imovine, prava i obaveza Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske koja je prestala s radom, se vidi da su izvori doista zajednički građeni, da su poduzeća udružena u bivšoj Zajednici dala garancije za investicione kredite i da su obaveze iz tog naslova podijeljene tako da je na poduzeće Zagreb otpalo 28,1% bez obzira gdje su objekti locirani, što se vidi iz slijedećeg pregleda garancija za investicione objekte što ih je izdala bivša Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske do 30. VI 1965. godine, a rasporedila na poduzeća po objektima na kojem se području nalaze:

d 10^3

Opis	Ukupno*	Zagreb	Split	Rijeka
1. Garancije za objekte koji su završeni, a zajmovi su u otplati	550.163	255.176	277.594	17.392
2. Garancija za objekti koji su u izgradnji	625.020	36.524	814	587.680
3. Predvidive obaveze u smislu dofinanciranja izgradnje	283.949	20.048	935	262.966
4. Ukupno	1,459.132	311.749	279.344	868.039
5. Postotak garancija po područjima kako su locirani objekti	100%	21,37%	19,14%	59,49%
6. Garancija za HE Dubrovnik	137.528			
7. Podjela garancije po Rješenju	100%	28,1 %	26,0 %	45,9 %

* Napomena: Prilikom prijepisa zadnje tri znamenke su ispuštene.

Ako već poduzeće Zagreb nije dobilo nikakva prava u zajednički izgrađenim izvorima, Izvršno vijeće SR Hrvatske je trebalo na temelju člana 72. stava 4. spomenutog Zakona odrediti i obaveze drugih poduzeća da snose troškove skupih izvora što se nalaze u poduzeću Zagreb. To nije učinjeno zato što je dio problema trebao biti riješen predviđenim cijenama kupoprodaje električne energije, a ostali problemi što proizlaze iz zajedničkog rada i zajedničkog ulaganja u bivšoj Zajednici trebali su biti riješeni u novoj organizaciji elektroprivrede Hrvatske formiranjem Združenog elektroprivrednog poduzeća koje bi obuhvatilo proizvodna i prijenosna poduzeća s cijelog područja SR Hrvatske, što je navedeno u točki 4. spomenutog Rješenja. Napominjemo da su u bivšoj Zajednici i sredstva amortizacije zajednički korištena za sve objekte elektroprivrede Hrvatske.

To je razlog zbog čega cijena električne energije iz zajednički izgrađenih objekata u prijašnjem organizacionom obliku elektroprivrede Hrvatske ne može sadržavati sve tržne elemente.

Cijene kupoprodaje između proizvodno-prijenosnih poduzeća u SR Hrvatskoj trebaju se zasnivati na prosječnim troškovima u sistemu dobavljača. Ove cijene formiraju se kao cijena za snagu i cijena za energiju. U prosječnim troškovima sadržan je i dio za fond zajedničke potrošnje i propisani rezervni fond. Naglašavamo, da cijena kupoprodaje električne energije između proizvodno-prijenosnih poduzeća, koja djeluju na području SR Hrvatske, ne treba sadržavati sredstva za proširenu reprodukciju, već se ona trebaju ostvarivati prodajnom cijenom potrošača, i trebaju ostati na području tih potrošača. Napominjemo da je to i stav Ekonomskog instituta iz Zagreba, što ga je iznio na strani 3.: »O stavovima elektroprivrednih poduzeća u SR Hrvatskoj u vezi rješavanja aktuelnih problema elektroprivrede« VI 1970. godine, gdje između ostalog stoji:

»Problem jednoznačnog utvrđivanja cijene energije u razmjeni je nerješiv, ako mu se prilazi gledajući samo međusobni odnos poduzeća. Njemu treba

pristupiti sa stanovišta optimalizacije eksploatacije u Hrvatskoj, koja znači minimum troškova opskrbe ukupne potrošnje datih karakteristika i koja odgovara energetskoj situaciji u Jugoslaviji, a to znači zajednički napor privrede i svih drugih zainteresiranih faktora na traženju zajedničkog interesa u jeftinom i sigurnom napajanju.

Zato cijena električne energije sadrži samo dio akumulacije, a ostatak se formira u potrošnji, kako bi potrošnja dobila realni ekonomski utjecaj na razvoj elektroprivrede. To zahtijeva optimalizaciju dohotka u elektroprivredi i troškova privrede za električnu energiju na području Hrvatske, a ne izolirano za svako elektroprivredno poduzeće.

Tek, kad se nađe zajednički interes u eksploataciji, onda se nalazi i zajednički interes u izgradnji, koja nije samo stvar elektroprivrednih poduzeća već i ostalih učesnika u proširenoj reprodukciji na ovom segmentu naše privrede«.

Iz predvidivog rezultata poslovanja za 1970. g, a na bazi zahtjeva Rijeke i Splita poduzeće Zagreb bi poslovalo bez sredstava za fondove, a moralo bi se smanjiti i osobne dohotke. Ako dođe do nepovoljnijih hidroloških prilika od onih što su proračunom predviđene, to još pogoršava ekonomsku situaciju.

Zajednički programi izgradnje

Elektroprivreda Hrvatske (proizvodno-prijenosna poduzeća) je u okviru svog Poslovnog udruženja donijela u svibnju 1966. godine zajednički plan izgradnje elektroenergetskih objekata za razdoblje 1966—1970. godine.

Ovaj zajednički program izgradnje prihvatio je i Sabor SR Hrvatske. Program je predviđao ukupan iznos investicionih ulaganja u elektroprivredna postrojenja proizvodnje i prijenosa električne energije na području SR Hrvatske od 2,14 milijardi novih dinara. Bio je utvrđen i prioritetni red financiranja novih elektrana, ako se ne bi mogla osigurati potrebna sredstva u skladu s programom. Isto tako bio je usvojen i princip sufinanciranja na osnovi učešća u dohotku, proporcionalno uloženim sredstvima u pojedine objekte.

Krajem 1967. godine, kada je postalo očito da se neće moći ni približno ostvariti sredstva predviđena zajedničkim programom, došlo je do njegovog rebalansa. Za razdoblje 1968—1970. god. usvojen je novi, rebalansirani program, koji predviđa ukupna investiciona ulaganja u ovom razdoblju u visini od 1,06 milijardi novih dinara. (U ovom iznosu su prijenosni objekti 110 kV mreže uključeni sa samo 70% potrebnih sredstava). I rebalansirani program je prihvatio Sabor. Međutim, u rebalansiranom programu došlo je do promjene nekih principa na kojima se zasnivao raniji zajednički program izgradnje, tako da je rebalansirani program ostao »zajednički« više po svom nazivu nego po suštini svojih postavki. Realizacija rebalansiranog programa i konkretno ponašanje u eksploataciji tako izgrađenih objekata je to i potvrdila.

Međutim, usprkos činjenici, da neki dogovoreni principi zajedničkih planova izgradnje nisu ostvareni, zajednički programi izgradnje u elektroprivredi Hrvatske ipak su omogućili da se ova grana u dosadašnjem svojem investicionom razvoju nekako pomaže. Da njih nije bilo, situacija bi bila još znatno lošija nego što je to danas slučaj. Za buduće zajedničko programiranje razvoja, kao imperativ se nameće potreba, da se unaprijed detaljno definiraju principi zajedničkih planova izgradnje kao i prava i obaveze svih učesnika u zajedničkom razvoju. Bez jasnih i čvrstih obaveza i prava iz naslova ujedinjavanja sredstava za zajedničko poslovanje nije moguće ni donijeti takve zajedničke planove.

B. B.

IZ RADA UPRAVNOG ODBORA POSLOVNOG UDRUŽENJA PODUZEĆA ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE SR HRVATSKE

U drugoj polovici 1970. godine, do mjeseca prosinca, Upravni odbor »ELDIH-a«, Poslovnog udruženja poduzeća za distribuciju električne energije Hrvatske održao je tri sjednice (24. srpnja, 15. listopada i 3. studenog) na kojima se, između ostalog, raspravljalo o nekoliko aktuelnih pitanja iz oblasti poslovanja elektroprivrednih organizacija, i to:

— o Nacrtu izvještaja Komisije Saveznog izvršnog među elektrodistributivnih poduzeća Hrvatske i poduzeća »Rade Končar«, kao isporučioca potrebne elektroopreme;
— o politici raspodjele dohotka i osobnih dohodaka u elektrodistributivnim poduzećima Hrvatske;
— o izmjenama i dopunama »Sporazuma o raspodjeli dohotka i osnovnim načelima za utvrđivanje politike osobnih dohodaka u elektrodistributivnim organizacijama Jugoslavije«;
— o nacrtu izvještaja Komisije Saveznog izvršnog vijeća s prijedlogom mjera i zaključaka za rješenje kompleksa odnosa u elektroprivredi.

1. Poslovno-tehnička suradnja elektrodistributivnih poduzeća Hrvatske i poduzeća »Rade Končar«, kao isporučioca opreme

Stalni razvoj i rast potrošnje električne energije, a s tim u vezi i adekvatni razvoj proizvodnih snaga elektrodistributivnih poduzeća Hrvatske, zahtijevaju razvijeniju poslovno-tehničku suradnju s jednom od najjačih grupacija za proizvodnju elektroenergetskih postrojenja u zemlji tj. s poduzećem »Rade Končar« iz Zagreba. Razvijanje organizirane poslovno-tehničke suradnje između proizvođača i korisnika elektroopreme ima za cilj jačanje snabdjevenosti elektrodistributivnih poduzeća najvažnijim repro-materijalima, a pro-

izvođaču opreme — poduzeću »Rade Končar«, omogućuje racionalnije programiranje proizvodnje u narednom razdoblju. Sadašnji uvjeti privređivanja zahtijevaju udruživanje proizvodnje, trgovine, potrošnje, stručnih kadrova, kapitala i tržišta u velike interesne grupacije, radi optimiziranja razvoja.

Pokrenuti takvim, zajedničkim interesom, elektrodistributivna poduzeća Hrvatske i poduzeće »Rade Končar« su pripremili »Nacrt sporazuma o poslovno-tehničkoj suradnji«. Nacrt je razmatrao Upravni odbor »Eldih-a« Poslovnog udruženja poduzeća za distribuciju električne energije Hrvatske, na svojoj XXXIII sjednici 24. srpnja 1970.

Prema osnovnim elementima »Nacrta sporazuma« ugovorne strane se obavezuju:

— da će elektrodistributivna poduzeća Hrvatske u razdoblju od 1971. do 1975. nabavljati prijavljenu elektroopremu za proširenje kapaciteta, i onu za održavanje postojećih postrojenja od poduzeća »Rade Končar« uz uvjet da je »Rade Končar« konkurentan u rokovima, cijeni, uvjetima kreditiranja i kvaliteti isporuke ostalim isporučiocima orpeme u zemlji. Elektrodistributivna poduzeća Hrvatske se obavezuju da će do kraja tekuće godine dati tačnu specifikaciju svojih potreba za opremom i dinamiku njezine isporuke za slijedeću godinu, kako bi poduzeće »Rade Končar« moglo na vrijeme uskladiti dinamiku proizvodnje pojedinih vrsti opreme;
— da će projektne organizacije i tehničke službe elektrodistributivnih poduzeća Hrvatske predvidjeti u svojim projektima ugradnju ugovorene opreme iz proizvodnog programa poduzeća »Rade Končar«;
— da će poduzeće »Rade Končar« proizvoditi svu prijavljenu opremu koja je potrebna u izgradnji novih postrojenja elektrodistributivnih poduzeća Hrvatske, kao i prijavljenu opremu za normalno održavanje postojećih postrojenja. Ukoliko se poduzeće »Rade Končar« orijentira na proizvodnju nekog novog tipa opreme, dužan je pravovremeno obavijestiti elektrodistributivna poduzeća Hrvatske, ali je isto tako dužan da barem za 10 godina osigura rezervne dijelove za već isporučenu i ugrađenu opremu;
— da će sva oprema koju isporuči poduzeće »Rade Končar« biti najbolje kvalitete i izrađena po svim danas važećim propisima za područje Jugoslavije;
— da će sva ona oprema koja ne bi odgovarala ugovorenoj kvaliteti, ili koja bi loše funkcionirala, biti odmah besplatno zamijenjena u garantnom roku;
— da će poduzeće »Rade Končar« promptno održavati i popravljati kompletnu opremu ugrađenu u energetska postrojenja elektrodistributivnih poduzeća Hrvatske, u vlastitim servisnim radionicama, odnosno u uskoj suradnji sa servisnim radionicama elektrodistributivnih poduzeća;
— da će razvojni biroi poduzeća »Rade Končar« i njihovo stručno osoblje surađivati s razvojnim odjelima pojedinih elektrodistributivnih poduzeća u izradi projekata novih objekata, i da će pravovremeno davati sve potrebne informacije o novim proizvodima.

U »Nacrtu ugovora« se govori i o uvjetima plaćanja i kreditiranja ugovorene opreme, o plaćanju penala, osiguranju deviznih sredstava za opremu, koju treba uvesti iz inozemstva, o kontroli i ispitivanju i o rokovima preuzimanja proizvedene opreme, i drugo.

Prema zaključku Upravnog odbora s XXXIII sjednice, oformljena je posebna stručna grupa, sastavljena od predstavnika elektrodistributivnih poduzeća Hrvatske, sa zadatkom da doradi nacrt predloženog sporazuma. Uvažujući primjedbe stručna grupa je predložila nadopune »Nacrta sporazuma«. Dopunjeni nacrt sporazuma ponovno će se raspravljati na XXXVI sjednici Upravnog odbora Poslovnog udruženja poduzeća za distribuciju električne energije Hrvatske.

2. Raspodjela dohotka i osobnih dohodaka u elektrodistributivnim poduzećima Hrvatske za 1969.

Zakonom o privremenom zaustavljanju porasta osobnih dohodaka u radnim organizacijama određenih djelatnosti (Sl. list SFRJ br. 54 od 30. prosinca 1967. godine), koji je obuhvatio i elektrodistributivne organizacije, zamrznuti su prosječni osobni dohoci u elektrodistributivnim organizacijama na nivou ostvarenom u prvih devet mjeseci 1967. godine.

Odmah nakon donošenja Zakona o privremenom zaustavljanju porasta osobnih dohodaka u radnim organizacijama određenih djelatnosti, elektrodistributivna poduzeća Jugoslavije su pokrenula akciju za utvrđivanje zajedničkih kriterija i mjerila za raspodjelu osobnih dohodaka, i s tim u vezi izradila »Sporazum o osnovnim kriterijumima za raspodjelu dohotka i osnovnim načelima za utvrđivanje politike osobnih dohodaka u elektrodistributivnim organizacijama Jugoslavije«, što ga je prihvatilo Savezno izvršno vijeće na svojoj sjednici od 31. VII 1968. godine (Službeni list SFRJ br. 33 od 14 kolovoza 1968).

Prema odredbama tog Sporazuma, elektrodistributivna poduzeća Jugoslavije trebaju voditi takvu politiku raspodjele dohotka i osobnih dohodaka u narednom razdoblju, da bude u skladu sa postignutim rezultatima privređivanja, odnosno u skladu s postignutim stupnjem produktivnosti rada. Pri utvrđivanju politike raspodjele dohotka, elektrodistributivna poduzeća su dužna voditi računa o osiguranju sredstava za proširenje svoje materijalne osnove radi kvalitetnijeg snabdijevanja potrošača električnom energijom.

U Sporazumu o raspodjeli dohotka i osobnih dohodaka, koji primjenjuju elektrodistributivna poduzeća, osnovu za raspodjelu ukupne osobne potrošnje (osobni dohoci i fond zajedničke potrošnje) čini društveni proizvod svakog poduzeća. Svako elektrodistributivno poduzeće mora porast osobne potrošnje uskladiti s porastom društvenog proizvoda. Vezivanje rasta osobne potrošnje za porast društvenog proizvoda omogućuje elektroditsributivnim poduzećima politiku ubrzane amortizacije, bez posljedica na raspodjelu i kretanje osobnih dohodaka.

Takav način raspodjele dohotka u elektrodistributivnim poduzećima Hrvatske omogućavao je u 1969.

brži porast društvenog proizvoda od porasta osobne potrošnje.

Na osnovi prikupljene dokumentacije o primjeni Sporazuma proizlazi da su sva elektrodistributivna poduzeća Hrvatske, kao i njihovi pogoni sa samostalnim obračunom, vodili u 1969. takvu politiku raspodjele koja je bila u skladu s tačkom 3 Sporazuma. Kod 10 poduzeća, odnosno pogona, indeks porasta društvenog proizvoda bio je veći od indeksa kretanja osobne potrošnje, a kod šest poduzeća, odnosno pogona, ti su indeksi bili jednaki. Nema pogona ni poduzeća u kojem je indeks društvenog proizvoda bio manji od indeksa osobne potrošnje.

Samo pet poduzeća, odnosno pogona, koristilo je mogućnost primjene krekcionog faktora. Potrebno je spomenuti da su u svih pet slučajeva djelovali vanjski faktori, koji su znatno utjecali na poslovanje na koje poduzeća nisu mogla djelovati. To znači, da su u svih pet slučajeva opravdano primijenjeni korekcioni faktori.

Upravni odbor Poslovnog udruženja poduzeća za distribuciju električne energije Hrvatske prihvatio je ovaj izvještaj u cijelosti.

3. Izmjene i dopune »Sporazuma o raspodjeli dohotka i osnovnim načelima za utvrđivanje politike osobnih dohodaka u elektrodistributivnim poduzećima Jugoslavije«

Primjena »Sporazuma o raspodjeli dohotka i osnovnim načelima za utvrđivanje politike osobnih dohodaka u elektrodistributivnim poduzećima Jugoslavije« 1968. i 1969. pokazala je neke slabosti. Zbog nekih kruto postavljenih odredbi Sporazuma i zbog neuvažavanja utjecaja onih vanjskih faktora koji se bitno odražavaju na poslovanje elektrodistributivnih organizacija, elektrodistributivna poduzeća su u toku primjene Sporazuma 1968. i 1969. imala velikih poteškoća. To su:

— Sporazum o raspodjeli dohotka i osobnih dohodaka u elektrodistributivnim poduzećima Jugoslavije donijet je u posebnoj situaciji tj. u vrijeme kada je već bio na snazi Zakon o privremenom zaustavljanju porasta osobnih dohodaka u određenim djelatnostima. Smatramo, da su elektrodistributivna poduzeća neopravdano obuhvaćena tim Zakonom. Prilikom donošenja tog Zakona promatrana je elektroprivreda kao cjelina, a ne odvojeno proizvodnja i prijenos s jedne, i distribucija električne energije, s druge strane. Osobni dohoci u djelatnosti proizvodnje i prijenosa bili su tada, a i danas su daleko veći od osobnih dohodaka u djelatnosti razvoda i distribucije električne energije.

— Posebni problem prilikom donošenja, a i prilikom primjene Sporazuma o raspodjeli dohotka i osobnih dohodaka u elektrodistributivnim poduzećima, bio je pitanje startne veličine i polaznog perioda za usporedbu. U Sporazumu elektrodistributivnih poduzeća, bazne veličine su uzete prema ostvarenju iz 1966. Ima poduzeća koja su u baznoj godini izdvojila veći dio ostvarenog dohotka u poslovni fond, pa su postigla, na primjer, ovakav odnos raspodjele: od 100 dinara dohotka 80 dinara za osobne dohotke, a 20 dinara za fondove. Kod drugih poduzeća taj je odnos bio npr.: 95 : 5. U daljnjim godinama, poduzeće koje je u baznoj godini izdvajalo više u fondove bilo je primorano u tom odnosu i dalje izdvajati za fondove, tako da je imalo mnogo usporeniji rast osobnih dohodaka od onih poduzeća, koja su u baznoj godini manje izdvojila u fondove.

— Posebnu poteškoću u primjeni Sporazuma kod elektrodistributivnih poduzeća predstavljalo je prelijevanje dohotka u troškove poslovanja, izazvano stalnim porastom zavisnih cijena, odnosno cijena elemenata reprodukcije elektroprivrede, u uvjetima zamrznutih cijena električne energije još od 1965.

— Sporazum elektrodistributivnih poduzeća Jugoslavije o raspodjeli dohotka i osobnih dohodaka je tzv. »granski sporazum«. Radne organizacije elektrodistribucije razvrstane su Sporazumom u četiri grupe, zavisno o veličini društvenog proizvoda po zaposlenom radniku. Međutim, iako se radi o organizacijama iste privredne djelatnosti, ne mogu se uspoređivati u svim elementima, jer svaka od njih ima svoje proizvodne individualnosti i svaka od njih djeluje u različitim ekonomskim sredinama. Zato je prilikom rada na izmjenama i dopunama Sporazuma trebalo ugraditi i takve usporedne pokazatelje s kojima će se radne organizacije elektrodistribucije uspoređivati sa sličnim privrednim organizacijama područja na kojem djeluju.

Upravni odbor »ELDIH-a« zadužio je zbog toga Biro udruženja da preko Koordinacionog odbora elektrodistribucije Jugoslavije pokrene inicijativu za potrebne izmjene i dopune Sporazuma, kako bi se uklonile sve dosadašnje poteškoće u primjeni Sporazuma.

Ekonomska komisija Koordinacionog odbora elektrodistribucije Jugoslavije izradila je Prijedlog izmjena i dopuna Sporazuma. Prilikom rada na ovim izmjenama i dopunama vodilo se računa o tome da se predlože samo one izmjene i dopune Sporazuma, koje će zadovoljiti sve radne organizacije elektrodistribucije Jugoslavije — ili njihov najveći broj — a da istovremeno ni za jednu radnu organizaciju ne predstavljaju dodatne poteškoće.

Isto tako, Komisija je u svom radu morala voditi računa i o sugestijama što ih je dobila od organa Saveznog savjeta za rad.

Predložene izmjene i dopune Sporazuma usvojili su radnički savjeti svih elektrodistributivnih poduzeća Hrvatske, kao i elektrodistributivna poduzeća ostalih socijalističkih republika. Na osnovi prethodno usvojenih izmjena ovlašteni predstavnici elektrodistributivnih organizacija potpisali su ih u Beogradu 5. studenog 1970. Usvojene i potpisane izmjene i dopune Sporazuma primjenjivat će se od 1. I 1970.

4. Nacrt izvještaja Komisije Saveznog izvršnog vijeća s prijedlogom mjera i zaključaka za rješenje kompleksa odnosa u elektroprivredi

Na svojoj XXXV sjednici 3. studenog 1970. Upravni odbor »ELDIH-a«, Poslovnog udurženja poduzeća

za distribuciju električne energije Hrvatske, razmatrao je »Nacrt izvještaja s prijedlogom mjera i zaključaka za rješenje kompleksa odnosa u elektroprivredi«, što ga je izradila Komisija za pitanja elektroprivrede Saveznog izvršnog vijeća.

Pored konkretnih primjedbi na formulaciju pojedinih stavova i prijedloga »Nacrta izvještaja«, Upravni odbor Poslovnog udruženja poduzeća za distribuciju električne energije Hrvatske se nije složio s načelnim stavom »Nacrta izvještaja« o vezivanju aktuelnog pitanja povećanja cijena električne energije s pitanjem rješavanja kompleksa odnosa u toj privrednoj grani. Poznato je da se cijene električne energije za elektrodistributivna poduzeća nisu povećale od 1965, a da su istovremeno cijene osnovnih elemenata reprodukcije elektrodistributivnih poduzeća porasle od 1965. do 30. VI 1970. i do 85%. Zato dolazi u pitanje i financiranje normalne, jednostavne reprodukcije.

S druge strane, Upravni odbor »ELDIH«-a smatra da se rješenje kompleksa odnosa u elektroprivredi ne može temeljiti na tako oskudnom materijalu, kakav je spomenuti Nacrt, bez potrebnih podataka i obrazloženja.

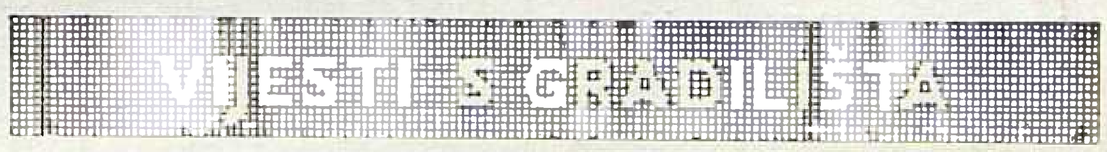
Postoje tri različite koncepcije za rješavanje kompleksa odnosa u elektroprivredi, koje su razrađene u tri poznata elaborata i to:

— »Konstituiranje elektroprivrede Jugoslavije u veliki sistem na samoupravno-ekonomskim osnovama« što su ga izradili predstavnici elektroprivrednih organizacija djelatnosti proizvodnje i prijenosa BiH, Makedonije, Crne Gore i Srbije;
— »Položaj i uloga elektroprivrede i mehanizam njenog funkcioniranja i reprodukcije u našem samoupravnom društveno-ekonomskom sistemu«, kojeg su izradila Poslovna udruženja elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske i Poslovno udruženje energetike SR Slovenije, i
— »Prijedlog integracije jugoslavenskog elektroenergetskog sistema na samoupravnim tehničko-ekonomskim osnovama«, što su izradila elektroprijenosna poduzeća: »Elektroprenos«, Sarajevo, »Elektrocrnagora« Titograd, »Elektroprenos« Split i »Elektroistok« Beograd,

pa se tek nakon svestrane i temeljite diskusije i objektivnog sagledavanja pojedinih koncepcija i rješenja, koja se njima nude, može pristupiti rješavanju kompleksa odnosa u elektroprivredi. Pri ovom razmatranju moraju se svakako uzeti u obzir i rasprave o budućem položaju i funkcijama federacije i republike u ekonomskoj i zakonodavnoj sferi.

Što se tiče samog povećanja cijena električne energije, Upravni odbor »ELDIH«-a je zaključio da je neophodno, i to hitno, povećati cijene električne energije: na mreži prijenosa do 25 %, a na mreži razvoda i distribucije električne energije do 35 %, počevši od 1. siječnja 1971. u okviru postojećih ovlaštenja SIV-a, ali tako da se time ne prejudiciraju budući odnosi u pogledu politike i režima cijena električne energije.

Jure Šimović



GRADNJA TS 110/35 kV POŽEGA

Dalekovod 110 kV, Sl. Brod — Požega danas je u pogonu pod naponom 35 kV, a nakon dovršenja TS 110/35 kV Požega stavit će se pod nominalni napon. Izgradnja ovog prijenosnog postrojenja kasni zbog nekih neriješenih tehničkih pitanja, koja su sad uklonjena. Financijska sredstva su osigurana pa će se moći ubrzano raditi na izgradnji. U četvrtom tromjesečju 1970. otpočela je izgradnja objekta što je izvodi poduzeće »Gradnja« iz Klanjca. Poduzeće »Dalekovod« ugovorilo je izradu i montažu čeličnih konstrukcija za postolja aparata i portala.

Glavna oprema je ugovorena i djelomično isporučena uključujući i oba učinska transformatora 22 MVA. Isporuku komandnih ormarića i ploče kompresora izvršit će tvornica »Rade Končar« početkom 1971. Sklopke 110 kV za TS Požega predviđene su iz TS Sisak nakon zamjene transformatora. Budući da je zamjena u stanici Sisak već obavljena, to je pitanje sklopki 110 kV riješeno. Investitor »Elektroprenos« — Zagreb za izgradnju TS Požega osigurao je investicije od oko 3 milijuna i 643.000 dinara. Ako bude na vrijeme osigurana ostala oprema, završetak montaže stanice može se očekivati sredinom 1971.

I. R.

Sl. 1 Predsjedništvo zajedničkog zasjedanja IV i VI sekcije prilikom diskusije o perspektivnoj superponiranoj mreži Jugoslavije

Deseto stručno savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije održano je u Dubrovniku od 11. do 16. listopada 1970. u okviru organizacije *Jugoslavenskog nacionalnog komiteta međunarodne konferencije za velike električne mreže* — CIGRÉ.

Ovom Savjetovanju je prisustvovalo 830 stručnjaka iz elektroprivrede, elektrodistribucije, elektroindustrije, željeznice, PTT službe, naučno-istraživačkih instituta, fakulteta i ostalih zainteresiranih industrijskih i privrednih organizacija. Na diskusiju je podneseno 163 referata i informacija. Savjetovanje je pokazalo da postoji veliki interes naših stručnjaka i privrednih organizacija za rješavanje elektroenergetskih problema u našoj zemlji. To potvrđuje i stalni porast broja učesnika i referata na Savjetovanjima.

Svečano otvorenje Desetog savjetovanja održano je u nedjelju, 11. listopada u dvorani tvrđave »Revelin«. Savjetovanje je otvorio predsjednik JNK CIGRE prof. dr ing. Hrvoje POŽAR uvodnim referatom u kojem je prikazao stanje i perspektivni razvoj energetike i elektroenergetike u zemlji i svijetu.

Radni dio Savjetovanja održan je u prostorijama Radničkog doma »Ivan Morđin Crni« od 12. do 14. listopada. Stručne sekcije radile su ova tri dana prije i poslije podne, paralelno u dvije dvorane.

Četvrti dan savjetovanja bio je slobodan, pa su se održale poludnevne i cjelodnevne stručne ekskurzije i izleti u bližu okolicu Dubrovnika.

U petak 16. X održana je redovna skupština Jugoslavenskog komiteta međunarodne konferencije za velike električne mreže. Na skupštini su prihvaćene izmjene i dopune Statuta JNK CIGRE. Ovim izmjenama utvrđena je nova organizacija rada sekcija, stručnih grupa i studijskih komiteta. Nakon diskusjie i prihvaćanja izvještaja o radu i poslovanju Nacionalnog komiteta u proteklom dvogodišnjem razdoblju, izabran je novi upravni i nadzorni odbor. Na osnovu prihvaćenih izmjena i dopuna Statuta u novi upravni odbor izabrana su po tri člana iz svake Socijalističke repulblike i to:

iz SR Srbije

1. Radomir Jovanović — Elektroistok, Beograd
2. Vojislav Plazinić — Elektrodistribucija, Beograd
3. Avram Jovanović — MINEL, Beograd

iz SR Hrvatske

1. Hrvoje Požar — EFT, Zagreb - predsjednik
2. Boris Belin — RK, Zagreb
3. Nikola Bilčar — Udružena elektroprivreda SRH, Zagreb

iz SR Slovenije

1. Janez Hrovatin — DES, Ljubljana
2. Franjo Holc — EGM, Maribor
3. Stane Slabšak — Iskra, Kranj

iz SR Bosne i Hercegovine

1. Vučeta Miletić — Energoinvest, Sarajevo
2. Fuad Cerić — Elektroprenos, Sarajevo
3. Sead Softić — EFT, Sarajevo

iz Sr Makedonije

1. Vasko Petruševski — Elektrostopanstvo, Skopje
2. Ilija Karamfilov — Elektrostopanstvo, Skopje
3. Branislav Despotovski — Elektrodistribucija, Skopje

iz SR Crne Gore

1. Milinko Saranović — TF, Titograd
2. Velimir Vujačić — Elektrodistribucija, Titograd
3. Maksim Bakić — Elektro Crna Gora, Titograd

U Nadzorni odbor izabrani su:

1. Miloje Nikolić — JUGEL, Beograd
2. Drago Mijić — Udružena elektroprivreda, Zagreb
3. Albert Čabulj — ETF, Ljubljana

Nakon godišnje skupštine, u petak, 16. X održan je konstituirajući sastanak Upravnog odbora, na kojem je prema novom Statutu izabran predsjednik JNK CIGRE, dosadašnji predsjednik prof. dr ing. Hrvoje POŽAR. Na istoj sjednici Upravnog odbora imenovan je za generalnog sekretara Herman Mattes, dipl. ing., dosadašnji generalni sekretar. Upravni odbor izabrao je također članove novoformiranih studijskih komiteta.

Na prijedlog predstavnika Udružene elektroprivrede SR Makedonije Vaske PETRUŠEVSKOG, dipl. ing., prihvaćeno je da se XI Stručno savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije održi ujesen 1972. u SR Makedoniji.

Nakon završetka radnog dijela Savjetovanja jedan dio učesnika se uputio na stručnu ekskurziju u Split.

Za vrijeme ekskurzije razgledana su postrojenja HE Zakučac, HE Orlovac i HE Peruča. Druga ekskurzija krenula je u Rijeku, i posjetila HE Zakučac, HE Senj, HE »Nikola Tesla«, HE Rijeka, TS Pehlin (Matulji) i TE Plomin.

Sekcije, grupe i studijski komiteti

Najznačajnije izmjene i dopune Statuta i Pravilnika o radu studijskih komiteta i Pravilnika o radu stručnih savjetovanja, odnose se na organizaciju i sadržaj rada sekcija, grupa i studijskih komiteta. Težište stručnog rada JNK CIGRE prenosi se na stručne grupe, u okviru kojih se osnivaju studijski komiteti od 10 do 15 eksperata. U okviru studijskih komiteta raspravlja se o stručnoj problematici između dva Savjetovanja. Studijski komiteti predlažu konferencijama teme i podnose izvještaje o svom radu na Savjetovanju. Za studij uže problematike studijski komitet može formirati radne grupe eksperata. Predsjednik studijskog komiteta rukovodi radom grupe na Savjetovanju. Taj način bi trebao osigurati intenzivniju obradu aktuelne stručne problematike, bolju suradnju s naučno-istraživačkim i privrednim organizacijama, kao i selekciju kvalitetnih radova za Savjetovanja.

Na osnovu donijetih izmjena i dopuna formirane su slijedeće stručne grupe sa studijskim komitetima, po sekcijama:

I SEKCIJA: ELEMENTI POSTROJENJA
- Grupa 11 — Rotacione mašine
- Grupa 12 — Transformatori
- Grupa 13 — Sklopni aparati
- Grupa 14 — Izolacioni materijali

II SEKCIJA: POSTROJENJA I VODOVI
- Grupa 21 — Visokonaponski kabeli
- Grupa 22 — Nadzemni vodovi
- Grupa 23 — Razvodna postrojenja

III SEKCIJA: MREŽE
- Grupa 31 — Planiranje i pogon električnih mreža
  - 311 — Podgrupa: Prijenosne mreže
  - 312 — Podgrupa: Distributivne mreže
- Grupa 32 — Zaštita i automatika
- Grupa 33 — Prenaponi i koordinacija izolacije
- Grupa 34 — Komunikacije i perturbacije

IV SEKCIJA: ELEKTROENERGETIKA (Energetsko-ekonomska problematika)
- Grupa 41 — Elektrane
- Grupa 42 — Sistemi

Grupe prvih triju sekcija odgovaraju organizacijskoj strukturi međunarodne organizacije CIGRE. U okviru ovih grupa formirani su i međunarodni studijski komiteti. — Grupe četvrte sekcije formirane su radi specifičnih potreba razrade ove tematike u okviru JNK CIGRE.

Zaključci stručnih sekcija

Na ovom Savjetovanju su radile još po staroj orga-organizacijskoj strukturi slijedeće sekcije, i to po dvije odvojene u dvije dvorane.

Dani	*Prije podne*	*Poslije podne*
12. listopada	Električna oprema Telekomunikacije	Električna oprema Vodovi
13. listopada	Ekonomska pitanja elektroenergetike Vodovi	Električne mreže Električna postrojenja
14. listopada	Električne mreže Električna postrojenja	Električne mreže Vrlo visoki naponi

U toku radnog dijela na zajedničkom sastanku četvrte i šeste sekcije, 14. X prije podne, iznio je generalni direktor »Zajednice jugoslovenske elektroprivrede« Lazar LJUBIŠA, dipl. ing. referat: »*Koncepcije razvoja osnovne 380 kV mreže Jugoslavije*«. U referatu je prikazano sadašnje stanje prijenosne mreže, ocjena perspektivnog razvoja proizvodnje i potrošnje eelktrične energije do 1985, i koncepcija konfiguracije perspektivne mreže. Ovaj referat pobudio je veliki interes učesnika, pa se razvila interesantna diskusija.

Svi radovi podnijeti Savjetovanju bili su umnoženi i dostavljeni učesnicima na vrijeme, tako da se na sastancima sekcija moglo odmah prići raspravi. Stručni izvjestioci pojedinih sekcija podnijeli su kao uvod u diskusiju svoje pismene izvještaje, koje su učesnici također primili i u kojima su istaknuta pitanja koja treba posebno raspraviti. Zaključci su formirani nakon rasprava u svakoj sekciji, a konačni tekst je prihvaćen na zaključnom, plenarnom sastanku.

I. sekcija — Električna oprema

Grupa 11 — *Generatori*

Predsjednik: prof. dr. ing. h. c. Anton DOLENC
Stručni izvjestilac: Dr ing. Božidar FRANČIĆ, umjesto odsutnog prof. Zvonimira SIROTIĆA, dipl. ing.

Poslije diskusije usvojeni su ovi zaključci:

1. Potrebno je i dalje proučavati pitanja optimalnog elektromagnetskog, mehaničkog i toplinskog dimenzioniranja suvremenih visokoiskorištenih generatora. U elektromagnetskoj oblasti treba nastaviti rad na postupcima optimiranja projekta stroja s obzirom na zadane parametre. Posebnu pažnju valja posvetiti dodatnim gubicima u stroju, naročito njegovim čeonim dijelovima, koji su kod visokoiskorištenih generatora vrlo istaknuti.
2. Na području posebnih mehaničkih pitanja treba i dalje proučavati uzroke vibracija i mehanizam njihova prenošenja, kako onih koje su uzbuđene radijalnim silama u toku redovnog pogona, tako i vibracija nastalih uslijed torzionih poremećaja u toku smetnji.
3. Sistemima i regulaciji uzbude generatora treba posvetiti još veću pažnju, to više što se na tom području uskoro očekuju značajni rezultati. Nužno je, posebnu pažnju posvetiti izboru uzbudnog sistema, kako sa stanovišta funkcije generatora u radu na mrežu, tako i sa stanovišta pogonske sigurnosti i ekonomičnosti. Potrebno je unapređivati svrsishodni matematički model sinhronog stroja i njegovog reguliranog uzbudnog sistema, posebno zbog proučavanja režima raznovrsnih smetnji.
4. Izbor parametara sinhronog generatora i njegovog uzbudnog sistema mora biti predmet trajne suradnje stručnjaka iz elektroprivrede i elektroindustrije. Potrebno je proučavati utjecaj pojedinih odlučujućih parametara (posebno zamašne mase i tranzijentne reaktancije) na ekonomičnost konstrukcije generatora i analizirati opravdanost njihovog izbora s obzirom na zahtjeve mreže. Treba omogućiti da suvremene

koncepcije projekta generatora i uzbudnih sistema (direktno hlađenje vodom, uzbudni sistemi s tiristorima) dođu do punog izražaja i treba birati parametre prema stvarnim potrebama mreže.

5. Reverzibilni agregati za pumpno-akumulacione elektrane zbog svoje perspektive moraju biti predmet naročite pažnje, posebno pitanje zaleta.

Na osnovu ovih zaključaka usvojene su preferencijalne teme koje treba obraditi za XI Savjetovanje.

1. Elektromagnetski problemi suvremenih velikih generatora (optimalno dimenzioniranje, gubici).
2. Mehnički i tehnološki problemi suvremenih velikih generatora (vibracije, mehanička stabilnost, direktno hlađenje vodom).
3. Sistemi uzbude generatora i pitanja modeliranja.
4. Izbor parametara sinhronih generatora i njihov utjecaj na tehničko i ekonomsko rješenje stroja.
5. Reverzibilni agregati.

Grupa 12 *Transformatori*

Predsjednik: prof. dr ing. h. c. Anton DOLENC
Stručni izvjestilac: dipl. ing. Velimir CIHLAR

Diskusija se vodila o dvije grupe problema, o:

1. Mjernim i energetskim transformatorima za mreže 400 kV.
2. Transformatorima u eksploataciji.

Nakon diskusije u prvoj grupi problema doneseni su zaključci:

1. Zahtjevi u pogledu mjernih transformatora za mrežu 400 kV uvjetovani su karakteristikama mreže, i uvjetima mjerenja i zaštite. U većini slučajeva može se očekivati da će u referatima predložene karakteristike mjernih transformatora udovoljiti zahtjevima mreže 400 kV.
   U izuzetnim slučajevima i u nekim tačkama mreže, ukoliko se uslijed primjene statičke distantne zaštite bude koristilo djelovanje zaštite u vremenu manjem od 20 m/sek, sigurno će trebati primijeniti linearizirane strujne transformatore kao i kapacitivne naponske transformatore, koji će morati da ispune oštrije uvjete vjernosti prijenosa pri kratkom spoju u mreži.
2. Budući da još nije razrađena 400 kV mreža, ne postoji definitivni stav u pogledu parametara transformatora za buduća postrojenja 400 kV.
   Preporuča se, da se na slijedećem Savjetovanju iznesu mišljenja o potrebnim karakteristikama energetskih transformatora 400 kV, uzimajući u obzir i problematiku konstrukcije i ispitivanja.

Nakon diskusije u drugoj grupi problema donesen je zaključak:

3. Konstatirano je, da sve više dolazi do izražaja zahtjev za transformatorima takvog odnosa gubitka koji bi stvarali najniže troškove u eksploataciji. Da bi se mogao utvrditi odgovarajući optimalni odnos gubitaka, potrebno je poznavati i utjecaj gubitaka na cijenu transformatora. Preporuča se elektroindustriji da na slijedećem Savjetovanju iznese kakav utjecaj imaju gubici na cijene transformatora.

Na temelju ovih zaključaka predlažu se preferencijalne teme za slijedeće Savjetovanje:

1. Stanovišta u pogledu potrebnih parametara transformatora za buduća postrojenja 400 kV, uzimajući u obzir i problematiku konstrukcije i ispitivanja.
1. Utjecaj odnosa gubitaka transformatora na njegovu cijenu.
3. Iskustva iz eksploatacije energetskih i mjernih transformatora u jugoslavenskim mrežama.

Grupa 13 *Aparatura*

Predsjednik: prof. dr ing. h. c. Anton DOLENC
Stručni izvjestilac: dipl. ing. Boris BELIN

Devetnaest referata ove grupe bilo je podijeljeno na slijedeće osnovne skupine:

1. Procesi gašenja električnog luka, prekidna moć i povratni naponi;
2. Neki problemi u vezi s ispitivanjem i primjenom visokonaponskih aparata;
3. Prikazi karakteristika i ispitnih rezultata domaće sklopne opreme,
   3.1. — za visoki napon,
   3.2. — za niski napon.

Na osnovu iznesenih referata i održane diskusije predloženi su zaključci:

1. Premda se računskim putem ne mogu odrediti karakteristike prekidanja tačnošću koja bi zadovoljila u praksi, ipak se time može dobiti uvid u kvalitetne odnose procesa gašenja luka. Dosad poznate računske metode mogu poslužiti kao gruba orijentacija na razvoj prekidača.
2. Iz referata i diskusije proizlaze mnoge tehničke prednosti sumpornog heksafluorida kao sredstava za gašenje luka. Ekonomska strana primjene aparata sa SF_6 nije obrađena na ovom Savjetovanju, ali se ekonomske prednosti naziru, naročito na vrlo visokim naponima.
3. Za koordinaciju nazivnih karakteristika rastavljača treba uzeti kao bazu osnovne električne veličine s vrijednostima iz standardnog niza, tako da budu usklađene s odgovarajućim karakteristikama ostalih elemenata postrojenja.
4. Primjenom novih osigurača velikine »O« i »OG« može se uštedjeti na prostoru uz istodobno povećanje prekidne moći.

Za slijedeće Savjetovanje JNK CIGRE predlažu se, na temelju dosadašnjih diskusija, ove prioritetne teme:

1. Ekonomsko-tehnička problematika primjene novih sistema prekidača za visoke napone, uključivši oklopljena montažna postrojenja, gdje sumporni heksafluorid i slična sredstva služe i kao izolacija između pojedinih faza i uzemljenog metalnog plašta.

2. Pogonska iskustva sa sklopnom opremom ugrađenom u naše prenosne i distributivne mreže.
3. Rezultati vlastitog razvoja u gradnji električnih aparata i sklopova za visokonaponska energetska postrojenja.
4. Pojave u mreži izazvane manipulacijom sklopnih aparata i njihovo ispitivanje direktnim mjerenjima.
5. Aktuelni problemi standardizacije i ispitivanja električnih aparata.
6. Uvjeti kojima moraju odgovarati elementi postrojenja za potrebe područja ugroženih potresom.

Grupa 14 — *Izolacjie*

Predsjednik: prof. dr ing. h. c. Anton DOLENC
Stručni izvjestilac: dipl. ing. Vladimir BEK

Na osnovu diskusije doneseni su zaključci:

1. Iako se posljednjih godina u većem broju institucija aktivno radi na profilaktičkim ispitivanjima izolacije električne opreme, u prvom redu izolacije velikih sinhronih strojeva, a zatim mineralnih ulja za transformatore i prekidače, dobivena iskustva još ne omogućuju donošenje potpunijih zaključaka i stvaranje čvršćih kriterija. Metode ispitivanja još nisu dovoljno stabilizirane niti međusobno usklađene.
   Bit će potrebno i veoma korisno, da se radovi na ovom području nastave još intenzivnije, kako bi se iz rezultata masovnijih ispitivanja, koristeći razmjenu iskustava, omogućilo uspostavljanje jedinstvene metodologije i kriterija za praćenje stanja sistema i pojedinih komponenata izolacije u pogonu. Zato je potrebno ostvariti čvršću koordinaciju radova, napose između proizvođača i korisnika, odnosno angažiranih institucija.
2. Razvoj novih suvremenih sistema izolacije električne opreme visokog napona od bitnog je značenja za poboljšanje konstrukcija, funkcionalnih sposobnosti i eksploatacione pouzdanosti ove opreme. Očekuje se, da će proizvođači električne opreme i dalje, kontinuirano i sistematski ostvarivati nova rješenja, uvođenjem novih izolacionih materijala uz primjenu najsuvremenije tehnologije.

Za slijedeće Savjetovanje predlažu se ove prioritetne teme:

1. Novi suvremeni sistemi izolacije električne opreme visokog napona.
2. Metodologija i kriteriji za ocjenjivanje stanja i prognoziranja ostatka vijeka trajanja sistema odnosno pojedinih komponenata izolacije električne opreme visokog napona.

II sekcija — Električna postrojenja

Predsjednik: prof. dr ing. Vučeta MILETIĆ
Stručni izvjestilac: dipl. ing. Sead SOFTIĆ

Radom ove sekcije rukovodili su prof. dr ing. V. Miletić kao predsjednik, uslijed službene odsutnosti predsjednika prof. ing. V. Krivaneka, i ing. S. Softić, kao stručni izvjestilac.

Nakon diskusije o referatima II sekcija je prihvatila zaključke koje istovremeno predlaže kao prioritetne teme za iduće Savjetovanje.

1. Poželjno je i potrebno, zbog rastućeg značaja i povećanog interesa, da se proučavaju i rješavaju pitanja izbora opreme i proizvodnje postrojenja 110 i 220 kV izvedenih na principu pune izolacije. Također treba proučiti koncepciju transformatorskih stanica s opisanom opremom sa stanovišta njihovog uklapanja u urbanizirane gradske cjeline i industrijske objekte, gdje se nameće štednja prostora.
2. Punoizolirana postrojenja srednjeg napona za unutarnju montažu također treba proučavati, kako sa stanovišta izrade pojedinačne opreme i sklopova, tako i u odnosu na komponiranje ovih postrojenja u naseljenim četvrtima, elektranama i industrijskim objektima s pogoršanim atmosfreskim uvjetima.
   Pri tom treba proučavati istovremeno i sve elemente koji su mjerodavni za izradu naših propisa o zaštiti osoblja od povišenih napona, o izvođenju, održavanju i kontroli ovih postrojenja.
3. Ova sekcija preporuča budućim autorima referata da obrade uputstva o izboru tipova učinskih i komandno-signalnih kabela niskog napona u razvodnim postrojenjima vanjske i unutarnje montaže. Iskustva o dosadašnjoj eksploataciji kabela u postrojenjima trebaju pokazati da li je opravdano i ubuduće koristiti jednostavnije i jeftinije tipove na račun složenijih, mehanički pojačanih i ekraniziranih kabela.
4. Tipska, vanjska postrojenja reda 110/35/30 kV ostaju i dalje interesantna tema za Savjetovanje. Poželjno je da se narednim referatima prikažu tekuća nastojanja tipiziranja postrojenja, kako u pogledu koncepcije postrojenja, tako i u pogledu standardizacije elemenata.
5. Treba i dalje pratiti i izvještavati o rezultatima ispitivanja i primjeni izolatora za vanjsku montažu izrađenih na bazi epoksidnih smola.
   Isto tako, kondenzatorski izolatori ostaju interesantna tema referiranja zbog porasta upotrebnih napona i struja, kao i zbog tendencije da se smanje gabaritne mjere opreme i postrojenja.
6. Primjena tronamotajnih energetskih transformatora, njihova zaštita i regulacija napona, ostaje i dalje tema za iduće Savjetovanje.

III sekcija — Vodovi

Predsjednik: prof. dr ing. Marijan PLAKER
Stručni izvjestilac: dipl. ing. Franc JAKL

Umjesto odsutnog predsjednika Korošec Vjekoslava, dipl. ing., njegovu dužnost je preuzeo prof. dr ing. Marijan Plaper, a umjesto stručnog izvjestioca prof. dr ing. Marijan Plapera, dipl. ing. Franc Jakl.

Za X Savjetovanje CIGRE III Sekcija je primila ukupno 18 referata, 9 iz područja nadzemnih vodova, odnosno dalekovoda, i 9 iz područja kabela.

Diskusija se odvijala prema tematici:

a) Nadzemni vodovi u projektiranju i pogonu
b) kabeli, njihova vrsta i način primjene.

Na temelju diskusije doneseni su zaključci:

1. Kod antikorozivne zaštite čeličnih konstrukcija i vijčane robe potrebno je primijeniti strože kriterije za kvalitetu pocinčavanja, kako bi uložena sredstva u antikorozivnu zaštitu bila ekonomski opravdana.
2. I dalje proučavati problematiku koordinacije izolacije za nadzemne visokonaponske mreže.
3. Produžavati proučavanjem problematike termičkog opterećenja vodiča za nadzemne visokonaponske vodove s aspekta odgovarajućeg jugoslavenskog propisa.
4. Da se postignu optimalna tehničko-ekonomska rješenja elektroprijenosne mreže, naročito kod dalekovoda svih napona, neophodno je i dalje razvijati hidrometeorološku aktivnost u elektroprijenosnim organizacijama, uz punu suradnju s hidrometeorološkom službom u pojedinim republikama.
   Područje ovih radova treba obuhvatiti atmosferska električna pražnjenja, zaleđivanje dalekovoda i udare vjetra, uz izgradnju istraživačkih stanica i istovremeno sistematsko sređivanje i proučavanje podataka o havarijama na elektroenergetskim objektima, koje su nastale uslijed djelovanja meteoroloških faktora. Ovo će omogućiti poduzimanje potrebnih preventivnih mjera pri projektiranju i eksploataciji prijenosne mreže.
5. I ubuduće treba proučavati mogućnost šire primjene legure E-Al Mg 1 odnosno 5005 na nisko naponske i visoko naponske vodove. Preporučuje se industriji da prouči mogućnost izrade i drugih materijala za zaštitnu užad i užad za uzemljenje, koji pružaju veću vodljivost i solidnu antikorozivnu zaštitu.
6. S obzirom da još uvijek postoje problemi napona dodira i koraka kod naših dalekovoda, kao i uzemljenje uopće, predlaže se da ova problematika bude preferencijalna tema za naredno Savjetovanje. Proučavati i dalje adekvatna ekonomsko-tehnička rješenja tih problema uz prikupljanje dokumentarnih prijedloga za eventualne izmjene odgovarajućih propisa.
7. Pokrenuto je pitanje primjene određene rezerve sigurnosnog odstojanja vodiča kod dalekovoda kod kojih se očekuje veće opterećenje, a naročito u gusto naseljenim područjima i važnijim raskrsnicama.
8. Nastaviti s praktičnim pokusima polaganja kabela u kabelske rovove uz primjenu novih konstrukcija rovova i odgovarajućih materijala.
9. Preporučuje se da se kod projektiranja i kod realizacije kabela primjene mjere, kako bi se izbjegla grla u prijenosu s obzirom na različiti toplotni otpor tla duž trase kabela.

IV sekcija — Električne mreže

Grupa 41 — Prijenosne mreže

Predsjednik: dipl. ing. Mihajlo GOLUBOVIĆ
Stručni izvjestilac: prof. dr Gojko MUŽDEKA

Na temelju diskusije doneseni su ovi zaključci:

1. Napori koji se čine u traženju što efekasnijih metoda i postupaka za štednju memorije elektroničkih računala, postizanju i ubrzanju konvergencije interacionih procesa itd., korisni su i treba ih dalje nastaviti. Treba iskoristiti mogućnosti koje se postižu na osnovu raspoloživih kapaciteta računala pa treba u analizama pojedinih problema prijenosnih mreža obuhvatiti sve one utjecaje koji mogu biti značajniji za rezultate, pa tako izbjeći sumnjive zamjene pojedinih dijelova sistema jednostavnijim, i ispitati švo veći broj varijanata.
2. Optimizacija, tj. izbor najpovoljnije varijante pri planiranju, projektiranju i radu prijenosne mreže i njenih elemenata kao integralni dio za pronalaženje optimalnog tehničkog-ekonomskog rješenja, ne smije se otuđiti od ostalih problema mreže. Naprotiv, gdje god tehnički uvjeti ostavljaju matematičku i fizičku neodređenost problema treba se koristiti metodama optimizacije radi determiniranja problema i nalaženja najpovoljnijeg rješenja.
3. Raditi na definiranju jedinstvenih kriterija sigurnosti prijenosa odnosno opskrbe električnom energijom napajanog područja, kako bi se pri traženju optimalnog rješenja u pogledu broja vodova i naponskog nivoa dalekovoda na pojedinim potezima dobila pouzdana osnova za usporedne analize u uvjetima kompleksne mreže.
4. Na svim magistralnim pravcima energetike pravovremeno treba razmotriti pitanje izbora naponskog nivoa prijenosnih vodova s obzirom na zaoštreno pitanje slobodnih koridora za izgradnju vodova.
5. Imajući u vidu perspektivno opravdanu orijentaciju na izgradnju mreže 380 kV Jugoslavije, potrebno je pri planiranju mreža najviših napona uzimati s mnogo više obzira u razmatranje i mogućnost dvostrukih vodova 220 kV transformabilnih na 380 kV, pri čemu bi, eventualno, u prvo vrijeme bio postavljen samo jednostruki vod 220 kV na stupovima građenim za 380 kV.
6. Pojavu viših harmonika u prijenosnim mrežama i dalje treba proučavati, kako bi se na vrijeme uočili slučajevi koji zahtijevaju poduzimanje mjera za njihovo suzbijanje, a i radi eventualnog unošenja ove problematike u propise.
7. Rezultati ispitivanja na mikromreži ponašanje HE Đerdap pri perturbacijama i manipulacijama na vodovima 380 kV dali su koristan doprinos pronalaženju palijativnih mjera za saniranje sistema u uvjetima uključenja ovog giganta na nedovoljno razvijenu mrežu, i ukazali na ovaj fizički model kao poželjan komplement elektroničkim računalima u analizama stanja u kvaru, i stanja u razdoblju nakon kvara.

8. Treba i dalje proučavati metode, postupke i kriterije za pronalaženje strojeva koji se pri regularnim i neregularnim poremećajima približno sinfazno kreću, kao ključni problem zamjene složenih dijelova elektromagnetskog sistema jednostavnijim pri proučavanju stabilnosti. Upotrebljavati ih međusobno i s rješenjima kompletnog sistema, kako bi se dobio odgovor na pitanje vrijednosti metoda u pojedinim slučajevima, ali njihovu primjenu u konkretnim analizama valja izbjegavati kad god je to moguće, ili kada je ta primjena nesigurna.
9. Karakteristike grupnih regulatora napona (pobude) u elektranama treba promatrati sa stajališta pepspektivne kompleksne automatizacije sistema.
10. Potrebno je i dalje raditi na ostvarenju konstrukcije automatike za reguliranje napona regulacionih transformatora pogodne za podešavanje regulatora u funkciji objekta. Distribucija neka razradi kriterije koje treba da zadovolji automatska regulacija napona s mogućnošću strujne kompenzacije-kompaundacije za tipične, odnosno, granične uvjete rada distributivnih mreža.
11. Automatizacija i daljinsko upravljanje u prijenosnim (i distributivnim) mrežama u svijetu prodire i k nama sve više. Zato treba razraditi koncepciju automatizacije prijenosne mreže i posvetiti posebnu pažnju broju kontrolnih centara, tipa regionalnih transformatorskih stanica, broju potrebnih informacija koje se uvode u centar i onih koje odlaze u viši upravljački centar. Pri tome treba već sada predvidjeti u odgovarajućim postrojenjima mjesto za odnosne veze. Raditi na unifikaciji rješenja i opreme. U ekonomskim analizama treba polaziti od godišnjih troškova.
12. Postupna orijentacija na uređaje automatike i zaštite zasnovane na elementima suvremene elektronike (tehnike poluvodiča i integriranih krugova) je neminovna. Dinamika uvođenja takvih uređaja treba ovisiti o značaju karakteristika koje pružaju uređaji, od prelaženja izvjesnih početnih slabosti i od provjere u praksi.
13. Smatra se da zaštita vodova i transformatora od prekida faza nije potrebna. Dovoljna je zaštita velikih generatora od nesimetrije. Razmatranje eventualnog uvođenja signalizacije od prekida faza kod transformatora i izbor odgovarajućeg uređaja prepušta se Studijskom komitetu za zaštitu i automatiku.
14. Eventualni kratkotrajni asinhroni rad sinhronih generatora treba i dalje studirati u saradnji s grupom za generatore, i odgovarajućim Studijskim komitetom.
15. Princip rada zaštite od nestanka uzbude generatora zasniva se kod modernih konstrukcija na promjenama u trofaznom sistemu, a ne na detekciji u uzbudnom krugu, što treba imati u vidu kod nabave ove zaštite.

Za slijedeće Savjetovanje predložene su ove preferencijalne teme:

1. Problematika prespektivnih mreža najviših napona.
2. Izbor minimalnog broja naponskih nivoa mreža s posebnim osvrtom na prelazna razdoblja.
3. Kabelske mreže visokog napona (110 kV i više) u gradskim područjima i specifičnosti razvoja u našim gradovima.
4. Varijacije napona kod eksploatacije naše prijenosne i distributivne mreže u uvjetima kvara i utvrđivanje parametara i koncepcija regulacionih uređaja.
5. Optimizacija formiranja eksploatacije visokonaponskih mreža.
6. Primjena zaštitnih uređaja i uređaja automatike s konstrukcijama na bazi tehnike poluvodiča, s posebnim osvrtom na specifičnosti eksploatacije u našoj mreži.
7. Izbor parametara elemenata perspektivne prijenosne mreže (strojeva, transformatora, vodova i postrojenja) sa stajališta konfiguracije i uvjeta eksploatacije.

IV sekcija — Električne mreže

Grupa 42 — Distributivne mreže

Predsjednik: dipl. ing. Mihajlo GOLUBOVIĆ
Stručni izvjestilac: dipl. ing. Vojislav PLAZINIĆ

O pojedinim problemima o kojima se diskutiralo u ovoj grupi, doneseni su zaključci:

1. Perspektivni razvoj distributivnih mreža.

1.1. Opterećenja distributivnog sistema, ili njegovih pojedinih dijelova, mogu se tretirati i prognozirati kao sistem slučajnih veličina koje u najvećem broju slučajeva podliježu normalnoj raspodjeli.
Kad su opterećenja tako degenerirana, prognoziranje ma koje veličine (struje, aktivne i reaktivne snage) temeljit će se na prognoziranju matematičkih očekivanja, prognoziranju standardne devijacije i usvajanju parametara normalne raspodjele.

1.2. Dugoročne studije dinamike razvoja distributivnih mreža zahtijevaju veliki broj vrlo tačnih podataka. Tačnost rezultata ovisi prije svega o tačnosti energetskih i ekonomskih polaznih podataka.
Ako se u takvoj studiji želi izabrati optimalna varijanta, treba smanjiti na najmanju mjeru redukcije polaznih podataka i varijanti.

1.3. Prilikom planiranja distributivnih mreža srednjeg napona treba osigurati mogućnosti dvostranog napajanja uz primjenu sistema ponovnog uklapanja i automatskog prebacivanja na rezervne veze.

2. Primjena elektroničkih računala u eksploataciji i planiranju distributivnih mreža.

2.1. Sistem za vođenje tehničke dokumentacije pomoću elektroničkih računala mora se kompletno

postaviti, a njegova realizacija sprovoditi postepeno, u okviru postavljenog kompletnog sistema. Pri tome treba očekivati velike organizacione teškoće, kako objektivne, tako i subjektivne prirode.

2.2. Treba težiti za stvaranjem jedinstvene metodologije za organizaciju i praćenje tehničke dokumentacije pomoću elektronskih računala i zato treba ići na što užu koordinaciju svih zainteresiranih.
Kao prvenstveni zadatak treba preko računala sprovesti evidenciju podataka o mreži i događajima na njoj.

2.3. Za planiranje, analize i kontrolu u distributivnoj djelatnosti, na raspolaganju stoji više pomoćnih uređaja, ali se izdvajaju elektroničko računalo i istosmjerni analizator. Odluku o nabavci (jedan ili oba uređaja) treba donijeti prema potrebama i ekonomskim mogućnostima.

3. Problemi pogona distributivnih mreža.

3.1. Preporučuje se uzemljenje neutralne tačke srednjenaponskih kabelskih mreža preko odgovarajuće rezistence. Prije donošenja odluke o načinu tretiranja neutralne tačke srednjenaponskih nadzemnih vodova čija struja zemnog spoja prelazi 5 A, treba ispitati i mogućnost usavršavanja sistema rada s izoliranom neutralnom tačkom. Ovaj problem zahtijeva punu koordinaciju svih zainteresiranih stručnjaka u Jugoslaviji.

3.2. Tehničke propise treba korigirati tako da omoguće lakše uvođenje pogona s uzemljenom neutralnom tačkom sistema srednjenaponskih mreža.

3.3. Za operativna istraživanja i analizu gubitaka u distributivnim mrežama treba izraditi jedinstvenu metodologiju. Dobivene rezultate treba kontrolirati odgovarajućim mjerenjima na terenu.

3.4. Veći dio distributivnih mreža Jugoslavije ne može bez znatnih investicionih ulaganja ispuniti uvjete održavanja kvalitete napona koji su predviđeni Pravilnikom o tehničkim uvjetima za isporuku električne energije.

3.5. Potrebno je izraditi i usvojiti jedinstvenu metodologiju za procjenu kvalitete isporučene električne energije.

3.6. S obzirom na nove potencijalne meteorološke službe uvođenjem mreže meteoroloških radara, štete koje nanose nepogode električnoj mreži mogle bi se ograničiti poduzimanjem odgovarajućih preventivnih mjera na osnovu pravovremenih meteoroloških radarskih informacija o nailasku intenzitetu, brzini i pravcu kretanja grmljavinskih nepogoda.

4. Oprema distributivnih mreža.

4.1. Posebna se pažnja mora posvetiti izboru optimalnog transformatora i određivanju najpovoljnijih uvjeta pogona. S tim ciljem treba nastaviti istraživački rad na određivanju najpogodnije metode.

4.2. U narednom razdoblju se očekuje veća aktivnost na realizaciji petljastih mreža niskog napona. Izboru opreme i zaštite treba posvetiti izuzetnu pažnju budući da ne raspolažemo vlastitim iskustvom.

4.3. Distributivna poduzeća posebno su zainteresirana za kontrolu vršnog opterećenja i preuzete električne energije. Preporučuje se proizvodnim poduzećima da ispitaju mogućnost proizvodnje i plasmana kompletnog sistema za daljinsko mjerenje snage i energije.

Prioritetne teme za XI Savjetovanje:

1. Metode za dugoročno planiranje potreba u električnoj energiji i snazi,
2. Metode za planiranje elemenata mreža (vodova, transformatorskih stanica, uređaja i sl.), potrebnih za realizaciju usvojenog sistema mreža i energetske bilance,
3. Analiza konzuma,
4. Metode za određivanje potrebnih rezervi radi postizavanja planiranog stupnja sigurnosti,
5. Metodologija za organizaciju i praćenje tehničke dokumentacije pomoću elektroničkih računala,
6. Koordinacija podsistema za upravljanje mrežom u okviru jedinstvenog sistema (telekomanda, lokalna automatizacija, ton-frekventna komanda, računala),
7. Rezultati pogona sistema s uzemljenom neutralnom tačkom.
8. Problemi gubitaka u distributivnoj mreži,
9. Metodologija za provjeru kvalitete isporučene električne energije,
10. Izbor optimalnog transformatora i druge opreme,
11. Problemi uzemljenja u gradovima,
12. Smještaj podzemnih instalacija u gradovima i njihov međusobni utjecaj,
13. Elementi mreža sa smanjenim dimenzijama,
14. Podzemne transformatorske stanice.

Grupa 43 — Električna vuča

Predsjednik: dipl. ing. Mihajlo GOLUBOVIĆ
Stručni izvjestilac: dipl. ing. Radojko VULIČEVIĆ

Nakon diskusije u ovoj grupi donesena su dva zaključka, i to:

1. Predlaže se da se kod daljnjih projektiranja električnih podstanica Jugoslavenskih željeznica uzme u obzir dosadašnje iskustvo o izgradnji postrojenja, i da se dalje razmotri mogućnost racionalizacija, kako kod pojedinih dijelova postrojenja, tako i kod postrojenja u cjelini.
2. Prihvaćena je informacija da je naša industrija pristupila proučavanju konstrukcije i primjene linearnih indukcionih motora, pa se preporučuje da budući Studijski komitet za rotacione mašine uzme ovo u obzir prilikom razrade plana rada.

V sekcija — Telekomunikacije

Predsjednik: dipl. ing. Ivan PLAČKO
Stručni izvjestilac: dipl. ing. Miroslav MIKULA

Radom sekcije je rukovodio umjesto odsutnog predsjednika prof. dr ing. Vladimira Matkovića, docent Plačko Ivan, dipl. ing. dok je stručni izvjestilac bio Mikula Miroslav, dipl. ing.

Rad sekcije odvijao se u dvije grupe, i to u grupi 5.1 — Telekomunikacije, u kojoj je razmatrao prijenos i obradu raznih vrsta informacija potrebnih za rad elektroenergetskih postrojenja, i u grupi 5.2 — Perturbacije, u kojoj su razmatrane razne mogućnosti utjecaja elektroenergetskih postrojenja na telekomunikaciona postrojenja

5.1. *Grupa Telekomunikacije*

U grupi Telekomunikacije iznijeta su dva referata i pet informacija. Nakon opsežne diskusije informacija doneseni su slijedeći zaključci i preferencijalne teme za iduće Savjetovanje.

a) zaključci:

1. CIGRE treba, uz pomoć JUGEL-a, organizirati sastanak predstavnika elektroprivrede, RTV i PTT na kome bi se raspravilo pitanje superponirane radio mreže.
2. Raditi na izradi tehničkih uvjeta za telekomunikaciona postrojenja, koja će se upotrebljavati u elektroprivredi (za komutaciju, prijenos i upravljanje).
3. Koordinirati rad na planiranju i izgradnji komunikacione mreže elektroprivrede na teritoriju cijele zemlje.

b) prioritetne teme:

1. Analiza eksploatacionih iskustava elektroprivredne radio mreže,
2. Problemi superponirane radio mreže elektroprivrede SFRJ,
3. Metode određivanja optimalnog broja i lokacije centra za daljinsko upravljanje i dispečing,
4. Analiza tehničkih i ekonomskih kriterija za prijenosne medije u komunikacijskoj mreži elektroprivrede,
5. Problemi prijenosa podataka,
6. Problemi dispečerskih i mjernih centara,
7. Uvođenje računala u dispečerske i mjerne centre,
8. Analiza pouzdanosti komunikacijskih sistema i sklopova, koji se upotrebljavaju u elektroprivredi.

5.2. *Grupa Perturbacije*

U grupi perturbacija iznijeta su dva referata. Nakon opsežne diskusije o referatima donijeti su slijedeći zaključci i preferencijalne teme za iduće Savjetovanje.

a) zaključci:

1. Nastaviti ispitivanje izvora radio smetnji i njihovog djelovanja na razne komunikacijske sisteme,
2. Uspostaviti čvršće veze sekcije Telekomunikacije sa studijskim komitetom za zaštitu i releje,
3. Stupiti u direktni kontakt s radnom grupom za izradu propisa o zaštiti telekomunikacionih postrojenja od utjecaja elektroenergetskih postrojenja, kako bi se ubrzala njihova izrada i donošenje,
4. Povesti akciju za usvajanje najprikladnijeg tipa plinskog odvodnika, kao i za njegovu proizvodnju u zemlji.

b) prioritetne teme:

1. Analiza rezultata mjerenja radio smetnji,
2. Načini osiguranja različitih vrsta telekomunikacionih vodova,
3. Koegzistencija telekomunikacionih i signalnih vodova u istom kabelu,
4. Zaštita digitalnih informacija na prijenosnom putu,
5. Uvođenje telekomunikacionih vodova u postrojenja visokog napona,
6. Analiza utjecaja elektrovuče na komunikacijsku mrežu,
7. Perturbacije s obzirom na utjecaj vodova najviših napona.

VI sekcija — Vrlo visoki naponi

Predsjednik: prof. dr Božidar STEFANINI
Stručni izvjestilac: dipl. ing. Boris MARKOVČIĆ

Nakon diskusije doneseni su zaključci:

1. Na temelju reefrata i diskusija na IX i X Savjetovanju CIGRE pokazalo se da za jugoslavenske vodove 380 kV odgovaraju presjeci 2 × 490/65 Ač, a za naročito opterećene vodove iznimno 3 × 490/Ač. Preporuča se da se što prije definitivno usvoje standardni persjeci vodiča dalekovoda 380 kV, kako bi projektanti mogli obraditi odgovarajuće projekte i izraditi tipizirana rješenja.
2. Budući da je na ovom Savjetovanju iznesena i prodiskutirana osnovna jugosalvenska mreža 380 kV, postoje svi izgledi da će se moći utvrditi glavni parametri budućih čvornih tačaka 380 kV. Treba studirati osnovne sheme tih stanica i naročitu pažnju posvetiti pojednostavljenim osnovnim shemama.
3. Treba studirati utjecaj vodova 380 kV na TT linije kako bi se našle efikasne i ekonomične mjere za smanjenje utjecaja.
4. Treba studirati meteorološke prilike na trasama budućih vodova 380 kV, a naročitu pažnju posvetiti problemu zaleđivanja.
5. Budući da se pokazalo da pregradnja vodova za prijelaz na viši napon izaziva pogonske poteškoće zbog duljeg prekida pogona, treba ispitati opravdanost izgradnje dvostrukih dalekovoda 220 kV za mogućnost prelaza na 380 kV. Za takve slučajeve izgleda da je najekonomičnije odmah graditi vod 380 kV i staviti ga u pogon pod 220 kV.
6. Granične vrijednosti snaga kratkog spoja za uređaje i aparate električnih mreža svih naponskih nivoa treba preispitati i naći optimalne granice iznad kojih bi trebalo poduzimati mjere za ograničenje struja kratkog spoja.

Za slijedeće Savjetovanje predlažu se ove prioritetne teme:

1. Jugoslavenska mreža 380 kV, razvoj i povezivanje s inozemstvom,

2. Borba protiv nedopuštenog utjecaja vodova 380 kV na TT linije,
3. Pogonska iskustva u mreži 380 kV,
4. Studije o parametrima jugoslavenske mreže 380 kV,
5. Studije trasa vodova 380 kV i meteoroloških prilika na njima,
6. Nove koncepcije u izgradnji vodova i postrojenja 380 kV, kao i elemenata mreže toga napona.

VII sekcija — Ekonomska pitanja elektroenergetike

Predsjednik: prof. dr ing. Hrvoje POŽAR
Stručni izvjestilac: dipl. ing. Nikola BILČAR

Nakon diskusije doneseni su zaključci i predložene preferencijalne teme za XI Savjetovanje.

I. Konstatirano je da su kod nas razvijene metode za određivanje optimalne eksploatacije elektrana u sistemu hidroelektrana i termoelektrana, koje se mogu upotrijebiti u praktičnom pogonu i da se pojavljuju radovi iz područja optimizacije eksploatacije nekih postrojenja. Smatra se da bi trebalo nastaviti radom na tom području, kako bi što prije došlo do primjene u praksi, jer se danas eksploatacija provodi prema metodama koje su vrlo aproksimativne.

Prioritetne teme:

1. Daljnja razrada metoda dispečinga koje bi trebale uzeti u obzir i izbor agregata u hidroelektranama i termoelektranama koje treba staviti u pogon,
2. Razrada metoda za optimalnu eksploataciju parcijalnih sistema, vodeći računa o sistemu kao cjelini unutar kojeg radi parcijalni sistem,
3. Proučavanje mogućnosti i razrada metoda za optimizaciju izgradnje i eksploataciju pojedinih proizvodnih postrojenja (hidroelektrana i termoelektrana).

II Razmatrano je pitanje dovoljnog snabdijevanja potrošača jalovom snagom i energijom, kako s obzirom na sredstva za proizvodnju u mreži, tako i s obzirom na nivo kompenzacije kod potrošača. Konstatirano je, da taj problem treba riješiti u sklopu cijelog elektroenergetskog sistema i da na način njegovog rješavanja ima znatan utjecaj razvoj mreže najvišeg napona.

Problem visine šteta kod potrošača nije dovoljno proučen, pa treba utvrditi utjecaj nenajavljenih i najavljenih obustava dobave na sve kategorije potrošača, kako s obzirom na izgradnju elektrana (snaga, veličina agregata) tako i s obzirom na izgradnju mreže (dvostrano napajanje, zaštita i sl.). Diskusija je pokazala da danas postoje znatne mogućnosti za izgradnju vršnih postrojenja koja se mogu prilagoditi pogonskim zahtjevima (pumpno-akumulaciona postrojenja, povećanje instaliranih snaga hidroelektrana, elektrane s plinskim turbinama), pa treba proučiti sve mogućnosti — uzevši u obzir prilike u sistemu Jugoslavije i mogućnosti izgradnje takvih postrojenja, kako bi se odredila opća orijentacija za pokrivanje vršnih opterećenja.

Meteorološke prilike uvjetuju način izgradnje i eksploatacije elektrana i mreža, pa je neophodno razraditi metode za korištenje meteoroloških podataka.

Prioritetne teme:

1. Metode za određivanje optimalnih izvora za pokrivanje jalove energije i lokacija tih izvora,
2. Metode za određivanje optimalnog faktora snage na pragu potrošača, uzevši u obzir i troškove za proizvodnju jalove energije u sistemu, i troškove kompenzacije kod potrošača,
3. Razrada metode za tačnije određivanje šteta kod potrošača zbog najavljenih i nenajavljenih obustava isporuka električne energije, kao i određivanje tih šteta za prilike u Jugoslaviji,
4. Analize mogućnosti pokrivanja vršnih opterećenja u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije, uzevši u obzir lokacije konzuma i moguće lokacije postrojenja,
5. Razrada metoda za korištenje meteoroloških opažanja za izgradnju i eksploataciju elektrana i mreže,

III Nuklearne elektrane predstavljaju jedan od izvora energije koji će biti potreban u budućnosti.

Prioritetne teme:

1. Uključivanje nuklearnih elektrana u elektroenergetski sistem Jugoslavije,
2. Proučavanje dugoročne strategije izgradnje nuklearnih elektrana s obzirom na moguće tipove reaktora i opskrbu nuklearnim gorivom,
3. Utjecaj velikih agregata u nuklearnim elektranama na mrežu i na sigurnost opskrbe potrošača,

IV Problem korištenja akumulacionih bazena predstavlja stalno aktuelnu temu, pa na tom problemu treba i dalje raditi.

Prioritetne teme:

1. Daljnja razrada već upotrebljavanih metoda i razvijanje novih metoda za dugoročno i kratkoročno korištenje akumulacionih bazena hidroelektrana.

V Prilikom izbora veličine transformatorskih jedinica i karakteristike transformatora pojavljuju se pitanja koja nisu za naše prilike riješena, pa je neophodno raditi na definiranju osnovnih postavki za izbor veličine transformatorskih jedinica i njihovih karakteristika.

Prioritetna tema:

1. Razrada metoda za valorizaciju gubitaka u transformatorima i utvrđivanje ulaznih veličina za tu valorizaciju.

Naslov pisca: Herman Mattes, dipl. ing.
JNK CIGRE, Zagreb

Informacija

o Drugom kongresu Međunarodnog društva za mehaniku stjena

– Drugi kongres Međunarodnog društva za mehaniku stjena održan je u Beogradu od 21. do 26. rujna 1970. godine.

— Pokrovitelj Kongresa bio je predsjednik Saveznog izvršnog vijeća drug Mitja Ribičič.

— Domaćin Drugog kongresa bilo je Jugoslavensko društvo za mehaniku stjena i podzeme radove.

— Organizaciju Kongresa pripremio je poseban Organizacioni komitet, čiji je predsjednik bio prof. Branislav Kujundžić, direktor Instituta za vodoprivredu »Jaroslav Černi«, — predsjednik Jugoslavenskog društva za mehaniku stjena i podzemne radove.

— Odluka o povjeravanju organizacije Drugog kongresa Međunarodnog društva za mehaniku tjena Jugoslaviji donijeta je 1966. godine na Prvom kongresu, održanom u Lisabonu. Iako je bilo više kandidata, odluka je donijeta u korist Jugoslavije zbog izvanrednih rezultata što su ih postigli jugoslavenski stručnjaci na području mehanike stjena. Pri donošenju ove odluke istaknut je i specifičan položaj Jugoslavije kao neangažirane zemlje, kao i mogućnost da na Beogradskom kongresu uzmu veće učešće stručnjaci iz socijalističkih zemalja.

— Na devnom redu Drugog kongresa bile su slijedeće teme:

1. *Osnovna svojstva stjenskih masa:* prirodni naponi, heterogenost, anizotropija, diskontinualnost.
2. *Deformabilnost stjenskih masa:* mehanizam i karakter deformacija, utjecaj opterećenja i vremena.
3. *Mehaničke otpornosti stjenskih masa:* na pritisak, zatezanje i smicanja. Problem loma.
4. *Podzemni radovi:* sekundarno stanje napona, deformacije, podzemni pritisci, međusobno djelovanje stjenske mase i podgrade, odnosno obloge.
5. *Razaranje stjenske mase:* fizičko-mehaničke osnove, bušenje, miniranje, drobljenje, kršenje.
6. *Poboljšanje osobina stjenskih masa:* injektiranje, dreniranje, sidrenje itd.
7. *Stabilnost padina i kosina stjenskim masama* — stalnih i privremenih,
8. *Ponašanje stjenskih masa ispod temelja objekata,* uključujući deformacije i seizmičke efekte pri punjenju vodnih akumulacija.

— Kongresu je podnijeto 279 referata iz 33 zemlje. Svi referati odštampani su prije Kongresa i dostavljeni svim učesnicima, tako da su na Kongresu vođene samo diskusije. Referati su objavljeni u tri toma velikog formata, na 2.200 strana sa 1.800 slika i grafičkih priloga. U pisanju referata učestovalo je 485 autora. S područja građevinarstva bilo je podneseno 87 referata, rudarstva 40, geologije 47, geofizike 12, teorijske i primijenjene mehanike 37 i drugih disciplina.

— Na Kongresu su održana i dva predavanja, i to: »*Geologija Jugoslavije*« — akademika prof. Milana Lukovića i »*Doprinos jugoslovenskih stručnjaka razvoju mehanike stena*« — prof. Branislava Kujundžića.

— Da bi Kongres bio što sadržajniji, organizirano je niz interesantnih pratećih manifestacija. Tako je održana *specijalizirana izložba naučnih instrumenata i opreme* s područja mehanike stjena u kojoj je uzelo učešće deset najpoznatijih svjetskih proizvođača instrumenata s ovog područja, kao i neke naučnoistraživačke organizacije, koje su izlagale svoja originalna rješenja.

— Također je priređena i posebna *izložba naučnih publikacija* s ovog područja na kojoj je sudjelovalo 25 velikih svjetskih izdavačkih kuća, naučnoistraživačkih organizacija i društava, s ukupno 500 eksponata.

— Uz izložbu instrumenata i opreme organizirana *je i izložba aktivnosti nekih jugoslavenskih projektantskih, izvođačkih, naučnoistraživačkih i specijaliziranih organizacija,* u kojoj su pokazale dio svoje djelatnosti usmjerene prema području mehanike stjena (ukupno 13 organizacija).

— U okviru rada Kongresa prikazani su slijedeći naučno-dokumentarni filmovi:

1. Congelation a l'avancement dans la galerie d'adduction est l'amenagement l'Hongri-Lemon — autor S. J. F. Bachy
2. »Essais geotechniqzes en cavernes« — autor EDF
3. »Đerdap« — autor B. Rančić
4. Tehnologija izgradnje tunela Zlatibor — autor D. P. »Planum«.
5. »Gvozdena vrata« — autor »Energoprojekt«
6. Izgradnja brane »Kafue« u Zambiji — autor »Energoprojekt«.

— Na Kongresu je uzelo učešće oko 1.000 učesnika iz 43 zemlje sa svih kontinenata.

— Trećeg dana rada Kongresa organizirano je, za sve njegove učesnike, šest jednodnevnih ekskurzija i to: »Manasija«, »Kolubara«, »Šumadija«, »Fruška gora«, »Đerdap« i »Bor«. Najveći broj učesnika odlučio se za posjetu gradilištu hidroenergetskog i plovidbenog sistema »Đerdap«.

— Poslije Kongresa održane su dvije stručno-turističke ekskurzije.

— Za vrijeme rada Drugog kongresa održana su zasjedanja Board-a i Concila. Na drugom zasjedanju

održanom 26. rujna 1970. godine izabran je novi BOARD za razdoblje od četiri godine.

Predsjednik: Dr Leonard Obert (SAD)
Potpredsjednici:
za Aziju: Prof. Boris Aisenstein (Izrael)
za Evropu: Prof. Branislav Kujundžić (Jugoslavija)
za Sjevernu Ameriku Dr D. F. Coates (Canada)
za Latin. Ameriku Prof. Victor F. B. de Mello (Brazil)
za Afriku: Mr A. Chaoui (Maroko)
za Australiju: Prof. J. C. Jaeger (Australija)
Generalni sekretar Dr Ricardo Oliveira (Portugal)

— Na drugom zasjedanju Concil-a donijeta je i odluka da se Treći kongres Međunarodnog društva za mehaniku stjena održi 1974. godine u Denveru (S.A.D.).

— Istovremeno su, u okviru rada Kongresa zasjedale slijedeće komisije MDMS:

1. Komisija za nastavu iz mehanike stjena
2. Komisija za terminologiju, simbole i grafičko predstavljanje
3. Komisija za standardizaciju tehnike terenskih ogleda
4. Komisija za standardizaciju laboratorijskih i terenskih ogledi, i
5. Komisija za definiciju najboljih smjernica istraživanja.

— Lista zemalja članica Međunarodnog društva za mehaniku stjena koje imaju nacionalne grupe:

1. Austrija
2. Australija
3. Belgija
4. Brazil
5. Kanada
7. Francuska
6. Čehoslovačka
8. Nemačka Demokratska Republika
9. Grčka
10. Indija
11. Izrael
12. Italija
13. Japan
14. Jugoslavija
15. Maroko
16. Norveška
17. Poljska
18. Portugal
19. Južna Afrika
20. Španjolska
21. Švedska
22. Švicarska
23. Turska
24. Engleska
25. U. S. A.

Kongresna publikacija

Povodom održavanja Drugog kongresa Međunarodnog društva za mehaniku stjena u Beogradu, Organizacioni komitet Drugog kongresa je izdao tri toma Kongresne publikacije u kojoj su objavljeni referati najeminentnijih svjetskih stručnjaka iz oblasti mehanike stjena.

Prva tri toma Kongresne publikacije, formata A 4, uvezana u platno sa 2.200 strana i 1.800 grafičkih priloga, sadrže 279 referata. Broj autora i koautora 485.

Referati su štampani na engleskom, francuskom i njemačkom jeziku, službenim jezicima Kongresa.

Četvrti tom Kongresne publikacije, koji treba biti objavljen do kraja srpnja 1971. godine, sadržat će izvještaje generalnih izvjestilaca, diskusiju, listu učesnika, društvene manifestacije i drugo, i imat će oko 100 štamparskih araka i preko 1.200 grafičkih priloga.

Cijena Kongresne publikacije za članove Međunarodnog društva za mehaniku stjena je 50 $

Narudžbe treba slati na adresu Sekretarijata Drugog kongresa Međunarodnog društva za mehaniku stjena (Institut za vodoprivredu »Jaroslav Černi« — Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43).

Uplate treba izvršiti na devizni račun broj 608-620-1-1-32002-10-694 preko Beogradske udružene banke — Beograd, ako su u pitanju uplate sa konvertibilnog područja.

Zemlje s kojima Jugoslavija ima ugovore o klirinškom plaćanju (Albanija, Alžir, Bugarska, Čehoslovačka, Grčka, Indija, Kuba, Madžarska, Maroko, Poljska, Rumunjska, SSSR i Turska) mogu uplatiti i preko kliringa na devizni račun br. 608-620-1-1-32002-30-694.

Počevši od 1. siječnja 1971. godine uplate će se vršiti na naznačene devizne račune preko Beogradske banke, Beograd.

NOVE KNJIGE I ČASOPISI

F. W. KLOEPPEL i H. FIEDLER: **Kurzschluss in Elektroenergiesystemen.** Izdavač VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1969. Opseg 304 strane, 190 slika, 22 tablice i 11 računskih primjera. Namjena: Udžbenik za Sveučilišta i Visoke škole u Njemačkoj demokratskoj republici.

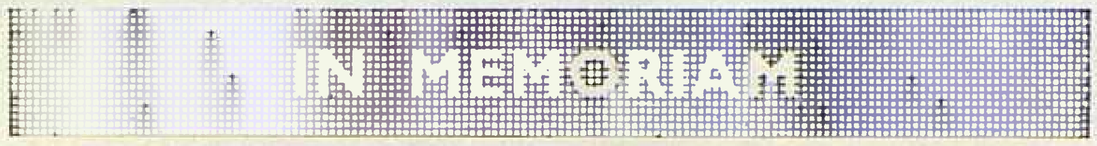
U ovoj vrlo zanimljivoj i korisnoj knjizi autori obrađuju problematiku kratkog spoja u trofaznim i istosmjernim elektroenergetskim mrežama na temelju Standarda TGL 200-0604 koji vrijedi u Demokratskoj Republici Njemačkoj, no ukratko se ukazuje i na razlike prema propisima koji vrijede u drugim zemljama, uključujući i propise VDE.

Knjiga je podijeljena u dvanaest poglavlja čiji naslovi najbolje ukazuju na obim i zanimljivost obrađene materije: 1. Ponašanje električnih strojeva i usmjerivača kod kratkog spoja, 2. Djelovanje kratkog spoja na ponašanje potrošača električne energije u pogonu, 3. Nadomjesne impedancije elemenata mreža, 4. Osnovni računski postupci za proračun mreža, 5. Proračun struja kratkog spoja u trofaznim postrojenjima iznad

1 kV, 6. Proračun struja kratkog spoja u trofaznim postrojenjima do 1000 V, 7. Proračun struja kratkog spoja u ispravljačkim postrojenjima, 8. Tehnička pomagala kod proračuna struja kratkog spoja. 9. Povratni napon kod isključivanja struja kratkog spoja, 10. Primjena izračunatih struja kratkog spoja na toplinska i mehanička dimenzioniranja postrojenja, 11. Tehničke mjere kod oblikovanja sistema i postrojenja radi ograničenja struja kratkog spoja i njihovog djelovanja, i 12. Prilog.

Kao što se vidi, knjiga obrađuje problematiku kratkog spoja vrlo kompleksno i na zanimljiv način uz iznošenje nekih konkretnih primjera proračuna, pa može vrlo korisno poslužiti, ne samo kao udžbenik studentima, već i kao odlična informacija onim inženjerima u praksi, koji se žele podrobnije uputiti u problematiku proučavanja kratkog spoja i njegovih posljedica. Istoj svrsi može dobro poslužiti i iscrpan popis literature priložen na kraju knjige.

Miroslav Jung



PROF. ING. JOSIP BONCELJ

Petog siječnja ove godine umro je prof. ing. Josip Boncelj, dugogodišnji profesor iz predmeta konstrukcije strojnih dijelova prenosila i dizala, Tehničkog fakulteta u Zagrebu i osnivač Laboratorija za toplinska mjerenja.

Prof. Boncelj se rodio 17. srpnja 1884. godine u Železniki u Sloveniji, gdje je i sahranjen.

Diplomirao je na Tehničkoj visokoj školi u Beču 1908. godine. Kao strojarski inženjer je najprije radio kod tvrtke »Brown Boveri«, a zatim kod tvrtke »Siemens- Schuckert« u Nürnbergu, na konstrukciji i gradnji električnih strojeva.

Nakon I. svjetskog rata radi u Ljubljani u poduzeću »Strojne tovarne in livarne« na općim strojarskim problemima. Od 1925. do 1927. godine predaje konstrukcije strojnih dijelova na Tehničkom fakultetu u Ljubljani, a od 1927. do umirovljenja predaje isti predmet na Tehničkom fakultetu u Zagrebu.

Kao profesor Tehničkog fakulteta osniva 1932. godine, u okviru Fakulteta, Laboratorij za toplinska mjerenja, čija je osnovna djelatnost bila problematika toplinskih izolacija. Već od prvih početaka ovaj Laboratorij je bio vezan za djelatnost Elektroprivrede. Godine 1932. dograđeno je kotlovsko postrojenje tadašnje Gradske električne centrale u Zagrebu radi povišenja instalirane snage na ukupno 26 MW. Tom prilikom poboljšana je izolacija glavnih parovoda. Kao materijal za izolaciju upotrebljena je aluminijska folija, koja je u ono vrijeme predstavljala novost u tehnici izoliranja.

Jedno od prvih zadataka Laboratorija za toplinska mjerenja, pod vodstvom prof. Boncelja, bilo je ispitivanje nove izolacije. I nadalje je Elektroprivreda, uz ostalu industriju pomagala razvoju Laboratorija.

Drugi svjetski rat prekinuo je rad Laboratorija. Prostorije zauzima okupaciona vojska i opremu potpuno uništava. Međutim, volju prof. Boncelja za aktivnošću na ovom području rat nije uspio uništiti. Iako je poslije rata bio potpuno zaokupljen novim zadacima na standardizaciji, on uporno nastoji da se djelatnost Laboratorija za toplinska mjerenja obnovi, što mu napokon 1951. godine i uspijeva, uz pomoć tadašnje Generalne direkcije za elektroprivredu Hrvatske u Zagrebu, koja obnavlja Laboratorij, ovaj puta u sklopu »Elektrane Zagreb«.

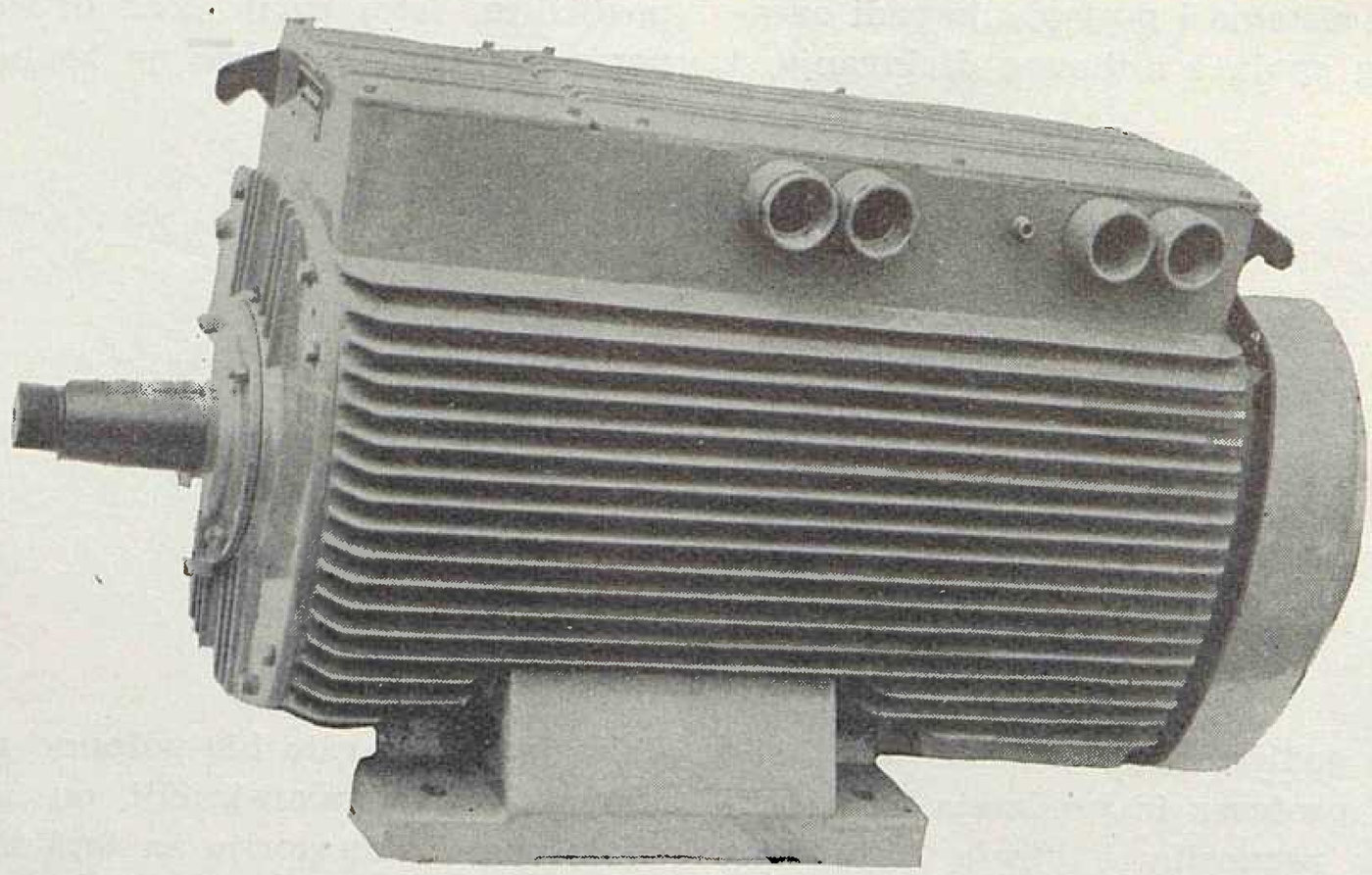
Godine 1952. prelazi ovaj laboratorij u sastav Instituta za elektroprivredu, a 1953. dobiva nove prostorije na Selskoj cesti 83, gdje prof. Boncelj razvija punu aktivnost. Grade se novi aparati, nabavlja se nova oprema, i aktivnost prelazi okvire elektroprivrede, proširuje se i u pogledu zadataka, obuhvaća mnoge nove privredne djelatnosti, gdje god je prijelaz topline značajan, bilo za tehnologiju, ili za ekonomiku proizvodnje.

Godine 1960. prof. Boncelj prestaje aktivno rukovditi Laboratorijem, ali i dalje ostaje njegov savjetnik, sve do najnovijeg vremena. Još je imao prilike da se raduje preselenju Laboratorija u nove, vlastite, prostorije s velikom halom za ispitivanja, što je ispočetka izgledalo kao nedostižni cilj.

S prof. Bonceljem otišao je jedan od pionira razvoja naših tehničkih nauka, uopće. Pripadao je generaciji koja je osnovala prve tehničke fakultete u zemlji nakon I. svjetskog rata, koja se uporno borila, da u tadašnjoj mladoj i tehnički još posve sirovoj državi, izbori pravo na opstanak tehničkim fakultetima, koji su nakon II svjetskog rata predstavljali bazu na koju se mogao oslanjati naš najnoviji razvitak. Isto vrijedi i za njegovu aktivnost na području standardizacije i laboratorijskih ispitivanja u oblasti toplinskih mjerenja. Rezultatima svoje aktivnosti, koje ostaju i razvijaju se i nakon njegove smrti, prof. Boncelj je zadužio sve one koji na tim područjima nastavljaju njegov rad.

Neka je slava prof. Boncelju!

KOLUTNI MOTORI ZA TEŠKE UVJETE RADA



U teškim uvjetima rada na kranovima, pomoćnim pogonima željezara i drugdje, već duže vrijeme se osjećala potreba za kolutnim asinhronim motorima domaće proizvodnje, koji bi se mogli lako izmjenjivati s motorima bilo čije proizvodnje, pod uvjetom da budu sigurni u pogonu, i jednostavni za rukovanje i održavanje.

U Tvornici rotacionih strojeva poduzeća »Rade Končar« razvijen je novi niz asinhronih, trofaznih, kliznokolutnih i zatvorenih motora tipne oznake AKMd, s prigradnim mjerama u skladu s preporukama IEC — publikacija 72 i normama DIN 42681. Naponi rotora i zamašni moment također su u skladu s normama DIN 42681.

Ovi motori predviđeni su za rad u pogonima čije su karakteristike: intermitirani rad, reverziranje, podešavanje brzine vrtnje, povećane vibracije, nečistoća i sl.

Motori zadovoljavaju teškim električnim i mehaničkim zahtjevima pogona, kranovima svih vrsta, valjaoničkih strojeva, lagera i sličnih strojeva. Izolacija namota otporna je na vibracije, vlažnu atmosferu i atmosferu s manjim postotkom kemijskih agresivnih plinova i para.

Statorski namot izrađen je s klasom izolacije B, a rotorski s klasom izolacije F.

Tablični pregled s osnovnim podacima motora Tip AKMd 380 V, 50 Hz.

TABLIČNI PREGLED S OSNOVNIM PODACIMA MOTORA TIP AKMd 380 V, 50 Hz

Tip motora	Nazivna snaga za intermitencije 100/60/40/25 % (kW)		
	6-polni	8-polni	10-polni
AKMd 160 M	5,5/6/7/8		
AKMd 160 L	7,5/8,5/10/11,5		
AKMd 180 L	11/13/15/17,5	7,5/8,5/10/11,5	
AKMd 200 L	15/17,5/20/23	11/13/15/17,5	
AKMd 225 Ma	18,5/22/25/30	15/17,5/20/23	
AKMd 225 Mb	22/26/30/35	18,5/22/25/30	
AKMd 250 Ma	30/34/40/48	22/26/30/35	18,5/22/25/30
AKMd 250 Mb	37/44/50/60	30/34/40/48	22/26/30/35
AKMd 280 S	45/53/63/72	37/44/50/60	30/34/40/48
AKMd 280 M	60/70/80/93	45/53/63/72	37/44/50/60
AKMd 315 S	75/87/100/115	60/70/80/93	45/53/63/72
AKMd 315 M	90/105/120/140	75/87/100/115	60/70/80/93

»RADE KONČAR«

PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE OPREME, PROJEKTIRANJE I MONTAŽU POSTROJENJA — ZAGREB

GOD. 20 (1971) energija BROJ 3—4

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

POSTUPAK ZA ODREĐIVANJE OPTIMALNE STRUKTURE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SISTEMIMA HIDROELEKTRANA I TERMOELEKTRANA

Hrvoje Požar, Zagreb

Prikazana metoda omogućuje detaljnu analizu prilika u elektroenergetskom sistemu termoelektrana i hidroelektrana. Analiza se provodi u uvjetima rastućeg konzuma, pa se kao rezultat dobiva ne samo optimalni redoslijed izgradnje elektrana, nego i optimalni konzum za elektrane u pogonu. Metoda se može primijeniti za određivanje optimalne instalirane snage hidroelektrane ili njezino postepeno povećavanje. Za određivanje optimalnog izbora primjenjuje se kriterij minimalnih troškova, ili minimalnih aktualiziranih troškova.

DK 621.311.1

1. Osnova metode

Kao optimalnu strukturu proizvodnje električne energije treba smatrati takav sastav termoelektrana i hidroelektrana u elektroenergetskom sistemu kojim se uz najniže troškove može zadovoljiti potražnja potrošača.

Troškove u sistemu možemo prikazati relacijom

$$K = K_{ho} + K_{to} + K_h + K_t + K_{td} + K_b \qquad (1)$$

gdje su K_{ho} stalni troškovi u postojećim hidroelektranama, K_{to} stalni troškovi u postojećim termoelektranama, K_h stalni troškovi u novoj hidroelektrani ili novim hidroelektranama za koje se razmatra opravdanost izgradnje, K_t stalni troškovi u novoj termoelektrani ili novim termoelektranama za koje se također razmatra opravdanost izgradnje, K_{td} stalni troškovi u novim dodatnim termoelektranama koje treba izgraditi pored novih hidroelektrana i novih termoelektrana (karakteriziranih troškovima K_h i K_t) da bi se zadovoljila potražnja potrošača, a K_b troškovi za gorivo u postojećim i novim termoelektranama.

Stalni troškovi K_{ho} i K_{to} u (1) zadane su konstante, pa bi ih — s obzirom na činjenicu da se traži minimum od K — mogli i izostaviti iz razmatranja. Budući da ćemo uspoređivati prema specifičnim proizvodnim troškovima (d/kWh), treba uključiti u razmatranje i te stalne troškove, što neće dovesti do poteškoća.

Stalni troškovi nove ili novih hidroelektrana (K_h) ovise o terenskim prilikama na mjestu izgradnje (profil na mjestu brane, duljina tunela ili kanala, tip hidroelektrane, pad i sl.) i o energetskim karakteristikama hidroelektrane (instalirana snaga, volumen akumulacije i sl.), pa se stalni troškovi K_h mogu smatrati za određenu hidroelektranu ili hidroelektrane zadanom vrijednošću koja ne ovisi o prilikama u elektroenergetskom sistemu. Ali i pored toga troškove K_h ne bi mogli — kao K_{ho} i K_{to} — isključiti iz razmatranja, jer tek treba odrediti da li će se graditi takva nova ili takve nove hidroelektrane. Sigurno je, osim toga, da instalirana snaga, a to vrijedi i za volumen akumulacije, nije neovisna o prilikama u sistemu, ali prije nego što je određena optimalna struktura proizvodnje nisu ni definirane te prilike. Zbog toga je najpovoljnije u analizu uključiti hidroelektranu s različitim instaliranim snagama (odnosno s različitim volumenima akumulacije), pa na taj način odrediti najpovoljnije energetske karakteristike.

Stalni troškovi nove, ili novih termoelektrana (K_t), ovise o tipu termoelektrane (parna termoelektrana ložena ugljenom ili tekućim gorivom, nuklearna termoelektrana, termoelektrana s plinskim turbinama itd.), veličini agregata, parametrima pare, hlađenju kondenzatora, i o instaliranoj snazi. Za tačno definiranu termoelektranu, odnosno termoelektrane, K_t je zadana vrijednost, ali se i pored toga ne može ispustiti iz razmatranja, iz razloga koji vrijede i za K_h.

Budući da nije moguće unaprijed predvidjeti koliko je elektrana potrebno izgraditi da bi bila zadovoljena potražnja, treba u račun uvesti i dodatne nove termoelektrane, koje služe zato da bi se zadovoljila potražnja, koja ne mora biti zadovoljena, iako se pretpostavlja da se pored postojećih hidroelektrana i termoelektrana izgrade nove hidroelektrane (karakterizirane troškovima K_h) i nove termoelektrane (karakterizirane troškovima K_t). Stalni troškovi u dodatnim novim termoelektranama ovise o tipu tih elektrana (uklju-

čujući i ostale karakteristike) i o snazi koja je potrebna da bi se zadovoljila potražnja potrošača. Sve te vrijednosti obuhvaća C_{td}. Tip dodatnih termoelektrana treba odabrati tako da se ne pojavi ograničenje mogućnosti njihove izgradnje, što bi analize učinilo nerealnima. Potrebna snaga dodatnih termoelektrana ovisna je o karakteristikama potražnje snage i energije (potrebna godišnja količina energije, raspored potreba tokom godine, maksimalna opterećenja tokom godine, oblik dijagramâ opterećenja itd.), o snazi postojećih i novih termoelektrana (karakteriziranih troškovima K_t), te o karakteristikama i postojećih i novih hidroelektrana (instalirana snaga, prirodni raspored protoka, volumen akumulacionih bazena, a s time u vezi i regulirani protoci, ovisnost pada o stanju u akumulacionim bazenima, itd.). Ako pretpostavimo da su godišnjom potrebnom količinom energije (W) definirane karakteristike potražnje energije i snage, jer se mogu odrediti tendencije razvoja svih veličina kojima je definirana potražnja, zatim ako sa C_{to} i C_t označimo karakteristike postojećih i novih termoelektrana u koje je uključena i njihova snaga, i ako sa C_{ho} i C_h označimo sve karakteristike postojećih i novih hidroelektrana, može se postaviti da je

$$K_{td} = f(W, C_{ho}, C_{to}, C_h, C_t, C_{td}) \qquad (2)$$

Troškovi za gorivo (K_b) ovise ne samo o snazi postojećih, novih i dodatnih termoelektrana, već i o ostalim karakteristikama tih termoelektrana (veličina agregata, specifični troškovi za gorivo, tehnički minimum), koje su uključene u C_{to} i C_t za postojeće i nove termoelektrane, a u C_{td} za dodatne termoelektrane. Budući da će se u eksploataciji nastojati najprije iskoristiti energija iz hidroelektrana, zatim će se angažirati termoelektrane prema njihovim specifičnim troškovima za gorivo, kako bi se potrebna energija proizvela uz što niže troškove za gorivo, ukupni troškovi za gorivo ovise ne samo o karakteristikama svih termoelektrana već i o karakteristikama i postjećih (C_{ho}) i novih (C_h) hidroelektrana. Prema tome je K_b funkcija istih veličina kao i K_{td} (2).

Da bi se moglo jednostavnije uspoređivati, zgodno je umjesto s ukupnim računati sa specifičnim troškovima (k), do kojih dolazimo ako troškove (K) podijelimo s godišnjom količinom energije (W), pa je

$$k = \frac{K}{W} \qquad (3)$$

Može se dakle postaviti da je

$$k = f(W, K_h, K_t, C_{ho}, C_{to}, C_h, C_t, C_{td}) \qquad (4)$$

Za promatrani sistem u određenom, najčešće sadašnjem trenutku razvoja, stanje izgradnje elektrana (postojeće hidroelektrane i termoelektrane uključujući među njih i one kojih je izgradnja u toku) je poznato, pa su prema tome poznate i karakteristike C_{bo} i C_{to}.

Ako u razmatranje uključimo određene nove hidroelektrane i određene nove termoelektrane, da bi odredili da li je njihova izgradnja opravdana, definirane su veličine K_h i C_h odnosno K_t i C_t. Nove hidroelektrane i nove termoelektrane možemo, naime, smatrati parametrima, koje možemo mijenjati i na taj način analizirati utjecaj njihove izgradnje na ukupne, odnosno, specifične troškove u sistemu.

Izborom tipa dodatnih termoelektrana definirana je veličina C_{td}, dok je potrebna snaga tih termoelektrana uz poznato stanje postojećih elektrana i pretpostavljenu izgradnju novih elektrana ovisna o konzumu W.

Zbog svega toga, a uz pretpostavljenu izgradnju novih hidroelektrana i termoelektrana, možemo postaviti da je

$$k = f(W) \qquad (5)$$

pa je ta ovisnost osnova analize za određivanje optimalne strukture proizvodnje u elektroenergetskom sistemu.

Da bi se odredila ovisnost (5), potrebno je poznavati sve članove relacije (1), u kojoj su, uz pretpostavljenu izgradnju novih hidroelektrana i termoelektrana, poznata prva četiri člana.

Da bi se odredila vrijednost člana K_{td}, treba poznavati potrebnu snagu u dodatnim termoelektranama, jer su specifični troškovi po jedinici snage poznati, budući da su unaprijed definirane karakteristike dodatnih termoelektrana. Treba napomenuti da izbor karakteristika dodatnih termoelektrana ne utječe na konačni rezultat, jer će one biti eliminirane, ako su ostali tipovi termoelektrana i promatrane nove hidroelektrane povoljnije u promatranom sistemu.

Za određivanje člana K_b treba poznavati potrebnu proizvodnju svake termoelektrane (tačnije svaki agregat u termoelektranama) bilo da se radi o postojećim, novim ili dodatnim termoelektranama. Suma produkata potrebne proizvodnje i specifičnih troškova za gorivo daje vrijednost K_b.

Da bi se odredila potrebna snaga dodatnih termoelektrana i potrebna proizvodnja svake termoelektrane, potrebno je provesti energetsku analizu prilika u elektroenergetskom sistemu. To se može učiniti metodom konstantne i varijabilne energije [1], koja kao rezultat daje podatke o potrebnoj angažiranoj snazi termoelektrana za zadovoljenje konzuma, o potrebnoj angažiranoj snazi i potrebnoj proizvodnji termoelektrana u konstantnom dijelu dijagrama opterećenja (osnovni dio u kojem je energija proporcionalna snazi), o potrebnoj angažiranoj snazi i potrebnoj proizvodnji termoelektrana u varijabilnom dijelu dijagrama opterećenja (dio u kojemu je potrebna promjenljiva snaga za zadovoljenje potražnje), o korištenju energije i snage hidroelektrana, i o eventualnim manjkovima snage i energije. Pri tome treba uzeti u obzir mogućnosti proizvodnje u postojećim i razmatranim, novim hidroelektranama, čije su mogućnosti proizvodnje određene uvažujući i utjecaj akumulacionih bazena.

Takvu analizu treba provesti za hidrološke prilike iz dugog niza godina (30—40 godina), kako bi se uzele u obzir sve situacije koje se mogu očekivati u budućnosti. Najpovoljnije je, ako se razmatra

razdoblje od 10 dana (ali se neće pojaviti veće pogreške ako se mjesec uzme kao osnovno razdoblje razmatranja). U tom razdoblju računa se sa konstantnim protocima, za koje treba odrediti krivulju trajanja potražnje. Budući da se radi o vrlo velikom broju proračuna (1080 ako se promatra razdoblje od 10 dana u 30 godina), takva se analiza može provesti samo pomoću elektroničkog računala [2].

Iz podataka o potrebnoj angažiranoj snazi termoelektrana, u svakom od niza razdoblja određuje se potrebna raspoloživa snaga termoelektrana koje treba izgraditi da bi se zadovoljila potražnja. Ako se želi postići 100 %-tna sigurnost opskrbe potrošača, potrebna raspoloživa snaga termoelektrana treba biti jednaka najvećoj angažiranoj snazi termoelektrana što se pojavljuje u promatranom nizu razdoblja. Ako se međutim želi osigurati opskrba potrošača sa sigurnošću, od npr. 95 %, za određivanje potrebne raspoložive snage termoelektrana je mjerodavno ono razdoblje u nizu godina u kojem se pojavljuje tolika raspoloživa snaga termoelektrana da je ona veća ili jednaka potrebnoj u 95 % promatranog razdoblja. Ako se od tako određene raspoložive snage odbije raspoloživa snaga postojećih termoelektrana i predviđenih novih termoelektrana, dobija se potrebna raspoloživa snaga dodatnih termoelektrana, čime je definirana i vrijednost K_{td}.

Budući da su za svako razdoblje određene potrebne angažirane snage i potrebne proizvodnje termoelektrana u konstantnom i varijabilnom dijelu dijagrama opterećenja, moguće je aproksimirati krivulju trajanja opterećenja termoelektrana, bilo da se ona aproksimira kao dva pravokutnika (u konstantnom dijelu sa osnovicom koja odgovara trajanju razdoblja, a u varijabilnom dijelu sa osnovicom koja je jednaka omjeru potrebne proizvodnje i potrebne angažirane snage), bilo da se aproksimira kao pravokutnik u konstantnom dijelu, a kao trapez u varijabilnom dijelu. Treba napomenuti da se prilikom određivanja angažirane snage termoelektrana u konstantnom dijelu dijagrama opterećenja uzeo u obzir tehnički minimum svakog angažiranog agregata [2]. Poznavajući krivulju trajanja opterećenja može se odrediti potrebna proizvodnja svake termoelektrane (točnije svakog agregata) uvažavajući pri tome redoslijed angažiranja agregata. Najjednostavnije je pretpostaviti da specifični troškovi za gorivo ne ovise o opterećenju agregata, ali se proračun troškova za gorivo može provesti i uz pretpostavku da se posebno odrede troškovi za gorivo u praznom hodu a posebno dodatni troškovi za gorivo proporcionalni s opterećenjem [3]. Kad su određeni troškovi za gorivo u svakom razdoblju, lako je odrediti prosječne godišnje troškove za gorivo (K_b).

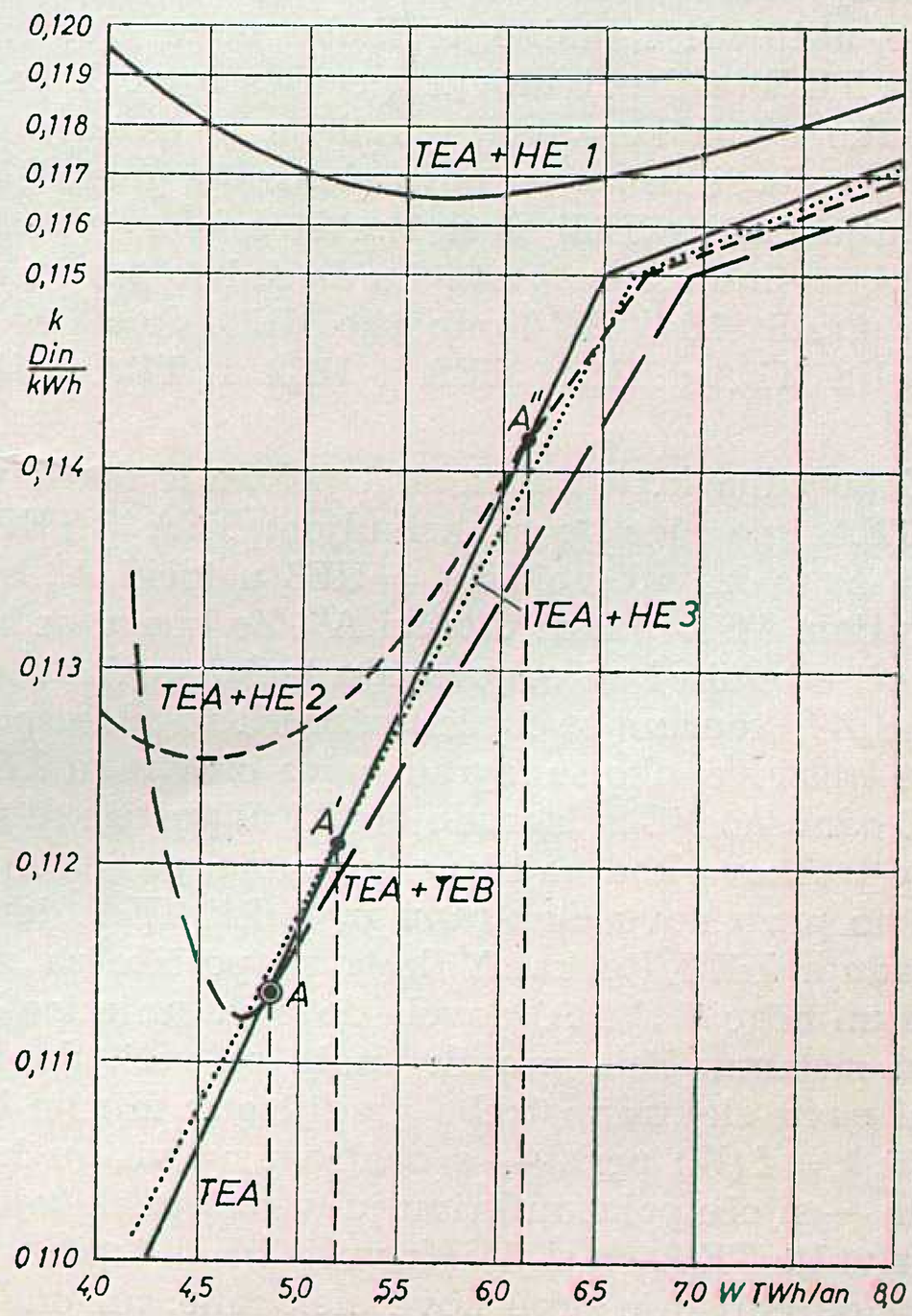
Budući da je potrebno uzeti u obzir rezervu u termoelektranama, svi proračuni se provode s raspoloživom snagom termoelektrana na pragu, koja je za onoliko postotaka niža od maksimalne snage, koliko iznosi potrebna rezerva. Na taj način je rezerva snage raspodijeljena na sve termoelektrane, jer se može računati da su vjerojatnosti kvara za sve agregate međusobno jednake.

Na opisani način se mogu odrediti specifični proizvodni troškovi u sistemu (5) za svaki konzum (W) i za svaku pretpostavljenu izgradnju novih hidroelektrana (K_h, C_h) i novih termoelektrana (K_t, C_t).

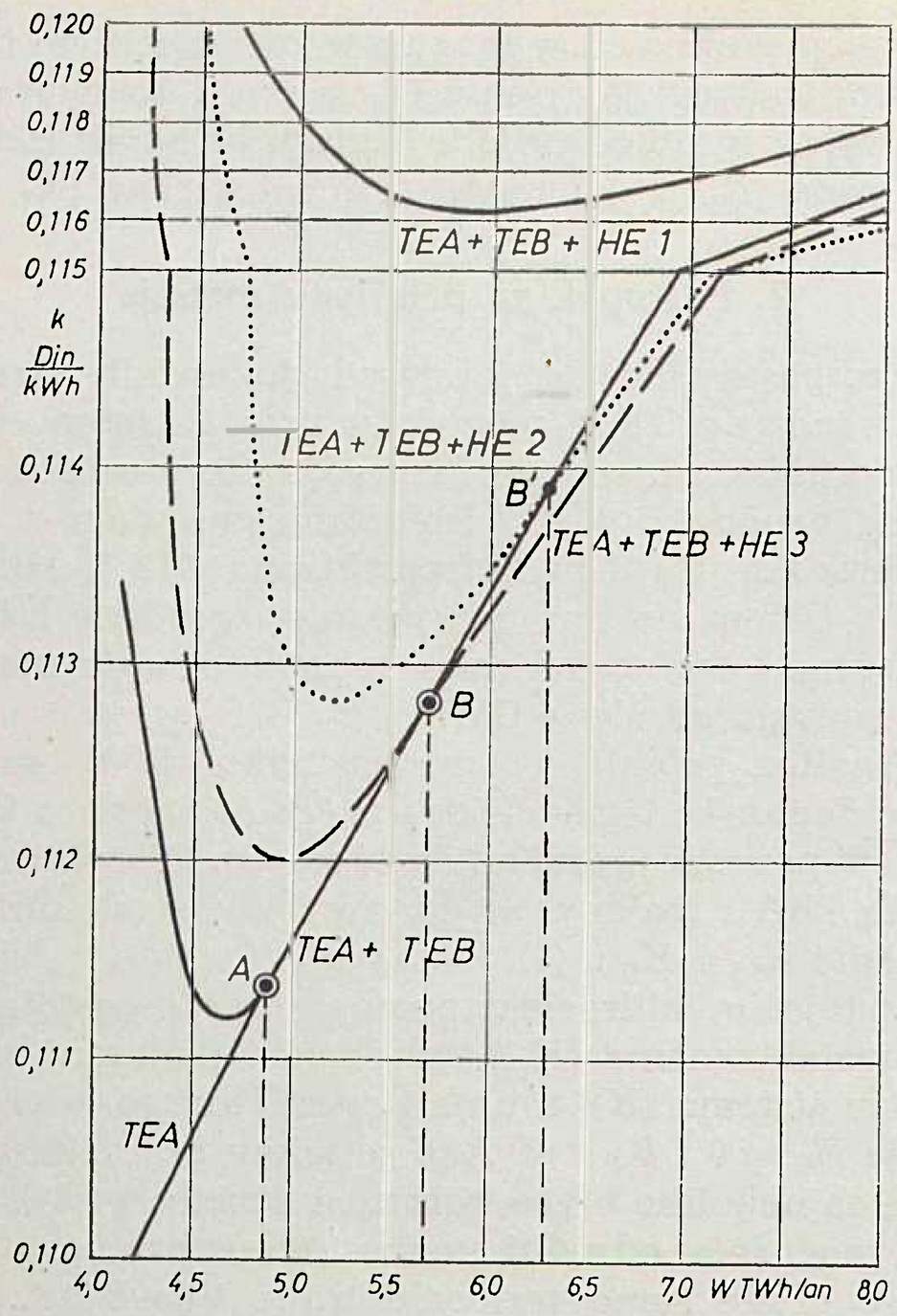
2. Postupak za primjenu metode

Pretpostavimo da je pored dopunskih termoelektrana (tip TEA) moguće u promatranom elektroenergetskom sistemu izgraditi termoelektranu nekog drugog tipa (TE B) definirane snage i karakteristike, tih 3-ju hidroelektrana (HE 1, HE 2 i HE 3). U tom sistemu već postoje izgrađene hidroelektrane i termoelektrane kojima se može opskrbiti konzum od oko 4 GWh.

Analiza počinje uz pretpostavku da se grade samo dopunske termoelektrane (Te A), pa se za konzum W provodi proračun da bi se odredila potrebna snaga TEA i troškovi za gorivo. Time su definirani troškovi K_{td} i K_b u (1). Poznavajući stalne troškove u postojećim hidroelektranama (K_{ho}) i postojećim termoelektranama (K_{to}), određeni su ukupni troškovi u sistemu (K), a time i specifični troškovi (k), jer je $K_h = 0$ i $K_t = 0$. Ako se takav proračun provede za nekoliko nivoa konzuma između 4 i 8 TWh/god, moći će se odrediti ovisnost (5) uz pretpostavku da se grade samo termoelektrane tipa TE A. Tu ovisnost prikazuje krivulja TEA na sl. 1, koja je polazna za određivanje nove elektrane koju treba izgraditi kao prvu novu elektranu. Da bi se to odredilo, polazi se od prtpostavke, da se kao prva nova elektrana gradi svaka od promatranih termoelektrana i hidroelektrana. U našem slučaju TE B, HE 1, HE 2 i HE 3. Ako prepostavimo da je



Slika 1



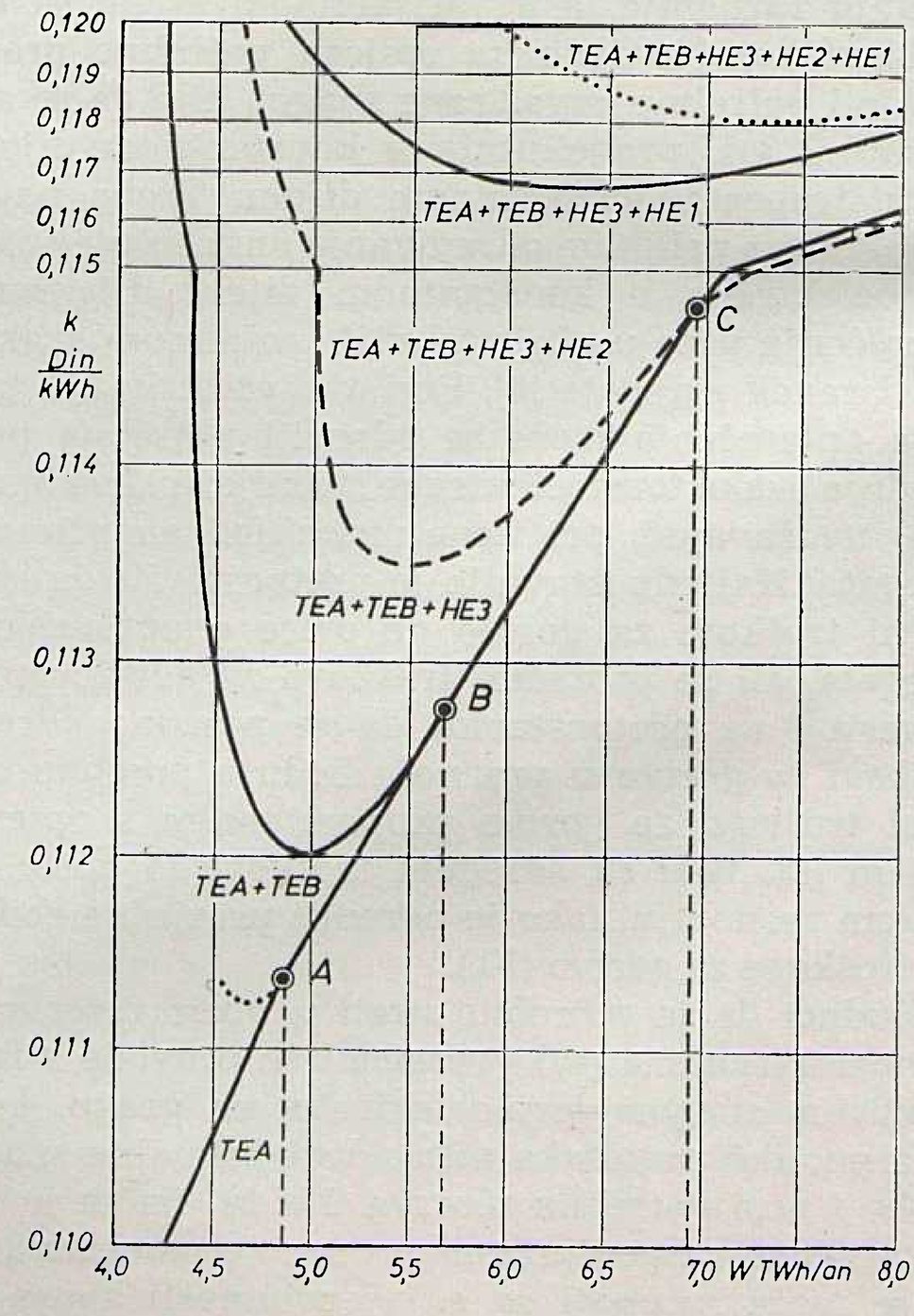
Slika 2

izgrađena TE B, moći ćemo na opisani način odrediti ukupne i specifične troškove u sistemu. Naravno, potrebno je ponovno odrediti snagu dodatnih termoelektrana (TE A) i troškove za gorivo, jer su se prilike u sistemu izmijenile kao posljedica izgradnje nove elektrane. Osim toga, treba u troškove uključiti i stalne troškove nove elektrane (K_t za TE B). Određivanjem specifičnih troškova za nekoliko nivoa konzuma, određena je ovisnost (5) za slučaj da se kao prva nova elektrana gradi TE B (krivulja TEA + TEB na sl. 1). Ako analogan postupak ponovimo uz pretpostavku da se kao prva elektrana gradi HE 1, HE 2 odnosno HE 3, dolazi se do krivulja TEA + HE1, TEA + HE2 i TEA + HE3 (sl. 1).

Usporedba krivulja na sl. 1 pokazuje da krivulja TEA ima sjecište sa krivuljom TEA + TEB u točki A, sa krivuljom TEA + HE3 u točki A′, a sa krivuljom TEA + HE2 u točki A″. Za konzume koji su veći od onih koji odgovaraju točkama A, A′ odnosno A″, konzum se može opskrbiti uz niže specifične troškove, ako se izgradi nova elektrana TE B, HE 3 odnosno HE 2. Izgradnjom TE B postiže se sniženje troškova kod najnižeg konzuma, pa je najbolje kao prvu novu elektranu izgraditi TE B, jer bi izgradnja HE 3 (točka A′ koja se postiže za veći konzum nego točka A) dovela do povećanja troškova u sistemu. Kao pravilo može se reći, da kao prvu novu elektranu treba graditi onu čija je krivulja $k = f(W)$ prva — s obzirom na visinu konzuma — siječe polaznu krivulju (u našem slučaju je to krivulja TE A na sl. 1). Krivulje na sl. 1 poslužile su za određivanje prve nove elektrane, ali one ne mogu biti osnova za izbor druge i slijedećih novih elektrana, jer pri određivanju krivulja TEA + HE 1, TEA + HE 2 i TEA + HE3 nije uračunan utjecaj izgradnje TE B za koju je određeno da se gradi kao prva nova elektrana. Zbog toga, da bi se odredilo koju od preostalih elektrana treba graditi kao drugu, treba poći od krivulje TE + TEB kao polazne (sl. 2), i odrediti specifične troškove u sistemu uz pretpostavku da se kao druga elektrana grade alternativno HE 1, HE 2 odnosno HE 3. Nakon provedenog proračuna dolazi se do krivulja TE A + + TEB + HE 1, TEA + TEB + HE 2 i TEA + + TEB + HE 3. Krivulja TEA + TEB + HE 3 siječe polaznu krivulju (TEA + TEB) u točki B, a krivulja TEA + TEB + HE 2 u točki B′. Konzum koji odgovara točki B manji je od konzuma za točku B′, pa je bolje kao drugu elektranu izgraditi HE 3.

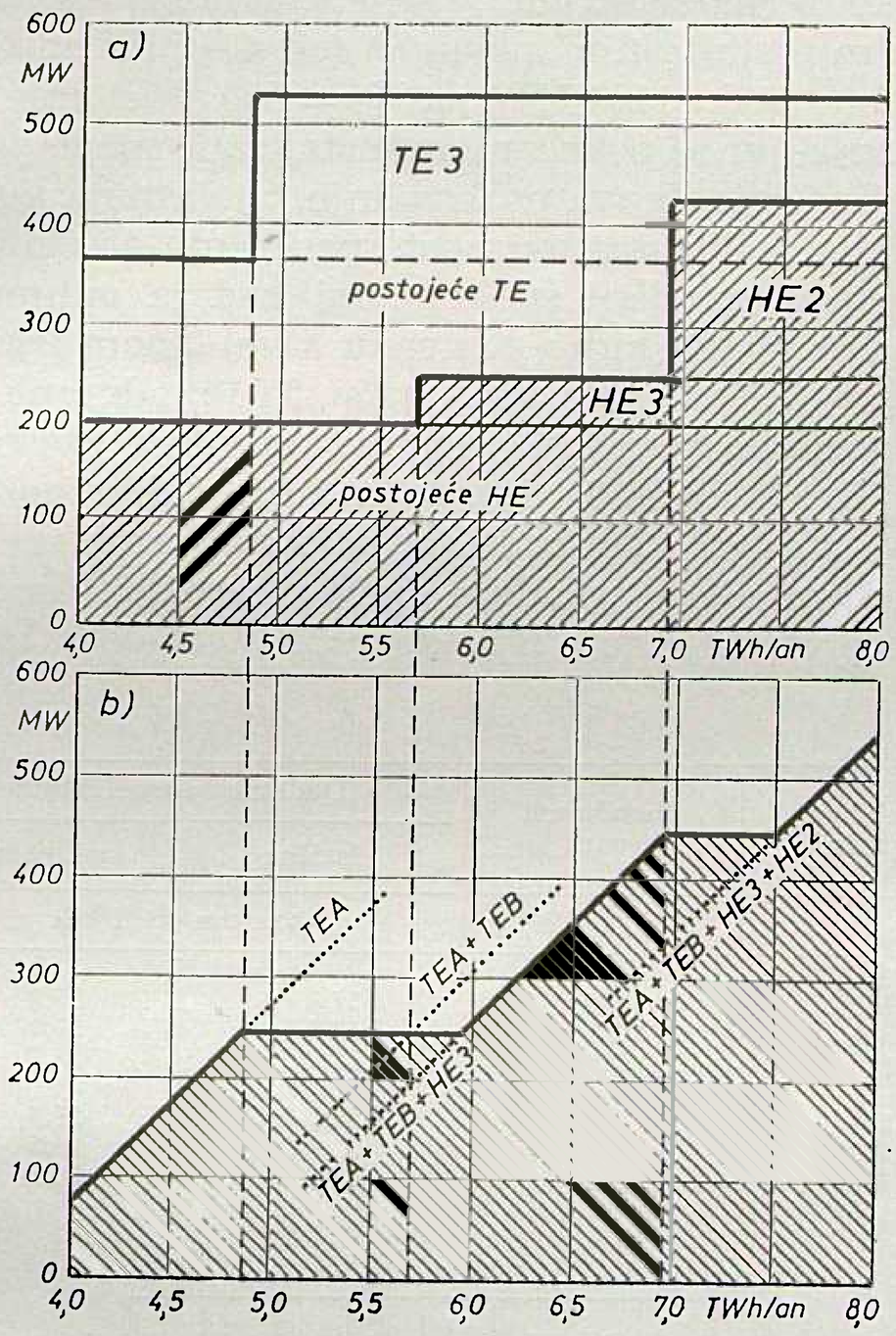
Da se odredi koju od preostalih hidroelektrana (HE 1 i HE 2) treba izgraditi kao treću, ponavlja se postupak, ali sada s krivuljom TEA + TEB + + HE 3 kao polaznom (sl. 3). Određene su krivulje TEA + TEB + HE3 + HE1 i TEA + TEB + HE3 + + HE2, od kojih se jedino druga siječe s polaznom (u točki C) iz čega se zaključuje da HE2 treba graditi kao treću hidroelektranu.

Konačno, treba odrediti da li je opravdano graditi HE1, pa je radi toga određena krivulja TEA + TEB + HE3 + HE2 + HE1 (sl. 3), koja se ne siječe (do razmatranog nivoa konzuma) sa krivuljom TEA + TEB + HE3 + HE2, za određivanje četvrte hidroelektrane polaznom krivuljom. Na osnovi toga možemo zaključiti da — do nivoa konzuma koji je promatran — nema opravdanja za izgradnju He 1.



Slika 3

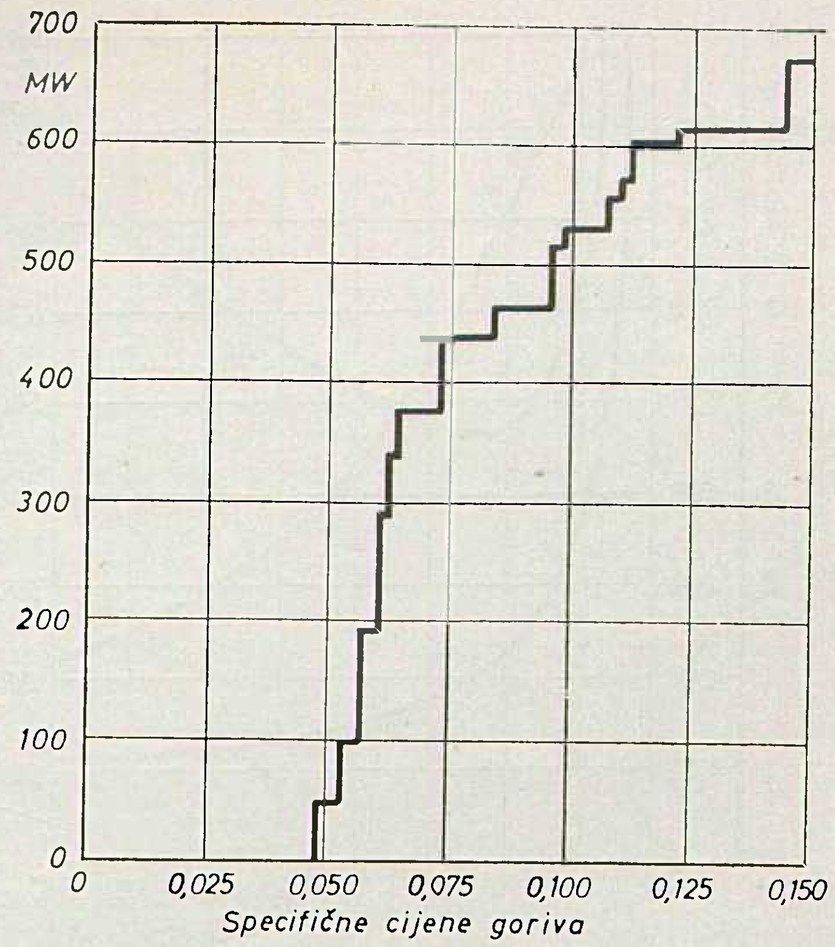
Provedena analiza daje kao rezultat ne samo optimalni redoslijed izgradnje elektrana, nego i za koji je konzum najbolje da elektrane budu u pogonu. Za promatrani elektroenergetski sistem, najpovoljnije je da TEB bude u pogonu kod konzuma od 4,88 TWh/god (točka A na sl. 1 do 3), HE 3 za konzum od 5,73 TWh/god (točka B na sl. 2 i 3), a HE 2 za konzum od 6,96 TWh/god. Budući da je razvoj konzuma funkcija vremena, konzumom je određena i godina u kojoj je najbolje da neka elektrana bude u pogonu. Naravno da treba graditi onoliko dodatnih termoelektrana (TEA) koliko ih je potrebno da se zadovolji konzum. Na sl. 4a) prikazane su snage postojećih i novih hidroelektrana i termoelektrana u skladu s određenim redoslijedom izgradnje, a na sl. 4b) potrebne snage dodatnih termoelektrana.



Slika 4

3. Primjer primjene metode za određivanje opravdanosti povećanja instalirane snage hidroelektrane

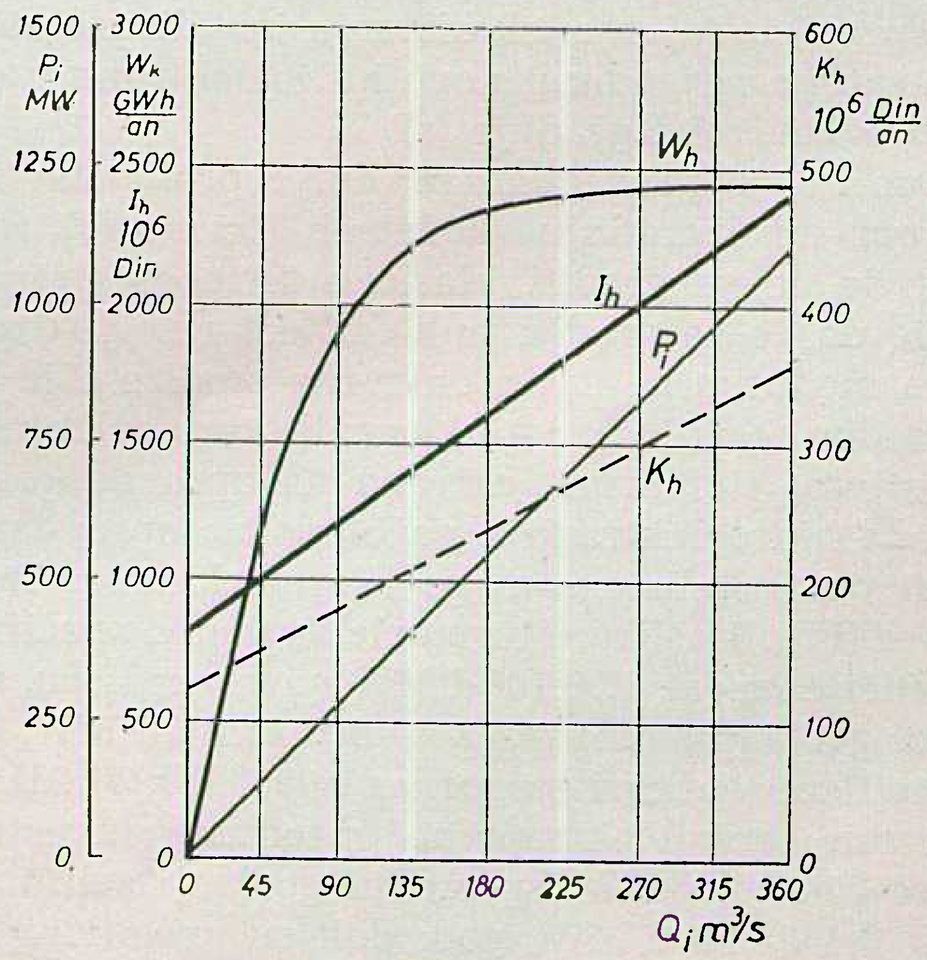
Da bi se ukazalo na mogućnost primjene opisane metode za određivanje instalirane snage hidroelektrane odnosno na opravdanost postepenog povećanja instalirane snage hidroelektrane, razrađen je primjer koji će biti prikazan. Da bi prikaz bio što jednostavniji, pošlo se je od pretpostavke da je na promatranom području moguće izgraditi samo određeni tip termoelektrana i samo promatranu hidroelektranu. Naravno da bi se analogna analiza mogla provesti, kad bi se mogli izgraditi različiti tipovi termoelektrana i više hidroelektrana.



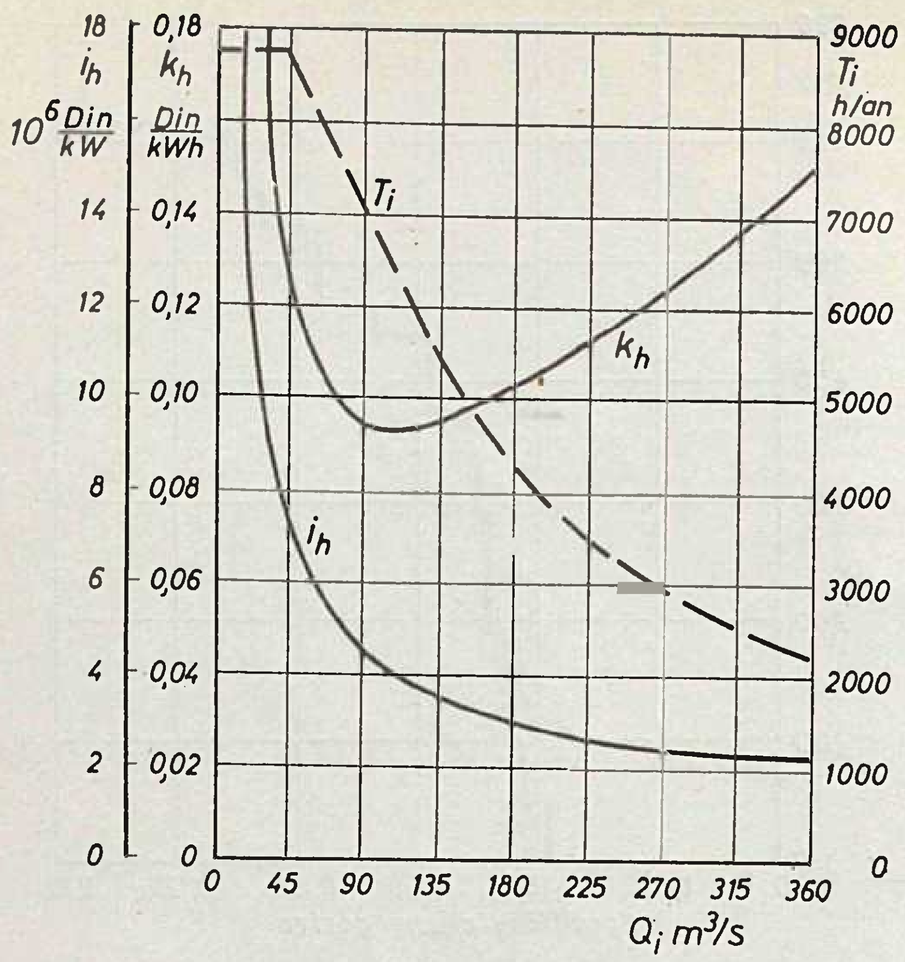
Slika 5

Računalo se da u sistemu postoje izgrađene hidroelektrane maksimalne snage 1375,5 MW i prosječne godišnje proizvodnje 7220,0 GWh, a da termoelektrane imaju raspoloživu snagu od 675,5 MW, što — uz rezervu od 15 % — odgovara snazi na pragu od 794,7 MW. Pojedinačne snage agregata nanizane prema redoslijedu angažiranja s obzirom na specifične troškove za gorivo prikazane su na sl. 5. Računalo se da se karakteristike konzuma (faktori opterećenja, raspored tokom godine itd.) ne mijenjaju s povećanjem konzuma. Da se samo indikativno karakterizira konzum, navodi se da se za godišnji konzum od 16225 GWh računalo s maksimalnim godišnjim opterećenjem u prosincu, od 2877,4 MW.

Promatrano hidroelektrično postrojenje (zbog jednostavnosti zvat ćemo ga nova hidroelektrana) sastoji se od pribranske hidroelektrane s akumulacionim bazenom od 1100 hm³ i derivacione hidroelektrane kojoj se voda iz pribranske hidroelektrane dovodi najprije kanalom a zatim tunelom.



Slika 6



Slika 7

Na kraju kanala nalazi se kompenzacioni bazen, koji omogućava dnevnu regulaciju protoka u derivacionoj hidroelektrani neovisno o korištenju uzvodne pribranske hidroelektrane. Maksimalni pad u pribranskoj hidroelektrani iznosi 104 m, a prosječni godišnji dotok u akumulacioni bazen 80,0 m³/s, dok je u derivacionoj hidroelektrani pad 280 m, a prosječni godišnji dotok 94,3 m³/s. Investicije (I_h), godišnji troškovi (K_h) i instalirana snaga (P_i) za novu hidroelektranu (pribranska i derivaciona hidroelektrana zajedno) navedeni su na sl. 6 u ovisnosti o veličini izgradnje (Q_i) s napomenom da se računalo s jednakom veličinom izgradnje obiju hidroelektrana. Prosječna godišnja moguća proizvodnja energije (W_h) — prikazana također na sl. 6 u ovisnosti o Q_i — određena je uz iskorištenje akumulacionog bazena prema metodi opisanoj u [4]. Prosječna godišnja proizvodnja nove hidroelektrane određena je na osnovi hidroloških prilika u onih 30 godina u kojima je određena mogućnost proizvodnje u postojećim hidroelektranama. Na osnovi podataka sa sl. 6. mogu se odrediti specifični proizvodni troškovi po kWh (k_h), specifične investicije po MW (i_h) i trajanje iskorištenja instalirane snage (T_i u satima na godinu) nove hidroelektrane u ovisnosti o veličini izgradnje (sl. 7).

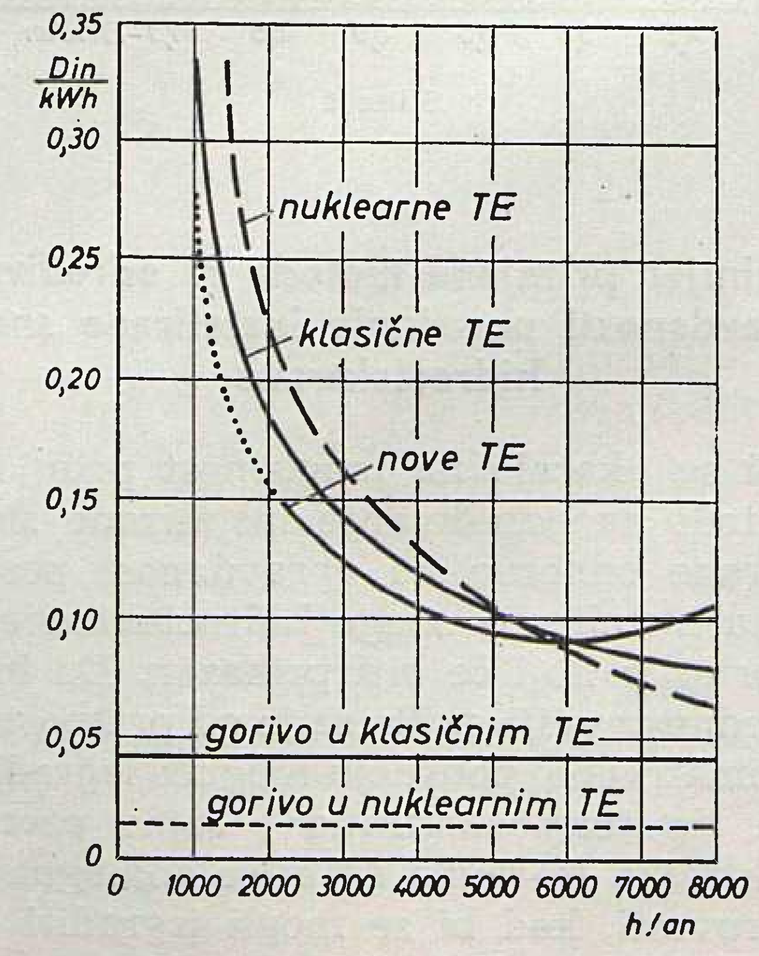
Analiza je provedena uz dvije pretpostavke s obzirom na izgradnju dodatnih termoelektrana: prva, da će se graditi klasične termoelektrane, i druga, da će se graditi nuklearne termoelektrane. Treba međutim naglasiti da svrha analize nije bila usporedba klasičnih i nuklearnih termoelektrana, već utjecaj tih termoelektrana na opravdanost izgradnje hidroelektrana a pogotovo na opravdanost povišenja instalirane snage hidroelektrana. Računalo se da u klasičnim termoelektranama specifične investicije iznose 1,60.10⁶ d/MW na generatoru, specifični godišnji stalni troškovi 0,2624.10⁶ d/MW, god. a specifični troškovi za gorivo 0,0450 d/kWh. U nuklearnim termoelektranama specifične investicije iznose 2,60.10⁶ d/MW, specifični godišnji stalni troškovi 0,4082.10⁶ d/MW, god, dok su specifični troškovi za gorivo 0,0132 d/kWh.

Ovisnost specifičnih proizvodnih troškova u novoj hidroelektrani, u klasičnim i nuklearnim termoelektranama prikazana je na sl. 8.

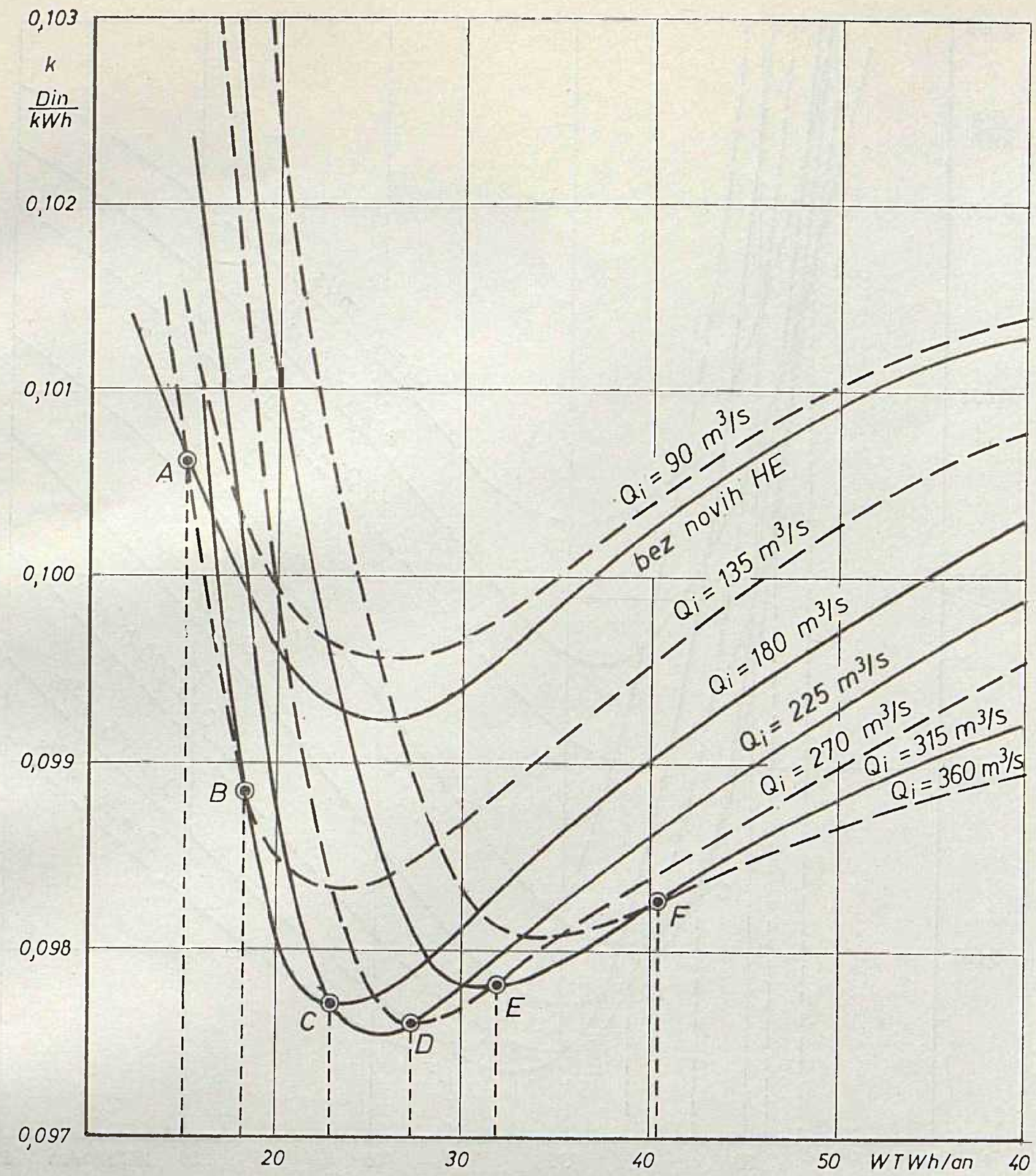
Analiza je provedena za sedam veličina izgradnje nove hidroelektrane za Q_i = 90 m³/s, 135 m³/s, 180 m³/s, 225 m³/s, 270 m³/s, 315 m³/s i 360 m³/s, dakle za one veličine izgradnje koje se kreću od oko jednostrukog do četverostrukog prosječnog godišnjeg protoka. Rezultati analize prikazani su na sl. 9 i na sl. 10. Prva vrijedi uz pretpostavku da se kao dodatne termoelektrane grade klasične, a druga kad se kao dodatne termoelektrane grade nuklearne termoelektrane.

U oba slučaja se dolazi do zaključka da izgradnja nove hidroelektrane vrlo niske instalirane snage (Q_i = 90 m³/s) nema opravdanja, što je naročito izrazito za slučaj kad su nuklearne elektrane dopunske termoelektrane. Izgradnja nove elektrane s većim instaliranim snagama (od 414 MW za Q_i = = 135 m³/s do 1104 MW za Q_i = 360 m³/s) ima opravdanje, jer se povećanjem instalirane snage postiže sniženje troškova proizvodnje. Sjecištima krivulja, koje prikazuju ovisnost specifičnih troškova o konzumu, određeni su konzumi kad je optimalno staviti u pogon hidroelektranu s veličinom izgradnje Q_i = 135 m³/s (točka A na sl. 9 i 10) odnosno kad je optimalno povećati veličinu izgradnje (točka B, C, D, E. i F na sl. 9 i 10). Iz krivulja dakle možemo očitati slijedeće konzume za koje su opravdane pojedine veličine izgradnje nove hidroelektrane uz dvije pretpostavke o tipu dodatnih termoelektrana:

Veličina izgradnje	Instalirana snaga	Dodatne termoelektrane	
		klasične	nuklearne
Q_i m³/s	P_i MW	konzum W TWh	
135	414	17,0	15,0
180	552	18,2	19,0
225	690	22,7	22,7
270	828	27,3	26,4
315	966	31,9	29,5
360	1104	40,4	35,7



Slika 8



Slika 9

Novu hidroelektranu s relativno malom snagom (Q_i = 135 m³/s) opravdano je izgraditi ranije (za manji konzum) kad se kao dodatne elektrane grade klasične termoelektrane, jer klasične termoelektrane imaju visoke specifične troškove za gorivo, pa je smanjenje troškova za gorivo onaj faktor koji više utječe nego smanjenje fiksnih troškova u termoelektranama. Nasuprot tome relativno velike snage u novoj hidroelektrani (Q_i = 360 m³/s) bolje je instalirati ranije (za manji konzum) kad se kao dodatne elektrane grade nuklearne termoelektrane jer se s povećanjem snage nove hidroelektrane tada više smanjuju stalni troškovi u termoelektranama nego troškovi za gorivo, a u nuklearnim termoelektranama su stalni troškovi dominantni.

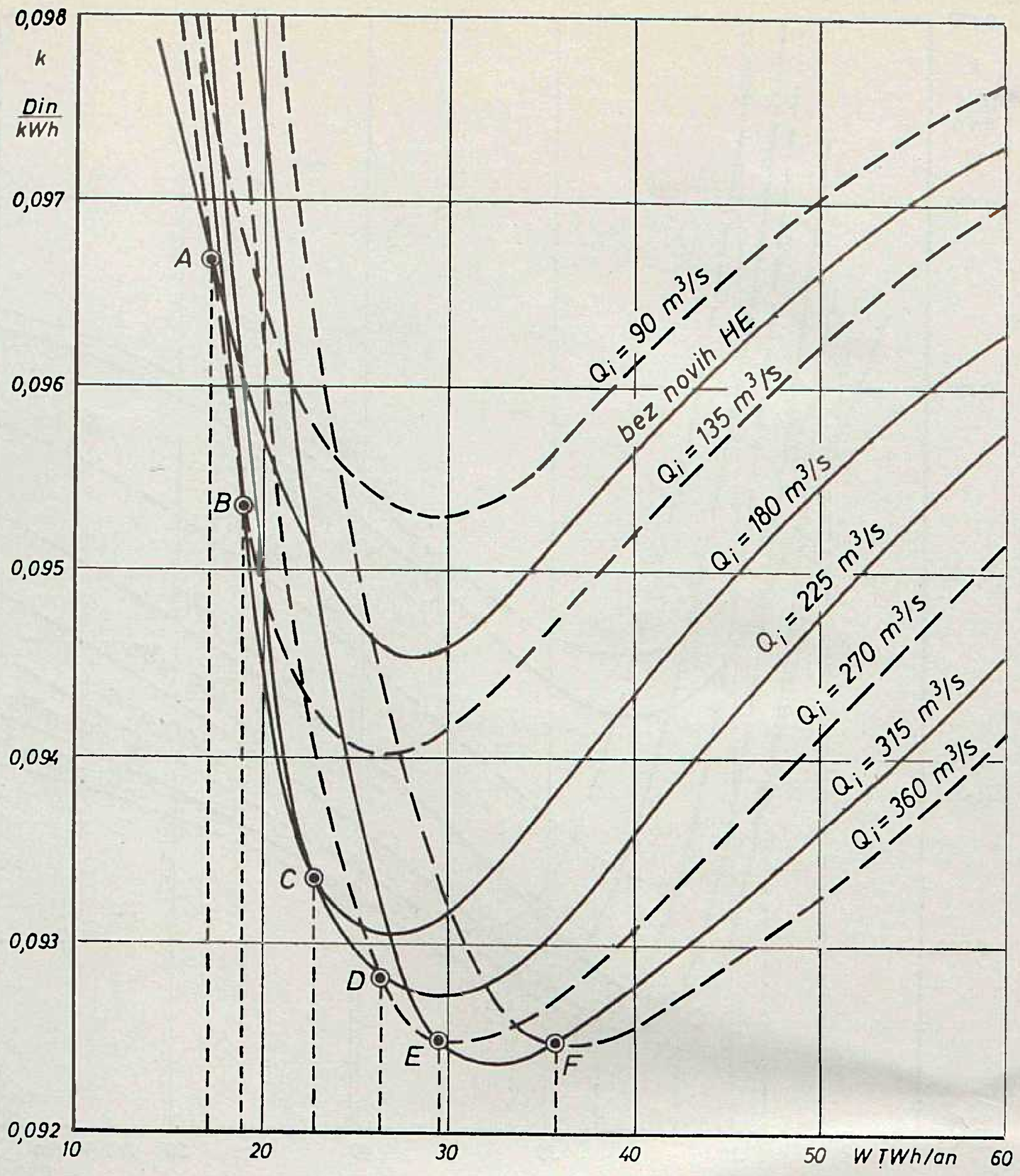
Ako računamo s godišnjim porastom konzuma od 8 % godišnje, postepeno povećanje instalirane snage nove hidroelektrane trajalo bi 13 godina, ako bi se klasične termoelektrane gradile kao dopunske, a 9 godina ako bi se kao dopunske gradile nuklearne termoelektrane.

Naravno, da taj zaključak vrijedi samo onda ako su ispunjene pretpostavke, od kojih je osnovna da se osim promatrane hidroelektrane neće graditi druge, nove hidroelektrane. Ako bi se naime gradile druge nove hidroelektrane, povećanje instalirane snage promatrane hidroelektrane bilo bi dobro odgađati sve više, što bi se gradilo više drugih hidroelektrana, jer bi se time utjecaj povećanja instalirane snage promatrane hidroelektrane na uštedu stalnih troškova u dodatnim termoelektranama sve više smanjivao.

Podaci iz provedene analize — a nakon određivanja konzumâ za koje je dobro povećati instaliranu snagu nove elektrane — omogućuju da se odrede sve veličine koje su interesantne za prilike u sistemu: potrebna izgradnja dodatnih termoelektrana (analogno prikazu na sl. 4), iskorištenje termoelektrana i njihova uloga u sistemu, način iskorištenja hidroelektrana, utjecaj razvoja sistema na preljeve u hidroelektranama itd.

4. Zaključak

Prikazana metoda omogućuje vrlo detaljnu analizu prilika u elektroenergetskom sistemu iz koje se mogu odrediti svi utjecaji izgradnje nove elektrane ili novih elektrana. Pri tome se uzima u obzir utjecaj već izgrađenih elektrana i njihove karakteristike, utjecaj oblika dnevnog dijagrama opterećenja i oscilacije konzuma tokom godine, utjecaj oscilacije protoka u hidroelektranama i utjecaj postojanja akumulacionih bazena, zatim ekonomske i pogonske karakteristike novih elektrana za koje treba utvrditi opravdanost i vrijeme izgradnje. Proračun traži vrlo detaljno poznavanje prilika u sistemu i vrlo veliki broj računa, što je moguće provesti jedino elektroničkim računalima.



U primjerima prikazanim u ovom referatu račun je proveden uz zahtjev da se postignu najmanji troškovi; međutim nema zapreke da se kao kriterij postave najmanji aktualizirani troškovi.

Literatura

1. POŽAR, H.: *Leistung und Energie in Verbundsystemen*, Springer, Wien 1963.
2. POŽAR, H. — V. FILIPOVIĆ: *Energetische Untersuchungen mit Digitalrechnern*, primljeno na objavljivanje u časopisu Energie
3. POŽAR, H.: *Vereinfachte Bestimmung der veränderlichen Kosten von Wärmekraftwerken in Verbundsystemen*, Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft, 1966, S. 183.
4. POŽAR, H. — J. KEGLEVIĆ: *Eine neue Methode zur Bestimmung der Speichernutzung von Wasserkraftwerken*, primljeno za objavljivanje u časopisu Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft, (August 1970).

Naslov pisca: Dr Hrvoje Požar, Sveučilišni profesor, Elektrotehnički fakultet, Zagreb.

MATRIČNE JEDNADŽBE MREŽA PO METODI ČVOROVA

Božidar Stefanini, Zagreb

Prikazane su matrične jednadžbe mreža po metodi grana, metodi čvorova i metodi petlja. Metoda čvorova obrađena je detaljno, pa je pokazano kako se može postaviti matrica admitancija čvorova i matrica impedancija čvorova.

DK 621.316.1 : 511

Uvod

Klasične postupke za proračun mreža možemo primijeniti jedino uz određena ograničenja, tj. da mrežu reduciramo na tako jednostavan oblik, za koji se lako može izvesti proračun.

Obično zadaci nisu tako jednostavni i mrežu ne možemo u velikoj mjeri reducirati. U nekoj mreži npr. mogu izvori, odnosno tereti, biti priključeni na veliki broj čvorova, čak na sve čvorove mreže, pa ne možemo provesti nikakvu redukciju, jer nijedan čvor ne možemo eliminirati. U takvom slučaju možemo upotrijebiti jednadžbe mreže, za koje ne postoje nikakva ograničenja.

Jednadžbe mreže definiraju električne prilike u mreži i prikazuju odnose između električnih veličina tj. između pojedinih struja i pojedinih napona u mreži. Prema tome jednadžbe mreže predstavljaju matematički model prilika u mreži. Jednadžbe mreže bile su poznate još Maxwellu, ali je njihova upotreba bila otežana jer je za rješavanje većeg broja jednadžbi trebalo mnogo truda i vremena. Danas, kad taj posao prepuštamo elektroničkim računalima, dobila je primjena jednadžbi mreže svoje puno značenje. Pa i za rješavanje linearnih jednadžbi elektroničkim računalom moraju postojati prikladne brojčane metode. U posljednje vrijeme razvilo se više računskih postupaka koji ubrzavaju rješavanje linearnih jednadžbi na elektroničkom računalu.

Osnovne matrične jednadžbe

Električne prilike u mreži mogu se opisati sistemom linearnih jednadžbi, a njih je najlakše pisati u obliku matričnih jednadžbi. Mi ćemo se, u okviru ovih proračuna, ograničiti samo na stacionarna stanja. (Ako stanja nisu stacionarna, mi ćemo ih promatrati kao da jesu. Tako ćemo npr. kod proračuna kratkog spoja uzeti da imamo stacionarna stanja bilo sa početnom, prolaznom, ili sinhronom reaktancijom generatora. Pri promatranju problema u okviru dinamičke stabilnosti, gdje imamo i njihanja strojeva, promatrat ćemo pojedina stanja u kratkim vremenskim razmacima kao da su kroz to vrijeme stanja stacionarna.) Sva naša razmatranja počivat će na promatranju električnih prilika u izmjeničnim mrežama. Iako su izmjenični napon i izmjenična struja promjenljive veličine (sinusoidealno se mijenjaju s vremenom), ipak pri upotrebi simboličkog računa te vremenske promjene ne dolaze do izražaja, nego se računa kompleksnim veličinama koje se vremenski ne mijenjaju. Prema tome sve što ovdje bude rečeno o izmjeničnim mrežama vrijedit će i za istosmerne mreže (odnosno za istosmjerne modele izmjeničnih mreža) samo što se pri tome neće morati računati s kompleksnim nego sa realnim veličinama.

Nadalje radit ćemo pod pretpostavkom da brojčane veličine pojedinih elemenata u mreži ne ovise o električnim prilikama. Dakle, u okviru promatranja jednog pogonskog stanja smatrat ćemo da se ne mijenjaju veličine napona, odnosno struja ili impedancija, odnosno admitancija. Na taj način imat ćemo u mreži linearne odnose, pa takve mreže zovemo linearnim. Pojedini naponi bit će proporcionalni strujama, pri čemu je faktor proporcionalnosti impedancija koja ima konstantnu vrijednost. I obrnuto, pojedine vrijednosti struja proporcionalne su naponima a faktor proporcionalnosti je admitancija koja se opet ne mijenja za vrijeme promatranog stanja. Ta pretpostavka u praksi nije sasvim točna, jer pojedine veličine ovise o električnim prilikama. Tako će npr. kod veće struje doći do većeg zagrijavanja vodiča i do povećanja njegova otpora. Međutim, to možemo uzeti u račun za određeno stanje i za vrijeme promatranog stanja uzeti da se otpor ne mijenja. Ove pretpostavka o linearnosti električnih veličina u mreži uvelike nam olakšava proračun električnih prilika.

Na osnovi pretpostavke da je mreža linearna, tj. da pojedine veličine ne ovise o električnim prilikama, dolazimo do zaključka da između napona i struja u mreži postoje linearni odnosi. Sve promatrane napone u mreži možemo prikazati pomoću jednostupčane matrice napona, ili ukratko, pomoću vektora napona. Isto tako sve promatrane struje u mreži možemo prikazati pomoću jednostupčane matrice struja, tj. pomoću vektora struja. Između dviju jednostupčanih matrica mora postojati linearni odnos, a faktoru proporcionalnosti odgovara ovdje čitava matrica. Prema tome možemo pisati slijedeće matrične jednadžbe:

$$[U] = [Z] \cdot [I] , \qquad [I] = [Y] \cdot [U] \tag{1}$$

U tim jednadžbama matrica Z ima smisao impedancija, pa je zovemo matrica impedancija. Matrica Y ima smasao admitancija, pa je zovemo matrica admitancija. Iz pravila o množenju matrica slijedi da matrica impedancija mora imati toliko redaka, koliko vektor napona ima članova i toliko stupaca koliko vektor struja ima članova. Redovito prilike u mreži definiramo pomoću jednakog broja napona i struja, pa prema tome vektori napona i struja imaju isti broj članova. Iz toga slijedi da je matrica impedancija kvadratna matrica. Analogno tome je i matrica admitancija kvadratna matrica. Iz

gornjih dviju jednadžbi očito je da su matrica impedancija i matrica admitancija međusobno inverzne, pa to možemo napisati u ovom obliku:

$$[Z] = [Y]^{-1} \qquad (2)$$

Do sada smo govorili općenito o naponima u mreži i strujama u mreži, a sada moramo reći o kojim se to naponima i strujama radi. Pri tome napone i struje kao osnovne električne veličine u mreži možemo definirati na tri različita načina, pa prema tome razlikujemo i tri metode proračuna pomoću jednadžbi mreže. To su:

1. Metoda grana, kod koje se radi o naponima pojedinih grana i strujama u pojedinim granama. Obično radimo tako, da pojedine grane redom označimo i tu oznaku upotrijebimo kao indeks za oznaku napona, odnosno struje. Za svaku granu moramo također definirati smjer struje, kojemu ćemo pridati pozitivni predznak, pa odatle slijedi i smjer napona koji ima pozitivni predznak. Matrica impedancija u ovom slučaju povezuje napone grana i struje grana, pa je zovemo matricom impedancija grana. Iz istog razloga matricu admitancija zovemo matricom admitancija grana. Očito je da će broj članova u vektorima napona odnosno struja biti jednak broju grana u mreži, pa će i kvadratne matrice impedancija grana, odnosno admitancija grana, biti onoga reda koliki je broj grana u mreži. Ako ove matrične jednadžbe razvijemo u sustav linearnih jednadžbi, dobit ćemo sustav tolikog broja jednadžbi, koliko ima grana u mreži.

U jednadžbi (1) imamo dakle slijedeća značenja:

$[U]$ = vektor napona grana
$[I]$ = vektor struja grana
$[Z]$ = matrica impedancija grana
$[Y]$ = matrica admitancija grana

2. Metoda čvorova je ona, gdje su električne prilike definirane naponima čvorova i strujama čvorova. Naponi čvorova su naponi pojedinih čvorova prema jednoj referentnoj točki, za koju obično uzimamo zavisni čvor i kojemu, radi jednostavnosti, najčešće pridajemo napon nula. Struje čvorova su struje koje kroz pojedine čvorove ulaze u mrežu, a dolaze iz referentnog (zavisnog) čvora. Dakako da suma struja koje kroz pojedine čvorove ulaze u mrežu mora biti jednaka nuli, pa prema tome koliko ukupne struje kroz neke čvorove ulazi, isto toliko ukupne struje mora kroz ostale čvorove izaći iz mreže. Stvar je dogovora koje ćemo struje označiti pozitivnim predznakom, a koje negativnim. Mi ćemo se odlučiti da struje koje ulaze u mrežu označimo pozitivnim predznakom, prema tome negativne struje značit će one koje izlaze iz mreže. (U literaturi se može naći i suprotno pridavanje predznaka pa o tome treba voditi računa). Matricu impedancija koja sada povezuje napone čvorova i struje čvorova, zovemo matricom impedancija čvorova. Analogno matricu admitancija zovemo matricom admitancija čvorova.

U jednadžbi (1) imamo dakle slijedeća značenja:

$[U]$ = vektor napona čvorova (prema referentnom čvoru)
$[I]$ = vektor struja čvorova (koje dolaze iz referentnog čvora)
$[Z]$ = matrica impedancija čvorova
$[Y]$ = matrica admitancija čvorova

3. Metoda petlji je ona kod koje vektor napona prikazuje napone nezavisnih petlji, a vektor struja prikazuje struje nezavisnih petlji. Što su naponi petlji to je jasno, a kao struju petlji definiramo struje unutar petlji. Struja petlje čini samo jednu komponentu struje u granama te petlje. Drugu komponentu struje u svakoj grani čini struja susjedne petlje, tako da se struja pojedine grane dobiva superpozicijom struja dviju petlji između kojih se ta grana nalazi. Dakako, da svakoj struji petlje moramo odrediti isti smjer koji obično uzimamo za sve petlje. Prilikom superpozicije moramo voditi računa da se u takvom slučaju radi zapravo o razlici struja. Ako matričnu jednadžbu razvijemo u sustav linearnih jednadžbi dobijemo toliki broj jednadžbi koliko ima nezavisnih petlji. U metodi petlji matrica impedancija naziva se matricom impedancija petlji, dok se matrica admitancija naziva matricom admitancija petlji.

U jednadžbi (1) imamo dakle slijedeća značenja:

$[U]$ = vektor napona petlji
$[I]$ = vektor struja petlji
$[Z]$ = matrica impedancija petlji
$[Y]$ = matrica admitancija petlji

U praksi se za rješavanje električnih prilika u mrežama najčešće koristi metoda čvorova. Metoda grana i metoda petlji manje se upotrebljava, pa se tim metodama dalje nećemo baviti.

Općenito o metodi čvorova

Metoda čvorova ima mnogo prednosti pred metodom grana i metodom petlji. U prvom redu metoda čvorova ima manji broj jednadžbi nego što je to kod metode grana, pa je i rješavanje tih jednadžbi mnogo lakše. Jedino kad mreža ima oblik stabla, onda je broj jednadžbi isti. Međutim takva mreža je otvorena i kroz nju ne može teći struja, jer se struja nigdje ne bi mogla zatvarati, pa prema tome mreža mora imati barem jednu zatvorenu petlju. Možemo dakle reći, da u praktičnim primjerima metoda čvorova uvijek ima manji broj jednadžbi nego metoda grana.

Ako usporedimo metodu čvorova i metodu petlji s obzirom na broj jednadžbi, može se dogoditi da po metodi petlji dobijemo manji broj jednadžbi. Međutim metoda petlji nam daje napone i struje petlji veličine, koje nas direktno ne interesiraju pa je to njezin nedostatak.

S druge strane, kod mreža za prijenos redovito računamo i s poprečnim granama u modelima vodova, transformatora i sl., pa u tom slučaju u modelu mreže broj nezavisnih petlji neće biti manji od broja nezavisnih čvorova. Dakle u mrežama za prijenos općenito po metodi čvorova nećemo dobiti veći broj jednadžbi nego po metodi petlji, a električne veličine s kojima radimo po metodi čvorova

su nam mnogo bliže nego kod metode petlji. Kod metode čvorova dobivamo napone čvorova koji nas direktno interesiraju, a također i struje čvorova, a to su struje koje u točkama gdje se nalaze izvori ulaze u mrežu, odnosno u točkama gdje se nalaze tereti izlaze iz mreže. Iz tih struja lako možemo po potrebi izračunati snagu izvora, odnosno snagu tereta, koja nas u mrežama češće interesira. Na taj način metoda čvorova mnogo bolje odgovara našim zahtjevima u praksi.

Matrična jednadžba mreže po metodi čvorova

Kao što smo već rekli, matrična jednadžba ima slijedeći oblik, koji dakako, vrijedi i za jednadžbu u metodi čvorova.

$$[I] = [Y] \cdot [U] \qquad [U] = [Z] \cdot [I]$$

To možemo napisati i u razvijenom obliku.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11}\, Y_{12} \cdots Y_{1n} \\ Y_{21}\, Y_{22} \cdots Y_{2n} \\ \cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots \\ Y_{n1}\, Y_{n2} \cdots Y_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ U_n \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11}\, Z_{12} \cdots Z_{1n} \\ Z_{21}\, Z_{22} \cdots Z_{2n} \\ \cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots \\ Z_{n1}\, Z_{n2} \cdots Z_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ I_n \end{bmatrix} \qquad (3)$$

U tim matričnim jednadžbama imamo ova značenja:

[Y] — jednostupčana matrica struja čvorova, tj. struja koje ili ulaze na tom čvoru u mrežu (pozitivni predznak), ili struja koje na tim čvorovima izlaze iz mreže (negativni predznak). Sve struje koje ulaze u mrežu, izlaze iz zavisnog čvora, a isto tako sve struje koje izlaze iz mreže, ulaze u zavisni čvor. Prema tome sve struje čvorova sastaju se u zavisnom čvoru, pa je njihova suma jednaka nuli.

[U] — jednostupčana matrica napona čvorova, a to su naponi pojedinih čvorova prema zavisnom čvoru. Ako zavisni čvor ima neki napon onda za pojedine članove u matrici napona moramo pisati razliku stvarnog napona tog čvora u mreži i napona zavisnog čvora. Međutim, dobro je zavisnom čvoru pridati napon jednak nuli bez obzira da li je zavisni čvor neutralna točka ili neki fazni čvor u mreži, pa na taj način vektor napona ima jednostavne članove, što je ionako samo matematički model. Ako su naponi čvorova u matematičkom modelu poznati, lako je izračunati napone u stvarnoj mreži uzimajući u račun stvarni napon zavisnog čvora. Mi ćemo ubuduće u matematičkom modelu dati zavisnom čvoru napon nula, pa ćemo u vektoru napona imati jednostavne članove. Treba podsjetiti da napon nezavisnog čvora ne ulazi u jednostupčanu matricu napona čvorova (a taj član bi i onako bio jednak nuli). Spomenimo da u praksi umjesto zavisni čvor često kažemo referentni čvor.

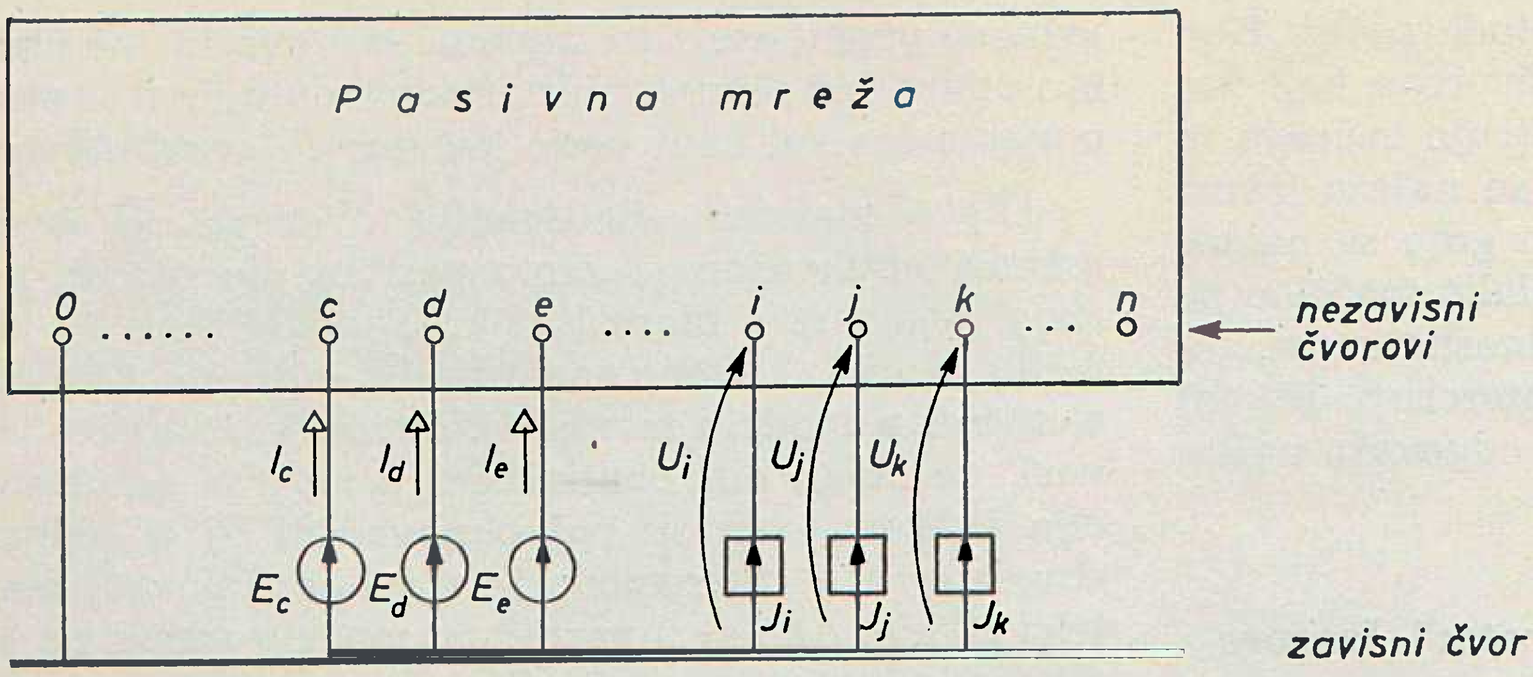
[Y] — matrica admitancija čvorova. U ovoj matrici obuhvaćen je samo pasivni dio mreže, pa zbog toga mreža mora biti tako modelirana da između čvorova imamo samo pasivne grane. Aktivni elementi u modelu mreže, tj. naponski i strujni izvori, ne mogu biti obuhvaćeni u matrici admitancija čvorova, već su oni obuhvaćeni ili u jednostupčanoj matrici napona ili u jednostupčanoj matrici struja. Ako se u prvotnom modelu mreže ne bi mogao odvojiti pasivni dio od aktivnoga, treba, eventualno, naponski izvor u seriji sa pasivnom granom, pretvoriti u pasivnu granu s paralelno spojenim strujnim izvorom. Takav slučaj često dolazi u energetskim mrežama između faznog čvora i neutralne točke. Nakon pretvaranja u kombinaciju sa strujnim izvorom, strujni izvor dolazi direktno između neutralne točke i faznog čvora. Ako neutralnu točku uzmemo za zavisni čvor, onda ovaj strujni izvor nadomjestimo strujom koja na tom faznom čvoru ulazi u mrežu. Pomoću takve pretvorbe može se aktivni strujni izvor odvojiti od pasivnog dijela mreže. Obrnuta pretvorba je također moguća, no u okviru metode čvorova obično nije potrebna, a niti se takva potreba pojavljuje u praksi kod energetskih mreža.

[Z] — matrica impedancija čvorova. Kod ove matrice vrijedi isto ono što je rečeno za matricu admitancija čvorova.

Iz gornje dvije matrične jednadžbe vidi se da su matrica admitancija čvorova i matrica impedancija čvorova međusobno inverzne matrice.

Kao što je već rečeno matrične jednadžbe mreže predstavljaju matematički model električnih prilika u mreži, a same matrice admitancija, odnosno impedancija, predstavljaju matematički model pasivnog dijela mreže. Očito, da od napona čvorova i struja čvorova barem jedna od tih veličina za svaki čvor mora biti zadana. U grafičkom modelu to nadomješćujemo naponskim izvorom, odnosno strujnim izvorom. Prema tome zadani naponi čvorova, odnosno zadane struje čvorova, predstavljaju matematički madel aktivnog dijela mreže tj. naponskih, odnosno strujnih izvora. Nepoznati naponi čvorova i nepoznate struje čvorova (koje zapravo želimo izračunati iz matričnih jednadžbi) predstavljaju matematički model električnih prilika koje će se u mreži uspostaviti (vidi sliku 1). U najjednostavnijem slučaju mogu za sve čvorove biti zadane iste električne veličine npr. mogu biti zadani svi naponi čvorova. Tada ćemo u modelu mreže postaviti naponske izvore između zavisnog čvora i svih nezavisnih čvorova mreže. Isto tako u jednostavnom slučaju mogu biti zadane sve struje čvorova, pa ćemo u modelu mreže postaviti strujne izvore između zavisnog čvora i svih nezavisnih čvorova.

Postavljanje jednostupčanih matrica napona, odnosno struja, ne predstavlja problem, jer su neki od njihovih članova zadane veličine a ostali članovi su onda nepoznanice koje treba izračunati. Međutim, postavlja se pitanje, kako treba postaviti ma-



Sl. 1 Grafički model matrične jednadžbe mreže po metodi čvorova

tricu admitancija čvorova, odnosno matricu impedancija čvorova koje predstavljaju matematički model pasivnog dijela mreža.

Postavljanje matrice admitancija čvorova

Uzmimo prvu od prijašnjih matričnih jednadžbi i napišimo je u razvijenom obliku.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & \cdots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & \cdots & Y_{2n} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & \cdots & Y_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ Y_{n1} & Y_{n2} & Y_{n3} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ U_n \end{bmatrix} \qquad (4)$$

Matrica admitancija čvorova je kvadratna matrica s toliko redaka i stupaca koliko ima nezavisnih čvorova. Pita se, kako možemo napisati tu matricu. Tome se može pristupiti na slijedeći način. Uzmimo da su zadani svi naponi, i da su svi naponi jednaki nuli, osim napona u jednom čvoru koji je jednak 1 V. Neka to, primjera radi, bude napon u drugom čvoru. Sada dobijamo slijedeći oblik matrične jednadžbe:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{12} \\ Y_{22} \\ Y_{32} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{n2} \end{bmatrix} \qquad (5)$$

Ako desnu stranu te jednadžbe izmnožimo, dobit ćemo jednostupčanu matricu s članovima drugog stupca matrice admitancije. Izjednačimo li lijevu stranu jednadžbe tim rezultatom, vidimo da je drugi stupac matrice admitancija brojčano jednak strujama čvorova ako u čvoru 2 imamo napon 1 volt, a svi ostali naponi čvorova su jednaki nuli. Isto vrijedi i za ostale stupce matrice admitancije.

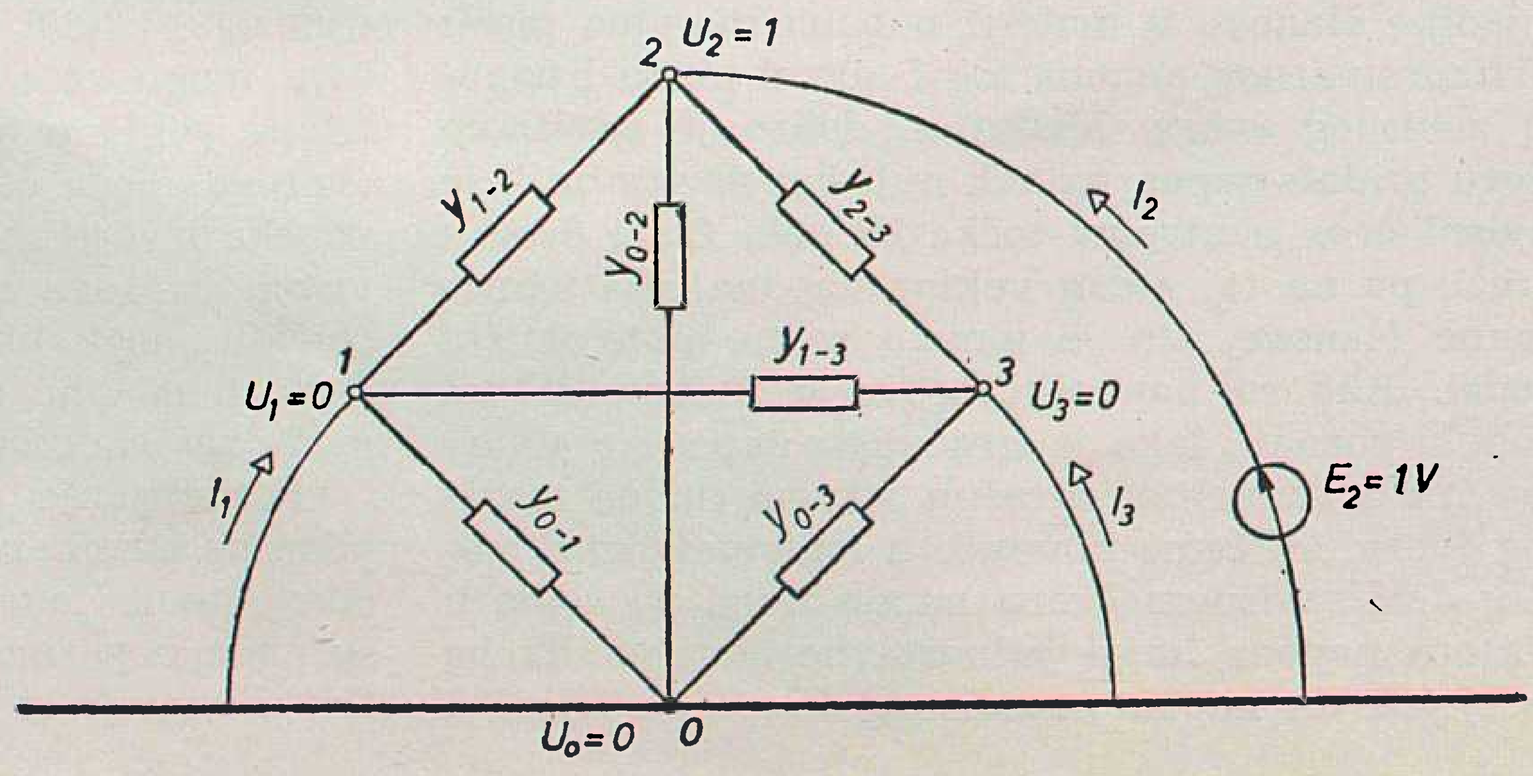
Prema tome, svaki član matrice ima smisao i brojčanu vrijednost struje čvora (koji odgovara dotičnom retku), ako se samo jednom čvoru (i to onom koji odgovara dotičnom stupcu) narine napon, i to napon jednak 1 volt. Time pojedini članovi matrice admitancije čvorova dobijaju svoj smisao.

To ćemo ilustrirati na primjeru jedne mreže sa ukupno četiri čvora. Na tom primjeru označimo čvorove brojevima, i to zavisni čvor sa 0, a nezavisne čvorove brojevima od 1 do 3. Isto tako označimo i admitancije pojedinih grana. Vidi sliku 2.

Ako, primjera radi, narinemo napon 1 V na čvor 2, možemo izračunati kolike su struje pojedinih čvorova, a tome odgovaraju članovi matrice admitancija u drugom stupcu.

$$\begin{aligned} Y_{12} &= I_1 = I_{12} + I_{13} + I_{10} = (0-1)\cdot Y_{1-2} + (0-0)\cdot \\ &\quad \cdot Y_{1-3} + (0-0)\cdot Y_{0-1} = -Y_{1-2} \\ Y_{22} &= I_2 = I_{21} + I_{02} + I_{23} = (1-0)\cdot Y_{1-2} + (1-0)\cdot \\ &\quad \cdot Y_{0-2} + (1-0)\cdot Y_{2-3} = Y_{1-2} + Y_{0-2} - Y_{2-3} \\ Y_{32} &= I_3 = I_{32} + I_{31} + I_{30} = (0-1)\cdot Y_{2-3} + (0-0)\cdot \\ &\quad \cdot Y_{1-3} + (0-0)\cdot Y_{0-3} = -Y_{2-3} \end{aligned} \qquad (6)$$

Vidimo da u čvor 2 ulazi struja koja je brojčano jednaka sumi svih admitancija vezanih za taj čvor. No, tu istu vrijednost ima član u matrici ad-



Sl. 2 Primjer mreže za postavljanje matrice admitancija

mitancija, koji se nalazi u drugom retku i drugom stupcu, a to je dijagonalni član koji odgovara čvoru 2. Taj je član jednak sumi svih admitancija spojenih na taj čvor. Možemo prema tome reći, da je dijagonalni član u matrici admitancija čvorova jednak sumi svih admitancija grana spojenih na taj čvor.

Razmotrimo sada struju čvora 1. Budući da je u svim čvorovima, (osim kod čvora 2) napon jednak nuli, to u granama između njih ne teku struje. Iz čvora 1 izlazi struja koja teče kroz granu između čvora 2 i 1, a toliku vrijednost ima i član u matrici admitancija u prvom retku i drugom stupcu. Vidimo da je vandijagonalni član jednak admitanciji grane između dva čvora, koji pripadaju tom retku i tom stupcu, ali sa suprotnim predznakom.

Zamislimo sada da je napon 1 V narinut na čvor 1, a da računamo struju u čvoru 2. Opet iz istih razmatranja slijedi da će iz čvora 2 izlaziti struja koja dolazi kroz granu između 1 i 2. Admitancija između ta dva čvora je ista kao i prije, pa vrijedi:

$$U_z\, U_1 = 1\,,\ U_2 = U_3 = 0$$

$$Y_{21} = I_2 = -\,Y_{1-2} \rightarrow Y_{21} = Y_{12} \qquad (7)$$

Iz ovog razmatranja slijedi, da su simetrični članovi u matrici međusobno jednaki tj. da je čitava matrica admitancija čvorova simetrična matrica. No, ovo vrijedi samo uz određeno ograničenje, ako se radi o granama između pojedinih čvorova u pasivnom dijelu mreže, koje su simetrične. To je slučaj npr. kod vodova. U slučaju da pojedine grane između čvorova nisu simetrične, onda ni matrica admitancija nije simetrična. Takav slučaj imamo npr. kod transformatora čiji odnos transformacije odstupa od nazivnog napona, odnosno sadrži i poprečnu transformaciju, pa je odnos transformacije kompleksni broj. Mi ćemo se ovdje zadržati na takvim mrežama, koje imaju simetrične grane, pa je prema tome i matrica admitancija čvorova simetrična.

Prema svemu rečenom vidimo, da matricu admitancija čvorova možemo postaviti jednostavnim uvidom u mrežu. Potrebno je samo imati grafički model mreže, i to ne samo kvalitativni nego i kvantitativni. Matricu admitancija čvorova možemo onda lako postaviti. Dijagonalni članovi imaju predznak plus i brojčano su jednaki sumi admitancija svih grana vezanih na dotični čvor. Vandijagonalni članovi imaju predznak minus, i brojčano su jednaki admitanciji grane između dotična dva čvora. Takvi predznaci vezani su za naš dogovor da ćemo struje koje ulaze u mrežu označiti pozitivnim predznakom, a struje koje izlaze iz mreže negativnim predznakom. Ukoliko se za struje čvorova upotrijebe obrnuti predznaci (kao što čine neki autori), onda će se dobiti obrnuti predznaci i u matrici admitancija čvorova, tj. dijagonalni članovi će imati negativni predznak, a vandijagonalni članovi pozitivni predznak. U tom slučaju svaki vandijagonalni član ima isti predznak i istu brojčanu vrijednost kao admitancija grane između odnosnih čvorova. Ipak su to dva sasvim različita pojma. Jedno je član matrice admitancija čvorova u matematičkom modelu mreže, a drugo je admitancija grane između dva čvora u grafičkom modelu mreže.

Kao što je rečeno, matrica admitancije čvorova predstavlja matematički model pasivnog dijela mreže, i to u kvalitativnom i kvantitativnom pogledu. Očito je, da će na mjestima u matrici koji odgovaraju čvorovima između kojih nema nikakve grane, biti vrijednosti nula. Na taj način se iz matrice vizuelno vidi između kojih čvorova grane ne postoje. Tamo gdje su članovi različiti od nule između tih čvorova postoje grane. Brojčane vrijednosti pojedinih članova vezane su uz kvantitativni model mreže.

Postavljanje matrice impedancija čvorova

Ako drugu, od prije napisanih oblika matrične jednadžbe, napišemo razvijeno, dobit ćemo slijedeći oblik:

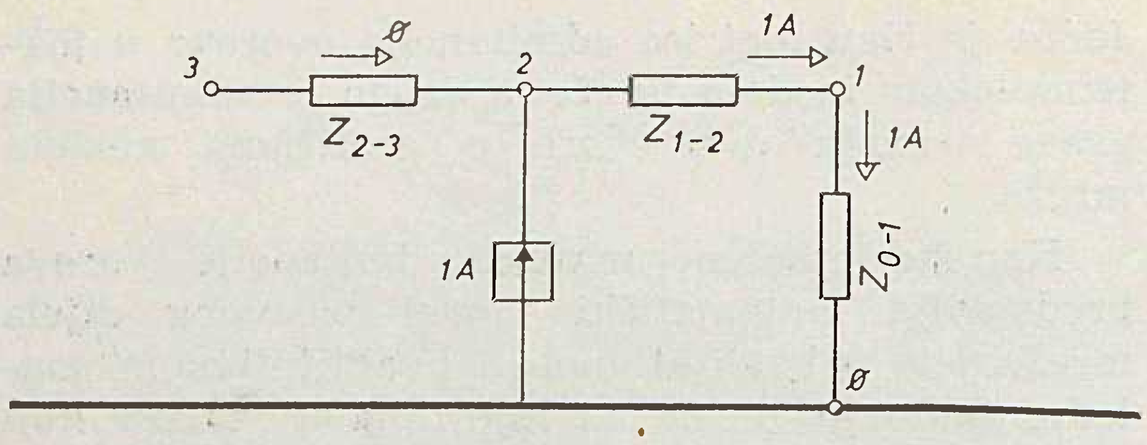
$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11}\, Z_{12}\, Z_{13} \cdots Z_{1n} \\ Z_{21}\, Z_{22}\, Z_{23} \cdots Z_{2n} \\ Z_{31}\, Z_{32}\, Z_{33} \cdots Z_{3n} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ Z_{n1}\, Z_{n2}\, Z_{n3} \cdots Z_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ I_n \end{bmatrix} \qquad (8)$$

S desne strane jednadžbe možemo opet uzeti u vektoru struja da su sve struje jednake nuli, osim struje jednog čvora, i da je ta struja jednaka 1 A. Primjera radi uzmimo da je struja u čvoru 2 jednaka 1 A. Ako to napišemo, i desnu stranu izmnožimo, dobit ćemo s desne strane jednostupčanu matricu koja sadrži članove drugog stupca matrice impedancije.

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & & \\ & \cdot/\cdot & \\ & & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} \\ Z_{22} \\ Z_{32} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Z_{n2} \end{bmatrix} \qquad (9)$$

Budući da su lijeva i desna strana jednadžbe jednake, to slijedi da su članovi drugog stupca matrice impedancija čvorova jednaki naponima čvorova, ako je u čvor 2 narinuta struja 1 A.

Ovaj postupak primijenit ćemo sada na primjeru jedne jednostavne mreže. Mreža neka ima jednostavni oblik stabla, čvorovi neka su nam označeni, a čvor nula neka bude zavisni, odnosno referentni čvor. Granama ćemo označiti njihovu impedanciju, a u čvor 2 narinut ćemo struju 1 A. Sad ćemo izračunati napone pojedinih čvorova, i to će biti vrijednosti u drugom stupcu matrice impedancija čvorova. Vidi sliku 3.



Sl. 3 Primjer mreže za postavljanje matrice impedancija

U ovom slučaju lako je izračunati napone pojedinih čvorova, pa prema tome i članove drugog stupca matrice impedancija.

$$Z_{12} = U_1 = 1 \cdot Z_{0-1} = Z_{0-1}$$
$$Z_{22} = U_2 = 1 \cdot (Z_{0-1} + Z_{1-2}) = Z_{0-1} + Z_{1-2} \qquad (10)$$
$$Z_{32} = U_3 = 1 \cdot (Z_{0-1} + Z_{1-2}) + 0 \cdot Z_{2-3} = Z_{0-1} + Z_{1-2}$$

Na isti način možemo odrediti članove prvog stupca i članove trećeg stupca. Za drugi član prvog stupca imamo:

$$Uz\ I_1 = 1\ ,\ I_2 = I_3 = 0$$
$$Z_{21} = 1 \cdot Z_{0-1} + 0 \cdot Z_{1-2} = Z_{0-1} \rightarrow Z_{21} = Z_{12} \qquad (11)$$

Lako je uvidjeti da je i matrica impedancija čvorova simetrična matrica, i da će biti simetrična uz ista ograničenja koja vrijede i za simetričnost matrice admitancije čvorova. Matrica impedancija također predstavlja matematički model mreže, dakako na jedan drugi način, ali ona definira mrežu također na kvalitativni i na kvantitativni način.

Mrežu možemo matematički modelirati ili pomoću matrice admitancije ili pomoću matrice impedancija. Ipak postoji jedna velika razlika. Dok matricu admitancija možemo postaviti direktnim uvidom u mrežu, to kod matrice impedancija nije moguće. Moguće je jedino u slučaju, kad mreža ima oblik stabla ,ali ne kad mreža sadrži i petlje. Za mrežu u obliku stabla može se definirati postupak tako da se postavi matrica impedancija čvorova. No, to za nas nije imteresantno, jer je oblik stabla sasvim specijalan slučaj, i naše mreže neće imati oblik stabla, nego će sadržavati i petlje. Za općeniti oblik mreže prema tome matricu impedancija čvorova ne možemo jednostavno postaviti samim uvidom u mrežu. Navedeni princip za postavljanje matrice impedancije čvorova mogli bismo primijeniti mjerenjem na fizičkom modelu mreže tj. na mrežnom analizatoru. No, od toga nemamo mnogo koristi, jer želimo uvesti računske postupke. Ako imamo mrežni analizator onda ćemo čitavu analizu električnih prilika provesti na njemu.

Najjednostavniji način da dobijemo matricu impedancija čvorova jest da uvidom u mrežu postavimo matricu admitancija čvorova, a zatim izvršimo inverziju matrice. Taj je postupak invertiranja matrice veoma dugotrajan i zahtijeva mnogo računanja. Postoje i drugi postupci za postavljanje matrice impedancija čvorova računskim putem, no ovdje se time nećemo baviti.

Naslov pisca: Prof. Dr Božidar Stefanini, dipl. ing., Elektrotehnički fakultet, Zagreb

»D A L E K O V O D«

ELEKTROPRIVREDNO PODUZEĆE ZA PROJEKTIRANJE, PROIZVODNJU, GRADNJU I MONTAŽU

ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 37

PROJEKTIRA
PROIZVODI
GRADI I MONTIRA

Raspolaže uređajem za polaganje podmorskog kabela smještenog na peniši (brod). Tome pripadaju i pomoćni uređaji za utovar kabela u vagon i pretovar na brod.

IZVODI SVE RADOVE U ZEMLJI I INOZEMSTVU

SANACIJA DALEKOVODA 110 kV SENJ—VINODOL

Ranko Škarica Zagreb — Oskar Muškardin Rijeka

Na dalekovodu 110 kV Senj—Vinodol pojavile su se prolazne smetnje i kvarovi već u prvoj godini eksploatacije. Česte smetnje i kvarovi doveli su u pitanje pogonsku sigurnost dalekovoda, a osim toga vod je postao stalna opasnost za ljude koji rade i žive u njegovoj blizini. Godine 1966. odlučeno je da se pristupi rekonstrukciji dalekovoda, što je i učinjeno 1966. i 1969. U članku je izneseno kako je vod rekonstruiran, i kako se ponaša nakon rekonstrukcije. Dolazi se do zaključka da dalekovode koji prolaze terenom nepovoljne konfiguracije, na kojemu vladaju veoma teške atmosferske prilike, treba graditi s malim i kratkim zateznim poljima, odnosno da je bolje birati dulje trase s povoljnim atmosferskim uvjetima.

DK 621.315.1

1. Uvod

Dalekovod 110 kV Senj—Vinodol nalazi se u pogonu od lipnja 1961.godine. U zimskom razdoblju prve godine eksploatacije došlo je do kvarova na dalekovodu koji su se ponavljali i u toku idućih godina. Pogonska spremnost dalekovoda došla je na taj način u pitanje, a sam dalekovod predstavljao je stalnu opasnost za ljude koji žive i rade u neposrednoj blizini dalekovoda. Da bi se dalekovod doveo u ispravno stanje, odlučeno je da se izvrši rekonstrukcija širih razmjera. U tu je svrhu dalekovod pregledan, a naročito sva kritična mjesta, kako bi se što bolje mogli utvrditi uzroci kvarova. Pri tome se služilo podacima pogonske službe kao i zapažanjima članova ekipe za održavanje dalekovoda.

2. Osnovni podaci

Dalekovod je položen paralelno s morskom obalom u smjeru sjeverozapad—jugoistok, pa prema tome stoji okomito na smjer bure, najjačeg vjetra na tom području. Horizontalna udaljenost od mora varira od 0,1 km kod HE »Senj« do 3,5 km kod HE »Vinodol«. Nadmorska visina kreće se 4 m (stup broj 40) do 611 m (stup broj 111). Na području najčešćih kvarova vod je udaljen od obale oko 2,5 do 3,0 km, a nadmorska visina iznosi oko 500 m.

Na karti (Sl. 1) prikazana je situacija trase od stupa broj 65 do broja 129. Na toj dionici je dolazilo do havarija na dalekovodu.

Teren kojim prolazi dalekovod je kraški, teško pristupačan, bez šuma, izvrgnut vjetru i uglavnom nenastanjen.

Duljina trase je 41.384 m, od toga otpada na I klimatsku zonu 46%, na II zonu 37,4% i na III zonu 16,6%.

Broj stupova prije rekonstrukcije iznosio je 145 kom, od toga 124 nosnih i 25 zateznih stupova.

Prosječni raspon za čitav vod je 270 m, dok je za I zonu 290 m, a II zonu 267 m i za III zonu 234 m.

Dalekovod je opremljen vodičima od alučela presjeka 240/40 mm², u I zoni, a u II i III zoni s jačim udjelom čelika presjeka 240/57 mm². Zaštitno uže je od picinčanog čelika čvrstoće 120 kp/mm² presjeka 50 mm², a montirano je na početku i kraju dalekovoda u duljini od oko 1,5 km.

To je učinjeno zbog veće mehaničke sigurnosti, naravno, na uštrb zaštite od atmosferskih pražnjenja. Na sreću, ta mjera opreza nije prouzrokovala većih smetnji, iako se vod nalazi na području sa 45 grmljavinskih dana u godini (maks. 50 dana). Ovaj je podatak uzet iz godišnje izokerauničke karte SFRJ, Beograd, 1967. g.

Izolacija dalekovoda provodena je kapastim porculanskim izolatorima K 170/280; ovjesni materijal je na ugroženom području originalni »salvi«, a na ostalom dijelu, domaći, starije izvedbe.

Može se još napomenuti da je 21 nosivi stup opremljen utezima težine do 250 kg.

3. Klimatske prilike

U vrijeme kad se razrađivao glavni projekt dalekovoda, postojali su već u Senju i Škrljevu anemografi, pa su se prilikom određivanja pritiska vjetra koristili trogodišnji podaci tih stanica. Osim toga, prikupljeni su podaci u zaseocima uzduž trase kao i od službe održavanja linija elektroveza. Na temelju dobivenih podataka trasa je podijeljena u tri klimatske zone.

Prvom zonom obuhvaćeno je područje u duljini od oko 19 km, i to od Vinodola do Klenovice (nedaleko od Novoga). Pritisak vjetra je 130 kp/m², a dodatni teret $1{,}6 \times 0{,}18 \sqrt{d}$ kp/m′.

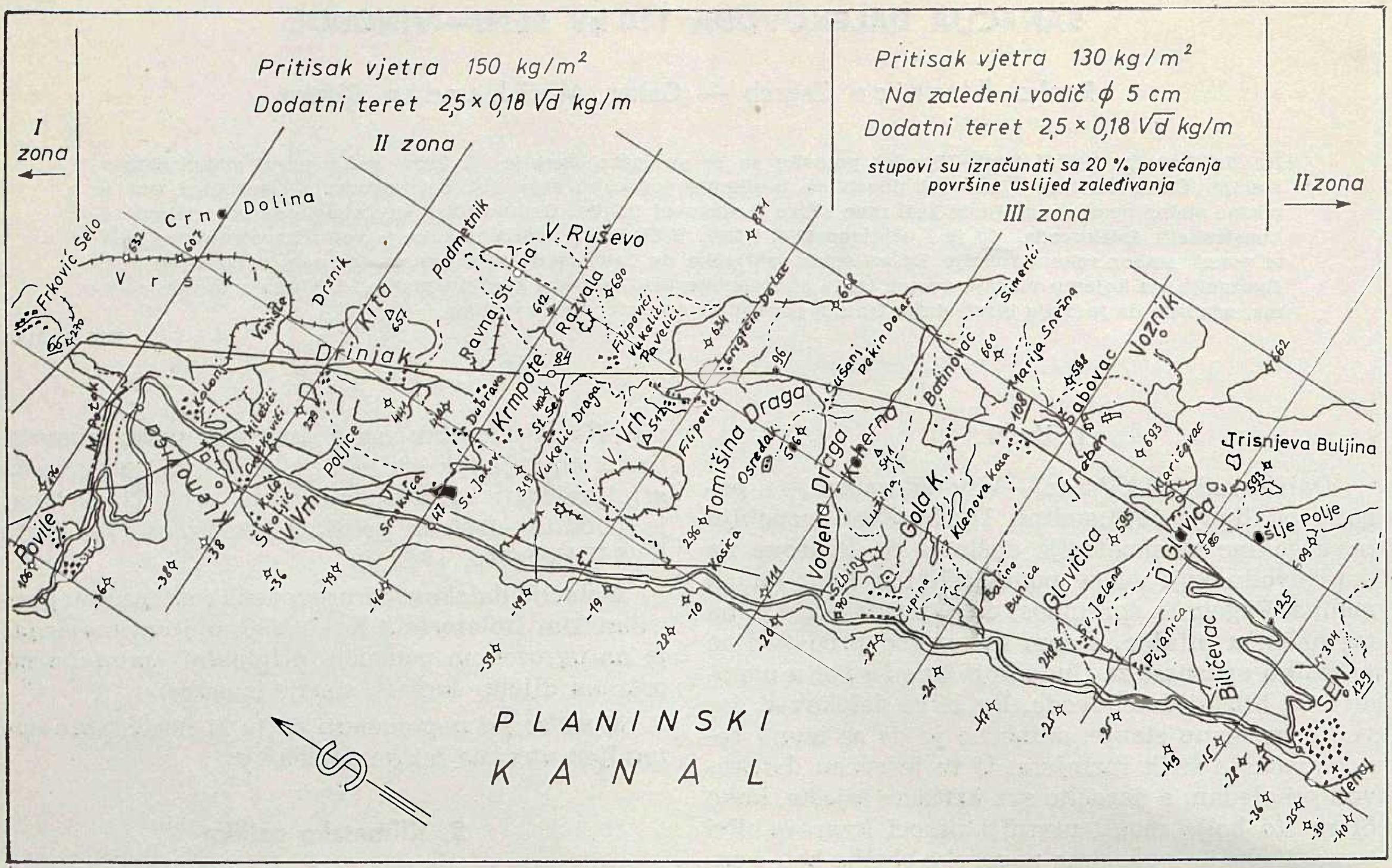
U drugoj zoni duljine oko 15 km nalaze se područja od Klenovice do sela Sušnja i Biličevca (nešto prije Senja) do HE »Senj«. Na tom području pritisak vjetra je 150 kp/m², a dodatni teret $2{,}5 \times 0{,}18 \sqrt{d}$ kp/m′.

Treća zona nalazi se između Sušnja i Biličevca. U toj zoni duljine oko 7 km, uzelo se kombinirano djelovanje vjetra i dodatnog tereta od leda. Uzeo se pritisak vjetra od 130 kp/m², a promjer leda na užetima 5 cm. Osim toga, pretpostavilo se da je površina stupova povećana za 20% uslijed zaleđivanja.

Danas nam stoje na raspolaganju četrnaestgodišnji podaci o brzini vjetra na spomenutim stanicama, pa će biti interesantno pogledati da li je bio ispravan izbor veličine pritiska vjetra.

Stanica Senj nalazi se u samom Senju, dakle, nešto izvan trase, dok stanica Škrljevo nije tako daleko da se ne bi mogli koristiti podaci te stanice za mehanički proračun dalekovoda.

Metodom utvrđivanja vjetrojatnosti pojave odredit ćemo maksimalnu godišnju brzinu vjetra, koja se pojavljuje prosječno svakih 5 godina.



Sl. 1 Situacija trase dalekovoda 110 kV Senj—Vinodol

Maksimalne godišnje brzine vjetra sređene po veličini iznose:

a) *Stanica Senj*

Godina	1955.	1967.	1958.	1956.	1961.	1962.	1963.
m/sek	47,5	46,2	43,8	43	41,3	41,1	40
Godina	1964.	1959.	1965.	1966.	1968.	1957.	1960.
m/sek	40	38	36,8	36	35,5	35	33,3

b) *Stanica Škrljevo*

Godina	1957.	1955.	1965.	1956.	1958.	1962.	1960.
m/sek	50,1	45	44,1	42,7	41	41	40,6
Godina	1959.	1968.	1967.	1963.	1961.	1964.	1966.
m/sek	40,5	40,5	40,4	37,1	36,2	35,0	33,6

Dobivene vrijednosti iznose 44 odnosno 44,3 m/sek, što odgovara pritiscima 121 kp/m² odnosno 123 kp/m².

Veličina pritiska vjetra prema tome je dobro odabrana, dapače, postoji izvjesna rezerva u svim zonama i lako se dolazi do zaključka da sam vjetar ne prouzrokuje smetnje i kvarove na vodu, što potvrđuje i pogonsko iskustvo. Ova rezerva dobro dolazi za sva ona mjesta koja su zbog konfiguracije terena izložena većim brzinama od izmjerenih.

Za odabrane veličine dodatnog tereta nemamo solidniju dokumentaciju koja bi opravdala izbor. Oskudni podaci prikupljeni s dalekovoda prilikom havarija uzakuju da promjer leda može biti i do 8 cm.

Do pojave zaleđivanja uz najveću buru dolazi gotovo svake godine, a utjecaj bure i leda jasno se vidi na rubnim stablima, čija je sjeverna strana posve deformirana i bez granja.

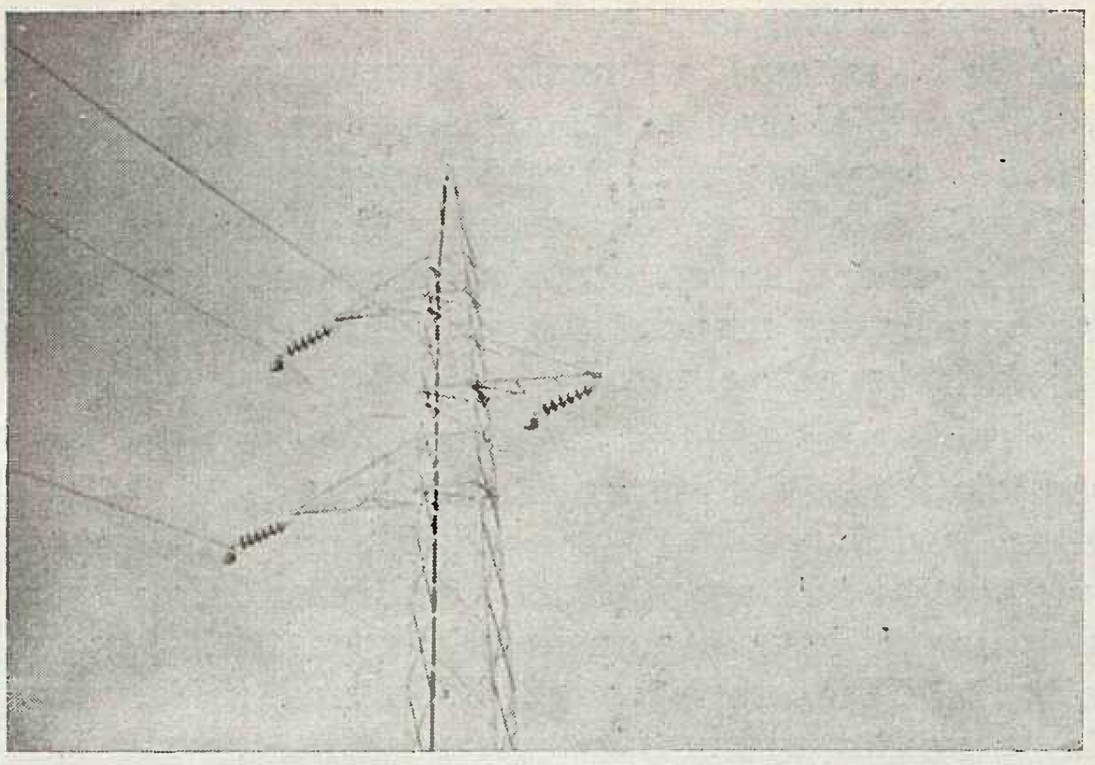
Dosadašnje iskustvo pokazuje da je veličina ledenog tereta nešto potcijenjena i da je III klimatska zona trebala obuhvatiti veće područje. Osim toga, trebalo je, čini se, uzeti i veće povećanje površine stupa uslijed zaleđivanja. Prema iskustvu u svijetu uzima se potpuno zaleđivanja stupa kod širine manje od 1,2 m. To u konkretnom slučaju znači da je trebalo uzeti potpuno zaleđenu plohu nosnih stupova u duljini od 7 m, mjereno od vrha stupa.

Sam dodatni teret ne bi predstavljao neku veću opasnost za dalekovod, međutim, u kombinaciji s vjetrom može imati katastrofalne posljedice.

Krivo bi bilo tvrditi da je svim nevoljama uzrok vjetar i led. Potrebno je spomenuti i ostale faktore koji utječu na sigurnost dalekovoda, a to su: veliki rasponi, velike duljine zateznih polja, odnosno mali broj zateznih stupova, zatim pretjerano visoki stupovi, čime se povećava izloženost, te konačno denivelacija stupova o kojoj ovisi otklon izolatorskih lanaca, a time i prolazne smetnje na dalekovodu kao i naprezanje užeta u gornjem ovjesištu.

4. Kvarovi

Šarolikost smetnji i kvarova (tablica broj 1) na dalekovodu jasno pokazuje da veoma teške klimatske prilike vladaju na tom području. Veoma jaki



Sl. 2 Otklon izolatorskih lanaca uslijed jakog vetra

vjetrovi (Sl. 2) i obilati ledeni ovjesi (Sl. 3) česta su pojava na terenu kojim prolazi dalekovod. Teška konfiguracija terena u izvjesnoj mjeri još potencira nepovoljne klimatske prilike.

Na dalekovodu je došlo do oštećenja a i do rušenja stupova, vodiči i zaštitno uže često su prekidani i jače oštećivani. Propaljivanje vodiča zbog dodira sa tlom uslijed nejednolikog leda ili zbog međusobnog dodira vodiča prilikom otpadanja leda često se događalo na vodu. Jako oštećenje aluminijskog plašta uslijed izvlačenja čelične jezgre tako đer je zabilježeno na vodu, i to u duljini od oko 3 km. Nadalje, došlo je do savijanja i glođanja stremena, (Sl. 4) kao i do oštećenja naprava za zavješenje utega, i to u tolikoj mjeri da su utezi padali na zemlju. Nisu ostali pošteđeni ni strujni mostovi, koji su pucali na izlazu iz priključnih stezaljki, a pločice za upozorenje bile su otrgnute od stupova.

Prolazne smetnje uslijed nedozvoljenog približavanja dijelova pod naponom stupa bile su veoma česte. Svi kvarovi događali su se u II i III klimatskoj zoni, i to više u drugoj nego u trećoj.

Kvarovi i smetnje na dalekovodu

Tablica 1

Broj stupa	Vrste kvara	Datum
102 i 116	Dodir donjeg vodiča sa konzolom zbog leda i jakog vjetra	2—5. I 1962.
112—113	Prekid donjeg vodiča	14. I 1962.
81— 82	Velike količine leda i snijega uzrokovale su prekid srednjeg vodiča	15. II 1962.
65—129	Pojava leda na vodičima	15. II 1962.
81	Puknuo stremen na nosnom stupu	15. II 1962.
69	Na donjem vodiču puknuo stremen, vodič i uteg *pao na tlo*	28. II 1963.
69	Prekid ovjesnog stremena i pad vodiča sa utezima (drugi slučaj na istom stupu)	21. II 1964.
151—152	Prekid zaštitnog užeta	26. X 1964.
93	Led i bura slomile stup jedan metar ispod donje konzole	
84—119	Led prouzrokovao savijanje stremena	12. XII 1965.
100—101 i 117—118	Uslijed leda vodiči spušteni do zemlje	
110—113	Led oštetio vodiče (međufazni spoj)	12. III 1966.
87—93	Oštećenje srednjeg i donjeg vodiča zbog velikog leda i jakog vjetra	XI 1966.
102	Oštećenje vodiča uslijed izvlačenja iz zateznih stezaljki	XI 1966.
	Prekid vodiča uslijed jake bure	13. XII 1967.
93— 95	Oštećenje jednog vodiča zbog izvlačenja iz zatezne stezaljke	9. XII 1968.
99—102	Oštećenje vodiča	XII. 1968.
94	Lom srednje konzole zbog velikog leda i oštećenja vodiča	XII. 1968.
119—125	Pojava većeg leda na vodičima	XII. 1968.
117	Oštećenje vodiča zbog izvlačenja iz stezaljke	6. III 1969.
—	Uslijed zaleđivanja došlo je do ispadanja voda	13—15. IV 1969.

5. Rekonstrukcija

Zbog financijskih prilika bilo je predviđeno da se rekonstrukcija dalekovoda izvede u dva navrata, i to 1966. i 1967. godine. Prvom rekonstrukcijom bila su obuhvaćena područja koja su se smatrala jače ugroženim. Druga je etapa bila odgođena do 1969. godine zbog reorganizacije Elektroprivrede.

Imajući na umu uzroke kvarova, nastojalo se da se rekonstrukcija izvede na svim kritičnim mjestima i da se dadu rješenja koja će sve kvarove svesti na što je moguće manju mjeru. U prvom redu, išlo se za tim da se smanje svi ugroženi rasponi, kako bi se spriječilo pucanje, odnosno oštećenje vodiča. U te raspone umetnuti su nosivi stupovi, tako da su se rasponi uglavnom smanjili na polovicu. U tu su svrhu korišteni stupovi s onih stupnih mjesta na kojima je izvršena zamjena nosivih sa zateznim stupovima, ili su se prema potrebi upotrebljavali novi stupovi.

Veoma česte smetnje, odnosno kvarovi događali su se na nosivim stupovima koji su opremljeni utezima. Bilo je slučajeva da su se izolatorski lanci otklanjali u potpuno horizontalan položaj, a uslijed naglog udarca vjetra lanci su se podizali čak iznad horizontale. Takav slučaj se dogodio 3. siječnja 1962. g. kada je puhala orkanska bura, a na vodičima se stvarao led promjera 5 cm.

Smatralo se da se smetnje uslijed jakog otklona lanaca mogu ukloniti ako se poveća težina utega i produže stremeni. Usprkos tim poduzetim mjerama nosivi stupovi su i dalje predstavljali veoma

Sl. 3 Povečanje provjesa zbog velikog dodatnog ledenog tereta

Sl. 4 Oštećenje stremena i užice sa batićem

slabe točke voda. Zbog toga je veći broj nosivih stupova zamijenjen zateznima.. Na taj način ne samo da su odstranjeni teški utezi, nego su se povećavanjem broja zateznih stupova skratila zatezna polja. Ovo je veoma važno, jer se havarije ograničavaju na kraće relacije, pa je popravak lakši i brži. Ova mjera uz smanjenje raspona bitno je povećala sigurnost dalekovoda.

Nosivi stupovi s utezima bili su inače stalan izvor smetnji i kvarova. Naime, naprave za zavješanje utega nisu odgovarale klimatskim prilikama, pa je veoma brzo dolazilo do glođanja pojedinih elemenata zavješenja, te se događalo da su zbog toga utezi padali na zemlju. Na preostalim nosivim stupovima s utezima zamijenjeno je staro zavješenje novim, koje je izvedeno prema prijedlogu autora ovog članka. Zavješenje se zasniva na osovinskim zglobovima i dalo je potpuno zadovoljavajuće rezultate.

Stremeni na nosivim stupovima II i III zone usprkos promjeru 1″ brzo su se izglodali, pa su zamijenjeni zastavicama. Na taj način povećana je pokretljivost izolatorskih lanaca, a povećne su i dodirne plohe elemenata zavješenja.

Na zateznim stupovima primijenjene su kompresione stezaljke. Strujni mostovi su priključeni na zatezne stezaljke priključnim stezaljkama. Takva se izvedba pokazala, istina, boljom od drugih rješenja, ali ne potpuno sigurnom, jer je dolazilo do pucanja strujnih mostova zbog vibracija prouzrokovanih jakim vjetrom. Da bi se ti kvarovi uklonili izvedeno je pojačanje strujnih mostova. U tu svrhu su premoštene zatezne stezaljke s komadom užeta, koje je bilo pričvršćeno s jedne strane na vodič oko 60 cm ispred stezaljke, a s druge na strujni most na istu udaljenost od priključne stezaljke. Pričvršćenje je izvedeno strujnim stezaljkama.

Ako se još jednom osvrnemo na radove obuhvaćene rekonstrukcijama, vidjet ćemo da je u II klimatskoj zoni povećan broj stupova za 4 nosiva i 4 zatezna i da su 4 nosiva stupa zamijenjena zateznim stupovima. Time je maksimalni raspon smanjen sa 326 m na 307 m, a poluzbroj susjednih raspona sa 300 m na 299 m. Dakle, ovi su rasponi praktički ostali nepromijenjeni. Prosječni raspon, međutim, smanjen je sa 260 m na 229 m.

U klimatskoj zoni broj stupova je povećan za 6 nosivih i 1 zatezni, a 3 nosiva stupa su zamijenjena zateznim. Maksimalni raspon smanjen je sa 256 m na 254, a poluzbroj susjednih raspona sa 250 na 243 m. Prosječni raspon smanjen je sa 234 m na 178 m. Dakle, i u ovom slučaju su osjetno smanjeni samo prosječni rasponi, što još ne znači da je time dalekovod postao sigurniji.

Prema ovim podacima izgleda da se nije puno postiglo što se tiče sigurnosti dalekovoda. To bi bilo točno kad bi unutar klimatskih zona više-manje svi stupovi bili u jednakim ili sličnim klimatskim uvjetima. U konkretnom slučaju klimatski se uvjeti mijenjaju, tako reći, od stupa do stupa, pa je važno da su unutar promatrane zone isključena sva kritična mjesta. Zahvati su učinjeni na pravim mjestima, za što su iskorištena dugogodišnja pogonska iskustva, pa su tako na tim mjestima smanjeni maksimalni rasponi i poluzbroj susjednih raspona.

6. Nakon rekonstrukcije

Da je rekonstrukcija bila opravdana i da je obavljena baš na pravim mjestima, potvrđuju iskustva s dalekovodima u toku prošlih godina, naravno, što se tiče rekonstrukcije iz 1966. godine. Prošle su zime obilovale vjetrom i ledom, a posebno treba spomenuti siječanj i prosinac 1968. kada je došlo do havarije na dalekovodu 220 kV Senj—Vinodol i 110 kV Vinodol—Matulji.

U studenom 1966. godine, dakle odmah nakon rekonstrukcije, došlo je do oštećenja vodiča većih razmjera, i to baš na dionici koja je trebala biti rekonstruirna 1967. godine. Zima 1969/70. koja nije obilovala ledom, iako je bilo jakih bura, nije bila dovoljna za donošenje zaključaka o opravdanosti izvršene rekonstrukcije iz 1969. g.

Međutim godina 1971. nastupila je s veoma jakim nevremenom, što nije prouzrokovalo nikakve štete na dalekovodu., pa bi se moglo već sada doći do zaključka da će i druga rekonstrukcija biti uspješna kao i prva. Za donošenje solidnijih i konačnih zaključaka trebat će ipak pričekati još neko vrijeme.

Na kraju je potrebno reći i to da su obje rekonstrukcije stajale oko 1.500.000 dinara. Sigurno bi troškovi bili manji da je dalekovod odmah bio još više mehanički pojačan. No u ono doba bilo je teško ocijeniti do koje se mjere može ići u tom pogledu, a da se ne pretjera s izdacima na koje tada nismo bili navikli. Kao primjer navodimo da su troškovi za građevni dio dalekovoda 220 kV Senj—Vinodol (1968. g.) bili gotovo dva puta veći od troškova za dalekovode u normalnim klimatskim prilikama.

Sve u svemu može se reći da je područje kojim prolaze dalekovodi od Senja do Novoga jedno od najgorih u državi, jer se istodobno pojavljuje jaki vjetar i obilati ledeni ovjes. Imajući to na umu, budući dalekovodi za to područje moraju se još opreznije projektirati. Slučaj s dalekovodom 220 kV Senj—Vinodol, koji je znatno jače dimenzioniran koristeći iskustva sa 110 kV-tnog dalekovoda, navodi nas na razmišljanje da li na tom području

u takvim prilikama uopće ima smisla graditi dalekovode. Bolje bi bilo birati dulje, znatno sigurnije trase.

7. Zaključci

Na temelju iskustva s dalekovodima prije i poslije rekonstrukcije mogu se izvesti zaključci:

1. Projektiranje dalekovoda, koji prolaze područjem na kojemu vladaju teške atmosferske prilike, treba počivati na što realnijim osnovama.
2. Na temelju rečenog pod 1) potrebno je prije projektiranja obaviti opsežne pripremne radove. U prvom redu treba koristiti pogonska iskustva dalekovoda i linija elektroveza ako postoje u blizini buduće trase voda. Nadalje, ako se ukaže potrebnim, treba pristupiti mjerenju brzine vjetra i veličine ledenog ovjesa.
3. Kao primjer navodimo 220-kV-tni dalekovod Split—Zagreb, koji se nalazi u pogonu od 1961. godine bez većih kvarova, iako prolazi preko Zrmanje poznate po jakim vjetrovima i snježnim vijavicama. Pripremni radovi za projekt trajali su više godina, a bio je izgrađen i ispitni vod na Zrmanji (vidi članak R. Škarica »Ispitni vod Zrmanja«, Energija, 1962. god.)
4. Mehanička sigurnost dalekovoda znatno se povećava malim rasponima, kratkim zateznim poljima i niskim stupovima.
5. U teškim klimatskim prilikama zavješenje nosivih lanaca treba izvesti zastavicama, a ne stremenima, bez obzira na dimenzije stremena.
6. Isto tako treba izbjegavati primjenu utega radi smanjenja otklona lanaca. Na takvim mjestima treba postaviti zatezne stupove.
7. Ukoliko je primjena utega neizbježna, onda zavješenje mora biti sastavljeno pomoću osovinskih zglobova, a ne karika i škopaca.
8. Na zateznim stupovima treba upotrijebiti kompresione stezaljke, koje su se pokazale znatno boljima od ostalih izvedbi. Strujne mostove i u ovom slučaju treba pojačati.
9. Zavješenje zaštitnog užeta na nosivim stupovima treba biti pokretno u svim smjerovima. U protivnom je bolje izostaviti zaštitno uže, izuzevši dionica u blizini stanica.
10. S ekonomskog stajališta povoljnije je uložiti odmah veća sredstva za mehanički pojačanu izvedbu dalekovoda nego naknadno plaćati skupu rekonstrukciju, koja ima još i tu manu da dalekovod mora biti izvjesno vrijeme izvan pogona.
11. Prilikom odabiranja trase bolje se odlučiti za dulju trasu na povoljnijim nego za kraću na nepovoljnim atmosferskim prilikama.

Naslov pisca: Ranko Škarica, dipl. ing., »Elektroprivreda«, Zagreb, Oskar Muškardin, Rijeka.

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA
I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA
KARLOVAC

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

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

IZBOR TIPA PROIZVODNIH GRUPA ZA HIDROELEKTRANU PODSUSED

Krunoslav Begović, Zagreb

Za hidroelektranu na rijeci Savi kod Poduseda trebalo je odabrati najprikladniji tip agregata. Opisane su provedene analize različitih rješenja i kriteriji za izbor. Na kraju su dane tehničko-ekonomske usporedbe varijanti i opravdan izbor izvedbe proizvodnih grupa u »kruški«.

621.313.12

1. Uvod

Prilikom izrade idejnog rješenja hidroelektrane Podsused, što će se izgraditi na rijeci Savi uzvodno od Podsuseda, jedan od problema, koji je trebalo riješiti, bio je i tip proizvodnih grupa (agregata).

Taj je problem trebalo riješiti prije početka radova na idejnom projektu, kako bi se dobila tehnički i ekonomski najpovoljnija koncepcija strojarnice buduće hidroelektrane. Tip proizvodne grupe (agregata) imade odlučujući utjecaj na dispoziciono rješenje elektrane u cjelini, a posebno strojarnice. Radi se kako o koncepciji rješenja, tako i o troškovima građevinskog dijela elektrane i troškovima ugrađene opreme.

Treba naglasiti da su u pogledu dispozicije moguća razna rješenja, koja se više ili manje približuju zahtjevima funkcionalnosti postrojenja, pogonske sigurnosti, i uz dane uvjete što manjim troškovima izgradnje.

U tom smislu su provedene opsežne analize sa niz varijanata, i raznim realno mogućim tipovima agregata, da bi se došlo do zaključka kakav utjecaj ima tip agregata na dispoziciju strojarnice i na ukupne troškove izgradnje.

Nakon opsežnih studija hidrotehničkog rješenja elektrane, odabrano je rješenje sa pribranskom strojarnicom smještenom neposredno uz branu. Rješenje sa kanalskim tipom elektrane je odbačeno kao nepovoljnije, iz više razloga. Osnovni parametri na kojima se temelji izbor tipa proizvodne grupe (agregata) su ovi:

— *instalirani protok elektrane* $Q_i = 450\ m^3/s$
— *konstruktivni pad* $H_k = 10{,}3\ m$
— *broj agregata* $b = 2$
— *nazivni protok po agregatu* $Q_T = 225\ m^3/s$.

Ove veličine su zadane investicionim programom.

2. Kriteriji za izbor

Na temelju zadanih parametara u obzir dolaze prvenstveno cijevne turbine (vidi sl. 1).

Analiza je pokazala da za navedene prilike dolaze u obzir cijevne Kaplan turbine sa

— nazivnim brojem okretaja $n = 93{,}75\ min^{-1}$
— dijametrom pogonskog kola $D_2 = 5{,}6\ m\ \phi$.

Uz $H_k = 10{,}3\ m$ i $Q_T = 225\ m^3/s$ dobiva se

— nazivna snaga turbine $P = 20{,}5\ MW$
— brzina bijega približno $n_d = 290\ min^{-1}$.

S obzirom da postoji više mogućnosti rješenja, kako u pogledu koncepcije, tako i u pogledu dispozicije i smještaja proizvodnih grupa, donesena je odluka da se ispita mogućnost primjene triju tipova proizvodnih grupa (agregata):

I — agregat u »kruški« (bulb set),
II — agregat u »oknu« i
III — agregat sa »kosom osovinom« (slant unit).

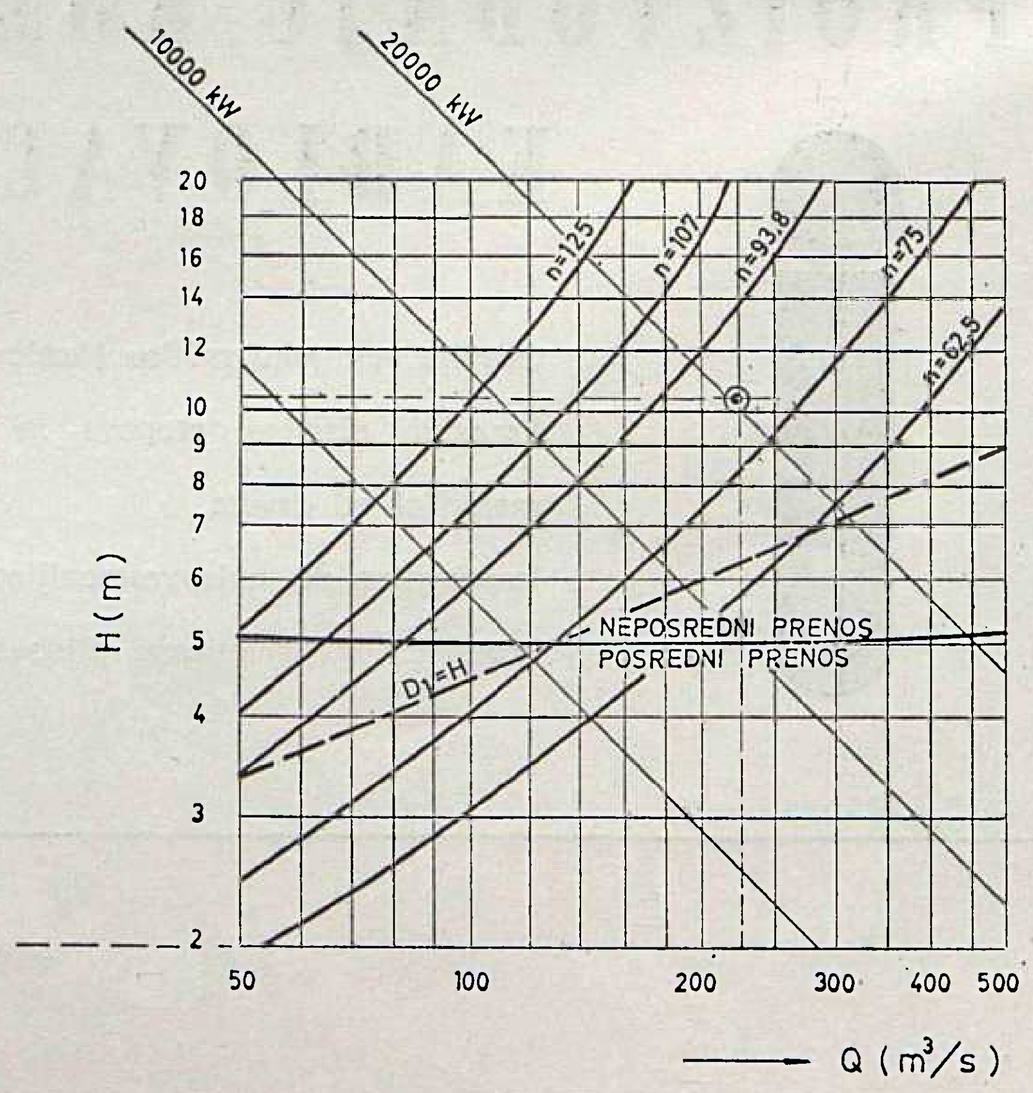
Za ovu analizu ispitivane su mogućnosti nekoliko dispozicionih rješenja glavne i pomoćne opreme, da bi se dobio uvid u realne mogućnosti izvedbe i utjecaj tipa proizvodne grupe na građevinske troškove strojarnice.

Rezultat ovog ispitivanja je dispoziciono rješenje sa kompaktnom, upuštenom strojarnicom, koja na gornjem dijelu završava ravnom plohom, čija je niveleta uvjetovana uspornom kotom gornje vode. Za posluživanje i unutrašnji transport glavne hidromehaničke, elektrostrojarske, i pomoćne opreme predviđena je samo jedna portalna dizalica nosivosti 2 ×100 t, tj. sa dvije kuke po 100 t za poprečnu i uzdužnu vožnju (u odnosu na osi agregata).

Kriteriji prema kojima je proveden izbor tipa proizvodne grupe je slijedeći:

a) eksploatacione krivulje, odnosno stupnjevi korisnosti turbina i generatora,

b) troškovi glavne hidromehaničke, elektrostrojarske, električke i pomoćne opreme strojarnice,



Sl. 1 Područje rada (primjene) cijevnih turbina

c) građevinski troškovi strojarnice,

d) utjecaj tipa proizvodne grupe na dispoziciono rješenje i funkcionalnost strojarnice.

Kod analize su upotrebljene, kako teoretske podloge za izbor osnovnih dimenzija cijevnih Kaplan turbina, tako i konkretne ponude renomiranih domaćih i inozemnih isporučilaca turbina i generatora. Kod izbora osnovnih dimenzija, za kontrolu su iskorištene relacije:

$$L = (4{,}5 - 5{,}0) \cdot D_2 \qquad (1)$$

$$V = D_2 \qquad (2)$$

$$V_{min} = D\,V_{min} - 0{,}4 \qquad (3)$$

gdje je:

D_2 — promjer pogonskog kola (rotora), (m)
L — dužina difuzora (m)
V — dubina ukopa, visinska razlika minimalne kote donje vode DV_{min} i osi agregata (m)
V_{min} — minimalna dubina ukopa koja osigurava još 0,4 m iznad gornjeg ruba difuzora kod minimalne donje vode.

3. Prikaz varijantnih rješenja dispozicije glavne opreme

Za svaki tip proizvodne grupe, nakon provedene analize, usvojeno je jedno dispoziciono rješenje, pri čemu je osobita pažnja posvećena težnji da se ista koncepcija zadrži u sve tri varijante.

3.1. Varijanta I

Ovo je varijanta sa proizvodnim grupama u »kruški«. Oba cijevna agregata smještena su na razmaku osi od 13,0 m. Osovina agregata postavljena je na koti 117,05, jer kota donje vode kod nazivnog protoka jednog agregata od 225,0 m³/s iznosi 122,25 m n. m. Budući da je odabran promjer pogonskog kola D_2 = 5,6 m, dobivene su ove osnovne dimenzije strojarnice:

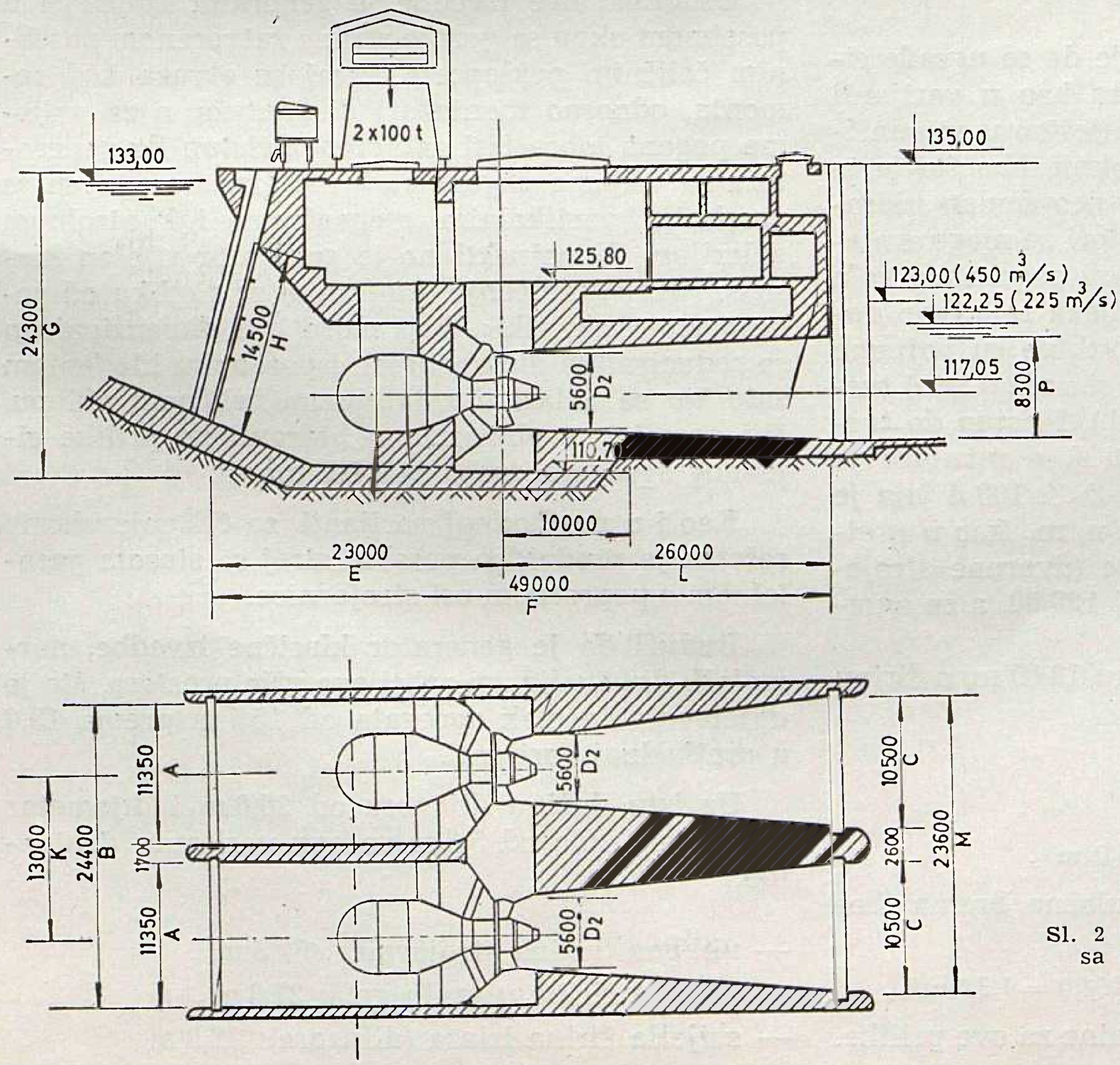
— dužina difuzora: L = 26,0 m
— dužina donjeg dijela strojarnice od osi pogonskog kola do praga ulaznog grla: 23,0 m
— ukupna dužina bloka strojarnice: 49,0 m
— svijetli otvor ulaznog grla: 11,35 m
— svijetla širina ulaznih grla: 24,4 m
— svijetla širina izlaza (difuzora): 23,6 m

Pod strojarnice postavljen je na koti 125,80 a staza dizalice na koti 135,0 m n. m., što je i najviša kota zgrade strojarnice. Ulazna grla su oblikovana prema gabaritu »kruške« agregata.

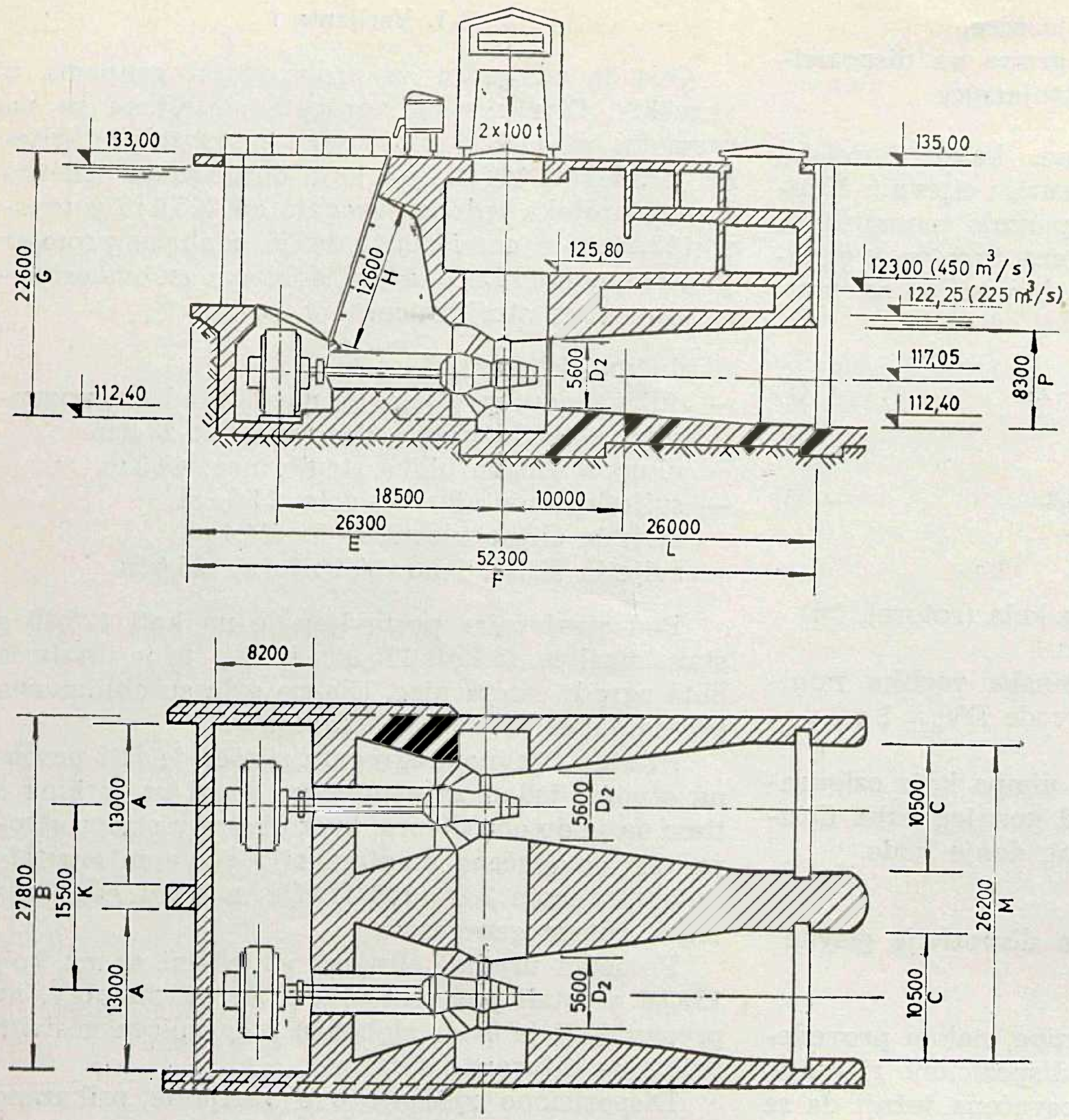
Pristup cijevnom agregatu riješen je sa 2 posebna otvora: jedan za generator, drugi za turbinu s time da je do oba otvora, kroz otvore u stropu strojarnice omogućena manipulacija glavnom montažnom dizalicom 2 × 100 t, čija nosivost odgovara težini rotora generatora.

Pomoćni uređaji strojeva smješteni su na koti 125,80 a ostali pomoćni uređaji iznad difuzora, na prostor koji je inače slobodan a ograničen nosivim zidovima difuzora i dizalice.

Dispoziciono rješenje ove varijante prikazano je u sl. 2.



Sl. 2 Dispoziciono rješenje elektrane sa agregatima u »kruški« (bulb), varijanta I



Sl. 3 Dispoziciono rješenje elektrane sa generatorima u posebnom oknu, varijanta II

3.2. Varijanta II

U ovoj varijanti predviđeno je da se ugrade cijevne turbine istih karakteristika kao u varijanti I, ali sa generatorom koji nije smješten u zajedničkoj »kruški« nego u posebnom oknu, kao što je to prikazano u sl. 3. S obzirom na neophodan hidraulički oblik ulaznog grla, generatori se mogu smjestiti na udaljenosti od 18,5 m od osi pogonskog kola cijevne Kaplan turbine, što zahtijeva relativno dugu osovinu. Dimenzije cijevne turbine su potpuno jednake onima iz varijante I, jer se radi o istoj turbini (D_2 = 5,6 m, L = 26,0 m itd.). Pristup do turbine rješen je kao i u varijanti I, a montaža je omogućena portalnom dizalicom 2 × 100 t čija je staza predviđena na koti 135,0 m n. m., kao u prethodnoj varijanti. Pod strojarnice (dvorane strojeva) također je postavljen na koti 125,80, a os agregata na koti 117,05.

Ulazno grlo ima svijetlu visinu 12,60 m, a širinu 13,0 m tj. ulazni svijetli presjek

$$F_1^{II} = 164{,}0 \text{ m}^2 ,$$

dok je u prethodnoj varijanti

$$F_1^{I} = 14{,}5 \cdot 11{,}35 = 165{,}0 \text{ m}^2 ,$$

tj. gotovo jednako, tako da je ulazna brzina (bez rešetke), u oba slučaja:

$$V_I = V_{II} = Q/F_1^{I} = Q/F_1^{II} = 225{,}0/164{,}0 = 1{,}37 \text{ m/s} ,$$

što je u granicama dozvoljene brzine za ove prilike.

Osobitost ove izvedbe je generator smješten u posebnom oknu sa gornje strane zatvorenom posebnim čeličnim poklopcem. Ovaj se otvara kod remonta, odnosno montaže i demontaže, a za vrijeme pogona mora biti zatvoren. Pristup do generatora za vrijeme pogona radi nadzora, omogućen je posebnim vertikalnim stepenicama i kontrolnom galerijom. Konstruktivno je generator riješen klasično (bez ograničenja dimenzija) za razliku od generatora u »kruški«, koji mora biti dimenzioniran sa reduciranim dimenzijama i posebnim hlađenjem zato što se nalazi u zatvorenom čeličnom oklopu, čiji promjer, s obzirom na hidrauličke prilike cijevnog agregata, treba biti što manji.

Kao i u prethodnoj varijanti, za čišćenje ulazne rešetke je predviđen posebni stroj sa stazom paralelnom s poprečnom osi strojarnice.

Budući da je generator klasične izvedbe, normalnih dimenzija, on zahtijeva više prostora, što je uvjetovalo razmak agregata od 15,5 m prema 13,0 u prethodnoj varijanti.

Uz istu dužinu difuzora od 26,0 m i dijametar pogonskog kola od 5,6 m za ovu varijantu dobivamo:

— ukupna dužina strojarnice: 52,3 m
— svijetla širina ulaznih grla: 27,8 m
— svijetla širina izlaza (difuzora): 26,2 m

Pomoćni uređaji strojeva i ostali pomoćni uređaji elektrane smješteni su iznad difuzora, kao i u prethodnoj varijanti.

3.3. Varijanta III

Ovo je treća, realno moguća izvedba proizvodnih grupa poznata pod nazivom »agregat sa kosom osovinom«, odnosno u anglosaskoj literaturi »slant unit«.

I u ovom slučaju se radi o klasičnoj cijevnoj turbini kao u prethodnim varijantama. Međutim dok su u oba prethodna rješenja osovine agregata u horizontalnom položaju, u ovom slučaju je osovina proizvodne grupe postavljena pod kutem prema horizontali. U našem slučaju odabran je kut od 30°.

Do ovog rješenja došlo je zato da bi se ulazno grlo izvelo sa što povoljnijim hidrauličkim oblikom, a da se pri tome omogući ugradnja klasičnog generatora otvorene izvedbe, bez ograničenja u pogledu vanjskih dimenzija, a prema tome i zamašnih masa (GD^2), što kod agregata u »kruški« nije slučaj. Nadalje se ovim rješenjem generator može postaviti u strojarnicu sa slobodnim pristupom, kao kod klasične elektrane. Osovina turbine prolazi kroz difuzorski plašt i završava kod generatora koji je smješten iznad difuzora. Ovaj pak ima nešto zakrivljeni oblik, kako bi se postigla potrebna usisna visina.

U našem slučaju (vidi sl. 4) uzeta je dužina difuzora kao i u prethodnim varijantama, 26,0 m, a kota poda strojarnice je 123,80 m, dok je visina dvorane strojeva ista kao u varijantama I i II.

Smještaj portalne dizalice je isti kao u prethodnim varijantama i ona poslužuje i turbine i generatore kroz otvore na krovu dvorane strojeva.

Uz istu dužinu difuzora $L = 26{,}0$ m i dijametar pogonskog kola od 5,6 m, za ovu varijantu dobivamo:

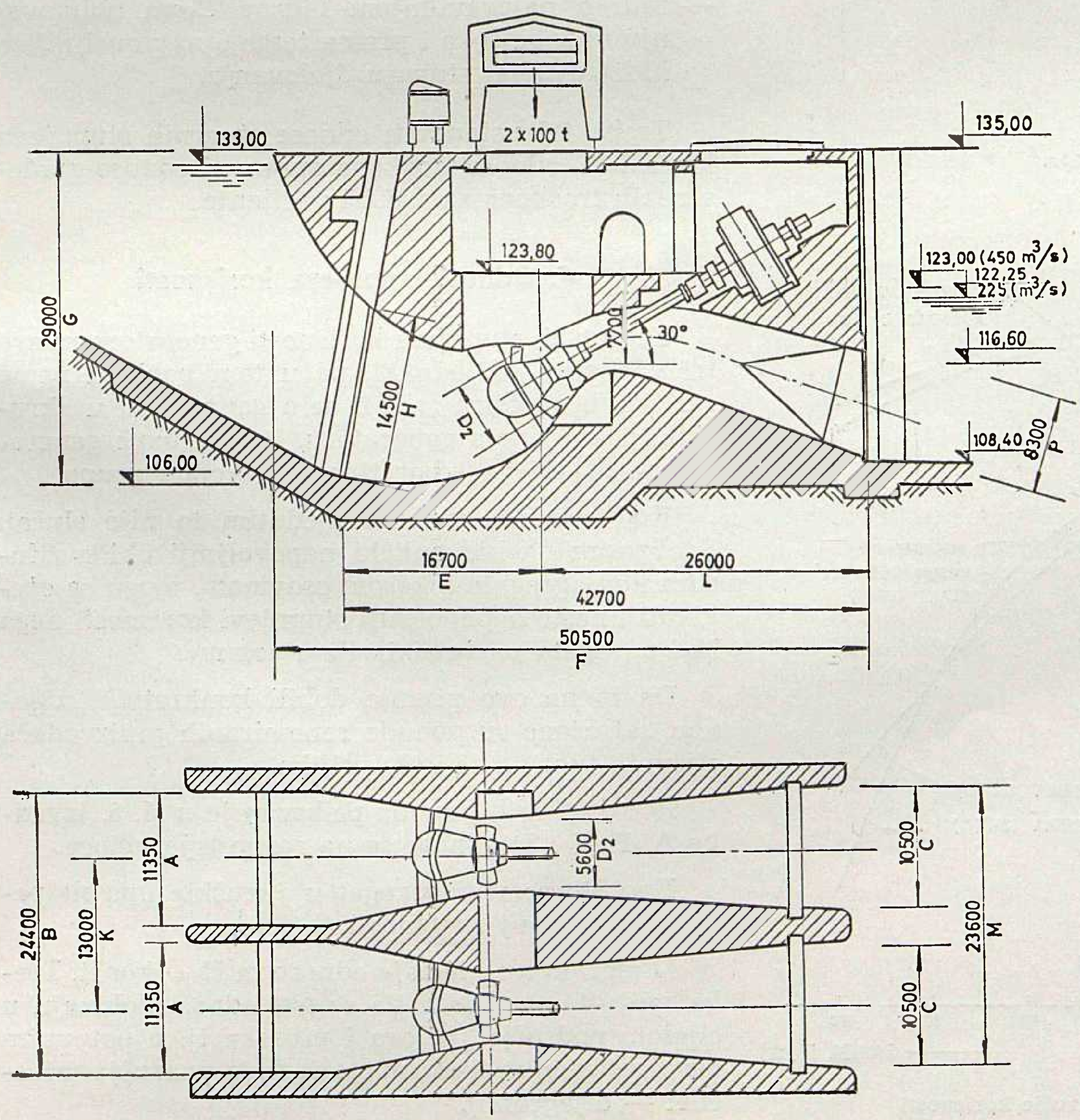
— razmak osi agregata 13,0 m
— dužina donjeg dijela strojarnice od osi pogonskog kola (donji dio) do praga ulaznog grla: 16,7 m
— ukupna dužina bloka strojarnice: 50,5 m, odnosno do praga ulaznog grla: 42,7 m
— svijetli otvor ulaznog grla: 14,5 m
— svijetla širina ulaznih grla: 24,4 m
— svijetla širina izlaza (difuzora): 23,6 m.

Ulazni presjek

$$F_1^{III} = 14{,}5 \cdot 11{,}35 = 165{,}0\ \mathrm{m}^2 = F_1^{I} = F_1^{II}$$

pa je i ulazna brzina

$$v_{III} = 1{,}37\ \mathrm{m/s} = v_{I} = v_{II}\,.$$



Sl. 4 Dispoziciono rješenje elektrane s agregatima s kosom osovinom (»slant unit«)

Pomoćni uređaji strojeva smješteni su u dvorani strojeva a ostali pomoćni uređaji, kao rasklopna postrojenja visokih napona itd., smješteni su na platou (kota 135,0) kraj bloka strojarnice, jer je prostor iznad difuzora zauzet generatorima.

Ovo rješenje s kosom osovinom uvjetovalo je veću dubinu ukopa (vidi sl. 4).

3.4. Usporedba varijantnih rješenja

Usporedba osnovnih dimenzija, gabarita, površina ulaza i izlaza i teoretskih volumena bloka strojarnice dana je u tablici 1, a prikaz prednosti i mana pojedinih varijantnih rješenja, odnosno tipova proizvodnih grupa, u tablici 2. Kao što se razabire svaki tip proizvodne grupe imade određene prednosti i mane.

Treba međutim naglasiti da ipak treba dati prednost rješenju sa agregatom u »kruški«, ako nema izričitog zahtjeva za samostalnim radom na mrežu.

Ovaj tip agregata dozvoljava samostalan rad na mreži sa 30—40 % nazivne snage, što u današnjim mrežama može potpuno zadovoljiti. Ako to uvažimo, onda ovom tipu proizvodnih grupa treba dati prednost, jer se:

— radi o kompaktnoj izvedbi agregata sa direktnom vezom, odnosno spoju turbine i generatora bez međuosovine,

Usporedba osnovnih dimenzija za D_2 = 5,6 m, Q_T = 225,0 m³/s, H_K = 10,3 m

Tablica 1

	Osnovne dimenzije prema sl. 2, 3 i 4	Jedinica mjere (m, m2, m3)	Varijanta I	Varijanta II	Varijanta III
1	*A*	m	11,35	13,00	11,35
2	*K*	m	13,00	15,50	13,00
3	*B*	m	24,40	27,80	24,40
4	*C*	m	10,50	10,50	10,50
5	*M*	m	23,60	26,20	23,60
6	*H*	m	14,50	12,60	14,50
7	*E*	m	23,00	26,30	16,70
8	*L*	m	26,00	26,00	26,00
9	*F*	m	49,00	52,30	50,50
10	*G*	m	24,30	22,60	29,00
11	*P*	m	8,30	8,30	8,30
12	$F_1 = A \cdot H$	m²	165,00	164,00	165,00
13	$F_2 = C \cdot P$	m²	87,00	87,00	87,00
14	$V = F \cdot B \cdot G$	m³	29.200,00	32.900,00	36.000,00

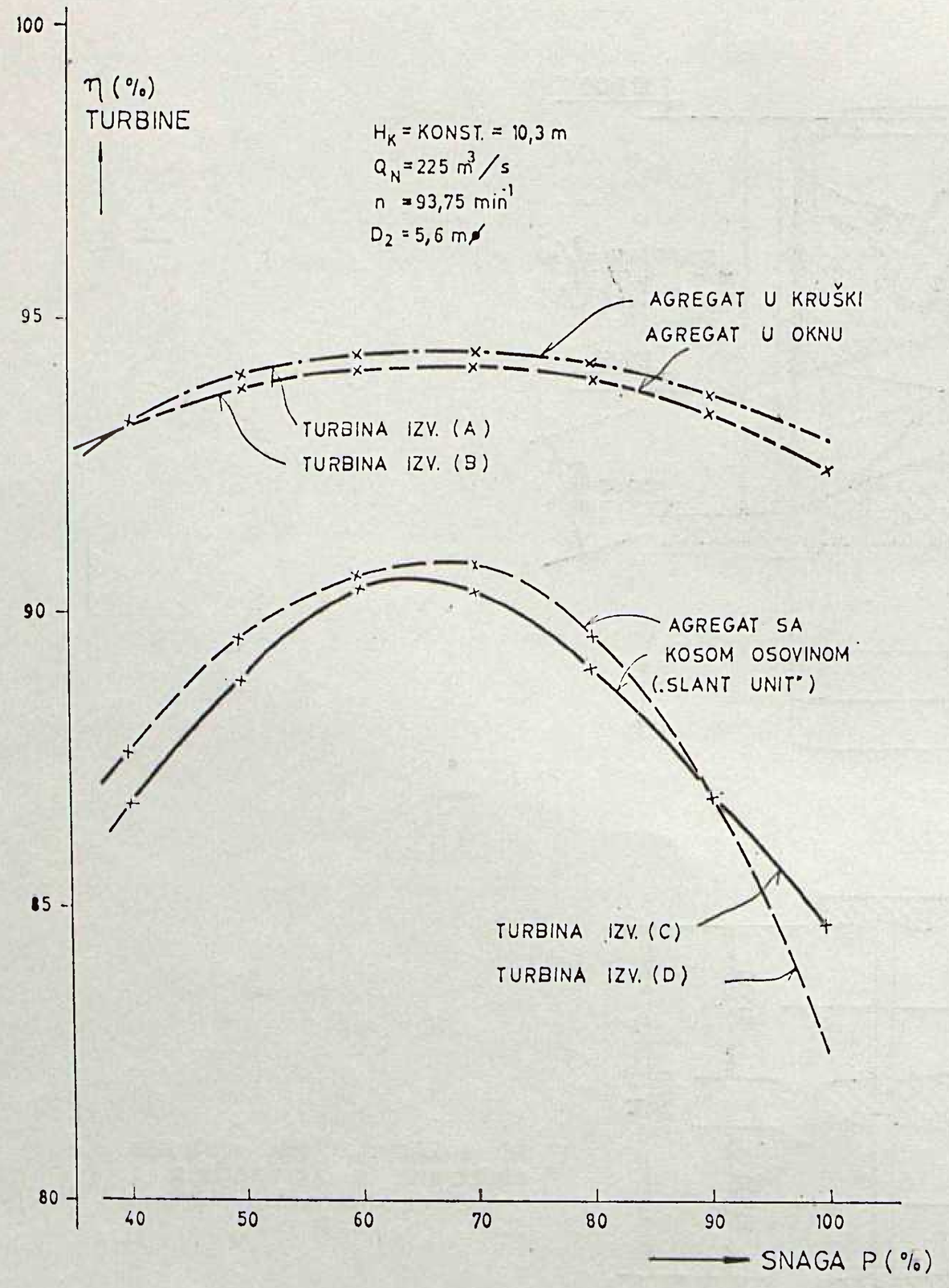
F_1 — svijetla površina ulaznog grla
F_2 — svijetla površina izlaza difuzora
V — teoretski volumen bloka strojarnice
A do P — osnovne dimenzije prema dispozicionim skicama, sl. 2, 3 i 4.

— može konstatirati da je problem hlađenja generatora u kruški riješen.

— predviđenim dispozacionim rješenjem omogućava direktni pristup a prema tome i lakšu montažu posebno turbine, a posebno generatora

— radi o najpravilnijem hidrauličkom oblikovanju vodnog toka i prema tome o najpovoljnijem hidrauličkom stupnju djelovanja.

Treba još ustanoviti odnose stvarnih stupnjeva korisnosti, odnose troškova opreme i odnose građevinskih troškova za sve tri varijante.



Sl. 5 Komparativne krivulje korisnosti

4. Odnosi stupnjeva korisnosti

Teoretski, stupnjevi korisnosti generatora za sve tri varijante su jednaki, pa u tom pogledu nema razlika, bez obzira radi li se o generatoru u »kruški« ili klasičnom generatoru. Prema tome generator ne utječe na izbor tipa proizvodne grupe.

Kod cijevnih turbina međutim to nije slučaj. S obzirom na hidraulički nepovoljniji oblik difuzora kod agregata s kosom osovinom, mogu se očekivati i nešto nepovoljniji stupnjevi korisnosti nego kod agregata u »kruški« ili u »oknu«.

Da bi na ovo pitanje dobili konkretniji odgovor, zatražene su ponude renomiranih proizvođača cijevnih turbina za naše prilike.

Rezultat ovih ponuda prikazan je u sl. 5. Izvedbe A, B, C i D odnose se na razne isporučioce.

Kao što se vidi agregat u »kruški« ima najpovoljniji stupanj korisnosti.

Dijagram u sl. 5. daje odnose za H = konst. Treba međutim naglasiti da se isti odnosi dobivaju u cijelom području padova i protoka tj. u potpunim eksploatacionim krivuljama radnog područja (Muschel — dijagrami).

Usporedba prednosti i mana varijantnih rješenja proizvodnih grupa Tablica 2

Varijanta rješenja	Prednosti	Mane
Varijanta I	— Relativno jednostavni građevinski radovi — Ulaz i izlaz vode u pravcu bez skretanja — Kompaktna izvedba agregata s najkraćom osovinom — Najpovoljniji korisni stupanj djelovanja turbine	— Promjer generatora ograničen dimenzijama kruške — Nije moguće postići potrebni zamašni moment GD^2 za samostalni rad na mreži — Nešto kompliciranija montaža — Rošenje generatora i kompliciranije hlađenje
Varijanta II	— Generator nije ograničen vanjskim dimenzijama — Moguća izvedba zamašnog momenta GD^2 za uvjet samostalnog rada na mrežu punim teretom — Generator potpuno pristupačan — Dobar stupanj djelovanja turbine	— Generator je u oknu, ispod vode što zahtijeva komplicirani sistem brtvljenja pokrovne ploče — Duga spojna osovina generatora i turbine, što zahtijeva jedan vodeći ležaj više nego u Var. I. — Zbog generatora potreban veći prostor i veći razmak osovina agregata i veće građevinske troškove
Varijanta III	— Klasičan generator sa mogućnosti izvedbe za poželjni moment GD^2 — Generator je u suhoj strojarnici, pristupačan, kontrola laka — Dio dvorane strojeva sa gneratorima klasičan, povoljan za pogon i održavanje	— Duga kosa osovina za prijenos snage — Kompliciraniji aksijalni ležaj — Potrebna dogradnja za pomoćne prostorije — Dublji iskop zbog položaja pogonskog kola turbine — Viši građevinski troškovi — Kompliciraniji difuzor — Lošiji stupanj djelovanja agregata

5. Odnosi troškova opreme i građevinskih troškova

Na temelju proizvodnih analiza i ponuda dobivenih od proizvođača opreme, a uz iste jedinične cijene dobiveni su odnosi struktura troškova opreme (tablica 3).

Kao što se vidi iz tablice 3. i sl. 6. glavni dio troškova opreme čine proizvodne grupe.

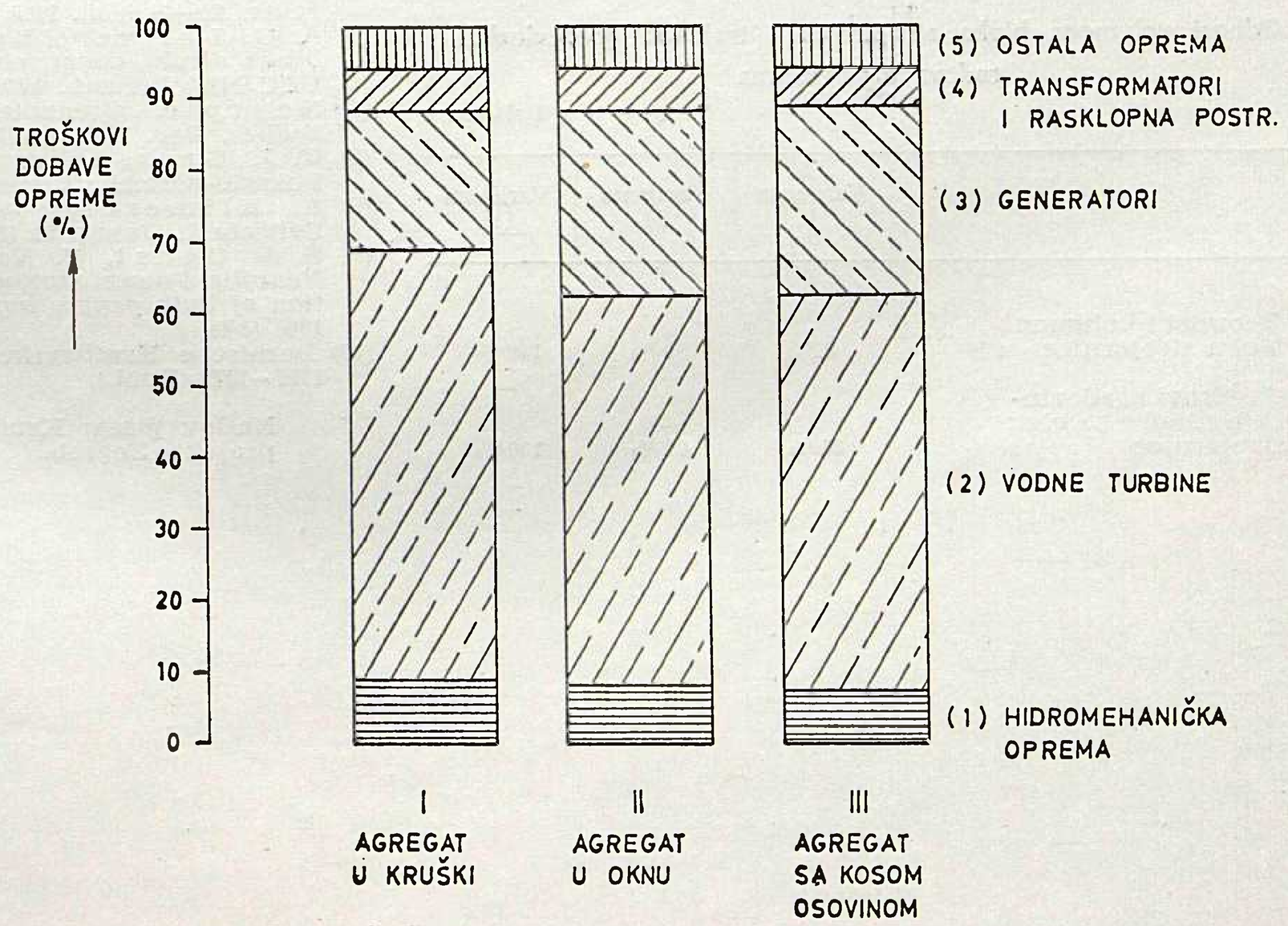
Radi što realnije slike, odnosno uvida u troškove dobave opreme, uspoređene su težine i cijene ponudilaca opreme (prvenstveno proizvodnih grupa), koji su prema svojim mogućnostima odnosno tehničkim koncepcijama, ponudili opremu, s našom ocjenom težina i cijena.

Budući da su neki ponudioci nudili npr. cijevnu turbinu sa $D_2 = 5{,}7\ m\phi$ a neki sa $5{,}6\ m\phi$, trebalo je sve ponude svesti na iste parametre.

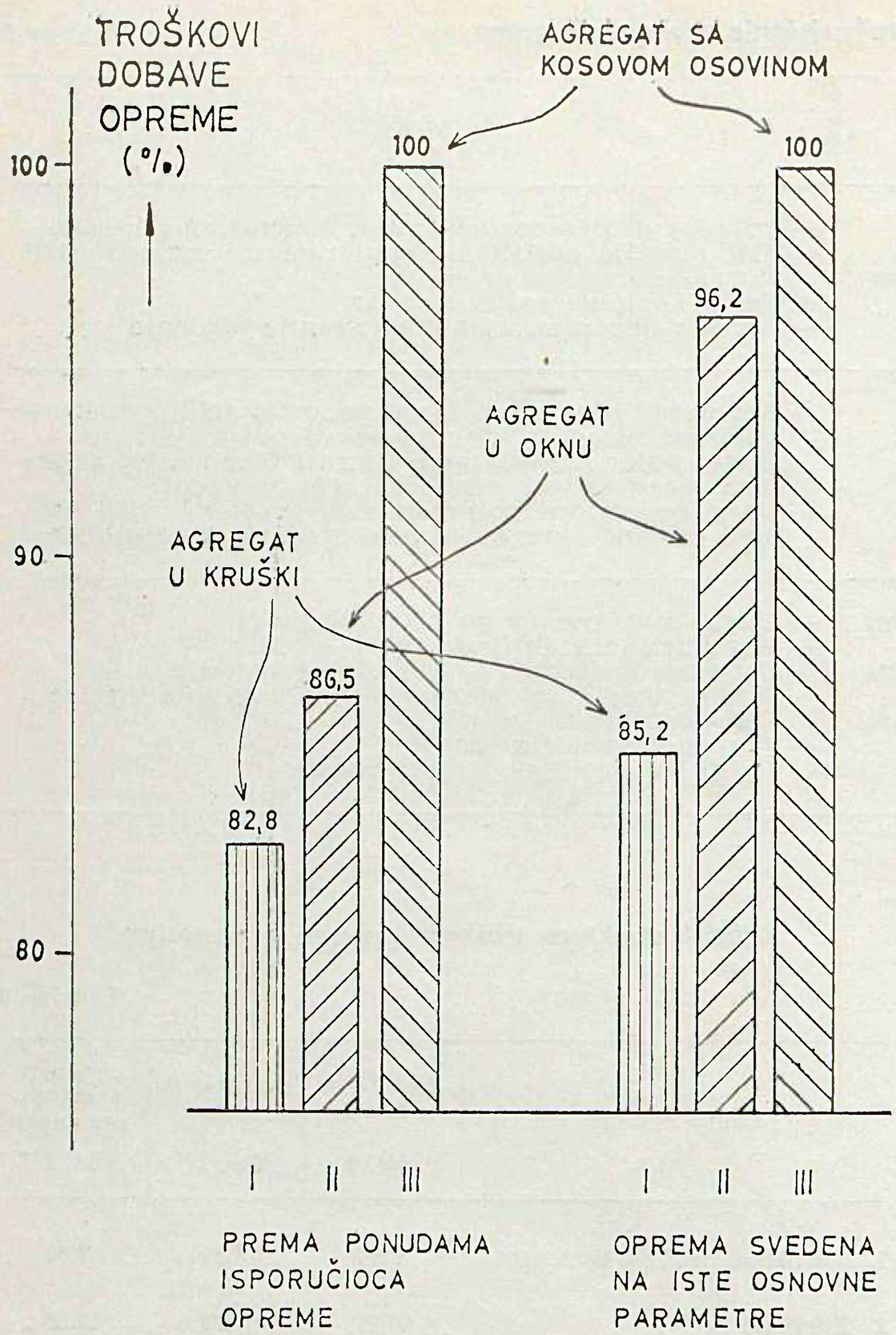
Odnosi strukture troškova opreme u postocima

Tablica 3

Grupa opreme	Agregat u u kruški Var. I	Agregat u oknu Var. II	Agregat s kosom osovinom Var. III
1. Hidromehanička oprema	9,00	8,30	7,80
2. Turbine	60,00	54,20	54,80
3. Generatori	18,60	25,80	26,50
4. Transformatori i rasklopna postrojenja	6,00	5,70	5,10
5. Ostala oprema	6,40	6,00	5,80
Ukupno (%)	100,00	100,00	100,00



Sl. 6. Struktura troškova opreme



Sl. 7. Troškovi dobave opreme prema ponudama isporučioca i prema ocjeni (oprema svedena na iste parametre)

Rezultat ove analize prikazan je u sl. 7.

Kao što se iz ove usporedbe vidi, za agregat u »kruški« dobiveni su najniži troškovi dobave, pa je varijanta I s tog stanovišta najpovoljnija.

Odnosi volumena bloka strojarnice i troškova građevinskih radova u postocima

Tablica 4

	Varijanta I	Varijanta II	Varijanta III
1. Teoretski volumen bloka strojarnice	82%	92 %	100 %
2. Troškovi građevinskih radova za blok strojarnice	84 %	88 %	100 %

Analiza građevinskih troškova napravljena je na osnovi volumena iskopa i volumena betona, radi ocjene grubih građevinskih radova, ne ulazeći u detalje koji nisu bitni.

Rezultat ove analize prikazan je u tablici 4. računajući s današnjim cijenama iskopa i betona.
Iz tablice 4. slijedi da je varijanta I, agregat u »kruški«, i u pogledu građevinskih troškova najpovoljniji.

6. Zaključak

Na temelju provedene analize može se zaključiti da je rješenje tipa proizvodne grupe u varijanti I, tj. izvedba u »kruški« najpovoljnije iz ovih razloga:

(1) Imade najpovoljnije stupnjeve korisnosti,

(2) Troškovi opreme su najniži,

(3) Građevinski troškovi su najniži,

(4) Proizvodna grupa, turbina i generator mogu se izvesti u kompaktnoj cjelini, praktički bez međuosovine, što konstruktivno i funkcionalno predstavlja najbolje rješenje.

Budući da se u suvremenim mrežama, za agregate ovih veličina, ne traži samostalan rad na mrežu sa punim teretom, to ova jedina mana izvedbe agregata u »kruški« nije bitna.

Zbog ovih razloga donesena je odluka da se u budućoj hidroelektrani Podsused ugrade proizvodne grupe prema varijanti I, tj, izvedba u »kruški«.

Literatura:

(1) D. Vischer, *»Das Aarekraftwerk Flumenthal«*, Die Wasserwirtschaft 2 (1969)
(2) C. L. Bategay, H. C. v. Widdern, *»Rohrturbinen«*, Escher Wyss Mitteilungen, Nr. 3/1962
(3) J. Raabe, *»Neukonstruktionen von Kaplan — und Rohrturbinen«*, Energie und Technik 1961, H. 7
(4) A. V. Shannon, C. N. Fogg, *»The advantages of inclined axis hydroelectric units«*, VII World Power Conference, 20—24 Aug. 1968, Moskva
(5) A. G. Lalive d'Epinay, *»Die ersten durch Rohrturbinen direkt angetriebenen Generatoren in der Schweiz«*, BBC Mitteilungen, 1970, Bd. 57, S. 177
(6) Neyrpic, Grenoble, *»Turbine axiales pour groupes Bulbe«*, Dec. 1969, publ. No. 1297
(7) K. J. Grossheiman, *»Kraftwerksbau an der Mosel«*, Energie-wirtschaftliche Tagesfragen, 11. Jarhg. 1961
(8) A. Klimesch, *»Traunkraftwerk Gmunden«*, Elin-Zeitschrift, Jahrg. 21 (1969), H. 3/4
(9) P. de Genst, Y. Van Pachterbeke, *»The Ampin-Neuville Power Station-An example of economic application of bulb generating sets for low-heads«*, ACEC Review, 1966 (3/4)
(10) Bernische Kraftwerke AG, *Kraftwerk Bannwill, Bauzeit* 1966—1970 (Publ.).

Naslov pisca: Krunoslav Begović, dipl. ing. »Elektroprojekt« Zagreb.

RAZVOJ PARAMETARA PODRUČNE MREŽE 35 kV DALMACIJE

Šimun Šimundža, Split

Obrađen je razvoj mreže 35 kV u Dalmaciji od početka elektrifikacije do danas. Dani su tehnički i ekonomski pokazatelji razvoja mreže, a istaknut je i perspektivni razvoj prema zahtjevima potrošača za sigurnijom i kvalitetnijom opskrbom.

621.316.1

1. Uvod

Područna mreža 35 kV Dalmacije u novim uvjetima povećanog razvoja opterećenja i potrošnje električne energije, zahtijeva novi pristup rješavanju ove mreže.

Dosadašnje koncepcije planiranja treba mijenjati prvenstveno u načinu napajanja, specifičnim opterećenjima, kao i izboru parametara. To je potrebno zato, što su ove mreže građene u razdoblju od 1950—1960. god., kada su jedinična opterećenja kao i ostali kriteriji bili drugačiji od današnjih.

Kako je i u gradskim mrežama našeg područja zbog porasta jediničnih opterećenja i načina korištenja energije, došlo do povećanja parametara mreže 35 kV, tako i u područnim mrežama treba mijenjati parametre i prilagođavati ih novim uvjetima.

Ovaj prikaz predstavlja samo osnovni pregled razvoja ovih mreža s napomenom, da je kod konkretnih rješenja treba izvršiti posebne analize i proračune perspektivnih mreža, vodeći računa o tehničkim, ekonomskim i ostalim uvjetima koji diktiraju njihov razvoj.

2. Dosadašnji razvoj mreže i njezinih parametara

Razvoj elektrifikacije pojedinih područja i mjesta u Dalmaciji, odvijao se u nekoliko etapa. Početna elektrifikacija započela je u većem mjestu a elektrifikacija ostalih naselja toga područja razvijala se postepeno, što je i uvjetovalo razvoj mreže. Osnovne etape razvoja mreže i elektrifikacije su:

1) Elektrifikacija s malim dizel agregatima, karakteristična za početnu elektrifikaciju u razdoblju do 1950. god.

2) Izgradnja mreže 10 kV a ponegdje 30 kV, koja je privremeno radila sa 10 kV. Ona je radi povećane potrošnje zamijenila skupu proizvodnju dizel elektrana. Pojava karakteristična za razdoblje između 1950—1960. god.

3) Poslije 1960. karakteristična je izgradnja mreže 30 kV i transformatorskih stanica 30/10 kV.

4) U ovoj fazi provedena je skoro potpuna elektrifikacija područja, prijelaz cijele mreže na standardni napon 35 kV, i potpuno, ili skoro potpuno, iskorištena transformacija 35/10 kV, koja u pravilu iznosi 2 × 4 MVA. Danas se uglavnom sve mreže nalaze u ovim uvjetima.

Prikažemo li dosadašnji razvoj površinske specifične gustoće opterećenja S (kVA/km²) za pojedina područja u razdoblju 1963—1969., dobivamo tablicu:

Tablica 1

Područje	Površinska gustoća opterećenja [kVA/km²]						
	1963.	1954.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.
Makarska	8,5	13,6	14,2	17,6	20,4	23,1	27,8
Metković	3,8	4,7	5,9	6,5	7,0	8,9	11,2
Omiš	11,8	12,8	12,8	14,8	17,8	17,8	18,2
Trogir	7,4	8,2	8,7	9,8	10,8	12,4	15,0
Imotski	2,2	3,0	3,4	4,5	4,8	5,1	7,2
Sinj	2,9	3,2	3,7	3,8	4,0	4,1	5,4
Hvar	4,2	4,5	5,1	6,4	6,4	7,4	8,4
Brač	6,8	7,3	7,3	7,3	9,3	10,4	10,9
Vis	—	—	8,9	10,0	12,0	13,0	14,0

Kako se vidi iz tablice, promjena površinske gustoće opterećenja kretala se od dva do 30 kVA/km², što je za kratko razdoblje od 7 godina velika promjena.

Iz tablice se vidi, da postoje velike razlike među nekim područjima. Tako je za turistička mjesta obalnog područja značajan porast zabilježen na području Makarske, a nešto niže u Trogiru. Područja zagorskog dijela (Sinj—Imotski), imaju znatno manji porast, a i specifična opterećenja. Za područja otoka (Brač—Hvar—Vis—Šolta), karakterističan je slab porast opterećenja uvjetovan u nesigurišću nabave električne energije i upotrebom plina, kao prikladnijim izvorom energije.

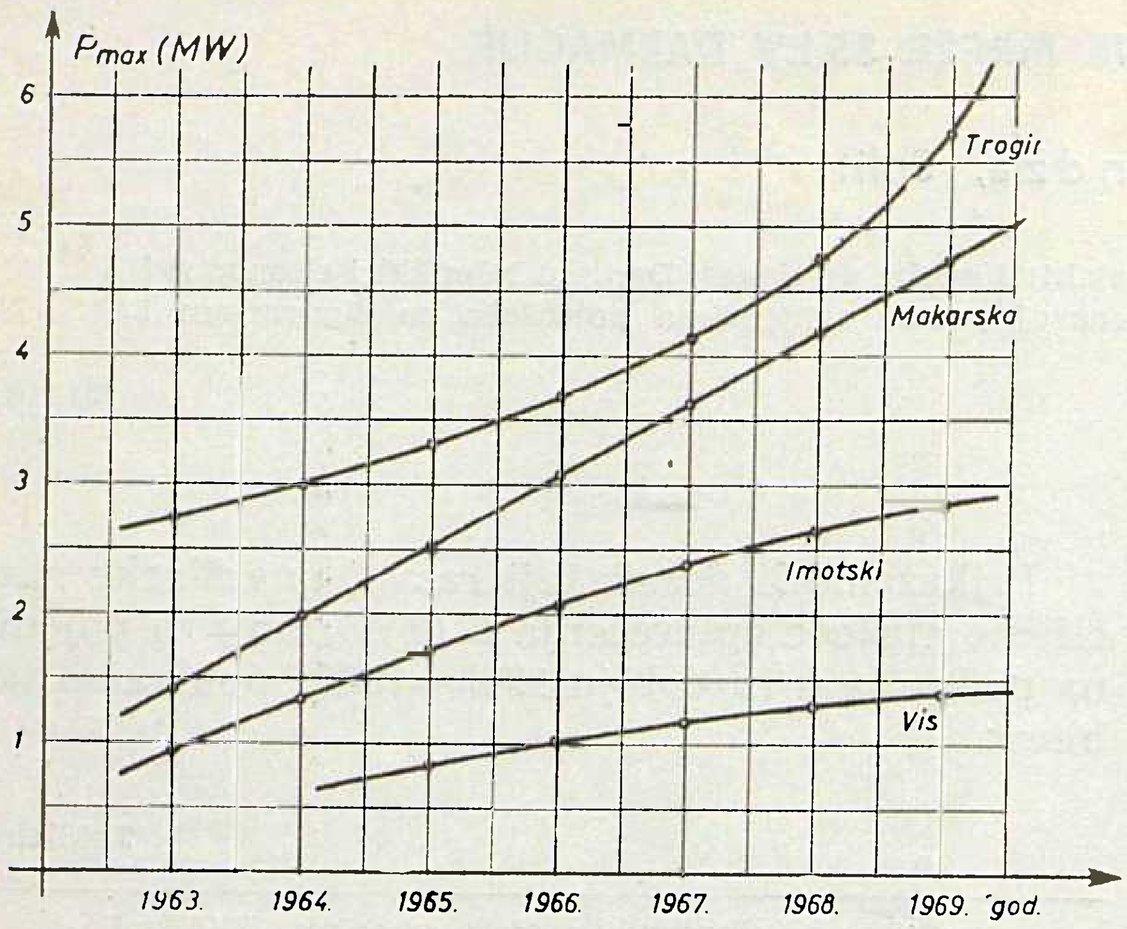
U ovom prikazu veličina »S« površinskog opterećenja je djelomično tačno prikazana. Naime, na nekom području konstantne površine F, porast opterećenja je uvjetovan:

— Porastom opterećenja već postojećih potrošača (P_{post}) i
— Pojavom novih potrošača uslijed nove elektrifikacije (P_{nov}).

Prema tome je ukupno maksimalno opterećenje u jednoj godini jednako:

$$P_{max} = P_{post} + P_{nov}$$

Ovo, novo, opterećenje se pojavljuje na istoj površini F. Prema tome, u početnim godinama elektrifikacije, površina elektrificiranog područja je manja, a tadašnja opterećenja su se odnosila samo na tu površinu, dok je u kasnijim godinama ovaj prikaz točniji.



Sl. 1 Razvoj maksimalnog opterećenja pojedinih područja Dalmacije

Radi boljeg uvida, u dijagramu sl. 1 za ista je područja dan i razvoj maksimalnog opterećenja za isto vremensko razdoblje.

Prikažemo li današnje parametre mreže 35 kV dobivamo ovu tablicu:

Tablica 2

Parametar mreže	Manja područja	Veća područja
1. Broj i snaga transfor. 35/10 kV	1 × 2,5 MVA	2 × 4 MVA
2. Presjek vodova 35 kV i način veza	25—50 mm² Cu (radijalno)	do 70 mm² Cu (radijalno)

U manjim područjima, su transformatorske stanice bile opremljene jednim transformatorom.

Za veća područja gdje postoji nešto veća rezerva u transformaciji, predviđaju se dva transformatora.

Sistem vodova 35 kV je uglavnom radijalan, osim za neka područja, gdje postoje mogućnosti dvostrukog napajanja. Manja rezerva postoji i u mreži 10 kV, ali se obično malo upotrebljava zbog duljine mreže. Obično se ovo odnosi na 10 kV vodove koji su veza između dvije transformatorske stanice 35/10 kV.

U posljednjoj, današnjoj etapi, postavlja se osnovno pitanje, kako treba na nekom opskrbnom području postupiti u odnosu na povećane zahtjeve potrošnje, opterećenja i rezerve, i s kakvim parametrima i kriterijima rješavati i graditi perspektivnu mrežu. Treba vidjeti da li se mreža može riješiti sa dosadašnjim parametrima i zahtjevima ili ih treba mijenjati.

3. Osnovni kriteriji za rješavanje perspektivnih mreža

Osnovni kriteriji u načinu napajanja električne mreže:

1. Zadovoljiti uvjetima sadašnjih i perspektivnih opterećenja, a posebno novoj gustoći površinskih specifičnih opterećenja.

2. Rješenje priključnih vodova 35 kV treba da bude takvo da se omogući učvorenje mreža i njihovo povezivanje na mrežu 110 kV.

3. Izbor konačnih snaga transformatora treba biti takav, da omogući postepenu zamjenu manjih transformatora u većem vremenskom razdoblju. Najviše zbog etapnog razvoja opterećenja, tako da se u cijelom vremenskom intervalu mogu u svakom momentu zamijeniti i ugraditi transformatori od manjih do konačnih snaga.

4. Izbor rezervi u vodovima i broj transformatora treba da bude takav, da veze budu dvostrane, a broj i snaga transformatora odabrani tako, da se kod ispada jedne jedinice (transformatora) može konzumu osigurati najmanje 50 % potrebne snage, što trebaju pokriti preostali transformatori.

Rezerva u vodovima treba biti takva, da omogući prebacivanje opterećenja s jednog voda na drugi. U nekim slučajevima i 10 kV mreža može poslužiti kao drugi rezervni vod. Svi ovi kriteriji su nužni kod rješavanja i izvedbe ovih mreža.

Osnovni je uvjet, ako je P_{max} — maksimalno opterećenje u »n«-toj godini, a instalirana snaga ukupne transformacije jednaka P_i, da bude:

$$P_i \geqq P_{max}$$

Prethodni uvjet treba biti zadovoljen u svakoj godini, a posebno konačna instalirana snaga treba biti jednaka, odnosno veća od maksimalnog opterećenja.

Ako usvojimo prije iznijete uvjete rezerve, dobivamo da treba biti:

$$(n - 1)\, Pi_1 \geqq 0.5\, P_{max}$$

gdje je n — broj transformatora, a

P_{i1} — snaga jednog transformatora.

To znači, da preostala instalirana snaga ukupne transformacije mora u slučaju ispada jedne jedinice pokriti 50 % opterećenja, zbog toga, što se pretpostavlja da će doći do brze zamjene oštećene jedinice.

Međutim bilo bi povoljnije da je

$$(n - 1)\, Pi_1 \geqq k \cdot P_{max}$$

gdje je:

$$k = 1{,}0 - 1{,}2 \text{ (a čak i } 1{,}5).$$

Ovaj je kriterij stroži i osigurao bi rezervu i kod ispada dviju jedinica, ali bi izazvao i veće investicije u izgradnji transformatorskih stanica, odnosno cjelokupne mreže. To je u današnjim uvjetima još teško ostvariti. Kod mreže 110 kV se predviđa, da kod ispada jednog transformatora preostali treba pokriti maksimalno opterećenje. Tada je $k = 1$, što znači da bi uvjeti u mreži 35 kV trebali biti blaži, što se i predviđa.

Osim toga, statističke analize učestalosti kvara na električnim postrojenjima pokazuju, da je vjerojatnost kvara na vodovima u odnosu na transformatore 12 puta veća, tj.

$$V_T = \frac{1}{12} V_{DV}$$

gdje je V_T — vjerojatnost nastanka kvara na transformatoru 35/10 kV, a

V_{DV} na dalekovodu 35 kV.

S druge strane, broj rezervnih jedinica, kao i njihova brza zamjena idu u prilog tome, da u pogonu nije potrebna velika rezerva u transformaciji.

Međutim, odnos broja kvarova ukazuje da se dalekovodima treba prići sasvim drugačije.

Osnovni je zahtjev, da presjek dalekovoda bude odabran tako, da udovolji uvjetima opterećenja u »n«-toj godini, i zadovolji mogućnost rezervnog napajanja. Sistem raspleta mreže 35 kV treba uskladiti s razvojem mreže 110 kV, da bi se omogućilo povezivanje ovih mreža.

Na navedene kriterije znatan utjecaj imaju i drugi uvjeti, ekonomski i etapni, koji mogu znatno utjecati na postavljene zahtjeve.

4. Izbor osnovnih parametara perspektivne mreže 35 kV

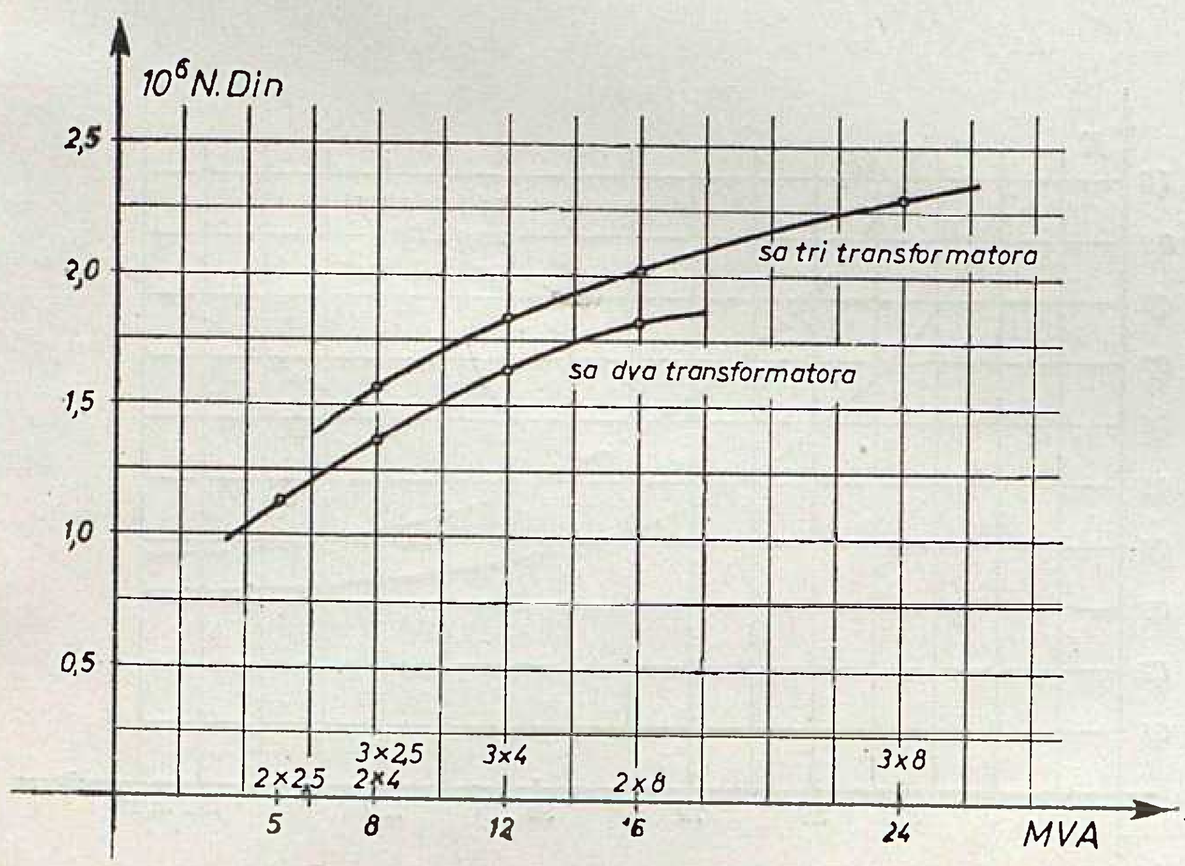
Ovdje se razmatra izbor presjeka vodiča i snage transformatorskih stanica, uključujući i broj transformatora.

Na opskrbnom području neke transformatorske stanice 35/10 kV, dolazi u određenom razdoblju do promjene površinske gustoće opterećenja, pa u jednom momentu dolazi do potpunog iskorištenja postojeće transformacije. Potrebna ukupna snaga P transformatorske stanice za određeno opskrbno područje površinske gustoće S je jednaka:

$$P = C \cdot \sqrt[3]{S},$$

Gdje je pored P (kVA) i S (kVA/km²) faktor C koji ovisi o obliku napajanja površine, godišnjim i početnim troškovima 35 i 10 kV mreže, cijeni energije i njezinih gubitaka, kao i veličini faktora rezerve za razne naponske nivoe.

Izvršene analize pokazuju, da se veličina ovog faktora kreće za područne mreže od (2,5 — 6,5) × × 10^3, dok za gradske mreže njegova veličina danas iznosi (1,2 — 1,8) × 10^3.



Sl. 2 Troškovi izgradnje transformatorskih stanica

S promjenom gornjih veličina, dolazi i do promjene ovog faktora.

Razmatramo li neko opskrbno područje, vidimo da na njegovoj površini F u određenom razdoblju može doći do promjene, odnosno povećanja opterećenja P, na iznos $P' = P + \Delta P$. Tada je nova površinska gustoća opterećenja jednaka:

$$S' = \frac{P + \Delta P}{F} = \frac{P'}{F}$$

Ovoj bi gustoći trebalo odrediti veću instaliranu snagu transformacije, odnosno izgraditi nova postrojenja.

Dakle, problem povećanja opterećenja na području iste površine (za isto opskrbno područje), može se riješiti na slijedeći način:

a) izgradnjom novih susjednih postrojenja
b) povećanjem instalirane snage postojećih postrojenja.

Prema a) dolazi do izgradnje susjednih postrojenja, a time i do smanjenja površine opskrbnog područja i njegovog opterećenja, pa vrijedi izraz za promjenu gustoće:

$$S = \frac{P - \Delta P}{E - \Delta F}$$

Ovisno o iznosu $\Delta P/\Delta F$, može doći i do većeg smanjenja površinske gustoće opterećenja. To u praksi znači, da se postojeća transformacija oslobađa izgradnjom susjednih postrojenja, pa još za određeno vrijeme može biti dovoljna za pokrivanje opterećenja, a eventualno omogućiti i porast novog opterećenja na svom smanjenom, opskrbnom području.

Kod slučaja b) na opskrbnom području nepromijenjene površine treba povećati snagu transformacije zbog porasta opterećenja, odnosno površinske gustoće opterećenja. Ovdje se s jednom te istom transformacijom (samo veće snage) rješava problem porasta.

Prema relaciji za snagu transformatora:

$$P = C \sqrt[3]{S}$$

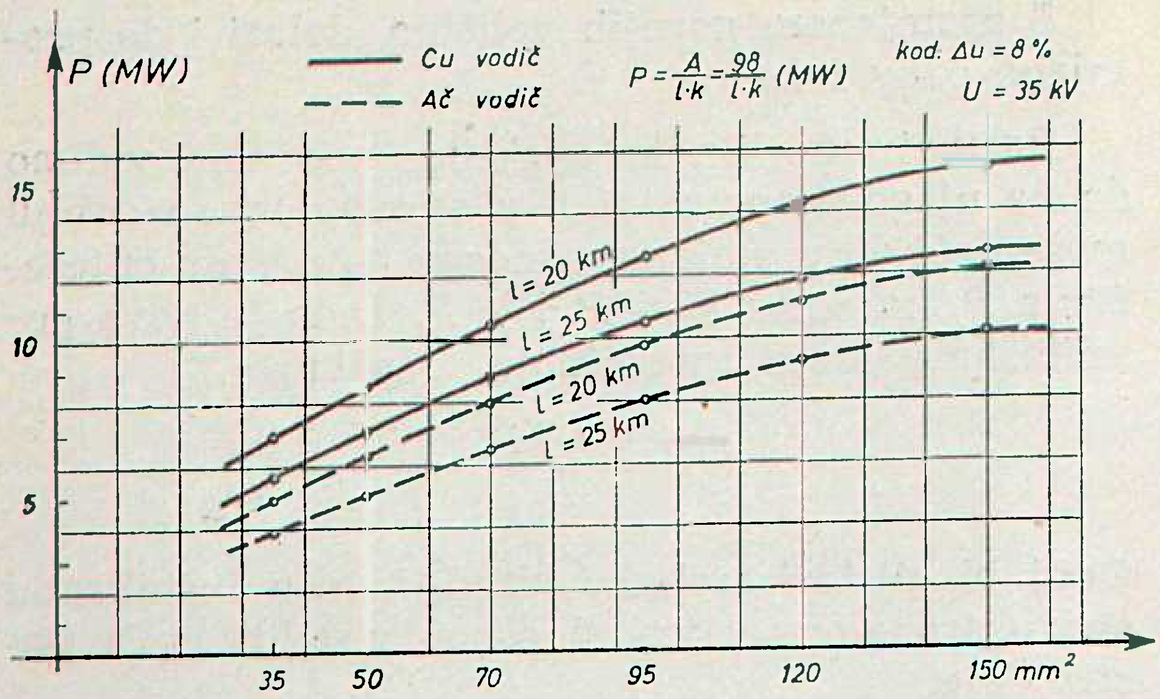
uz pretpostavljene gustoće 30—50 kVA/km², kakve se mogu očekivati, dobijamo da je snaga jednaka:

$$P = 5 \cdot \sqrt[3]{30} = 15{,}6 = 16 \text{ MVA}$$

To znači, da bi uz pretpostavljena specifična opterećenja, snage transformacije bile reda 16 MVA do 20 MVA, što se može ostvariti npr. transformatorima 2 × 8 MVA.

Ovi odnosi pokazuju, da je nova snaga transformatora za područne transformatorske stanice 8 MVA, dok je dosad odabirana jedinica od 2,5 odnosno 4 MVA premalena.

Kod izgradnje novih postrojenja treba predvidjeti, da se u transformatorske stanice mogu ugrađivati i veće jedinice od 4 MVA (npr. 6,5 ili 8 MVA).



Sl. 3 Ovisnost prijenosa 35 kV voda za razne presjeke uz faktor snage 0,9

Osim toga u postojećim transformatorskim stanicama, većim ili manjim rekonstrukcijama, može se omogućiti ugradnja većih jedinica. Tome u prilog idu i smanjene dimenzije jedinica od 8 MVA u odnosu na ranije izvedbe. Ne isključuje se da se i dalje kod izgradnje novih objekata, ako je to moguće ugrade jedinice od 2,5 i 4 MVA kao početne, ali postrojenja treba obavezno predvidjeti za veće snage.

Snage transformatora koje bi mogle doći u obzir ako se ugrađuju dva transformatora:

$$2 \times 4 \text{ MVA}; \quad 2 \times 6{,}5 \text{ MVA} \quad \text{i} \quad 2 \times 8 \text{ MVA}$$

a sa tri transformatora:

$$3 \times 4 \text{ MVA}; \quad 3 \times 6{,}5 \text{ MVA} \quad \text{i} \quad 3 \times 8 \text{ MVA}$$

Jedinica od 6,5 MVA se rjeđe upotrebljava, jer je jedinica od 8 MVA prihvatljivija. U dijagramu sl. 2 je pregled troškova transformatorskih stanica s kombinacijama transformatora predloženih snaga. Iz pregleda se vidi, da su troškovi sa tri transformatora veći od ostalih kombinacija jednakih snaga, pa se ova varijanta zbog ekonomskih, a i pogonskih razloga ne preporuča. Osim toga, eventualna rezerva u trećem transformatoru, predstavlja samo nepotrebno povećanje troškova, jer se obično oštećeni transformator može lako i brzo zamijeniti.

Iz ovoga se vidi, da nova opterećenja traže nove i veće snage transformatora. Dosadašnja iskustva su pokazala i to, da su odabrane transformacije bile potpuno iskorištene mnogo prije nego što se predviđalo.

Pri izboru presjeka vodova 35 kV možemo se služiti slijedećim izrazom

$$P = \frac{A}{l \cdot k} \text{ (MV)}$$

gdje su:

- k — konstante voda (ovisne o presjeku i faktoru snage)
- A — konstantna veličina za određene uvjete prijenosa, ovisna o dozvoljenom padu napona i načinu opterećenja,
- l — dužina voda (km).

U dijagramu Sl. 3 prikazana je prijenosna moć vodova 35 kV, ovisno o veličini presjeka za Cu i Ač vodove kod dužina 20 i 25 km, kod faktora snage 0,9 i dozvoljenog gubitka napona od 8 %.

Povećanjem opterećenja od P na P', mogući domet voda se umanjuje, odnosno vode više nije u stanju da pod istim uvjetima prenese novu snagu P'.

Uzmemo li da su A i l konstantne, povećanje prijenosne snage P' možemo dobiti uz $k' < k$. To znači, da treba povećati presjek, jer je za veće presjeke k manji (sl. 4).

Prema tome, novi k' treba biti jednak:

$$\frac{A}{P' k'} = \frac{A}{P k}$$

odnosno

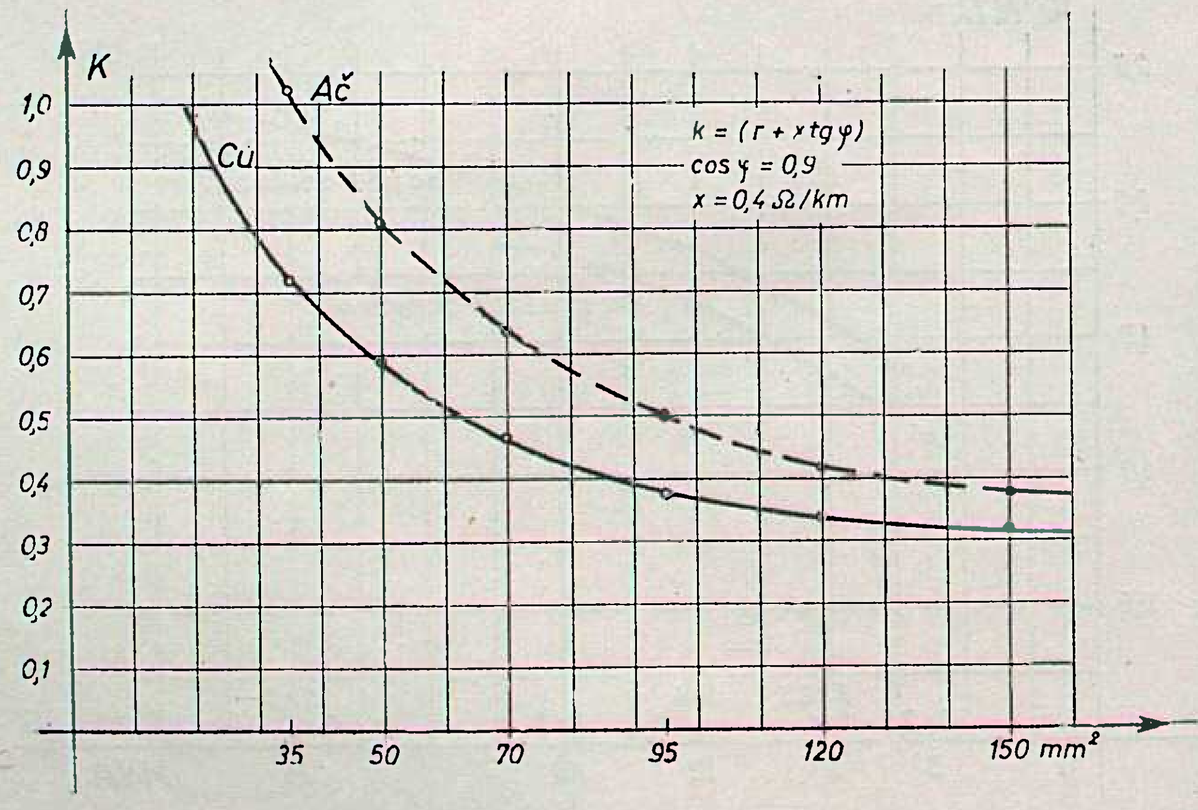
$$k' = k \frac{P}{P'}$$

Sa druge strane, investiciona ulaganja u vodove s većim presjecima su svega 30—40 % veća od manjih presjeka.

Drugi razlog izmjene presjeka je pitanje povezivanja i učvorenja mreže, prvenstveno zbog povećane rezerve, odnosno mogućnosti dvostrukog napajanja. Već raniji podaci vjerojatnosti broja kvarova vod-transformator, traže veću pažnju kod izgradnje i rješavanja mreže. Prema tome, na ovim područjima je neophodno osigurati dvostranu vezu s eventualnom mogućnosti automatskog uklapanja drugog rezervnog voda ako nestane napona na prvom. Iako su investiciona ulaganja na taj način velika, još uvijek nisu tolika da ne bi opravdala gubitke nastale zbog prekida.

Nužno je prema tome izmijeniti koncepciju napajanja, i izbora presjeka.

Tako bi parametri mreže s obzirom na nove uvjete trebali izgledati kako je navedeno u tablici 3., što u usporedbi s podacima u tablici 2. predstavlja povećanje i izmjenu koncepcije napajanja.



Slika 4

Tablica 3

Parametar mreže	Manja područja	Veća područja
1. Broj i snaga transformatora 35/10 kV	2 × 4 MVA	2 × 6 MVA ili 2 × 8 MVA (konačno)
2. Presjek vodova 35 kV i način veza	do 120 AČ pripremiti za dvostrano napajanje	120—150 AČ mogućnost dvostranog napajanja

Iz tablice se može lako uočiti, da područne mreže postepeno preuzimaju neke parametre gradskih mreža, koje postepeno, zbog povećane površinske gustoće opterećenja, traže još veće jedinice. Tako se već danas u gradskim mrežama uvodi jedinica od 16 MVA, ili napon 110/10 kV.

Prema tome, nova etapa 35 kV mreže znači izgradnju mreže s novim i povećanim parametrima.

Ovakve mreže obuhvaćene su i u petogodišnjem planu razvoja (1971—75), jer se vodilo računa o iznijetim zahtjevima.

5. Zaključci

Iz ovog izlaganja o rješavanju i današnjoj problematici područnih mreža, može se zaključiti slijedeće:

1. Način napajanja i dosadašnje parametre mreže treba mijenjati tako, da zadovolje novim uvjetima.
2. Snage transformatora, kao i presjeke vodova treba povećati za skoro dvostruka opterećenja od dosadašnjih, tako da se može prihvatiti kao osnovna jedinica snaga transformatora od 8 MVA, a presjek voda do 120 mm² AČ.
3. Način napajanja povećane rezerve i sistem veza treba osigurati dvostranim napajanjem, a posebno treba razmotriti primjenu ponovnog uklapanja i automatskog ubacivanja rezervnih veza.
4. Razvoj 35 kV mreže treba uskladiti sa razvojem 10 i 110 kV mreže, i svako područje posebno rješavati, a slijedeću etapu razvoja 35 kV mreže rješavati prema iznijetim prijedlozima.

Literatura

I. M. Marković: *Režim energetičeskih sistem* (Energija, Moskva 1969).

Energetske razrade područja Sinja, Trogira, Makarske i Metkovića. Elektrodalmacija Split.

Naslov pisca: Šimun Šimundža, dipl. el. ing., »Elektrodalmacija« Split.

ATM

PODUZEĆE ZA AUTOMATIZACIJU I TEHNIKU MJERENJA U INDUSTRIJI

ZAGREB, HEINZELOVA 70 A

KONZULTACIJE, PROJEKTIRANJE, PROIZVODNJA, MONTAŽA, SERVIS I ODRŽAVANJE MJERNO REGULACIONIH UREĐAJA ZA TERMOENERGETSKA POSTROJENJA I RAZVOD ENERGETSKIH FLUIDA

— TERMOELEMENTI
— OTPORNI TERMOMETRI
— POKAZIVAČI TEMPERATURE
— REGULATORI TEMPERATURE
— MJERAČI PROTOKA
— MJERAČI UTROŠKA TOPLINE (KALORIMETRI)
— MJERENJE PRITISKA
— ANALIZA DIMNIH PLINOVA
— AUTOMATSKE STANICE ZA REDUKCIJU PRITISKA I TEMPERATURE PARE
— AUTOMATSKA REGULACIJA NIVOA, TEMPERATURE, PRITISKA, PODTLAKA, PROTOKA
— DALJINSKA KOMANDA (SERVOMOTORI I REGULACIONI VENTILI)
— SIGNALIZACIJA

TELEFONI: 514-122, 515-713, 515-050
TELEX: 21364, PP 14

NADZEMNI VODOVI 35 kV I POKRAJINSKE JEDNOTRANSFORMATORSKE STANICE (JTS) 35/10 kV i 35/0,4/0,231 kV

Branko Damjanović, Rijeka

Opisan je 35 kV razvod nadzemnim vodovima s dva tipa zidanih jednotransformatorskih stanica (JTS) 35/10 kV, 4 MVA i 35 0,4 kV, 400 kVA. Međutim, mogu se usvojiti i drugi tipovi JTS, ako se nađe povoljnije tehničko i ekonomsko rješenje.

621.315.2

1. Uvod

Napajanje pokrajinskih i vangradskih transformatorskih stanica 35/10 kV kao i razvod 10 kV razlikuje se od napajanja i razvoda u većim gradovima. Dok se u gradovima izvodi isključivo podzemnim kabelima, u vangradskom i pokrajinskom području se izvodi nadzemnim vodovima. Jedino razvod u manjim gradovima može biti kombiniran ili samo kabelima 10 kV.

Odmah treba naglasiti da se naročita pažnja mora posvetiti vodovima 35 kV, glavnim elementima distributivnog elektroenergetskog sistema. Zbog toga se oni moraju izvoditi što solidnije kako bi u svim prilikama mogli odoljevati štetnim atmosferskim utjecajima, mehaničkim i električnim naprezanjima, i da bi mogli prenijeti što kvalitetniju električnu energiju.

O transformatorskim stanicama 35/10 kV, kao sekundarnim elementima, može se voditi računa samo toliko koliko to zahtijevaju potrošači. Budući da se ovdje radi o potrošačima kojih opterećenje, važnost za privredu i za opći razvitak u priličnoj mjeri zaostaju za potrošačima u velikim gradovima, to je u stanicama 35/10 kV, dovoljno predvidjeti takvu opremu koja može zaštititi postrojenje od trajnih smetnji i duljih prekida. Osiguranje od preopterećenja, kratkih spojeva, prekida uslijed mehaničkih oštećenja i popravka postrojenja, treba osigurati samo u razumnim, ekonomskim granicama.

Transformatorske stanice 10/0,4/0,231 kV (u daljem tekstu 10/0,4 kV) široke potrošnje i manjih industrijskih postrojenja u pokrajinskim područjima ne traže napojne stanice 35/10 kV velike instalirane snage, ali traže više vodnih polja i vodova s malim opterećenjem kako bi se pad napona zadržao u prihvatljivim granicama.

Međutim stalnim priključivanjem novih potrošača, na vodovima 10 kV, će se naponske prilike pogoršavati. U uvom slučaju ne preostaje ništa drugo nego izgraditi nove vodove 10 kV i proširiti postojeću stanicu 35/10 kV dodavanjem novih vodnih polja, ili izgraditi novu. U prvom slučaju udaljenim potrošačima će se privremeno poboljšavati naponske prilike, ali će napajanje i isporuka električne energije i dalje ostati nesigurna. U drugom slučaju, ako bi se i izgradila nova transformatorska stanica, ona bi bila ista kao i prethodna, gradila bi se dugo i na klasičan način, za dvije jedinice i s većim brojem rezervnih vodnih polja. Tako bi nova stanica, iako do sada nije bila dovoljno iskorištena, a vjerojatno se i ekonomski još nije isplatila, osim novih potrošača, preuzela makar za neko vrijeme, i najbliže potrošače postojeće stanice.

Za ovakve slučajeve, što se u praksi pojavljuju vrlo često, treba pronaći što jeftinija tehnička i ekonomska rješenja, sa što kraćim rokom amortizacije objekta (npr. oko 15 god.).

Usvajanjem većeg broja jednostavnih, primarnih distributivnih transformatorskih stanica 35/10 kV s jednom jedinicom instalirane snage manje, dobiju se zadovoljavajući rezultati vremena izgradnje i tehničkih zahtjeva. Za posebne slučajeve mogla bi se predvidjeti rezervna pokretna stanica koja bi se priključila na nadzemni vod u blizini nepredviđenih potrošača a služila bi kao dopuna postojećoj stanici 35/10 kV, ako bi bila preopterećena ili na popravku.

2. Transformatorske stanice 35/10 kV s jednom ili više jedinica

Prije početka izgradnje neke stanice 35/10 kV projektant ispituje sve uvjete koji utječu ili će utjecati na smještaj buduće transformatorske stanice kao što su: konfiguracija tla i mreže 10 kV, važnost i udaljenost potrošača, godišnji prirast opterećenja i potrošnje, gustoća opterećenja po jedinici površine (po ha ili po km^2), način napajanja. Zatim ispituje ekonomsku opravdanost izgradnje kompletne stanice ili samo jednog njenog dijela s obzirom na eventualna proširenja koja će nastupiti uslijed povećanja opterećenja. Dalje, ispituje troškove održavanja i amortizacije za određeni vijek trajanja, itd.

Na osnovi ovih analiza većina projektanata predviđa etapnu izgradnju stanice u koju ugrađuju više jedinica. Međutim, iz iskustva se znade da djelomičnom (etapnom) izgradnjom objekta postotak angažiranih sredstava nije proporcionalan kapacitetu iskorištenja transformatoske stanice, jer se izvodi i onaj građevinski, bravarski i elektromontažni dio koji će se koristiti u drugoj ili u trećoj etapi, a možda i nikada, ukoliko se promjene energeski uvjeti napajanja potrošača. S druge strane, angažiranjem većih, ali neiskorištenih sredstava, dovodi se u opasnost izgradnja drugih elektroenergetskih objekata koji su također neophodni potrošačima radi poboljšanja naponskih prilika, ili će kao rezervni objekti osigurati električnu energiju ako ispadne iz pogona neki napojni vod ili stanica.

Ako se ima na umu ekonomska i praktična strana neke transformatorske stanice s obzirom na ostvareni »promet« (koji je u pokrajinskim trafo-

stanicama vrlo malen), onda se one moraju graditi što jeftinije, brže i kompletnije kako bi se cijela ugrađena oprema mogla odmah i potpuno iskoristiti. S obzirom na standardiziranu opremu treba tako dimenzionirati objekat da se osigura izvjesna unutrašnja rezerva u svim ugrađenim elementima. Ta će rezerva poslužiti pri eventualnom većem opterećenju, ili kao ispomoć drugom, isto takvom objektu — kao vanjska rezerva. Znači, da unutrašnja rezerva neke stanice može istovremeno biti vanjska rezerva za druge stanice pod uvjetom, da ih dobro povezuju primarni ili sekundarni vodovi.

Na osnovi dulje upotrebe samo jedne jedinice u stanicama koje su izgrađene za više jedinica, dolazi se do zaključka, da će jednotransformatorske stanice 35/10 kV (ili kraće JTK 35/10 kV) kompletno izvedene i opremljene, biti najekonomičnije rješenje za napajanje električnom energijom određenih pokrajinskih i gradskih područja, gdje je specifična gustoća opterećenja po km² vrlo malena, ili gdje se ne može unaprijed planski odrediti opterećenje, a energetske prilike zahtijevaju novu stanicu. Znači da će ovo rješenje biti ekonomično za napajanje raštrkanih i međusobno udaljenih potrošača u kontinentalnom kao i u priobalnom području, smještenih u dolini rijeke, ili uz samu morsku obalu. Bit će praktične i za napajanje manjih gradova gdje se dvije JTS 35/10 kV smještaju periferno, na dvije suprotne strane, pa se jedan ili dva voda (ili kabela) 10 kV svake stanice, pri prolazu kroz grad spajaju na pogodnom mjestu, radi eventualnog prebacivanja opterećenja. Preostali vodovi bi napajali okolna područja i naselja koja gravitiraju transformatorskim stanicama 35/10 kV.

Prednost usvajanja JTS/10 kV je i u tome što projektant ne treba izraditi detaljnije studije radi odabiranja najpovoljnijeg mjesta i veličine stanice. Dovoljno je utvrditi najprikladniju trasu dalekovoda, a smještaj stanice odabrati prema potrebama ugroženih potrošača.

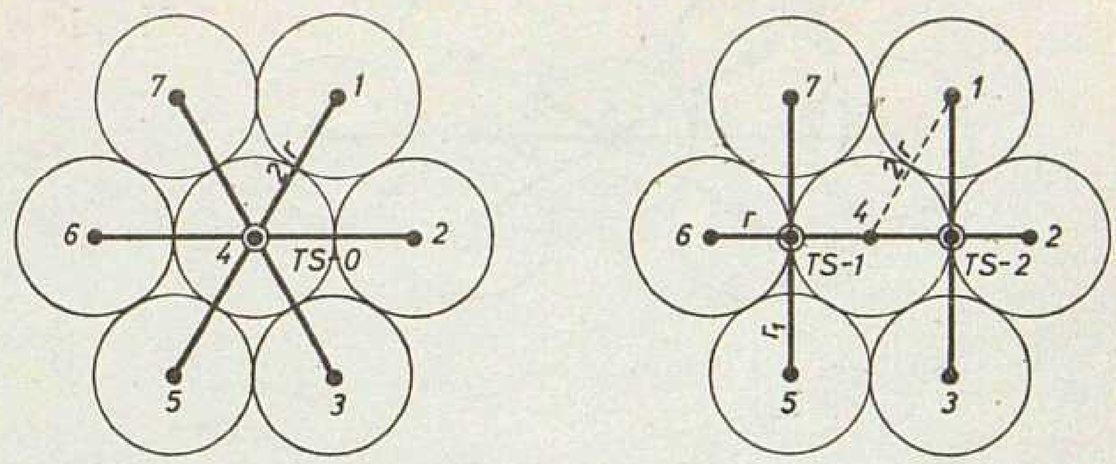
Zbog svoje male površine (o čemu će biti riječi kasnije) stanica se lako prilagođuje skučenom prostoru, pa se može smjestiti u centar opterećenja. Tako se ušteđuje na duljini i presjeku vodova 10 kV i smanjuje pad napona. U krajnjoj liniji, zbog jednostavnosti i niske cijene, investicije su znatno niže, svi montirani elementi se odmah koriste i u kraćem se vremenu dobije kvalitetnija energija.

Nedostatak JTS 35/10 kV je u tome, što zahtijevaju dulje primarne vodove 35 kV, i što su gubici u montiranim transformatorima veći. Međutim, ovi se nedostaci nadoknađuju već opisanim i slijedećim prednostima.

3. Energetska prednost JTS 35/10 kV

Da se upotrebom JTS 35/10 kV poboljšavaju naponske prilike, skraćuju sekundarni kabeli i nadzemni vodovi 10 kV može se dokazati slijedećim geometrijskim razmatranjem.

Pretpostavimo li da se jedna transformatorska stanica 35/10 kV klasične izvedbe sa dvije jedinice do 4 MVA (TS-0 na Sl. 1a) nalazi u centru elektroenergetskog područja gotovo kružnog oblika i da su na tom području potrošači ravnomjerno raspore-



Slika 1

đeni, ali tako da sačinjavaju 7 približno jednakih potrošačkih grupa. Jedna grupa potrošača će se naći u istom središtu kao i TS-0, dok će se 6 ostalih raspodediti na jednakoj udaljenosti od stanice TS-0.

Ukupna duljina svih vodova 10 kV koji napajaju ove grupe, ne računajući grupu koja se nalazi u centru opterećenja, iznosit će:

$$L_1 = 12 \cdot g$$

gdje je r polumjer kruga što ga formira određena grupa potroša, a $2r$ je udaljenost grupe od TS-0.

Ako uzmemo dvije JTS (TS-1 i TS-2 sa Sl. 1b), svaku s jednom jedinicom od 4 MVA i postavimo ih u dva najpovoljnija centra opterećenja, imat ćemo duljinu vodova:

$$L_1 = 4 \cdot r + r_1$$

Ovdje se jedna grupa potrošača nalazi na udaljenosti r, a druga na $r_1 = \sqrt{3} \cdot r$ od TS-1 odnosno od TS-2.

Zamjenom vrijednosti r_1 u prethodnom izrazu dobije se:

$$L_1 = 4 \cdot r + 4 \cdot \sqrt{3} \cdot r = 10{,}92 \cdot r$$

Doda li se još i duljina voda 35 kV (od TS-0 do TS-2 koja iznosi r), dobije se ista duljina vodova u oba slučaja, samo s tom razlikom, što će se naponske prilike svih grupa potrošača (osim one u centru opterećenja kod TS-0) znatno poboljšati, i što se JTS 35/10 kV mogu izvesti u dvije etape: najprije će se izgraditi jedna JTS, a zatim, ako se za to ukaže potreba, i druge JTS.

Kod istog presjeka i istog materijala vodiča u oba slučaja, pad napona će u drugom slučaju biti manji od pada napona u prvom slučaju:

kod grupe koja je udaljena r (grupa 2 i 6) za:

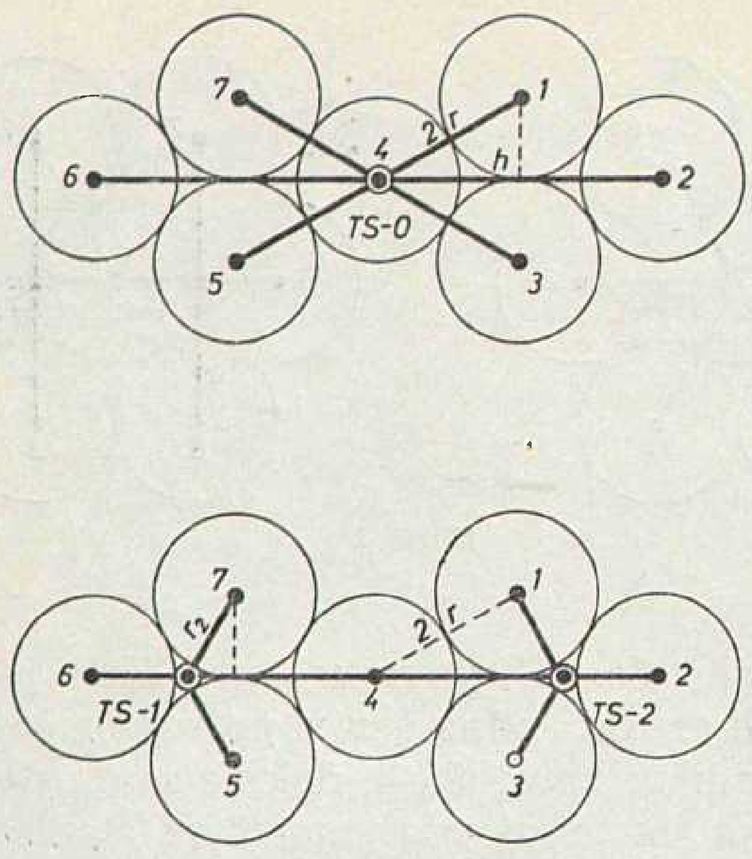
$$p_1 = \frac{2 \cdot r - r}{2 \cdot r} : 100 = 50\ \%$$

a kod grupe koja je udaljena r_1 (grupa 1, 3, 5 i 7) za:

$$p_2 = \frac{2 \cdot r - r_1}{2 \cdot r} \cdot 100 = \frac{2 \cdot r - 1{,}73\, r}{2 \cdot r} \cdot 100 = 13{,}5\ \%\,.$$

Iz ovih računa proizlazi da će pad napona biti manji za 50 %, ako se grupa potrošača udaljena za r napaja iz dvije JTS (TS-1 i 0S-2) umjesto iz jedne veće stanice, a za 13,5 %, ako je udaljena za r_1. Samo će četvrta grupa potrošača imati lošiji pad napona, no, ipak bolji za 75 % od ostalih potrošača napajanih iz TS-0, prema formuli:

$$p_3 = \frac{2 \cdot r - 0{,}5 \cdot r}{2 \cdot r} \cdot 100 = 75\ \%\,.$$



Slika 2

Ako je oblik konzumnog područja izdužen, npr. elipsast, ovalne ili slične površine, i ako su na tom području na isti način kao i u prethodnom slučaju — potrošači grupirani u 7 grupa, onda se podjelom ukupnog opterećenja na dvije JTS postiže izrazitija prednost napajanja potrošača nego sa jednom većom. Tako na Sl. 2a imamo duljine vodova 10 kV:

$$K = 8 \cdot r + 4 \cdot h ,$$

gdje je h projekcija $2 \cdot r$ na pravu, koja spaja dvije najudaljenije grupe potrošača, a iznosi:

$$h = \sqrt{3} \cdot r = 1{,}73 \cdot r .$$

Zamjenom u prethodnoj jednadžbi dobijemo ukupnu duljinu vodova:

$$K = 8 \cdot r + 4 \cdot \sqrt{3} \cdot r = (8 + 6{,}92) \cdot r = 14{,}92 \cdot r$$

Pogledamo li sada pad napona kod grupe potrošača koji se napajaju iz TS-0, imamo:

U grupi 4, koja je u centru opterećenja, pad napona je 0.

U grupi 1, 3, 5 i 7 pad napona je p (kao na Sl. 1a).

U grupama 2 i 6 pad napona se povećava za 73 % prema relaciji:

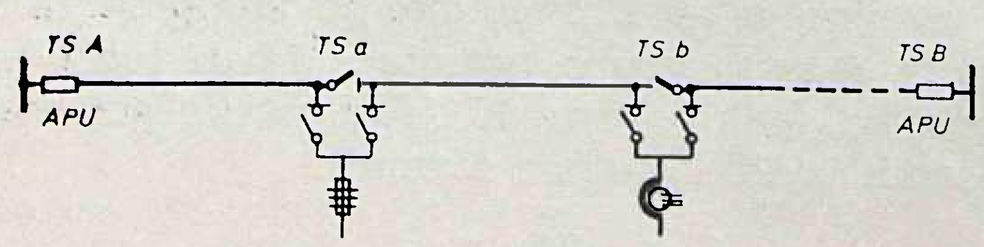
$$p_4 = \frac{2 \cdot r - 2 \cdot h}{2 \cdot r} \cdot 100 = \frac{2 \cdot r - 2 \cdot \sqrt{3} \cdot r}{2 \cdot r} \cdot 100 = -73\ \%$$

Usvajanjem dviju JTS 35/10 kV (Sl. 2b) i postavljajući ih na najpovoljnije mjesto opterećenja (po mogućnosti u težištu) imat ćemo:

$$K_1 = 4 \cdot h + 4 \cdot r_2 ,$$

r_2 je udaljnost grupe potrošača od JTS-1 i od JTS-2, a iznosi $2 \cdot r/\sqrt{3} = 1{,}156 \cdot r$. Uvrštenjem ove vrijednosti u prethodnu jednadžbu dobije se:

$$K_1 = 4 \cdot (1{,}73 + 1{,}156) \cdot r = 11{,}54 \cdot r .$$



Kod napajanja iz dvije transformatorske stanice pad napona grupe potrošača 1, 2, 3, 5, 6 i 7 je povoljniji nego kod napajanja iz jedne stanice za:

$$p_5 = \frac{2 \cdot r - r_2}{2 \cdot r} \cdot 100 = \frac{2 + r - 1{,}156 \cdot r}{2 \cdot r} \cdot 100 = 42{,}2\ \% ,$$

a kod grupe 4, uz pretpostavku da se napaja iz obe JTS, je:

$$p_6 = \frac{2 \cdot r - k/2}{2 \cdot r} \cdot 100 = \frac{2 \cdot r - 2{,}32 \cdot r/2}{2 \cdot r} \cdot 100 = 42\ \% .$$

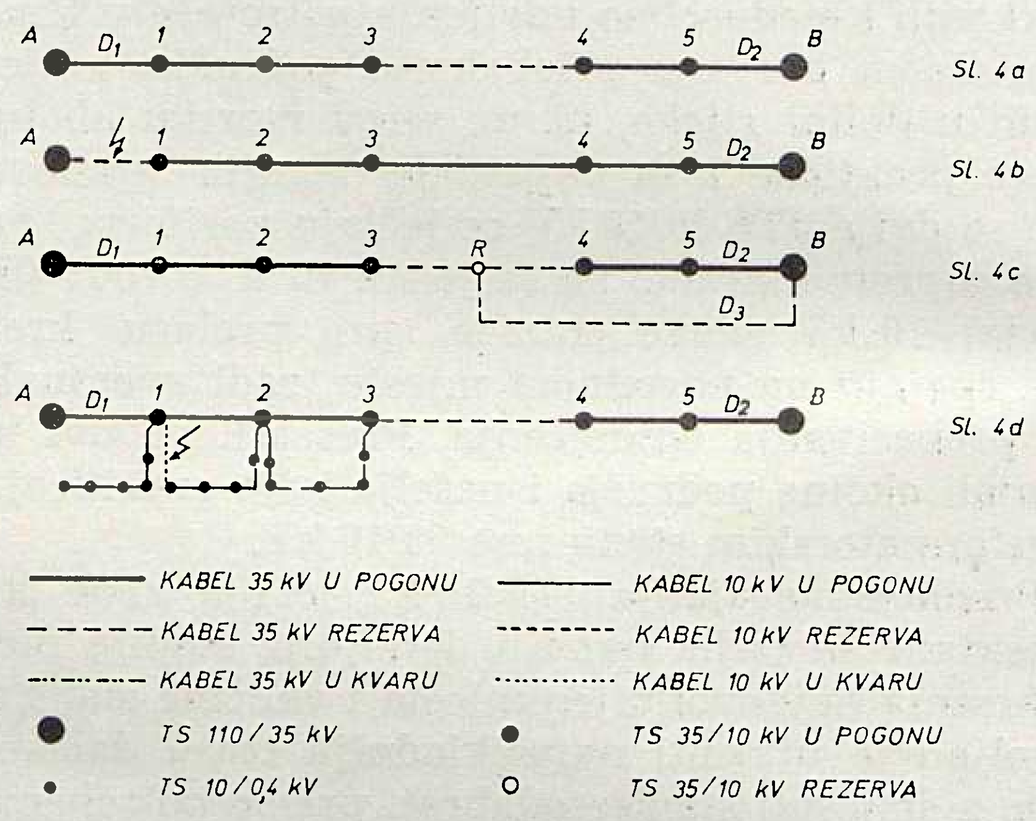
gdje je

$$k = 4\, r/\sqrt{3} = 2{,}32 \cdot r .$$

Usporedimo li pad napona kod potrošača 2 i 6 koji se napajaju iz jedne klasične i iz dvije JTS 35/10 kV, i svedemo li to na međusobne udaljenosti dobijemo:

$$p_7 = \frac{2 \cdot h}{r_2} = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot r}{2 \cdot r} = 3 .$$

Znači da će u prvom slučaju pad napona biti tri puta veći.

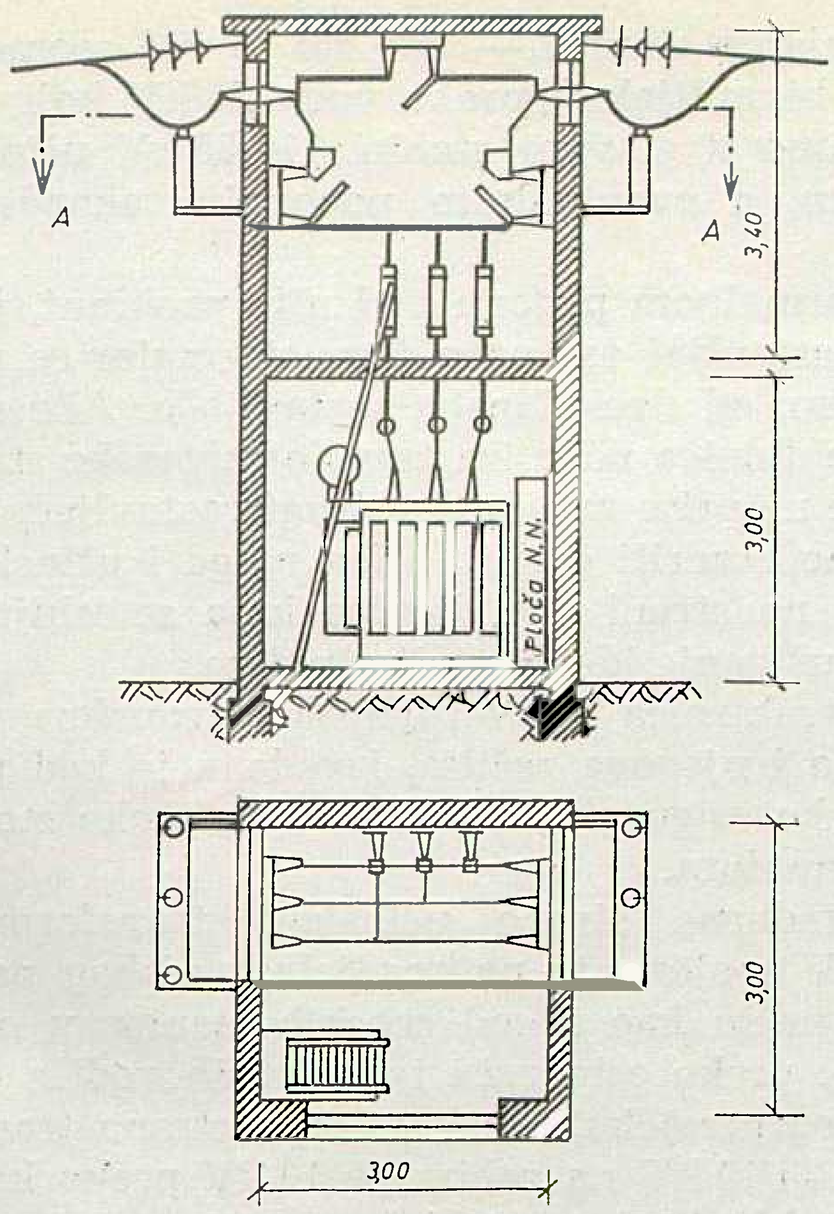


4. Vodovi 35 i 10 kV

Principijelna shema napajanja dviju JTS 35/10 kV (TS-a i TS-b) iz stanice 110/35 kV (TS-A), kao izvora, prikazana je na Sl. 3. Transformatorska stanica TS-B će u tom slučaju služiti kao rezerva.

Kao što se vidi iz sheme, usvojeno je radijalno napajanje stanica 35/10 kV ali s mogućnosti napajanja i drugim rezervnim vodom.

Usvajanjem principa »jedan transformator — jedna stanica« pojednostavljuje se razvod 35 kV do te mjere, da je na primarnoj strani u JTS dovoljno usvojiti tri polja: ulazno, izlazno i transformatorsko. Ako još pretpostavimo da sabirnice 35 kV s ulaznim i izlaznim poljem u JTS 35/10 kV sačinjavaju dio voda 35 kV, onda su u ovim poljima dovoljni učinski rastavljači. Idemo li još dalje, tada se sabirnice mogu spojiti u trokut umjesto da se spoj transformatora i vodnih polja izvede u »zvijezdu«. Tako se ušteđuje ne samo na prostoru — što se vidi iz Sl. 5, — nego i na opremi: mogu se usvojiti dva učinska i jedan obični rastavljač, pa čak i dva obična i jedan učinski.



Za ovu opremu dovoljna je samo jedna veća ćelija 35 kV, što je u ovom prikazu i prihvaćeno kao rješenje.

Spajanjem sabirnica u »trokut« može se izvršiti sekcioniranje voda ili JTS 35/10 kV u oba smjera i pod opterećenjem. Znači, da je dovoljno vod 35 kV štititi na izlazu iz TS 110/35 kV učinskom sklopkom s odgovarajućom prekostrujnom zaštitom i s automatskim ponovnim ukapčanjem (APU), ako u trafostanicama ne postoji dežurna služba, koja bi štitila čitav zračni vod i transformatore 35/10 kV.

Automatsko isključivanje stanice iz pogona obavlja sklopka sa APU u TS 110/35 kV samo ako nastane kvar na transformatoru 35/10 kV ili na sabirnicama 10 kV. Ako transformator 35/0,4 kV štite učinski osigurači na primarnoj strani, onda zaštita sklopkom u TS 110/35 kV nije potrebna. Kvarovi na sekundarnim vodovima 10 kV i njihovo sekcioniranje povjereni su automatskim učinskim rastavljačima i automatskoj transformatorskoj sklopki 10 kV sa APU u JTS 35/10 kV.

Upotreba samo jedne sklopke 35 kV u TS 110/35 kV umjesto više njih u pojedinim trafostanicama 35/10 kV, i jedne sklopke 10 kV za sva vodna polja 10 kV opravdava činjenica, da na pokrajinskim transformatorskim stanicama, kao i na vodovima koji ove trafostanice napajaju, struje kratkog spoja nisu velike, pa se kvalitetnoj sklopki može dozvoliti veći broj iskapčanja, u okviru dozvoljenih granica. Tako npr. bez kontrole spajanja, za sklopke 10 i 35 kV proizvoda »Energoinvest« dozvoljen je broj prekida:

4 prekida kod pune rasklopne snage
10 prekida kod pola rasklopne snage
35 prekida kod četvrtine rasklopne snage
500 prekida kod nominalne rasklopne snage

U krajnjoj liniji, ako se na jednom vodu 10 kV očekuju češći ispadi, onda se taj vod može osigurati posebnom učinskom sklopkom sa ili bez APU.

Da bi u svim prilikama zadržali radijalno napajanje, koje je ovdje usvojeno kao najprihvatljivije, moramo pokloniti veću pažnju izvedbi i sigurnosti vodova, jer su oni podložni češćim i dužim kvarovima nego što je to slučaj sa stanicama. Osim toga, moramo predvidjeti toliko vodova 35 kV koliko će biti potrebno da u svim mogućim situacijama osiguraju što normalnije napajanje svih stanica. Da zaključimo: Jedna transformatorska stanica, bez obzira na veličinu i važnost, morala bi imati mogućnost da se napaja iz još jednog izvora. To više što je na jednom vodu priključeno više JTS 35/10 kV.

Princip napajanja JTS 35/10 kV u normalnom pogonu, u slučaju kvara nadzemnog voda 35 ili 10 kV, i u slučaju ispadanja iz pogona jedne JTS 35/10 kV ili 10/0,4 kV prikazan je na Sl. 4a — 4d.

a. *Normalno napajanje*

Nekoliko JTS 35/10 kV, svaka sa jednom jedinicom od 0,4 do 4 MVA, u normalnom se pogonu napaja iz pojnih točaka A i B (transformatorske stenice 110/35 kV) preko nadzemnog voda D_1 i D_2 (Sl. 3 i Sl. 4a).

b. *Kvar na vodu 35 kV*

Najnepovoljnije napajanje JTS 35/10 kV nastaje, kada se kvar pojavi na dionici voda 35 kV u blizini stanice A ili B. Tada se čitavo opterećenje s oštećenog voda prebacuje na zdravi vod (Sl. 4b).

c. *Povećanje opterećenja*

Naknadnim povećanjem opterećenja ili broja stanica, samo jedan vod, npr. D_1 neće biti u stanju da preuzme čitavo opterećenje voda D_2 koji bi iz bilo kojih razloga ispao iz pogona. Tada treba izgraditi rezervni vod D_3 sa stanicom ili s rasklopnim postrojenjem R, koji bi služio kao dodatni (pomoćni) izvor napajanja (Sl. 4c).

d. *Kvar voda 10 kV*

Najčešći kvar koji se pojavljuje u praksi je kvar na vodu 10 kV. Oštećeni dio voda se isključuje, a stanice 10/0,4 kV — ako postoji mogućnost — prebacuju na zdrave vodove najbližih stanica 10/0,4 kV (Sl. 4d).

e. *Kvar transformatorske stanice*

Bez obzira o kakvom se kvaru i o kojoj se stanici radi, treba pokušati prebaciti potrošače oštećene stanice na okolne. Još bolje rješenje je nabaviti transformatorsku stanicu »na kotačima« i priključiti je na odgovarajući vod kraj oštećene.

Radi smanjenja vrste, broja i presjeka nadzemnih vodova 35 kV mogla bi se usvojiti samo dva presjeka alučel užeta: 120 i 70 mm². Za glavne napojne vodove prvi presjek, a za sporedne drugi.

Za distributivne vodove 10 kV preporučuju se ovi presjeci nadzemnih vodova i kabela s dozvoljenim strujama:

Zračni vod:

alučel	35 mm²	sa opterećenjem do 145 A
alučel	70 mm²	sa opterećenjem do 235 A

Kabel:

bakar	50 mm²	sa opterećenjem do 160 A
aluminij	70 mm²	sa opterećenjem do 160 A

Prema konfiguraciji mreže 10 kV, u JTS se usvaja jedno ili više vodnih polja 10 kV, ovisno o opterećenju i snazi transformatora 35/10 kV. Tako bi npr. JTS mogla imati čak jedno vodno polje 10 kV, jer je usvojeni kabel ili nadzemni vod, presjeka 35 mm², u stanju prenijeti čitavu nominalnu snagu koju daju dva transformatora od 1 MVA, ili jedan od 2,5 MVA. Preko nadzemnog voda 70 mm² može se prenijeti 4 MVA, uz pretpostavku da će se pad napona i kod povećanog opterećenja zadržati u dozvoljenim granicama.

5. Izvedba jednotransformatorskih stanica (JTS)

JTS 35/10 kV gradile bi se za nominalnu snagu transformatora do 4 MVA. Kao poseban tip JTS usvojila bi se stanica 35/0,4/0,231 kV (U daljem tekstu JTS 35/0,4 kV).

Izuzevši slučaj kad se na vodu 10 kV ne može zanemariti pad napona, ili kada u perspektivi opterećenja do 500 kVA nemaju tendenciju povećanja, tehnički i ekonomski se ne bi isplatila izgradnja posebne stanice 35/10 kV. Dovoljno će biti da se takvi potrošači napajaju preko voda 10 kV. Čim se pak osjeti, da će se opterećenje približiti najvećoj snazi instaliranog transformatora, računajući normalno i dodatno opterećenje što se očekuje preuzimanjem iz drugih JTS, mora se početi s izgradnjom nove JTS 35/10 kV koja će se smjestiti u blizini najugroženije grupe potrošača.

Zavisno o veličini i udaljenosti potrošača od voda 35 kV može se odabrati osnovni tip JTS:

Tip A — JTS instalirane snage transformatora od 400 kVA, napona 35/0,4/0,231 kV.

Tip B — — JTS instalirane snage transformatora do 4 MVA, napona 35/10 kV.

Oba se tipa JTS mogu izvesti kao kranji ili kao prolazni.

Osnovna jednopolna shema dijela 35 kV u prolaznim JTS prikazana je na Sl. 3 i 5a, a raspored rastavljača na Sl. 5. Iz slike se jasno vidi da se težilo skraćivanju sabirnice 35 kV ali da se sačuva propisana udaljenost dijelova pod naponom od uzemljene konstrukcije i zidova ćelija.

Približavanjem rastavljača i skraćivanjem sabirnica dobije se ćelija minimalnih dimenzija: širine 220 cm, dubine 180 cm i visine 300 cm. Zavisnost o tipu stanice ove će se dimenzije najvjerojatnije nešto povećati.

Napajanje stanica — kao što je već spomenuto — bilo bi radijalno, preko voda 35 kV koji bi se štitio samo u glavnoj stanici 110/35 kV učinskom sklopkom, s eventualnim ponovnim ukapčanjem (APU).

U normalnom pogonu vod nije prekinut, jer je gornji rastavljač zatvoren. Transformator se napaja jednim, od dva učinska rastavljača. Ako se isključuje dionica voda iza transformatorske stanice, mora se najprije zatvoriti i drugi rastavljač, da bi se mogao otvoriti gornji, a iza njega i učinski rastavljač na strani one dionice koja se isključuje.

Uključivanje ide obrnutim redom.

Spoj sabirnica 35 kV i učinskog transformatora, a ujedno i njegova zaštita, izvedena je kod prvog tipa preko osigurača, a kod drugog preko strujnih transformatora.

Sekundarna strana učinskog transformatora 35/0,4 kV spojena je na razdjelnik niskog napona na isti način kao i kod seoskih stanica u obliku tornjića: preko osigurača i izoliranih vodiča odgovarajućeg presjeka, a sekundarna strana transformatora 35/10 kV na sabirnice 10 kV preko kabela, učinske sklopke i rastavljača.

Na ulaznoj, odnosno izlaznoj strani prema vodu, rastavljači 35 i 10 kV imaju noževe za uzemljenje, a na vanjskim zidovima trafostanice su montirani katodni odvodnici kao zaštita vodova od prenapona.

Uljna ili drenažna jama može se izvesti ispod samog transformatora ili u njegovoj blizini.

5. A. JTS 35/0,4 kV — tip A

Ovaj će se tip transformatorske stanice upotrijebiti za napajanje manjih mjesta, tamo gdje ne postoji mogućnost izgradnje stanica 10/0,4 kV, a u blizini prolazi vod 35 kV.

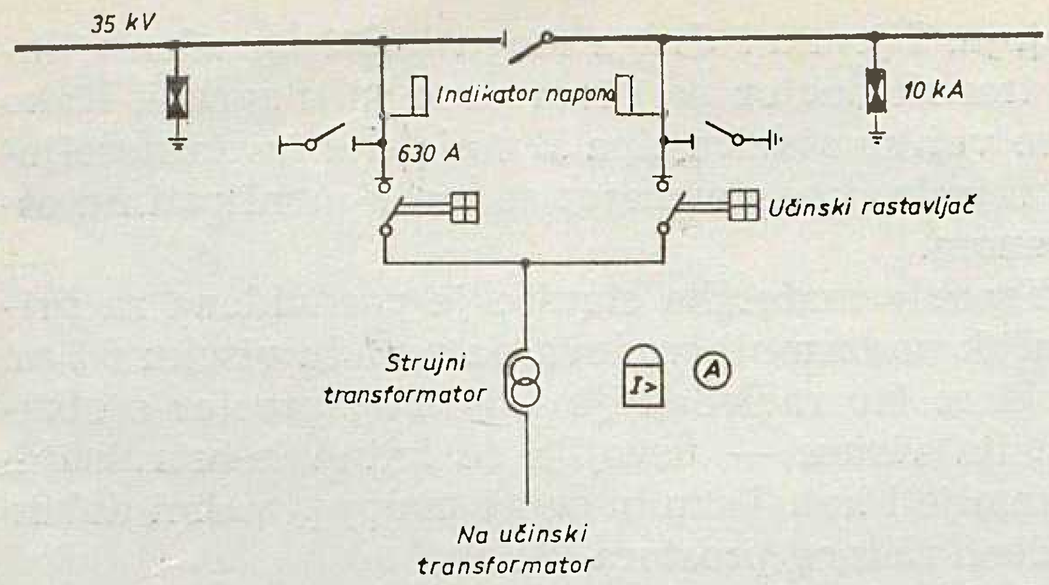
Građevni dio stanice ima oblik tornjića kao i seoska stanica 10/0,4 kV, samo s tom razlikom što joj je neto površina 3,00 × 3,00 m, umjesto 2,00 × 2,00 m. Principijelni građevno-montažni presjek prikazan je na Sl. 5.

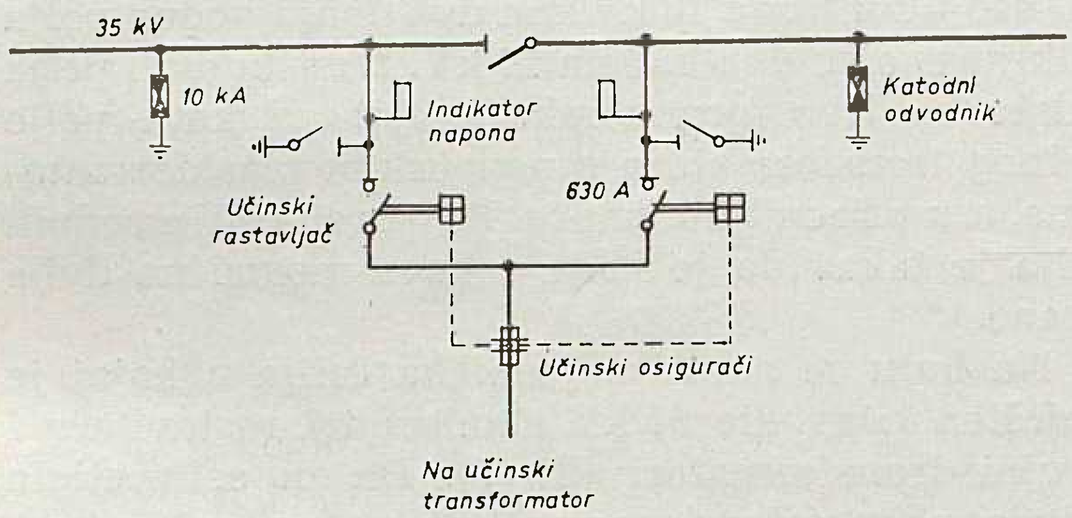
Za pristup katu prdviđa se penjalica ili željezne stepenice. Mnogo sigurnije i praktičnije su stepenice postavljene tako, da su pri penjanju leđa zaštićena zidom. Za vrijeme radova u prizemlju uklanjaju se stepenice.

O udaljenosti potrošača od voda 35 kV, ovisi da li će se JTS 35/0,4 k izvesti kao prolazna ili krajnja. U prvom slučaju bi vod 35 kV prolazio kroz stanicu, a u drugom bi se stanica priključila odcjepu. Ovo vrijedi i za drugi tip JTS.

Prema jednopolnoj shemi na Sl. 6a, na ulazu i na izlazu voda 35 kV iz stanice treba montirati katodne odvodnike prenapona, a u stanici na sabirnicama indikatore napona koji trebaju pokazivati prisutnost napona u vodu, ali ne visinu i njegovo variranje.

Kod krajnjih transformatorskih stanica, na katu se montira tropolni učinski rastavljač 35 kV s dograđenim nosačima osigurača odozdo. Osigurači su predviđeni s udarnom iglom koja isključuje rastavljač ako na transformatoru ili na sekundarnim sabirnicama nastane kratki spoj.





U prolaznim transformatorskim stanicama sa dva učinska i jednim običnim rastavljačem postoji mogućnost sekcioniranja voda i transformatora iz oba pravca. U normalnom pogonu, zatvoren je jedan učinski i jedan običan rastavljač. Da bi se učinski rastavljač isključio kod pregaranja osigurača moglo bi se pokušati s mehaničkim ili električnim spajanjem mehanizma udarne igle oba rastavljača s uređajem za njihovo brzo isključivanje.

Postrojenje 35 kV štiti se od slučajnog dodira mrežnim vratima.

Oprema niskog napona montirat će se na željeznu konstrukciju razdjelnika što će se prisloniti uz zid prizemlja, desno ili lijevo od ulaza u stanicu, ali uvijek na suprotnoj strani stepenica.

Montaža razdjelnika s unutrašnje strane zida seoskih zidanih stanica nije do sada bila uobičajena, iako ima niz prednosti. Npr.:

1. Cijela se elektrooprema niskog napona montira na otvorenu željeznu konstrukciju.
2. Osoblje koje rukuje opremom nije izloženo vremenskim nepogodama.
3. Na zgradi stanice nije potrebna nadstrešnica ni željezna vratašca na otvoru za razdjelnik.
4. Nepotrebno je polaganje uzemljenja za izravnanje potencijala, betonskog podesta ili izolacijske podloge ispred otvora za razdjelnik.
5. Iako se na razdjelnicima kojima se rukuje iz vana ne preporuča izmjena osigurača pod naponom, ovdje se to može, na isti način kao i kod gradskih stanica, jer se stajalište može sigurno izolirati (gumeni tepih, drvene rešetke ili sl.).

Na željeznu konstrukciju razdjelnika montira se automatska sklopka niskog napona, niskonaponski osigurači, po mogućnosti visokoučinski »nulte« serije, i obični za rasvjetu. Broj izlaza niskog napona zavisit će o veličini i rasprostranjenosti mreže.

Osim spomenutog, na razdjelnik se još može montirati automatska sklopka, osigurači i uklopni sat javne rasvjete.

Zgrada ovog tipa transformatorske stanice može se upotrijebiti kao kabelska kućica ili za priključak jedne JTS 35/10 kV preko kabela 35 kV ili obrnuto (Sl. 7).

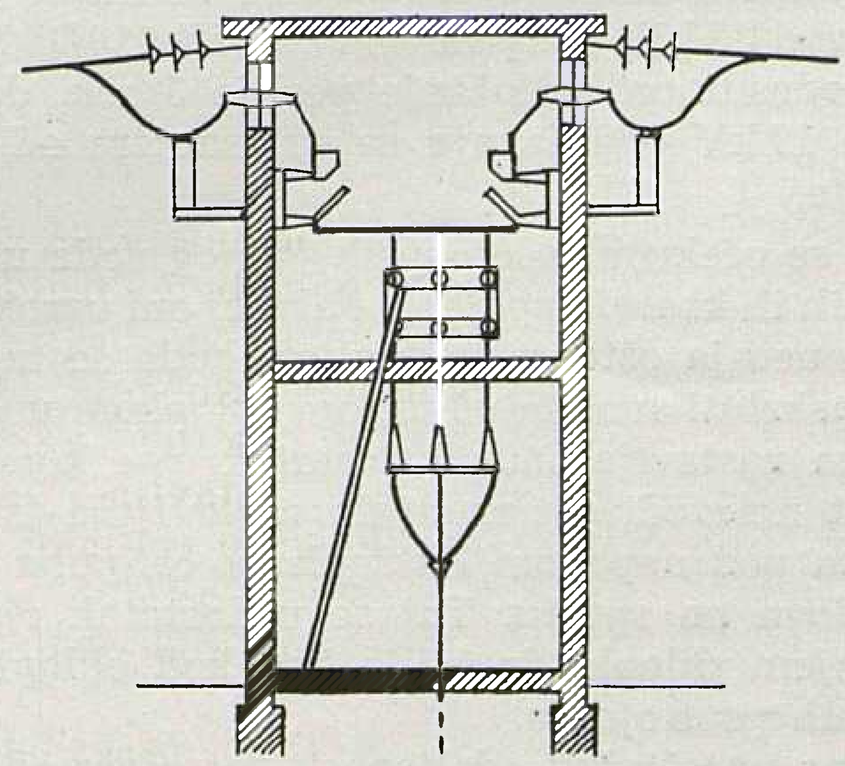
5. B. JTS 35/10 kV — tip B

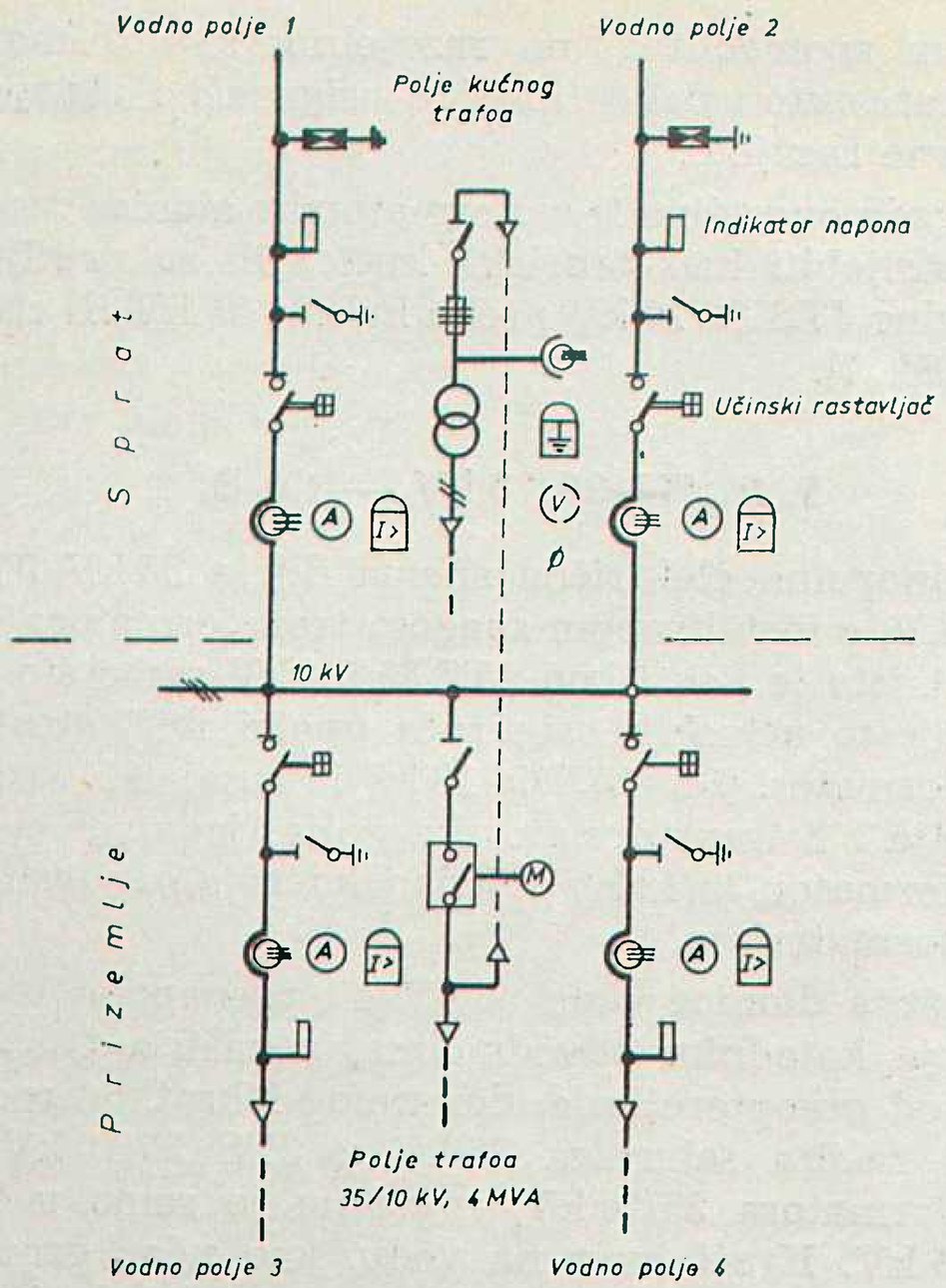
Jednopolna električna shema dijela 35 kV JTS 35/10 kV, s instaliranom snagom transformatora do 4 MVA ista je kao i kod JTS 35/0,4 kV samo što će se umjesto učinskih osigurača upotrijebiti strujni transformatori (Sl. 6b). Dio 10 kV ima najviše 4 vodna polja i 2 transformatorska polja: jedan učinski transformator 35/10 kV i jedan kućni s naponskim transformatorima.

Zaštita dionice voda 35 kV od prenapona izvedena je katodnim odvodnicima, a zaštita čitavog voda od preopterećenja, dozemnog i kratkog spoja kao i zaštita sabirnica 35 kV u JTS 35/10 kV, i transformatora 35/10 kV, izvedena je samo u TS 110/35 kV. Kraći kvar na vodu, kao udar groma, pad granja, međusobni dodir vodiča uslijed vjetra i sl., uklonit će se sam izbacivanjem sklopke 35 kV u TS 110/35 kV i ponovnim ukapčanjem. Slične operacije imamo kod kratkog spoja na transformatoru 35/10 kV i na sabirnicama 10 kV: najprije se isključi čitav vod 35 kV, a za vrijeme beznaponske pauze, isključit će se učinski rastavljač oštećenog transformatora. Zatim se odmah uključuje vod 35 kV. Ovaj je sistem zaštite usvojen pod pretpostavkom da se kvarovi na sabirnicama 35 i 10 kV kao i na transformatorima događaju vrlo rijetko, pa ako jednom i dođe do kvara, može se dozvoliti trenutno isključenje čitavog voda i svih stanica radi oslobađanja zdravih elemenata od bolesnih.

Kod trajnog kratkog i dozemnog spoja na vodu i na sabirnicama 35 i 10 kV sklopka u TS 110/35 kV ponovo izbacuje tako da vod ostaje isključen do otklanjanja kvara.

Transformatorsko polje 10 kV se sastoji iz rastavljača i sklopke s ponovnim ukapčanjem, dok se vodna polja sastoje iz jednog tropolnog učinskog





rastavljača sa noževima za uzemljenje. Iza rastavljača nalaze se strujni transformatori. Osim ovih polja predviđeno je još jedno u kojem je smješten kućni i jednopolnoizolirani mjerni naponski transformator sa svojim rastavljačem visokog napona i odgovarajućim osiguračima (Sl. 8.).

Na strani 10 kV usvojen je isti princip zaštite isključivanja kao i na strani 35 kV: upotrebljena je samo jedna učinska sklopka koja se montira u transformatorsko polje 10 kV, a u vodnim poljima učinski rastavljači sa svitkom za daljinsko brzo isključivanje. Kvar ili kratak spoj, bio on i kratkotrajan, izbacit će iz pogona oštećeni vod ovim redom: prvo će izbaciti učinsku sklopku 10 kV, svi potrošači stanice ostat će momentalno isključeni, za vrijeme beznaponske stanke isključuje se oštećeni vod, a odmah zatim učinska sklopka ponovo uključuje zdrave vodove.

Da se kratki, a eventualno i dozemni spojevi koji nastaju na vodovima 10 kV ne bi trajno odrazili na vod 35 kV, sklopka 35 kV u TS 110/35 kV se može podesiti na ukapčanje poslije 3 sek, dok se sklopke 10 kV podešavaju sa zatezanjem od 3 do 4 minute.

Ako se očekuju češći ispadi jednog voda uslijed dozemnih ili kratkih spojeva, i ako bi oni uzrokovali stalne smetnje ostalim vodovima, onda se taj vod može opskrbiti svojom učinskom sklopkom umjesto učinskim rastavljačem. Nedostatak ove kombinacije jest neizvedivost montaže rastavljača između sabirnica pod naponom i sklopke u ćelijama zračnih vodova na spratu. Taj se nedostatak rješava izvlačenjem sklopke iz ćelije kao kod oklopljenih razvodnih postrojenja.

Prema smještaju i udaljenosti potrošača od voda 35 kV, JTS se može izgraditi kao prolazna ili kao krajnja. I jedna i druga mogu imati ugrađen učinski transformator na otvorenom ili u zgradi. Kako će se većina stanica tipa B smještati izvan naseljenih mjesta, transformator se može montirati na otvorenom.

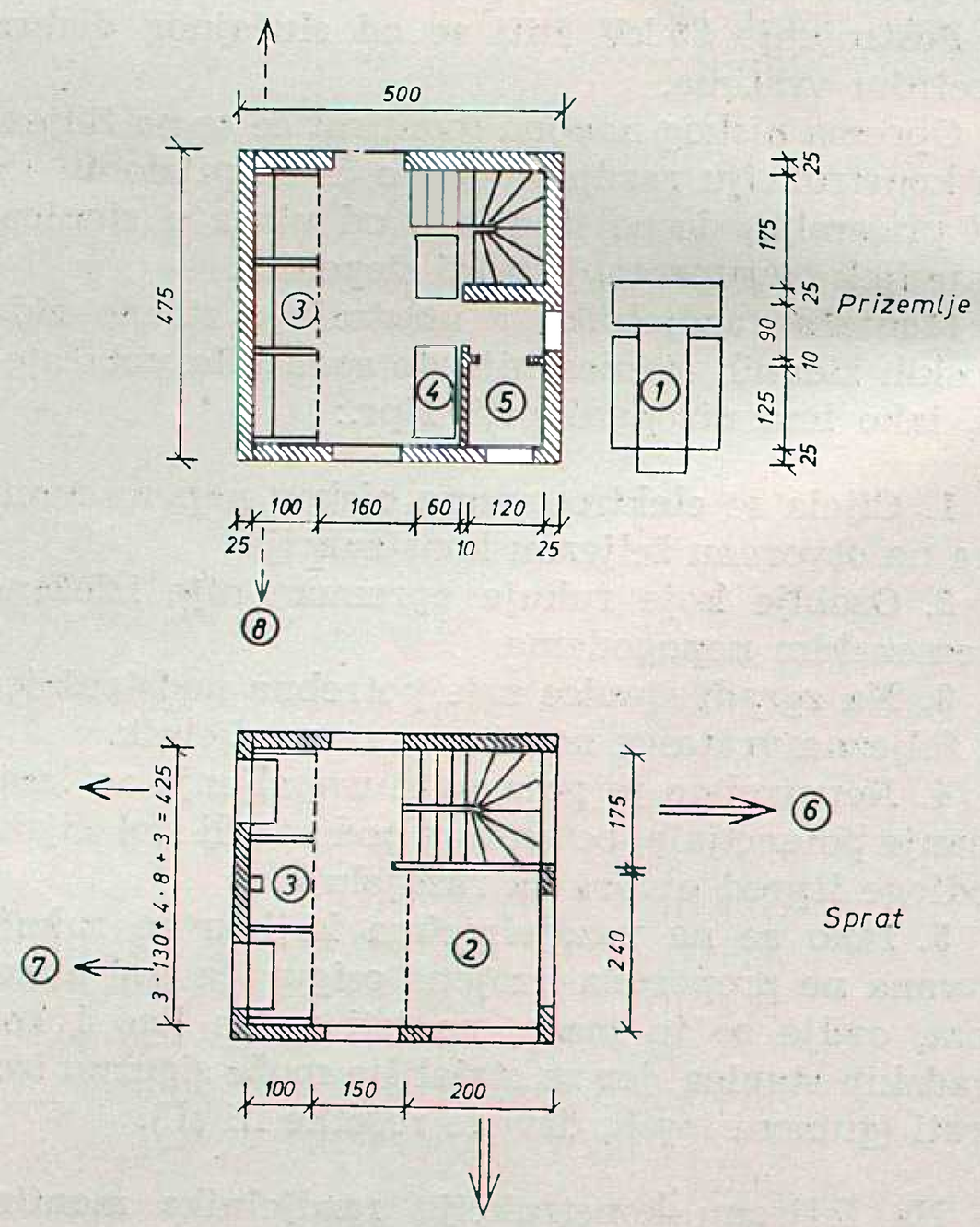
Transformatorska stanica je predviđena za priključak nadzemnih vodova na zgradu visoku 6,5 m. Da bi se što racionalnije iskoristio prostor s obzirom na visinu — usvojila se katna konstrukcija: prizemlje i kat. Tako bi se na maloj površini dobilo prilično radnog prostora (Sl. 9).

Vodovi 35 kV priključuju se na stanicu nadzemno, kao i dva voda 10 kV. Na dva donja vodna polja priključena su dva kabela 10 kV. Između ovih polja nalaze se transformatorska polja: na katu polje kućnog transformatora s naponskim transformatorima, a u prizemlju učinsko. Raspored ćelija vodnih polja je takav da je izlaz vodova moguć na dvije strane.

Na katu se nalazi zajednička ćelija u kojoj je smješten čitav dio 35 kV stanice: tri rastavljača i strujni transformatori (Sl. 5). Da bi se postigla ušteda na prostoru, rastavljači su pričvršćeni na bočne zidove i na strop, a ne frontalno kako je to uobičajeno.

Također su na katu, uza zid, ali sa suprotne strane ćelije 35 kV, smještene — kao što je već spomenuto — tri ćelije 10 kV, a ispod njih u prizemlju preostale tri ćelije. Širina ćelija je 130 cm a dubina 100 cm.

Ispod ćelije 35 kV nalazi se manja prostorija za akumulatorsku bateriju, a ispred nje u hodniku — signalno-komandna ploča.



1 Učinski trafo 35/10 kV
2 Postrojenje 35 kV
3 Postrojenje 10 kV
4 Relejna ploča
5 Akm. prostorija
6 Zračni vod 35 kV
7 Zračni vod 10 kV
8 Kabel 10 kV

Na kat se dolazi stepenicama širokim 85 cm. Iznad prvih stepenica, pomoću koloture koja je obješena na stropu kata, mogu se dizati teži predmeti, kao: rastavljači 10 i 35 kV, mjerni transformatori, a eventualno i sklopke 10 kV, itd.

Tlocrtna površina zgrade JTS iznosi 4,70 × 4,25 m. Ako je debljina zidova 25 cm, površina trafostanice će iznositi 5,20 m × 4,75 m = 24,76 m², a ako uzmemo 40 cm (što se preporuča) onda je 5,50 m × 5,05 m = 27,78 m².

6. Orijentaciona cijena JTS 35/10 kV — tip B

Kao što je već spomenuto, JTS-tip B se može izvesti s transformatorom montiranim izvan zgrade ili u zgradi. Prema tome i cijene će se razlikovati. Informativna vrijednost građevnog dijela JTS s transformatorom na otvorenom, prikazana je u donjoj tablici (prema cijenama iz 1968. godine).

1.	Zemljani radovi	5.800.— din
2.	Betonski radovi	9.600.— ,,
3.	Armirano-betonski radovi	17.600.— ,,
4.	Zidarski radovi	42.800.— ,,
5.	Limarski radovi	3.300.— ,,
6.	Pokrivački radovi	2.000.— ,,
7.	Taracerski radovi	600.— ,,
8.	Bravarski radovi	9.300.— ,,
9.	Stolarski i staklarski radovi	1.200.— ,,
10.	Soboslikarski radovi	2.800.— ,,
	Ukupno	95.000.— din

Ovdje nije uračunan otkup zemljišta, pristupna cesta, ograda i uređenje okoliša.

Vrijednost elektromontažnog dijela stanice može se mijenjati prema vrsti zaštite i kvaliteti ugrađene opreme. Ovdje je usvojena zaštita izlaznih vodova: posebno s učinskim rastavljačima, a posebno s učinskim sklopkama.

1.	Željezna konstrukcija	23.000.— din	24.500.— din
2.	Postrojenja 35 kV	59.000.— ,,	59.000.— ,,
3.	Učinski trafo	150.000.— ,,	150.000.— ,,
4.	Postrojenje 10 kV	90.000.— ,,	172.500.— ,,
5.	Relejna ploča	42.500.— ,,	54.000.— ,,
6.	Signalni kabeli	6.500.— ,,	7.500.— ,,
7.	Akumulatori	4.700.— ,,	4.700.— ,,
8.	Uzemljenje	6.500.— ,,	6.500.— ,,
9.	Gromobran	4.000.— ,,	4.000.— ,,
10.	Rasvjeta	2.300.— ,,	2.300.— ,,
11.	Čiččenje	2.500.— ,,	2.500.— ,,
12.	Transport	5.000.— ,,	6.000.— ,,
	Ukupno	396.500.— din	494.000.— din

Tako će cijena kompletne stanice 35/10 kV s učinskim rastavljačima iznositi (građevni i elektromontažni) 491.500.— dinara, a s učinskim sklopkama 589.000.— dinara.

7. Zaključak

Jednotransformatorske stanice 35/10 kV s instaliranim učinskim transformatorom do 4 MVA bit će praktične i ekonomične u svim slučajevima, gdje se osjeća potreba za poboljšanjem naponskih prilika i gdje opterećenje naglo raste, a ne raspolaže se s pouzdanim podacima o budućem perspektivnom razvoju promatranog područja.

Kako se JTS 35/10 kV može graditi vrlo jeftino i brzo, to će ugroženi potrošači dobiti u kratkom roku kvalitetnu električnu energiju. Prema tome JTS imaju prednost pred klasičnim tipom transformatorske stanice u slijedećem:

1. dobije se kompletan objekt kojim je odmah zaokružena energetska cjelina.
2. utroši se točno toliko sredstava koliko je potrebno za puštanje u pogon kompletne stanice.
3. sva oprema i relejna zaštita se pojednostavnjuje, a primjenom samo jedne sklopke sa APU na početku voda 35 kV i samo jedne sklopke 10 kV u JTS 35/10 kV, sigurnost pogona ostaje u prihvatljivim granicama.
4. trafostanica se smješta u sam cetar opterećenja.
5. rasplet sekundarnih vodova 10 kV se pojednostavljuje, a vodovi skraćuju.
6. kapacitet i broj stanica može se postepeno povećavati prema zahtjevima i potrebama potrošača.
7. ispadanje iz pogona jedne JTS ne prouzrokuje takve posljedice kao ispadanje veće jedinice u klasičnom tipu transformatorske stanice.
8. cijepanjem, a zatim pojednostavnjenjem klasične stanice 35/10 kV dobiju se dvije ili više JTS istog naponskog nivoa.

I na kraju, moramo ponovo naglasiti da će ispadanje iz pogona jednog voda 35 kV, na kojega je priključeno više JTS 35/10 kV, prouzrokovati veće štete, nego ispad samo jedne stanice. Prema tome, o stanicama kao sekundarnim elementima distributivnog sistema 35 kV, može se povesti računa samo toliko, koliko im se daje važnosti u ovom prikazu, a vodovima 35 kV, kao primarnim elementima, mora se posvetiti daleko veća pažnja nego što je to bio slučaj do sada. To prije, što je njihovo održavanje otežano oštećenjima što ih prouzrokuju atmosferska, mehanička i električna razaranja.

Literatura

1. *Prijenos i distribucija električne energije* (Electrical transmission and distribution — Westinghouse) — Građevinska knjiga — Beograd.
2. A. Franušić — *Automatski ponovni uklop (APU) na Srednjedalmatinskim otocima* — Energija 9—10/67.
3. O. Mesić — *Tipizacija i standardizacija distributivnih trafostanica* — II savjetovanje elektrodistributera Jugoslavije.
4. M. Božinović — *Umetnute transformatorske stanice u mreži 110 kV* — Elektroprivreda 8/62.
5. Razni projekti trafostanica 35/10 kV.

Naslov pisca: Branko Damjanović, dipl. ing., Rijeka

OSNOVNI PRAVCI RAZVITKA TERMOENERGETIKE U SAD

Duško Čorak, Zagreb

Ukupna snaga elektrana u SAD 1. siječnja 1969. iznosila je više od 300 GW, a proizvodnja električne energije u 1968. bila je 1400 milijardi kWh. U ovim vrijednostima su zastupljene termoelektrane snage više od 220 GW, a u proizvodnji električne energije sa oko 80%. Pretpostavlja se da će porast snage termoelektrana poslije 1970. biti orijentaciono 12—14 GW/god.

Za sadašnje stanje termoenergetike daje se u daljnjem prikazu analiza nekoliko osnovnih pokazatelja 44 velika bloka termoelektrana snage od 500 MW i

Tablica 1

Osnovni pokazatelji nekih blokova od 500 MW

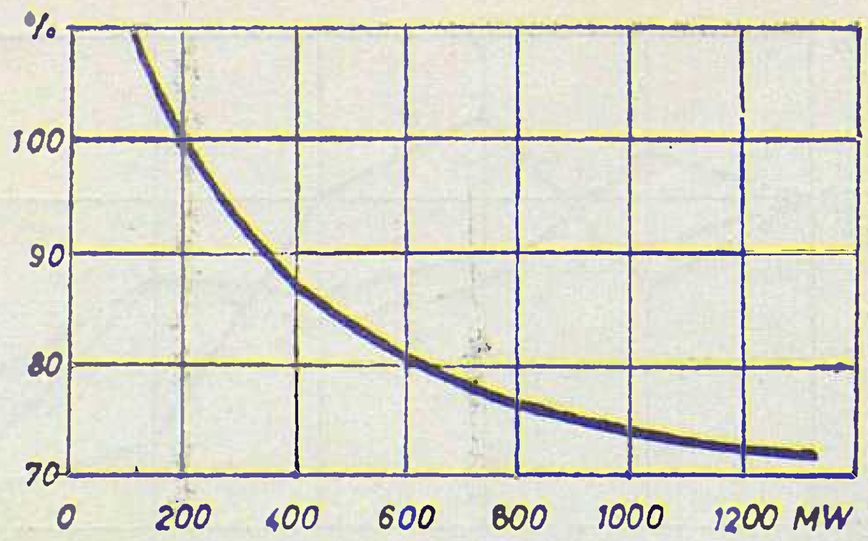
Tehničke karakteristike	Naziv				
	Camberland — 1, 2 (TVA)	Paradise — 3 (TVA)	Big Sandv — 2	Counmaf — 1, 2	John E. Amos — 1, 2
Snaga bloka, MW . . .	2×1300	1150	800	2×900	2×800
Predviđeni rok puštanja u eksploataciju, god. . . .	1971—1772	1969	1969	1970—1971	1971/1972
Tlak pare ispred turbine, atp.	246	246	246	246	246
Temperatura (ulazna / međupregrijana) para, °C . . .	538/538	538/538	538/551/565	538/538	538/551/565
Nominalni učinak kotla t/h . . .	4220	3630	2400	2880	2400
Osnovno gorivo	Ugljen	Ugljen	Ugljen	Ugljen	Ugljen
Proizvođač kotla	Babcock Wilcox	Babcock Wilcox	Foster Wheeler	Combustion Engineering	Foster Wheeler
Tlak u ležištu kotla, mm VS	463	550	508	439	508
Postojanje regulacije dimnih plinova u ekranima ložišta	Ne	—	Ne	Da	Ne
Broj i tip zagrijača za zrak	Regenerativni	Cijevni	2, regenerativni	3, regenerativni	2, regenerativni
Broj ventilatora za zrak / ekshaustora na bloku	3/0	3/0	2,0	3/0	2/0
Visina dimnjaka, m . . .	300	244	251	305	274
Broj okretaja turbine, o/min . . .	3600/3600	3600/1800	36000	3600/1800	3600
Dužina lopatica posljednjeg stupnja turbine, mm . . .	760	1320	850	1090	850
Broj ispuha (broj kućišta turbina)	8/6	4/5	4/4	4/4	4/4
Tlak u kondenzatoru, ata . . .	0,067	0,0518	0,038/0,06	0,051/0,07	0,056/0,09
Proizvođač turbine	—	General electric	General electric	General electric	General electric
Broj i kapacitet napojnih pumpi	2×50	2×50	1×100	2×50	1×100
Broj okretaja pumpe pri punom opterećenju, o/min . . .	5450	5450	5000	5430	5000
Jedinična snaga	21,50	20,50	26,00	18,60	26,00
Temperatura napojne vode °C . . .	288	288	288	288	286
Broj i snaga (kW) rezervnih i startnih napojnih pumpi	—	Ne	Ne	Ne	Ne

iznad, koji će ući u pogon u razdoblju od 1969. do 1973. godine.

Kako se vidi iz tablice 1, osnovna tendencija u projektiranju blokova termoelektrana u posljednjim godinama je povećanje jedinične snage blokova, sa zadržavanjem parametara pare na ranijem nivou:

$p = 246$ ata $\qquad + = 538\,°C$.

Ovi parametri su određeni na osnovu ekonomske analize. Na sl. 1 je prikazano očekivano smanjenje cijene instaliranog kW u zavisnosti o snazi bloka.



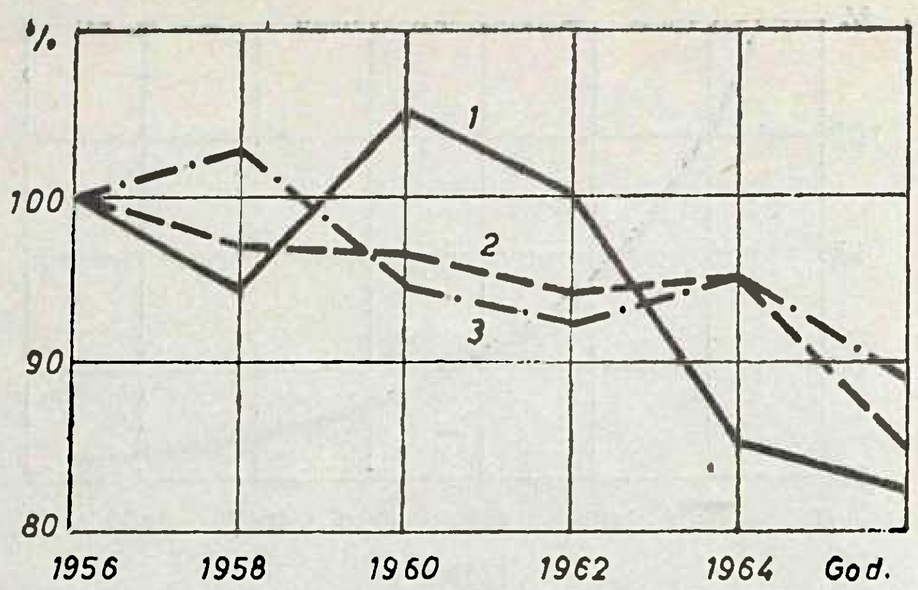
Slika 1

Tablica 1

termoelektrana u SAD

termoelektrana i broj bloka

Mitchell – 1, 2	Montoul – 1, 2	Marshal – 3, 4	Semis-7	Willow Glen – 4	Roy Nelson – 4	Stewart – 1, 2, 3	Morgantown – 1, 2	Tredinhovse Creck – 1
2×800	2×793	2×700	623	580	850	3×580	2×573	566
1970—1971	1971—1973	1969—1970	1971	1971	1969	1970—1972	1970—1971	1969
246	258	246	258	246	246	258	258	258
538/551/565	538/538	538/538/538	538/538	538/538	538/538	538×538	538/538	538/538
2400	2650	2650	2100	1800	1800	2000	1920	1810
Ugljen	Ugljen	Ugljen	Ugljen	Plin, mazut	Plin, mazut	Ugljen	Ugalj mazut	Plin, mazut
Foster Wheeler	Combustion Engineering	Combustion Engineering	Babcock Wilcox	Foster Wheeler	Babcock Wilcox	Babcock Wilcox	Combustion Engineering	Babcock Wilcox
508	430	0	467	990	990	457	0	—
Ne	Da	Da	—	—	—	—	Da	—
2, regenerativni	2, regenerativni	2, regenerativni	2, regenerativni	2, regenerativni	2, regenerativni	Regenerativni	2, regenerativni	1, regenerativni
2/0	2/0	2/2	2/0	2/0	2/0	2/0	2/2	2/0
366	180	85	—	66	66	240	210	60
3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
786	760	850	786	660	660	660	780	635
4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/3	4/4	4/3	4/3
0,056/0,09	0,148	0,115	0,0495	0,099	—	0,0494	0,041	0,110
General electric	General electric	General electric	—	—	General electric	General electric	General electric	Vesting-house
1×100	2×50	2×50	2×50	2×50	2×50	2×50	2×50	2×50
5000	5600	5840	5755	5755	5755	4600	5800	5975
26,00	15,50	12,40	14,40	11,20	11,20	13,80	11,75	10,80
286	290	288	285	262	262	290	264	264
Ne	—	Ne	Ne	Ne	Ne	—	Ne	—



Slika 2

Na slici 2 je prikazana promjena srednjih specifičnih pokazatelja blokova u SAD po godinama.

Stremljenja povećavanju jediničnih snaga blokova usmjerena su na različite strane. U Zapadnoj Evropi su do sada izgrađeni najveći blokovi snage 600 MW (termoelektrana Porchenlle u Francuskoj), 500 MW (termoelektrana u Engleskoj), dok su u SAD u 1965. godini već radili blokove snage 1000 MW u termoelektrani Ravenswood (p = 169 ata), a projektiraju se dva bloka po 1300 MW za instaliranje u termoelektrani Comberland (p = 246 ata). U najskorije vrijeme će biti

Tablica 2

Osnovni pokazatelji nekih blokova od 500 MW

Tehničke karakteristike	Naziv				
	Mojave — 1, 2	Ormond Beach — 1, 2	Baxter Wilson — 2	Berri — 5	Tredinhouse Creek — 2
Snaga bloka, MW . . .	2×790	2×790	785	776	775
Predviđeni rok puštanja u eksploataciju, god. . . .	1970—1971	1971—1972	1971	1971	1971
Tlak pare ispred turbine, atp.	246	246	246	246	258
Temperatura (ulazna / međupregrijana) pare, °C . . .	538/538	538/538	538/538	538/538	538/538
Nominalni učinak kotla t/h . . .	2470	2600	2400	2120	2470
Osnovno gorivo	Ugljen	Plin, mazut	Plin, mazut	Ugljen	Plin
Proizvođač kotla	Combustion Engineering	Foster Wheeler	—	—	Babcock Wilcox
Tlak u ležištu kotla, mm VS . . .	914	905	940	336	660
Postojanje regulacije dimnih plinova u ekranima ložišta	Da	Da	—	Da	—
Broj i tip zagrijača za zrak	2, regenerativni	2, regenerativni	1, regenerativni	2, regenerativni	1, regenerativni
Broj ventilatora za zrak / ekshaustora na bloku	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0
Visina dimnjaka, m . . .	150	72	64	183	60
Broj okretaja turbine, o/min . . .	3600/1800	3600	3600	3600	3600
Dužina lopatica posljednjeg stupnja turbine, mm . . .	1320	850	786	760	760
Broj ispuha (broj kućišta turbina)	2/3	4/4	4/4	4/4	4/4
Tlak u kondenzatoru, ata . . .	0,074	0,081	0,066	0,066	0,115
Proizvođač turbine	General electric	—	—	—	General electric
Broj i kapacitet napojnih pumpi	2×50	2×50	2×50	2×50	1×100
Broj okretaja pumpe pri punom opterećenju, o/min . . .	5400	6000	—	—	5000
Jedinična snaga	14,05	14,90	—	16,10	32,60
Temperatura napojne vode °C . . .	260	284	270	263	260
Broj i snaga (kW) rezervnih i startnih napojnih pumpi	—	—	Ne	—	—

projektirani blokovi snage 1500 MW, a u 1980. se namjerava graditi agregat snage 2000 do 2500 MW. Pretpostavlja se da će u narednim godinama prevladavati termoelektrane većih snaga, i da će instalirana snaga u elektrani iznositi između 1000 i 3000 MW, s dva do četiri bloka. Snaga nekih termoelektrana dostići će snagu od 4 000 MW. Ekonomska veličina termoelektrane, po mišljenju američkih stručnjaka, iznosit će 5000 do 6000 MW (u određenim uvjetima i 10.000 MW).

Sada se vode pregovori o izgradnji velike termoelektrane ukupne snage 5000 MW u blizini Keiprovitea, gdje će biti instalirana dva bloka po 1000 MW, i četiri bloka po 750 MW.

Pretpostavlja se, da će 1980. srednje snage blokova biti između 600 do 800 MW.

Većina blokova se projektira i gradi s natkritičnim parametrima, pri čemu je pritisak na ulaznom ventilu turbine standariziran i iznosi 246 ata. Krajem 1967. u SAD se nalazio u radu 31 blok s tlakom pare p = = 246 ata, ukupne snage 15.000 MW. U isto vrijeme nalazilo se u izgradnji, ili je bilo ugovoreno, 68 blokova, s jednakim tlakom, ukupne snage 45.000 MW. Blokovi

termoelektrana u SAD Tablica 2

termoelektrana i broj bloka

Sedar Bay – 5	Nine Mile Point	Hetfield Ferri – 1, 2	Lebedy – 1, 2	Bolduin – 1	Chesweek – 1	Seminol – 1,2	Leak. Ceat – 4	Cayga – 1
2×750	750	3×500	2×621	605	570	2×550	550	530
1971—1972	1970	1969—1972	1970—1971	1970	1970	1971—1973	1969	1970
246	246	246	269	177	177	169	169	169
538/538	538/538	538/538	538/538	538/538	538/538	538/538	538/538	538/538/538
2360	2440	1780	1910	1900	1810	1626	1720	1510
Plin	Plin, mazut	Ugalj	Ugalj	Ugalj	Ugalj	Plin, mazut	Plin	Ugalj
Babcock Wilcox	Combustion Engineering	Babcock Wilcox	Combustion Engineering	Babcock Wilcox	Combustion Engineering	Babcock Wilcox	Combustion Engineering	Combustion Engineering
380	650	431	0	0	0	760	635	508
—	Da	—	—	—	—	—	—	—
2, regenerativni	2, regenerativni	Cijevni	2, regenerativni	Cijevni	2, regenerativni	1, regenerativni	1, regenerativni	2, regenerativni
2/0	2/0	2/0	2/2	3/3	2/2	2/0	2/0	2/0
63	57	214	214	183	229	54	60	153
3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
786	725	787	725	725	760	660	660	635
4/4	4/4	4/3	4/3	4/4	4/2	4/3	4/3	—
0,115	0,82	0,099	0,115	0,0495	0,055	0,0495	0,115	—
Vesting-house	Vesting-house	Vesting-house	Vesting-house	Vesting-house	General electric	General el. Vestingh.	General electric	Vesting-house
2×50	2×50	2×50	2×50	2×65	2×50	2×50	2×50	2×50
6000	5600	5000	5600	5850	5600	5225	5950	5100
14,20	15,70	11,40	8,43	8,675	7,45	6,25	6,75	6,71
256	270	232	256	249	251	251	251	251
Ne	Ne	—	Ne	1/5200	1/—	—	2/2600	1/4850

snage 500 MW i većih snaga, s tlakom od 246 ata sačinjavali su 78% ukupne snage instalirane u razdoblju od 1964. do 1967. Pretpostavlja se da će poslije 1972. godine svi veliki blokovi biti projektirani s natkritičnim parametrima.

Na 36 blokova primijenjeno je jedno međupregrijavanje s temperaturom od 538 °C, na 8 blokova dvostruko međupregrijavanje, na 7 blokova je jednoosovinska turbina sa n = 3600 °/min, a na 7 blokova su dvoosovinske turbine. Ugljen je ostao osnovno gorivo kod projektiranih blokova. Otvorenu konstrukciju kotla imat će 26 blokova, turbina 9 blokova, generator 8 blokova.

Na 36 blokova bit će instalirani kotlovi sa pretlakom, ostalih 8 su kotlovi sa potlakom, a svi su loženi ugljenom, (četiri su sa potkritičnim parametrima pare, a četiri sa natkritičnim parametrima pare).

Proizvođači kotlova u SAD primijenjuju različite sheme poboljšanja cirkulacije dimnih plinova u ekranima kotlova. Tvrtka Combustion Enginering primjenjuje recirkulaciju dimnih plinova u ložištima kotlova na 30 instaliranih blokova, ukupne snage 19.000 MW, između ostalih i na termoelektranama Bull Run 4 × 950 MW, Kistoun 2 × 900 MW, Counmat 2 × × 900 MW. Deset kotlova te tvrtke sa cirkulacijom dimnih plinova već se nalazi u eksploataciji. Tlak u kondenzatoru varira od 0,05 do 0,17 ata.

Rashladna voda je na 16 blokova iz rashladnih tornjeva, na 14 blokova iz rijeka, na 8 blokova iz jezera i na 4 bloka iz mora. Dvodjelni kondenzatori su instalirani na 33 bloka, a jednodjelni na 9 blokova.

Na 38 blokova su instalirane po dvije napojne pumpe 50% kapaciteta kotla, a na 6 blokova jedna napojna pumpa 100% kapaciteta kotla. Za pogon napojnih pumpi uglavnom se koristi pomoćna turbina i to od dviju pumpi po 50% kapaciteta kotla, jedna pumpa ima pogon sa vratila glavne turbine, a druga od pomoćne.

Sa pretlakom u ložištu radi 31 blok sa dva instalirana ventilatora, a na dva bloka (snage 900 MW) instalirana su tri ventilatora za zrak s elektromotornim pogonom. Na blokovima 1150 i 1300 MW instalirana su tri ventilatora za zrak sa turbopogonom. Kod blokova koji rade s potlakom u ložištu, svi ventilatori i ekshaustori imaju elektromotorni pogon.

Recirkulacija plinova primijenjuje se na većini kotlova tvrtke Babcock wilcox, a također i na blokovima veličine 1150 i 1300 MW.

Većina blokova nema više dva niza zagrijača niskog i zagrijača visokog tlaka. Pri tom 27 blokova imaju grupni baypos za zagrijače visokog i niskog tlaka. Jedan blok ima samo baypos za zagrijač visokog tlaka, 6 blokova ima samo baypos za zagrijače niskog pritiska, a 4 bloka po 790 MW, 1 blok od 600 MW i 1 blok od 570 MW nemaju uopće bayposa.

Dimnjaci su postavljeni na nultoj koti termoelektrana. Za loženje na ugljen dostižu visinu 360 m, a za loženje na plin visinu 65 m.

Naslov pisca: Duško Čorak, dipl. ing.
Termoelektrana-Toplana, Zagreb

Novi korak u konstrukciji compjutora

U Parizu i u New Yorku istovremeno je objavljeno da je dovršena konstrukcija novog električnog računala firme IBM sistem 370, model 155 i 165 s kapacitetima memorija i brzinama daleko većim od do sada poznate serije 360.

Novi model, 370-165, može npr. postići interne brzine pet puta veće od modela 360-65, a uz malo višu cijenu. Brzine centralnih jedinica modela 155 i 165 su 115 odnosno 80 nanosekunda za bazični ciklus tj. vrijeme potrebno za jednu instrukciju. Predmemorije ovih modela rade istom brzinom kao i centralne memorije, što još više ubrzava proces računanja. Feritne centralne memorije mogu dostići dva milijuna riječi po 8 bitova za model 155 i tri milijuna za model 165. Istovremeno se mogu obrađivati 15 različita programa, podrazumjevajući ovdje i programe IBM 1400, 7000 i sistem 360. I eksterne jedinice su znatno većeg kapaciteta nego kod sistema 360. Disk jedinica 3330 ima kapacitet 3,5 puta veći od manjih tipova, odnosno 800 milijuna riječi tj. milijardu i po znakova, s vremenom pristupa 30 milisekunde.

Novi štampač IBM 3211 ima brzinu 2000 redova u minuti, a s manjim znakovima 2500 redova u minuti. Za ilustraciju primijenjene tehnike kod ovih modela neka bude spomenuto, da su jedinice za logičke i aritmetičke operacije izvedene iz 2—8 integriranih krugova u pločicama 2 mm^2. U pločicama predmemorija površine 28 mm^2 sadržano je čak do 64 kruga s ekvivalentom od 664 tranzistora, dioda i drugih komponenata. Interesantno je još spomenuti da su ovaj model konstruirali evropski stručnjaci u podružnicama IBM u Engleskoj, Francuskoj, Zapadnoj Njemačkoj i Švedskoj, u svakoj od specijaliziranih tvornica određeni dio sistema u suradnji sa svojim američkim kolegama, ali naravno, za račun matične firme.

Ovakve informacije prodrle su u štampu ovih dana, lansirane od jedne velike firme. Rečeno je i to da je odnos između nanosekunde i jedne sekunde, kao između sekunde i trideset godina, i da je cijena mikrokrugova pala od 1960. do 1965. za tri četvrtine a do danas još na polovinu. Još je interesantnije i važnije saznati kako se postižu ovakvi rezultati, jer to ukazuje na trajni pravac uspona.

Značajno je da Sjedinjene države dodjeljuju samo desetinu svojih kreditnih sredstava na fundamentalna istraživanja, i da daju ogromna sredstva za primjenu izuma u industrijske i komercijalne svrhe. U Evropi, naprotiv, prevladava često sama želja za znanjem, a zanemaruje se primjena, što dovodi do kupovanja patenata u drugim zemljama. Osim toga industrije same nadoknađuju više od polovine troškova istraživanja, pri čemu svote nisu veće od dvadesetine onoga što se investira s druge strane Atlantika. U Sjedinjenim Državama upravlja se društvenim kreditima radom svakog drugog istraživača. Još je veća razlika u elektronici, gdje se iz javnih sredstava financira 85% istraživanja. Velika Britanija i Japan daju tri četvrtine sredstava u te svrhe, a Francuska jedva nešto više od polovine. Ukupni napor Sjedinjenih Država na području istraživanja elektronike je dvadeset puta veći negoli u Francuskoj, a ako procjenjujemo na nivou industrije, trideset puta veći.

U eri nanosekunde jedinica za istraživanje postaje megadolar: milijun dolara. Nanosekunda se može osvojiti jedino pod pritiskom mega-dolara. Naravno, istraživanje je stalni rizik. Ali, ako su oni koji istražuju ugroženi gubicima, oni koji ne istražuju sigurno idu u zaostajanje.

U Sjedinjenim Državama krediti za istraživanja i razvoj dostigli su za jednu fiskalnu godinu, 25 milijardi dolara, što je više nego 3% od nacionalnog bruto produkta. Pri tom treba znati da je taj bruto produkt osam puta veći nego u Francuskoj, čije stanovništvo je samo četiri puta manje.

Sjedinjene Države privlače svake godine više tisuća stručnjaka i naučenjaka, po prilici dvadesetinu svih novo-diplomiranih u zapadnoj Evropi. Stotinu članova Američke akademije nauka, od 630, došli su iz Evrope. Deseci tisuća istraživača, koji su emigrirali u Sjedinjene Države posljednjih 20 godina, više su nego obilno nadoknadili državnoj blagajni sve kreditne pomoći inozemstvu, što prelazi 100 milijardi dolara.

Prosječno svaki Amerikanac upotrebljava ekvivalent od 8 tona ugljena godišnje, a to je dva puta više nego u zap. Evropi ili SSSR-u, 60 puta više nego Azijat ili Afrikanac. Udio Amerike u svjetskom izvozu elektroničke opreme dostiže 60%, prema 7% iz Francuske i 13% iz Zap. Njemačke. Dok 80 američkih poduzeća ima godišnji promet veći od milijarde $, u Zap. Njemačkoj to ima samo 12, u Velikoj Britaniji 7, u Italiji 4, u Nizozemskoj 4, i u Francuskoj jedno poduzeće. »General Electric« godišnje realizira 40 milijardi franaka (8 milijardi dolara), ima preko 300.000 radnika, »Philips« i »Siemens« imaju oko 250.000 radnika, IBM, »Hiči Ijošiba« u Japanu oko 130.000. Ipak, američkim budžetom se subvencioniraju istražne organizacije IBM-a, Bella, General Motors-a, Duponta, General Electrica i mnogi drugi. Automacija, kibernetika, petrokemija, biologija i farmakologija ostaju korisnici skoro isključivih potpora države.

U fundamentalnim znanostima NFS (National Science Fundation) određuju glavne pravce i daje velika sredstva. Ona subvencionira među ostalim koordinirane projekte čitave serije laboratorija. Trinaest centara NASE povjerava radove 200 poduzeća: 9/10 kredita za istraživanja i razvoj idu u stotinjak instituta, koji broje više od 5000 istraživača.

Naravno, da i giganti, kao što su IBM, ili Bell Telefon investiraju ogromne svote u istraživanja automatike i kibernetike. Vlastiti laboratoriji, čiji stručni sastav varira između stotine i tisuće ljudi, vode za sobom još čitav niz istraživača u raznim institutima

i organizacijama, svuda po USA, pa i u Evropi, kako smo već vidjeli.

Drugi oblik tehnološkog uspjeha je istraživanje po narudžbi. Razne ekipe, organizirane ad hoc, rješavaju tehničke probleme, koji prelaze kapacitete pojedinih laboratorija i institucija. Oko 4.000 organizama za istraživanje po narudžbi, interveniraju u najrazličitijim područjima: elektronici, građevinarstvu, biologiji, medicini, ekonomiji, upravljanju poduzećima, psihologiji. U Evropi ima nekoliko takvih institucija, koje rade po narudžbi. Može se reći da to ima velikih uspjeha i da takve institucije uspjevaju grupirati naučenjake industrije i financijske izvore. Tako stvaraju plodne veze između izoliranih laboratorijskih istraživača i velikih inudstrija.

B. Baranović

Velika elektrana Cabora-Bassa u Africi

Južnoafričke republike Portugal i Rodezija zajednički grade veliku elektranu Cabora-Bassa na rijeci Zambezi u Mozambiku. Kada bude dovršena sa 4000 MW bit će peta po veličini hidroelektrana na svijetu. Ukupni troškovi su predviđeni od 532 milijuna randa (12,67 milijardi šilinga).

Teritorij Mozambika, portugalske kolonije u jugoistočnoj Africi, ima 778 000 km², a ima oko 7,2 milijuna stanovnika (sl. 1). Radovi na glavnoj brani energetskog sistema Cabora-Bassa, 140 km uzvodno od grada Tete, započeli su 1. X 1969. Brana će biti visoka 160 metara i duga 320 metara.

Predviđa se da će u prvoj fazi u strojarnicu biti ugrađeno pet agregata sa 480 MVA svaki, uz $\cos \varphi = 0{,}85$ i s naponom generatora 16 kV. Godine 1975. bit će dograđene još tri jedinice s ukupno 1224 MW. Na taj će način ova elektrana već tada imati dvostruko veću instaliranu snagu, nego je ima elektrana Kariba, koja leži u srednjem toku rijeke Zambezi. Nakon treće etape koja se očekuje 1977. elektrana bi trebala doseći snagu 4000 MW.

U elektrani će biti ugrađeni i transformatori u bloku, i to po tri jednofazna transformatora za svaku jedinicu. Ovi će jednofazni transformatori imati prenosni omjer $16/\frac{230}{\sqrt{3}}(1 \pm 0{,}5)$ kV), pa će od njih energija teći do rasklopnog postrojenja Sengo, udaljenog 6 km od elektrane.

Preko osam ispravljačkih mosnih grupa od 240 MW, 133 kV, koje su adekvatne jednoj ispravljačkoj stanici za ± 533 kV, započinjat će najveći svjetski prijenos pomoću istosmjerne struje vodom 1360 km, od mjesta Pafori u Mozambiku do mjesta Limpopo kod Pretorije, glavnog grada Južne Afrike. Tamo će se izgraditi ispravljačko-transformatorska stanica »Apollo« u kojoj će se istosmjerna struja pretvarati u trofaznu, transformirati, i upućivati u prijenosnu mrežu južnoafričkog ESCOM-a.

Za potrebe istosmjernog prijenosa i mreže ESCOM-a, bit će u toj stanici postavljena kondenzatorska baterija sa 1000 MVAr kapacitivnog opterećenja. Kapacitet akumulacionog jezera elektrane bit će 75 milijardi m³ vode. Na gradnji ovog energetskog objekta radit će oko 6000 ljudi, a portugalska vlada smatra da će kao posljedica izgradnje elektrane biti velika migracija, oko milijun ljudi, u područje doline Zambezi nizvodno od elektrane, gdje će se vrlo intenzivno razviti poljoprivreda.

(Prema: ÖZE, Zb. 23 (1970), H. 4.)

J. Moser

Elektroprivreda Japana

Proizvodnja i distribucija električne energije u Japanu povjerena je privatnim poduzećima kojih ima deset. Tih deset poduzeća odgovara regionima koji tvore japansku državu, tako da svako poduzeće ima monopol u jednom regionu. Ovih deset poduzeća proizvelo je tokom financijske 1967. god. (od 1. 4. 67. do 31. 3. 68) 75 % ukupno proizvedene električne energije, 12 % je proizvelo 16 malih poduzeća koja se bave proizvodnjom i prodajom električne energije velikim poduzećima, a 13 % je proizvedeno u industrijskim elektranama. Evo nekoliko podataka o elektroprivredi Japana:

Instalirana snaga	9 najvećih poduzeća	ukupno u zemlji
u termoelektranama MW	24947	32421
u hidroelektranama MW	11227	17124
ukupno MW	36174	49545
Broj potrošača	31.104.000	
Prosječna cijena d/kWh	0,22	
Površina distribuiranja energije km²	368.238	
Prosjek zaposlenog personala	135.209	

Osnovna karakteristika japanske elektroprivrede je brzina porasta potrošnje tako da od 1955. do 1967. godine taj porast iznosi 246 %. Japan danas sa 244 TWh po proizvodnji električne energije zauzima treće mjesto u svijetu.

Mada je prosječni porast potrošnje električne energije tokom posljednjeg desetljeća iznosio 11 %, a u 1967. 14,2 %, za slijedećih pet godina predviđa se da će prosječni porast iznositi 8,5 %.

Instalirana snaga u termoelektranama nadmašila je 1963. snagu instaliranu u hidroelektranama, a u 1968. odnos je 65 : 35 %.

Najveća termoelektrana Yokusuka ima instaliranu snagu 2630 MW, a postoje još 4 termoelektrane koje imaju instaliranu snagu veću od 1000 MW. U rujnu 1967. ušla je u pogon prva jedinica od 600 MW, dok su danas jedinice od 450 i 500 MW obična stvar u termoelektranama Japana.

Proizvodnja hidroelektrana je namijenjena pokrivanju vršnih opterećenja pa se radi toga mnogo grade

pumpne hidroelektrane. U gradnji je elektrana Kisenyama, koja će imati pumpnu grupu od 245 MW, u ovom trenutku najveću na svijetu.

Prijenosna mreža u Japanu je 275 kV, a 1966. je izgrađen prvi dalekovod od 500 kV koji momentalno radi na 275 kV.

Bez obzira na brzu izgradnju elektrana, u Japanu znade od 1957. god. doći povremeno do nedostatka električne energije, jer je, trenutno, proizvodna rezerva svega 10 %.

U termoelektranama se češće koristi ugljen nego nafta. U Japanu nema dovoljno nafte, pa se zato mnogo više koristi ugljen. Pri tom postoje vrlo stroga pravila o sprečavanju zagađivanja zraka. Spomenimo, da je u elektrani Anegasaki izgrađen dimnjak visok 200 metara.

Iznos električne energije u ukupnoj energetskoj bilanci Japana ($1{,}458 \times 10^{15}$ kcal u 1965. god.) iznosio je 26,8 % i raste svake godine. Kako više nema tako mnogo vodenih snaga koje bi se mogle ekonomično iskoristiti, postavlja se posljednjih godina problem izgradnje nuklearnih elektrana. Predviđena snaga 1975. god. je 6300 MW.

Japanska vlada je razradila dugoročni plan razvoja i izgradnje elektroenergetskih objekata, vodeći računa o potrebama u 1975: potrebe 396 TWh električne energije, vršno opterećenje u prosincu 1975 — 65000 MW. Plan predviđa stavljanje u pogon 47300 MW, od toga 9000 MW u hidroelektranama, 32000 MW u klasičnim termoelektranama i 6300 MW u nuklearnim elektranama.

(Prema: L'energia elettrica, No. 7, 1969, Bulletin ASE, No. 4, 1970)

J. Moser

Poljska — centar za energetiku

U Centralnom institutu za rudarstvo (Katovice), formiran je 1969. Centar, koji je od početka 1970. počeo funkcionirati kao istraživački institut za energetska pitanja, jer je snabdijevanje zemlje energijom jedan od osnovnih problema budućeg ekonomskog razvoja i povećanja standarda naroda. Od četrdeset osoba koliko ih sada radi u Centru, od čega 37 inženjera i ekonomista, predviđa se da će u 1973. biti namješteno oko 270 osoba. U Poljskoj su se naučni radnici i suradnici velikih tehničkih škola i poduzeća posvetili studiju više projekata i poduzeli istraživačke radove. Centar je zadužen da upravlja ovim aktivnostima, da svrsta razne projekte u jedan plan i da izradi analizu optimizacije energetskih bilanci, ekonomske efikasnosti korištenja raznih vidova energije i svih ostalih pitanja vezanih za energetski sistem zemlje. Npr.:

- racionalna energetska ekonomika zemlje, regija, industrije, poljoprivrede i servisa;
- metode za izradu i analizu energetskih bilanci zemlje, regija, industrijskog sektora i poduzeća;
- metode analize ekonomske efikasnosti i normi korištenja raznih oblika energije, transporta energije, pojedinačno i u kompletnim sistemima;
- predviđanja u području energije, izrada matematskih modela buduće i optimalne energetske strukture pomoću računara;
- izrada koncepta buduće energetske strukture zemlje i njenih regija.

Jedan od prvih zadataka kojim će se Centar okupirati bit će izrada projekcije modela energetske ekonomike do 1985.

Ing. D. Mijić

Elektroprivreda Južnoafričke Republike

Južnoafrička Republika je nastala 31. III 1961. Odvojila se od Južnoafričke Unije koja je od 1910. godine kolonija i dominion Velike Britanije. Republika se sastoji od četiri provincije: Kapland, Transvaal, Oranje i Natal. Ona je danas najjača industrijska zemlja na tlu Afrike, vrlo poznata po rudarstvu i na prvom je mjestu u svijetu po proizvodnji zlata. Poznata je po žestokom parthejdu, politici rasne diskriminacije manjine bijelaca nad crnačkom većinom stanovništva.

Državno elektroprivredno poduzeće Electricity Supply Commission (ESCOM) formirano je 1923. godine. Bavi se proizvodnjom, prijenosom i distribucijom električne energije i pokriva oko 80 % proizvodnje električne energije. Ostalih 18 % proizvode elektrane u sastavu rudnika, a 2 % je proizvodnja industrijskih elektrana i uvoz iz susjedne Jugozapadne Afrike.

Elektroenergetski kapacitet elektrana, kojih ima oko 200, iznosi 9347 MW, od toga ESCOM ima 22 postrojenja sa 6345 MW (70 %). Potrošnja električne energije u razdoblju 1962—1966. rasla je prosječno za 7,9 % godišnje. Pregled po vrstama potrošnje je slijedeći:

u GWh	1962.	1963.	1964.	1965.	1966.	% god.
rudarstvo	9247	9518	9927	10344	10813	4,0
industrija	3701	4262	4882	5672	6070	13,2
kućanstva	296	322	372	430	482	12,9
široka potrošnja	4870	5391	6058	6688	7180	10,0
javna rasvjeta	7	7	8	9	9	6,5
ukupno	18121	19500	21247	23143	24554	7,9

U gradovima postoje postrojenja za proizvodnju električne energije (termoelektrane):

Johannesburg ima 3 elektrane: Jeppestrasse, Orlando i Kelvin, s ukupnom snagom 69,5 MW.

Kapstadt ima elektranu Tafelbucht, 5×40 MW i elektranu Athlone, 6×30 MW. Novi 400 kV dalekovod spaja gradsku mrežu sa termoelektranama kod rudnika ugljena u Transvaalu. Ovaj dalekovod može prenijeti 2×600 MW.

Pretorija ima elektranu West, 265 MW, a u gradnji je elektrana Rosival sa 4 × 60 MW.

Port Elisabeth ima dvije elektrane sa ukupno 300 MW. Od toga je jedna nova elektrana Zwartkop sa 3 × 20 i 6 × 30 MW.

Bloemfontein ima dvije elektrane i ukupnu snagu 105 MW.

Industrijska postrojenja imaju 40 elektrana sa snagom od 300 MW.

Do 1975. planirano je da se instalirana snaga elektrana poveća na 15 GW. To će se postići izgradnjom novih elektrana Camden 8 × 200 MW, Hendrena 10 × 200 MW i Arndt 6 × 350 MW. Predviđa se izgradnja jedne elektrane 6 × 500 MW u provinciji Transvaal. Ovo su sve parne termoelektrane građene pokraj rudnika ugljena.

Veliki projekt hidroelektrane Cabora Bassa sa 4000 MW je objekt koji grade Južnoafrička Republika i Portugal u Mozambiku, 400 km daleko od Indijskog oceana, na rijeci Zambezi. Na izgradnji ovog objekta učestvuje 15 firmi iz SR Njemačke, Francuske i Italije. Predviđa se i izgradnja hidroelektrane od 500 MW na rijeci Oranje.

Godine 1978. ući će u pogon prva nuklearna elektrana snage 300 MW u Kapstadtu.

(Prema: Elektrizitätsverwertung, Jg. 45/1970/No. 2.)

J. Moser

U pogonu nova hidroelektrana u SSSR-u

Krajem prošle godine puštena je u pogon nova hidroelektrana u SSSR-u. Pokrenutas u dva agregata u HE Kapčagaj, od 217 MW, posebno dobrodošli republici Kazahstan, gdje se ova elektrana nalazi. Kad bude potpuno završena, imat će ova elektrana još dva takva agregata i ukupnu snagu 434 MW. Na rijeci Ili, na kojoj je izgrađena, podignuto je i akumulaciono jezero dugo oko 180 km. Voda će iz jezera poslužiti i za navodnjavanje.

(EI, 11. 70)

J. M.

Izvoz iranskog zemnog plina u SSSR

Završavaju se posljednja ispitivanja novog plinovoda Iran - SSSR kojim će se godišnje izvoziti 6000 milijuna kubičnih metara zemnog plina iz Irana. Plinovod vodi do Zakavkaske SR, gdje je spojen na mrežu plinovoda SSSR-a. U Sovjetskom Savezu izgrađeno je oko 200 km plinovoda kroz republiku Azerbejđan, a na perzijski dio plinovoda vezan je kod mjesta Astara.

Na plinovodu je izgrađeno devet pumpnih stanica od kojih je osam u Iranu. Sve su izgrađene u suradnji Irana i SSSR-a. Kad će biti u punom pogonu plinovod će omogućiti da se iranski izvoz plina poveća na 10 000 milijuna kubičnih metara godišnje. Plinom će se snabdijevati vrlo prostrano područje južnog dijela SSSR-a.

(EI, 11. 70)

J. M.

Pumpne elektrane u Australiji

Početkom 1971. ulazi u pogon prvo pumpno postrojenje u Australiji u sklopu energetskog sistema Snowy Moutains. Australija osim ovog postrojenja planira izgradnju nekoliko pumpnih elektrana. U Južnom Novom Velsu će se, prema predviđanjima, 1976. završiti izgradnja hidroenergetskog sistema Shoalhaven, sa 240 MW u pumpnoj hidroelektrani. Smatra se da će do 1990. biti izgrađena i druga etapa s novih 160 MW. Gornji rezervoar ove elektrane bit će kod vodopada Fitzroy Falls, a donji na rijeci Kangaroo.

(EI, 11. 70)

J. M.

Veliki porast potrošnje nafte u Pakistanu

Potrošnja nafte i naftinih derivata bilježi u Pakistanu veliki porast. U posljednjih deset godina potrošnja je porasla sa 21,15 milijuna tona u 1959, na 24,22 milijuna tona u 1969. godini. To znači da je prosječna godišnja stopa porasta iznosila 7%, što odgovara svjetskom prosjeku za isto razdoblje. Najveći porast potrošnje u Pakistanu ima potrošnja avionskog goriva sa 212%, kerozina sa 205%, mazuta sa 133%, benzina sa 93%, lakih ulja sa 86% i loživih ulja sa 37%. Postojeće rafinerije mogu preraditi 5 milijuna tona nafte i nalaze se pretežno u Zapadnom Pakistanu. Do 1975. godine povećat će se kapacitet prerade u Zapadnom Pakistanu za 60%, a u Istočnom će se kapacitet udvostručiti.

(EI, 11. 70)

J. M.

Japan će uvoziti zemni plin iz Pakistana

Ministar vanjskih poslova Japana, Kiiči Aiči izjavio je prilikom nedavne posjete Pakistanu, da će Japan uvoziti pakistanski zemni plin. U Pakistanu su pronađene velike rezerve zemnog plina, ali veći dio se još ne eksploatira, uglavnom zbog novčanih teškoća. Oko 40% svih rezervi se nalazi u Istočnom Pakistanu, odakle bi Japan želio uvoziti plin u tekućem stanju specijalnim tankerima.

(EI, 11. 70)

J. M.

Solarno energetsko postrojenje

Nakon desetogodišnjeg istraživanja mogućnosti korištenja sunčane energije, izgrađeno je ispitno postrojenje u solarnom istraživačkom centru u blizini Erevana u Armeniji, na obroncima planina sa vrlo velikim brojem sunčanih dana u godini. Ispitni centar se sastoji od većeg broja laboratorija i šest kula za akumuliranje sunčane energije. Ova energija se upotrebljava za ispitivanje materijala, taljenje metala a ispituje se i mogućnost dobivanja električne energije.

(EI, 12. 70)

J. M.

Izgradnja nuklearnih reaktora u SSSR-u

Kako je objavio sekretar Atomskog Energetskog komiteta SSSR-a, u izgradnji se nalazi 20 reaktora, od toga 6 za izvoz u druge zemlje. S obzirom da su se brzi neutronski reaktori pokazali dobrima, u Malekešu se sada grade dva mnogo veća. Reaktor od 350 MW za NE Ševčenko i 600 MW za novu NE na Uralu. Ova dva objekta trebala bi biti gotova između 1975. i 1980. godine.

Dva reaktora od 440 MW hlađena vodom su u gradnji u NE na otoku Kola, a ista takva jedinica bit će treća jedinica u NE Novovoronježu. U Lenjingradu će se graditi nuklearna elektrana sa dva reaktora 1000 MW uranij-grafitnog tipa. Ista takva elektrana gradit će se u blizini Kurska, a treća, manja kod mjesta Bilibino.

Šest reaktora koji se grade za strane naručioce bit će montirani u Bugarskoj, Mađarskoj, DR Njemačkoj, Rumunjskoj, Čehoslovačkoj i Finskoj.

(EI, 12. 70)

J. M.

Izgradnja velike termoelektrane u DR Njemačkoj

U Kotbusu, 80 km južno od Berlina, započela je izgradnja termoelektrane od 3860 MW. Kao gorivo će se upotrebljavati mrki ugljen.

Projekt za ovu termoelektranu rade sovjetski stručnjaci. Do sada ih je oko projektiranja angažirano oko 60, a uskoro će još oko 100 stručnjaka nadgledati radove. Kod radova će se upotrijebiti i 180-tonski traktor izrađen u metalskim zavodima u Lenjingradu.

Prva etapa ove elektrane obuhvaća šest jedinica od 1600 MW, druga etapa također šest jedinica od 1260 MW, a treća će imati dvije jedinice po 500 MW.

(EI, 12. 70)

J. M.

U Španjolskoj termoelektrana ložena otpacima

U blizini Barcelone gradi se termoelektrana koja će biti ložena otpacima skupljenim u ovom velikom španjolskom gradu. Dnevno će u pećima ove termoelektrane sagorjeti oko 1000 tona otpadaka. Elektrana će biti u blizini postojećih termoelektrana u predgrađu Barcelone. Interesantno je da će elektrana upotrebljavati morsku vodu kao sredstvo za hlađenje kondenzatora. Tako će se na jednostavan način riješiti pitanje uklanjanja otpadaka iz grada.

(EI, 11. 70)

J. M.

Na Malti novo postrojenje za dobivanje pitke vode

Malta nema pitke vode pa mora desalinizirati morsku vodu. U posljednjih šest godina izgrađena su četiri takva postrojenja. Elektroprivrdeno poduzeće Malte, Malta State Electric Board odgovorno je i za distribuciju pitke vode po cijelom otoku, pa je naručilo kod firme Westinghouse novo veliko postrojenje za desalinizaciju morske vode. Postrojenje bi trebalo biti 50 % kapaciteta svih dosadašnjih postrojenja zajedno. Davat će 36 milijuna litara pitke vode dnevno, za industriju i široku potrošnju. Postrojenje će se montirati u Marsa Creeku i bit će u pogonu za manje od dvije godine. Stajat će oko 3 milijuna dolara.

(EI, 11. 70)

J. M.

Pregled nuklearnih reaktora u svijetu

IAEA je objavila ukupni broj nuklearnih reaktora instaliranih u nuklearnim elektranama u svijetu. Krajem 1969. godine bilo ih je 91 u 14 zemalja s ukupno instaliranom snagom od blizu 15 500 MWe. Krajem 1970. godine u 15 zemalja bit će ih 109, s ukupnom snagom od 24 250 MWe. Predviđa se da će 1976. godine biti 28 zemalja sa 298 reaktora i snage od 147 000 MWe. Detaljniji pregled nalazi se u tablici. U ovom popisu nema Jugoslavije i nuklearnog reaktora u Krškom, jer će ova elektrana ući u pogon vjerojatno tek oko 1977. godine.

Pregled nuklearnih reaktora u svijetu do 1976.

Zemlja	Broj reaktora	Inst. snaga MWe
USA	107	76 500
Velika Britanija	42	13 000
SSSR	29	8 000
Zapadna Njemačka	25	10 000
Japan	19	9 500
Francuska	11	3 000
Švedska	10	5 400
Kanada	9	4 000
Španjolska	6	2 600
Indija	6	1 200
Švicarska	5	2 250
Italija	5	1 400
Belgija	4	1 500
Nizozemska	3	1 000
Bugarska	2	800
Argentina	2	600
Pakistan	2	325
Meksiko	1	600
Južna Koreja	1	550
Australija	1	500
Brazil	1	500
Kina	1	500
Norveška	1	500
Grčka	1	450
Finska	1	440
Australija	1	400
Tajland	1	300
Čehoslovačka	1	100

(Prema: Energy International, dec. 70)

J. Moser

Projekt najveće hidroelektrane na svijetu

Najveća hidroelektrana na svijetu bit će izgrađena u Sibiru na rijeci Jenisej. To je elektrana Sajano-Sušenskaja. Ona će imati kamenu branu dugu 1 km, visoku 240 metara, protok 13 000 m³/sek i pad 220 metara. Ukupna instalirana snaga iznosit će 6,4 GW.

(ETZ-B, 22/70, H. 18/19)

J. M.

Austrijska poduzeća grade termoelektranu u Tajlandu

Elektroprivredno poduzeće Tajlanda ugovorilo je s nekoliko austrijskih firmi izgradnju parne termoelektrane u južnom Tajlandu, kod mjesta Surathani. Elektrana će imati 33 MW, a kasnije će se proširivati do 180 MW. Predviđa se da će ovaj objekt stajati 160 milijuna šilinga (oko 80 milijuna dinara). Izgradnja će se financirati austrijskim kreditom, a nosilac posla je firma »Wagner - Biro - Elin«.

(OZE, Jh. 23, H. 8)

J. M.

Elektroprivreda Kolumbije

Tri najveća grada južnoameričke države Kolumbije, Bogota, Medelin i Cali, nalaze se u centrima triju najvećih područja ove zemlje. Međusobno su udaljeni oko 300 km, što je razlog da se razvoj električne mreže i električnih centrala sveo na ova tri grada. U svakom od njih postoji elektroprivredno poduzeće. Tek u posljednje vrijeme pokušava se da se izgradnjom četvrtog sistema CHEC, sva tri područja povežu u jedan sistem. Ovo će se vjerojatno ostvariti izgradnjom 220 kV spojne mreže koja će imati oblik slova Y.

Ukupna potrošnja električne energije u 1967. god. iznosila je 4136 GWh, od toga u sistemu Bogote 1368 GWh, Medelin 1597 GWh, Cali 831 GWh i u sistemu CHEC 340 GWh.

U Kolumbiji danas radi, ili se gradi, 15 hidroelektrana i 5 termoelektrana veće instalirane snage od 5 MW. Prema područjima svaki sistem ima.

	HE	TE
Bogota	560 MW	117 MW
Medelin	730 MW	—
Cali	194 MW	71 MW
CHEC	135 MW	—
Ukupno	1619 MW	188 MW

J. M.

Usporedba Francuske elektroindustrije u 1958. i 1969. god.

Francuska elektroindustrija zapošljava danas 226 000 radnika. Za razdoblje od ožujka 1969. do veljače 1970. postignut je produkt od 23 milijarde francuskih franaka. Koliko je taj produkt velik najbolje pokazuje podatak da je 1958. godine sa 262 500 radnika postignuto 8,6 milijardi francuskih franaka.

(ETZ. B, 22/70, H. 18/19)

J. M.

Proizvodnja uranove rudače u Španjolskoj

Španjolska proizvodi danas 60 tona uranoksida godišnje. Sav taj materijal izvozi se u SAD. Od te sirovine napravljeni su i gorivi elementi za reaktore prvih španjolskih nuklearnih elektrana. Procjenjuje se da rezerve uranove rudače u Španjolskoj iznose 10 000 tona. Cijena jednog kg kreće se danas od 10 do 20 dolara.

(ETZ-B, 22/70, H. 18/19)

J. M.

Cijena televizora u SSSR-u

Crno-bijeli televizori su nedavno u SSSR-u pojeftinili, pa im se cijena u prosjeku kreće oko 400 rubalja. Televizori u boji su za oko 600 rubalja skuplji. Kakva je zapravo cijena televizora možemo vidjeti po tome što znamo da je prosječna mjesečna plaća u SSSR-u oko 120 rubanja.

(ETZ-B, 22/70, H. 18/19)

J. M.

Desalinizacija mora pomoću sunčeve energije

Najveće svjetsko postrojenje za desalinizaciju morske vode pomoću sunčeve energije nalazi se u Coober Pecy u južnoj Australiji, ali se pokazalo da ovakav način desalinizacije nije ekonomski opravdan.

(ETZ-B, 22/70, H. 18/19)

J. M.

Nuklearna elektrana u zamjenu za južno voće

U Grčkoj će se graditi nuklearna elektrana snage 450 MW. Ova elektrana je izazvala veliku pažnju među proizvođačima nuklearne opreme, osobito iz S. R. Njemačke i Velike Britanije. Međutim i SSSR želi isporučiti reaktor i opremu za ovu elektranu u zamjenu za grčke poljoprivredne proizvode, prvenstveno za južno voće.

(Elektrizitätswirtschaft, Jg. 69 (1970). H. 13, St. 360)

J. M.

Ogromni rashladni toranj u S. R. Njemačkoj

Za hlađenje rashladne vode u termoelektrani u Castrop-Ranxelu u S. R. Njemačkoj izgrađen je rashladni toranj visok 128 metara. Promjer osnove ovog tornja iznosi 88 metara, a otvora na vrhu 56 metara. Za njegovu izgradnju trebalo je 120 000 m³ betona. Troškovi izgranje iznose oko 4,2 milijuna DM. U njemu se u toku jednog sata ohladi 55 000 m³ vode.

(Elektrizitätswirtschaft, Jg. 69 (1970), H. 13, St. 360)

J. M.

Poskupljenje mrkog ugljena u USA

Sredinom prošle godine došlo je do osjetnog poskupljenja mrkog ugljena. Umjesto 5,50 dolara sada jedna short tona stoji 7,30 dolara (1 short tona je 907,2 kg). Ovo poskupljenje je prouzrokovano povećanim troškovima sigurnosti na radu i brizi za zdravlje rudara. Nema sumnje, da će elektroprivredna poduzeća u USA platiti ovo povećanje cijena, međutim postoji sporazum po kome proizvođači ugljena daju u toku ljeta izvjestan popust na kupovinu mrkog ugljena. Ovo je za elektroprivredna poduzeća vrlo značajno jer za razliku od Evrope, najveća opterećenja i najveća potrošnja električne energije nastupaju u toku ljetnih mjeseci, kada se uključuje i veliki broj rashladnih uređaja.

(Elektrizitätswirtschaft, Jg. 69 (1970), H. 15. St. 436)

J. M.

Dvadeset deveto zasjedanje komiteta za električnu energiju, EKE-OUN

Komitet za električnu energiju, Ekonomske komisije za Evropu-OUN održao je od 23. do 26. studenog 1970. svoje redovno XXIX zasjedanje. Informativni izvještaj sa tog zasjedanja dostavila je Zajednica jugoslavenske elektroprivrede svim udruženim organizacijama. On sadrži najpotrebnije podatke koji daju uvid u predmete što ih je Komitet razmatrao i omogućuje zainteresiranim stručnjacima u elektroprivrednim organizacijama da se djelomično upoznaju s radom Komiteta. Komitet djeluje već više od dvadeset godina kao pomoćni organ Ekonomske komisije za Evropu (EKE), organizacije Ujedinjenih Nacija. U ovom prikazu daje se pregled sadržaja rada Komiteta na XXIX zasjedanju.

Potpunije upoznavanje s radom Komiteta omogućeno je dugoročnim programom rada Komiteta i njegovih pomoćnih organa (Grupa eksperata za elektrane; Grupa eksperata za probleme planiranja i eksploatacije velikih električnih mreža i Grupa eksperata za distribuciju električne energije i za probleme seoske elektrifikacije). Taj dugoročni program Komiteta za 1970/1975. objavljen je u časopisu »Energija« br. 7—8-1970 (tada su dani i programi radova ostalih energetskih komiteta tj. Komiteta za plin i Komiteta za ugljen). Kako taj prikaz tada nije obuhvatio i program za hidroelektrična postrojenja, a nastale su od donošenja programa i neke promjene, to će u jednom od narednih brojeva biti objavljen program rada Komiteta za električnu energiju s prioritetima za 1971/1972. i za 1971/1976. godinu, bilo kao dopuna i korekcija već objavljenog programa, bilo kao nova verzija.

Napominje se, da se dokumentacija koja se navodi u ovom prikazu nalazi u ograničenom broju primjeraka u ZJE, i da se registrira u periodičnim biltenima ZJE (Bilten tehničke dokumentacije).

Na ovogodišnjem zasjedanju Komiteta[1] sudjelovalo je 24 zemalja.

Zasjedanju su prisustvovali predstavnici ovih međunarodnih (nevladinih) organizacija: CEI (Međunarodna elektrotehnička komisija); FIPACE (Međunarodna federacija proizvođača i autopotrošača električne energije); Centralni dispečerski ured ujedinjenog energetskog sistema - Prag; UNIPEDE (Međunarodna unija proizvođača i distributera električne energije); CME (Svjetska konferencija za energiju); UCPTE (Unija za koordinaciju proizvodnje i transporta električne energije); NORDEL (Organ za kooperaciju nordijskih zemalja na području električne energije).

Na poziv Sekretarijata, zasjedanju su prisustvovali i predstavnici ovih međunarodnih (vladinih) organizacija: CAEM-SEV (Savjet za uzajamnu ekonomsku pomoć); CEE (Komisija evropske zajednice); OCDE (Organizacija za kooperaciju i ekonomski razvoj) i AIEA (Međunarodna agencija za atomsku energiju).

[1] U nastavku izvještaja upotrebljavat će se za Komitet za električnu energiju naziv: Komitet, a za Ekonomsku komisiju za Evropu naziv: Komisija.

Za ovo zasjedanje usvojen je dnevni red:

1. Izbor članova Biroa
2. Rezultati XXV zasjedanja Ekonomske komisije za Evropu
3. Elektroenergetska situacija u Evropi i njena perspektiva
4. Dugoročne perspektive industrije električne energije u Evropi
5. Razmatranje problema koji proizlaze iz međunarodne normalizacije na području električne energije
6. Aktivnosti pomoćnih organa Komiteta:
   a) Grupe eksperata za seosku elektrifikaciju i distribuciju
   b) Grupe eksperata za probleme planiranja i eksploatacije velikih električnih mreža
   c) Grupe eksperata za elektrane:
      I — termoelektrane
      II — hidroelektrična postrojenja
7. Problemi iz područja statistike
8. Razmjena znanstvenih, tehničkih, ekonomskih i drugih informacija između zemalja koje sudjeluju u radovima Komiteta:
   a) Aktivnosti Organizacije Ujedinjenih Nacija, Internacionalne agencije za atomsku energiju i drugih (vladinih i nevladinih) organizacija iz područja električne energije.
   b) Radovi održavanja i popravaka na linijama srednjeg i visokog napona, u pogonu.
9. Program rada Komiteta i prioriteti:
   a) Program rada i prioriteti za 1971—1972.
   b) Program rada i prioriteti za 1972—1976.
10. Razno
11. Djelomičan kalendar sastanaka Komiteta i njegovih pomoćnih organa i kolokvija u 1971. godini.

Prema internom pravilniku Komisije izvršen je izbor članova Biroa za 1970—1971. godinu. Za predsjednika Komiteta izabran je g. Waclaw Fiszer (Poljak — Direktor sektora za energiju u ministarstvu rudarstva i energije) a za potpredsjednika ponovno je izabran g. Sven Lalander (šveđanin — Potpredsjednik Švedskog državnog odbora za energiju). O XXV zasjedanju komisije sekretarijat je za Komitet pripremio radni dokument EP/382 koji sadrži informacije o raspravama, rezolucijama i odlukama zanimljivim za komitet (sve rezolucije i odluke koje je Komisija usvojila na XXV zasjedanju, nalaze se u domentu s oznakom: E/ECE/XXV/L. 16).

Za energetičare je posebno značajna odluka G (XXV) koja govori o problemima energije u Evropi. O ovom predmetu Sekretarijat za Komisiju je pripremio privremeni izvještaj koji tretira aktivnosti što su vođene na području energije nakon XXIV zasjedanja Komisije (oznaka izvještaja: E/ECE/768). U diskusiji je naglašena važnost radova koji su u toku, kao i onih koji se predviđaju u vezi s općim problemima energije. Naglašena je potreba međunarodne suradnje na području energije, o potrebama za energijom koje neprestano rastu i o potrebi većeg iskorištenja energetskih izvora. Budući da je Komisija jedini međuvladin organ koji radi na ovom području, da je njezina uloga posebno važna izjasnilo se u prilog projekta Sekretarijata o dugoročnoj perspektivi energije i ekonometrij-

skom modelu evropske energetske ekonomike. Radi teškoća koje se očekuju u ovome radu pozvani su na suradnju energetski komiteti (Komitet za ugljen, Komitet za električnu energiju i Komitet za plin).

Zanimljiv je radni dokument koji nosi oznaku: Energy/12, o kojem je Komitet raspravljao pod 11. točkom dnevnog reda.

S četvrtom točkom dnevnog reda Sekretarijat je upoznao Komitet o objavljenom elaboratu za generalnu distribuciju s oznakom: ST/ECE/EP/54 pod naslovom: Elektroenergetska situacija u Evropi za razdoblje 1966 — 1968. i njezine perspektive. Uz to delegati su izlagali značajnije momente kao i osnovne podatke o elektroenergetskoj situaciji u njihovim zemljama 1969. i 1970. godine.

O izradi studije o dugoročnoj perspektivi elektroprivrede Komitet je razmatrao i o radnom dokumentu EP/WP. 8/br. 13 Grupe eksperata za probleme planiranja i eksploataciju velikih mreža. Ovaj dokumenat koji nosi naziv: Analiza dugoročnih perspektiva industrije električne energije elektroprivrede u Evropi, sadrži pregled sadržaja studija koje su primljene od zemalja članica Ekonomske komisije za Evropu, kao i pregled izvještaja što ga je podnio Komitet direkcije UNIPEDE na Kongresu u rujnu 1970. (Izvještaj: Problemi u vezi perspektivnog porasta industrije električne energije kod utrostručenja potrošnje) i nacrt plana studije o dugoročnim perspektivama električne energije u Evropi, što ga treba izraditi Sekretarijat. (Dogovor na XXVIII zasjedanju Komiteta).

Predstavnik Sekretarijata, u vezi s izradom ove studije, iznio je Komitetu mišljenje da bi bilo svrsishodno organizirati u 1971. godini kolokvij o dugoročnoj perspektivi situacije električne energije u Evropi, kao i sam domet tog kolokvija. Za ovaj kolokvij Sekretarijat predviđa četiri glavne grupe:

A. Razvoj potreba električne energije (potrošnja električne energije ukupno i po kategorijama potrošača; ekonomski faktori koji utječu na potrošnju električne energije; vjerojatan tok krivulja opterećenja; razvoj električne energije u ukupnim potrebama energije).

B. Buduća situacija sredstava za proizvodnju električne enrgije (perspektive raznih vrsta elektrana; pokrivanje temeljnog i vršnog opterećenja; raspoloživost i politika upotrebljivih goriva u elektranama; raspoloživost elektrana; specifične investicije za razne kategorije elektrana i troškovi proizvodnje; ljudski faktor i urbanizacija; direktno pretvaranje toplinske u električnu energiju).

C. Buduća situacija sredstava za transport električne energije (razvoj transportnih mreža i njihove karakteristike; perspektive nove tehnike transporta; kompetitivnosti između transporta električne energije i transporta ostalih vidova energije; kontinuitet opskrbe u velikim električnim mrežama).

D. Razvoj međunarodne razmjene električne energije (razne vrste razmjene električne energije; razvoj međunarodnih električnih veza i njegov utjecaj na karakteristike mreža; utjecaj na razvoj međunarodne normalizacije, nivo izolacije, struje kratkog spoja, pravila primijenjena pri izgradnji instalacija, pravni propisi itd.). Komitet je podvukao značaj te grupe i zaključio da treba izraditi studije o dugoročnoj perspektivi elektroprivrede u Evropi. Zadužuje Sekretarijat da pripremi prvu verziju ove studije na temelju informacija koje će dobiti od zemalja članica i izvještaja UNIPEDE, i da tu, prvu, verziju studije dostavi Grupi eksperata za probleme planiranja i eksploatacije velikih mreža; da Grupa eksperata razmotri ovu verziju na svom IV zasjedanju 1971. godine i da je s potrebnim komentarom dostavi komitetu za njegovo XXX zasjedanje u 1971. godini. Zatim da Sekretarijat poduzme mjere da bi se organizirao kolokvij o dugoročnim perspektivama situacije električne energije što bi se održao u proljeće 1972, i preporučuje Sekretarijatu da koncentrira program kolokvija na razvoj potrošnje električne energije i predviđena sredstva za pokrivanje ovih potreba, dakle na vrste elektrana i goriva, kao i na upotrebljene metode za analizu problema.

O normalizaciji u području električne energije, Sekretarijat je pripremio za Komitet radni dokumenat EP/388. Pitanja normalizacije nisu bila predmet posebnog razmatranja u dosadašnjem radu Komiteta, nego su ih povremeno razmatrali neki pomoćni organi. U Komisiji je ovom pitanju poklonjena posebna pažnja na XXIV zasjedanju kada je donijeta Odluka J (XXIV) na temelju koje je došlo u siječnju 1970. do sastanka vladinih funkcionera zaduženih za politiku normalizacije. Komisija je na XXV zasjedanju na temelju svoje odluke H (XXV), usvojila preporuke sa spomenutog sastanka i zatražila da se prioritet dade primjeni predviđenih mjera. Na tom sastanku je posebno istaknuta važnost nacionalne i internacionalne normalizacije kao sredstva razvoja trgovine, racionalizacija proizvodnje i zaštite potrošača a istaknuta je i potreba suradnje između vlada radi ubrzanja formuliranja i primjene preporučenih normi na međunarodnom planu. U narednoj točki dnevnog reda Komitet je razmatrao rad svojih pomoćnih organa.

A. Grupa eksperata za seosku elektrifikaciju i distribuciju

(Na XXIX zasjedanju Komiteta ovoj grupi je izmijenjen naziv u Grupa eksperata za distribuciju električne energije i probleme seoske elektrifikacije). Izvještaj o radovima ove Grupe nosi oznaku: (EP/182-EP/WP. 3/33). Komitet je informiran da su na XVIII zasjedanju grupe usvojena tri izvještaja i da će se oni objaviti 1971. u seriji »Seoska elektrifikacija«. Komitet je informiran da je štampan XII svezak iz serije: »Seoska elektrifikacija« (Oznaka je: E/ECE/260-E/ECE/EP/178) i izvještaj: »Situacija seoske elektrifikacije u Evropi za trogodišnje razdoblje od 1. I 1966. do 1. I 1969.« (Oznaka izvještaja je: ST/ECE/EP/55).

B. Grupa eksperata za probleme planiranja i eksploatacije velikih električnih mreža

Prije razmatranja samog izvještaja Grupe s njezinog III zasjedanja (Izvještaj nosi oznaku: EP/183-EP/WP. 8/6), Komitet je bio informiran o kolokviju održanom u Beču od 5. do 9. listopada 1970. O ekonomskoj integraciji nuklearnih elektrana u elektroenergetskim sistemima, (kolokvij su zajednički organizirali Ekonomska komisija za Evropu i Međunarodna agencija za nuklearnu energiju), a zatim o kolokviju što je održan u Varni — Bugarska, od 25. do 27. svibnja 1970, o

primjeni metoda istraživanja za rješenje ekonomskih problema u planiranju i eksploataciji velikih električnih sistema i upotreba elektroničkih računala (izvještaj je već objavljen pod oznakom ST/ECE/EP/56). Komitet je pristupio razmatranju situacije o izradi studije: Interkonekcije interkonektiranih sistema Istoka i Zapada.

Ovaj je predmet Komitet razmatrao u vezi s još nedefiniranog V i VI poglavlja predmetne studije Grupe eksperata (Studija će imati sedam poglavlja). U toku diskusije predstavnik UNIPEDE upoznao je Komitet s razvojem međunarodnih interkonekcija zapadnih zemalja i izjavio je spremnost da UNIPEDE surađuje na ovom području s Komitetom. Predviđa se da će studija, koju izrađuje jedan od komiteta UNIPEDE biti gotova 1973. godine, a obuhvatit će razdoblje do 1985. i hipotetički 2000. godinu). Delegat Švicarske je izjavio da će Švicarska izraditi V poglavlje, a predstavnik Austrije da će VI poglavlje predmetne studije, izraditi Austrija. Komitet je, uzevši na znanje napredovanja izrade studije, odobrio odluke Grupe eksperata i zamolio delegacije Austrije i Švicarske da dostave Sekretarijatu potrebne upitnike za poglavlja koja će oni obraditi, a zadužio je Sekretarijat da upitnike uputi zemljama koje učestvuju u radu Komiteta. Sekretarijat će prvu verziju ove studije, i to prvu etapu tj. do god. 1975, podnijeti Grupi eksperata na njenom slijedećem zasjedanju, a Grupa eksperata će je popraćenu potrebnim komentarom dostaviti Komitetu za XXX zasjedanje. Komitet je uzeo na znanje publikaciju elaborata: O kretanjima električne energije preko granica evropskih zemalja (Elaborat nosi oznaku: ST/ECE/EP/51).

Kako je i ova Grupa eksperata predložila novu formulaciju svog mandata i jednogodišnji i višegodišnji plan rada, Komitet je zaključio da će to razmatrati pod točkom 10. dnevnoga reda.

C. Grupa eksperata za elektrane

(Ovo je nova Grupa, nastala ujedinjenjem bivše Radne grupe za termoelektrane i bivše Grupe eksperata za studij hidroelektričnih izvora Evrope). Komitetu je podnijet izvještaj sa I zasjedanja Grupe eksperata (Izvještaj nosi oznaku: EP/181-EP/WP. 9/2).

Predstavnik Sekretarijata je najprije upoznao Komitet da će uskoro biti objavljen X svezak iz serije: »Problemi u projektiranju i eksploataciji termoelektrana« koja sadrži dvije studije (»Tehnička i ekonomska studija kemijskih karakteristika ciklusa voda-para u termoelektranama« i »Postignuta iskustva u termoelektranama s blokovima« — čija je nominalna snaga više od 100 MW), zatim je dao pregled završenih studija i onih koje su u toku izrade. U vezi s radovima iz područja hidroelektričnih postrojenja, Komitet je informiran da su dva izvještaja podijeljena (Prvi s oznakom: ST/ECE/EP/52 i naslovom: »Sredstva za povećanje stupnja djelovanja i produktivnosti hidroelektričnih postrojenja s višestrukom namjenom« i drugi, s oznakom: ST/ECE/EP/53 i naslovom: »Metode regulacije protoke radi osiguranja najefikasnijeg djelovanja kaskadnih sistema hidroelektrana«). Komitet je najprije razmotrio rad Grupe eksperata iz područja termoelektrana, a zatim onaj iz područja hidroelektričnih postrojenja.

Termoelektrane

Predstavnik Sekretarijata podnio je kratak izvještaj o rezultatima Kolokvija o upotrebi pepela u proizvodnji betona i prerađenih građevinskih elemenata, što je održan u Ankari — Turska, od 9. do 11. studenog 1970. (Izvještaj će skoro biti objavljen). Zatim je podnio kratak izvještaj o Seminaru o desulfurizaciji goriva, održanom u Ženevi od 16. do 20. studenog 1970. (Seminar je organizirala Radna grupa za probleme zagađivanja zraka, jedan od glavnih pomoćnih organa Komisije. Sva dokumentacija podnijeta ovom seminaru nosi oznaku: AIR-POLL/DESUL. SEM/ a za Komitet je posebno važan dokumenat: AIR-POLL/DESUL. SEM/Conf. Room Doc. No-2/Add. 5, koji govori o desulfurizaciji plina za gorenje). Nakon diskusije koja se je razvila o već izloženom, kao i u vezi s jednogodišnjim i višegodišnjim programom rada, Komitet je zaključio da se u dugoročni program rada Grupe eksperata upišu pitanja koja proizlaze iz zaključaka održanog kolokvija i da se slični kolokviji održavaju svake treće godine.

Hidroelektrična postrojenja

Grupa eksperata predložila je Komitetu za problematiku voda, da u buduće preuzme pripremu izdavanja godišnjaka o uvjetima hidrauliceteta u Evropi i da se za razmatranje raznih predmeta iz njenog programa rada, osobito iz područja hidroelektričnih postrojenja, koriste specijalni sastanci s kojima raspolaže Komitet[1].

Komitet je usmeno obaviješten o kolokviju što je održan u Dubrovniku u listopadu 1970, o perspektivnom razvoju hidroelektričnih postrojenja i njihovoj integraciji u sistemima za opskrbu električnom energijom. Kako sam izvještaj još nije bio primljen, Sekretarijat je izradio i bilješku (EP/111) u kojoj je naveden broj zemalja, učesnika i izvještaja referata pripremljenih za kolokvij (18 zemalja 87 učesnika i 52 referata), i zaključci po osnovnim grupama predmeta o kojima se raspravljalo na kolokviju (A — Metode i kriteriji za planiranje uključivanja novih hidroelektrana u sisteme za proizvodnju električne energije raznih vidova; B — Razvoj tehnike i njezin utjecaj na izgradnju hidroelektrana; C — Ocjena tekućih ekonomskih kretanja koja utječu na izgradnju hidroelektrana). Poslije diskusije, u kojoj su delegati Poljske i Grčke pohvalili izvanrednu organizaciju Kolokvija u Dubrovniku, Komitet je primio na znanje izvještaj Grupe eksperata za elektrane, koji se odnosi na hidroelektračna postrojenja. Komitet zahvaljuje vladi Jugoslavije na organizaciji Kolokvija, i prihvaća sugestije formulirane u Dubrovniku za organizaciju kolokvija koji bi ispitao pitanja vezana za pumpno-akumulacijska postrojenja.

[1] Novim organigramom Komitet ima tri pomoćna organa od kojih se jedan sastaje svake godine (Grupa eksperata za probleme planiranja i eksploatacije velikih električnih mreža), drugi (Grupa eksperata za elektrane) koja se sastaje također svake godine, ali se problematika iz područja hidroelektričnih postrojenja razmatra samo svake treće godine, a treći (Grupa eksperata za distribuciju električne energije i za probleme seoske elektrifikacije) sastaje se samo svake treće godine. Ovo sužavanje redovitih sastanaka nastalo je pored ostalog i zato da bi se neka pitanja lakše, bolje i brže rješavala na specijalnim sastancima (simpoziji, kolokviji, seminari). Tako je Komitetu dano pravo da godišnje raspolaže i s jednim specijalnim sastankom, za predmete za koje će se on odlučiti.

Također je primio na znanje informaciju o Kolokviju o problemima razvoja hidroelektričnih postrojenja s višestrukom namjenom, što su vezana za proizvodnju električne energije. Kolokvij je održan u Madridu 1969. godine (Oznaka: ST/ECE/EP/49).

Aktivnost Komisije na području statistike Komitet je razmatrao na temelju radnog dokumenta: EP/387 (Ovaj radni dokument je nastavak radnog dokumenta EP/375, što ga je Komitet primio 1969. na XXVIII zasjedanju). U ovom se dokumentu iznose nove definicije upotrebljene u anketi upitnika za statistiku električne energije, a daje se i pregled odluka koje su za područje energije donijete na XVIII plenarnom zasjedanju Konferencije evropskih statističara. Konferencija je također zaključila da 1971. godine organizira sastanak o općoj statistici iz područja energije. Na sastanku treba: a) ispitati sadržaj godišnjeg biltena opće statistike o energiji; b) izraditi studiju metoda za utvrđivanje kompleksne energetske bilance kao i oblik što ga treba upotrijebiti za publikaciju podataka; c) ispitati zaključke u vezi s fuzijom posebnih statističkih biltena za ugljen, plin i električnu energiju s biltenom opće statistike za energiju, kao i oblik publiciranih podataka.

Sekretarijat je za točku 9-a dnevnog reda pripremio radne dokumente EP/385, EP/386 i Energy/11.

U radnom dokumentu EP/385 daje se kratak prikaz aktivnosti iz područja električne energije za razdoblje 1969/1970, ostalih regionalnih ekonomskih komisija Organizacije Ujedinjenih Nacija. (To su: Ekonomska komisija za Aziju i Daleki Istok; Ekonomska komisija Latinske Amerike i Ekonomska komisija za Afriku).

U radnom dokumentu EP/386 daje se pregled sastanaka o nuklearnoj energiji koja interesira komitet za električnu energiju (za razdoblje druge polovine 1969. i prve polovine 1970. godine) što ih je organizirala Međunarodna agencija za atomsku energiju.

U radnom dokumentu Energy/11 je lista dokumenata koji je Ekonomska komisija za Evropu štampala za područje energije.

Pod ovom točkom dnevnog reda, Komitetu su podnijeli usmeni izvještaj o svom radu u protekloj godini, predstavnik Sekretarijata Savjeta za uzajamnu ekonomsku pomoć (CAEM-SFV), predstavnik Centralnog dispečerskog ureda ujedinjenog energetskog sistema — Prag, i predstavnik UNIPEDE. Predstavnik Sekretarijata informirao je Komitet o dnevnom redu IV međunarodne konferencije o korištenju atomske energije u miroljubive svrhe, koja će se održati u Ženevi od 6. do 16. rujna 1971, a predstavnik Rumunjske saopćio je Komitetu da će njegova zemlja biti domaćin slijedećeg zasjedanja Svjetske konferencije za energiju, što će se održati 1971. u Bukureštu.

Pod točkom 9b dnevnog reda, Komitet je bio informiran da je podijeljen dokumenat »Radovi održavanja i popravaka na linijama srednjeg i visokog napona u pogonu« (Oznaka ovog dokumenta je: ST/ECE/EP/50, a o njegovom sadržaju, u prvoj verziji, pisano je u br. 1—2/1970. »Elektroprivrede«).

Pod točkom 10 dnevnog reda Komitet je razmatrao program rada za 1971/1972. i 1971/1976. i neka organizaciona pitanja. Za ovo je Sekretarijat pripremio komitetu radne dokumente EP/383 i EP/383 Add 1. te EP/384 i EP/384 corr. 1.

O programu rada za razdoblje 1970/1971. i 1970/1975., Komitet je razmatrao na svom XXVIII zasjedanju. Nekompletnost tih programa, promjene u organigramu Komiteta, uvažavanje prijedloga pomoćnih organa Komiteta (koji su predmet razmatrali nakon XXVIII zasjedanja Komiteta), uvažavanje raznih odluka Komisije a osobito Rezolucije 2 (XXV) i deklaracije Izvršnog sekretara, zahtijevale su da Komitet ponovo razmotri svoj jednogodišnji i petogodišnji program rada.

Na kraju diskusije Komitet je zaključio da ostavlja na brigu Sekretarijatu da izradi programe radova i prioritete za razdoblje 1971/1972. i 1971/1976, vodeći računa o primjedbama, prijedlozima i odlukama koje su donijete za vrijeme zasjedanja Komiteta. (Kako je već rečeno ovi će programi biti štampani u časopisu »Energija«). Pod točkom 11 dnevnog reda Komitet je razmatrao razna pitanja, a Sekretarijat je podnio radne dokumente, Energy 9, 10 i 12.

Energy/9 donosi predavanje o energetskoj situaciji Mađarske i njezinim perspektivama, što ga je za vrijeme XXVIII zasjedanja Komiteta održao g. M. Szili, pomoćnik ministra teške industrije Mađarske.

Energy/10 donosi predavanje sa XXVIII zasjedanja Komiteta o strukturi i perspektivnom razvoju energetike SSSR-a, g. A. A. Bešćinskog, dr ekonomskih nauka i pomoćnika direktora Instituta za studije i naučna istraživanja »Energosetprojekt« — Moskva.

Energy/12 (o kojem je bilo riječi pod točkom 3 ovog izvještaja) pripremio je Sekretarijat i nosi naslov: »Ekonometrijski energetski modeli«.

Predstavnik Turske pozvao je eksperte za seosku elektrifikaciju na studijsko putovanje u Tursku 1972. godine, a predstavnik Grčke pozvao je eksperte za elektrane na studijsko putovanje u Grčku početkom listopada 1971. (Predstavnik Francuske je već ranije ponudio gostoprimstvo a Komitet je ponudu usvojio, za kolokvij o automatizaciji dispečerskih centara.

Za vrijeme zasjedanja Komiteta g. G. Klimenko (SSSR Ukrajina) održao je predavanje o razvoju električne energije u Ukrajini.

Pod točkom 12 dnevnog reda Komitet je donio djelomični kalendar sastanka Komiteta i njegovih pomoćnih organa i kolokvija što će se pod njihovim pokroviteljstvom organizirati u 1971. godini.

— Kolokvij o automatizaciji dispečerskih centara radi racionalnog iskorištenja elektroenergetskih sistema (Pariz — Francuska) . . .	12—15. listopada
— II zasjedanje Grupe eksperata za elektrane	27—29. rujna (samo eksperti za termoelektrane)
— Studijsko putovanje za eksperte elektrana (Grčka) .	30. rujna—9. listopada
— IV zasjedanje Grupe eksperata za probleme planiranja i eksploatacije velikih električnih mreža .	18—20. listopada
— Specijalni sastanak eksperata za hidroelektrična postrojenja	21—22. listopada
— XXX zasjedanje Komiteta za električnu energiju . .	29. studenog—2. prosinca

M. D.

OSAMNAESTO ZASJEDANJE GRUPE EKSPERATA ZA SEOSKU ELEKTRIFIKACIJU I DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Grupa eksperata za seosku elektrifikaciju i distribuciju električne energije Komiteta za električnu energiju pri Ekonomskoj komisiji za Evropu održala je od 30. rujna do 1. listopada 1970. godine svoje 18. redovno zasjedanje u Ženevi. Iako je proteklo 18 godina od osnivanja ove Grupe eksperata, na Međunarodnoj konferenciji su učestvovala 46 delegata iz 23 zemlje: Belgije, Bugarske, ČSSR, Finske, Francuske, Holandije, Irske, Italije, Mađarske, Poljske, Portugala, SAD, SR Njemačke, Španjolske, Rumunjske, Vel. Britanije, Švedske, Švicarske, Turske, SSSR-a, Jugoslavije, DR Njemačke i Madagaskara.

Za predsjednika ove Grupe eksperata ponovo je izabran Prof. ing. Igor Budzko (SSSR), a za potpredsjednika L. Van Acker (Belgija).

Grupa eksperata je do XXVII zasjedanja Komiteta nosila naziv »Radna grupa za studij seoske elektrifikacije«. Na XXVIII zasjedanju je Komitet Radnoj grupi proširio mandat i izmjenio naziv u »Grupa eksperata za seosku elektrifikaciju i distribuciju električne energije« i zaključio da se Grupa eksperata sastaje samo svake treće godine.

Međutim, i dalje će se održavati kolokviji, simpoziji i studijska putovanja u razne evropske zemlje radi proučavanja ove problematike.

Na ovom zasjedanju raspravljalo se o ovim referatima:

— »*Stanje seoske elektrifikacije u Evropi i njezine perspektive.*« Radni dokument ST/ECE/EP/55 odnosi se na stanje seoske elektrifikacije u Evropi od 1. siječnja 1966. do 1. siječnja 1969. godine. Ovaj referat je pripremio Sekretarijat Grupe eksperata za seosku elektrifikaciju i distribuciju električne energije. Utvrđeno je da su mnoge zemlje u Evropi elektrificirale selo gotovo 100 %.

Kako se iz trogodišnjeg pregleda vidi, seoska elektrifikacija je potpuno završena u Belgiji, Danskoj, DR Njemačkoj, Luksemburgu, Švedskoj i ČSSR, a gotovo i u Francuskoj. S druge strane, Austrija, Bugarska, SSR Bjelorusija, SSR Ukrajina priključile su sva svoja poljoprivredna dobra na električne distributivne mreže. Sa skoro 100 % sprovele su seosku elektrifikaciju i mnoge druge zemlje: Mađarska, Italija, Holandija, Vel. Britanija, SSSR, SR Njemačka i SAD. Može se zaključiti da je 58 % evropskih zemalja — učesnica ove Konferencije priključilo na svoje mreže poljoprivredna dobra, dok 32 % završavaju elektrifikaciju svojih seoskih područja. Međutim, i dalje je nedovoljan stupanj seoske elektrifikacije nekih evropskih zemalja, kao što su Turska, Cipar, Grčka, Španjolska, Portugal i Jugoslavija.

Za brži tempo seoske elektrifikacije potrebna su financijska sredstva, što ovisi o velikom broju faktora vezanih za ekonomsko i socijalno stanje neke zemlje. Obično se izgradnja seoskih mreža plaća iz direktnih subvencija, zajmova s malim kamatima ili godišnjih doprinosa seoskih potrošača priključkom njihovih instalacija na mreže. Financiranje seoske elektrifikacije od države sa 100 % primjenjuju još jedino ČSSR i Švedska. U SAD 100 % investira u seosku elektrifikaciju posebna organizacija REA (Rural Electrification Administration) — Uprava za seosku elektrifikaciju. U SSSR-u država učestvuje sa 60 % investicija, a 40 % je iz drugih izvora, u SSR Bjelorusiji država učestvuje sa 45 %, a 55 % je doprinos potrošača, u SSR Ukrajini 50 % država, a 50 % seoski potrošači; u Turskoj država učestvuje sa 60 %, potrošači sa 33.9 % a 6,1 % sačinjavaju zajmovi specijaliziranih institucija; u Portugalu 50 % financira država a 50 % su zajmovi specijaliziranih institucija; u Mađarskoj 52,2 % država, 8,2 % je doprinos potrošača i 39,6 % su zajmovi specijaliziranih institucija; u Francuskoj 40,8 % država, 15,3 % čine zajmovi specijaliziranih institucija i 43,9 % pristiže iz drugih financijskih izvora; u Danskoj 50 % je doprinos potrošača a 50 % je iz drugih izvora; u Belgiji 5,2 % država, 19,5 % je doprinos potrošača, 11,5 % su zajmovi specijaliziranih institucija i 63,8 % je iz drugih izvora; u Austriji 23,8 je od države, 42,7 % je doprinos potrošača, 14,8 % zajmovi specijaliziranih institucija i 18,7 % je iz drugih financijskih izvora.

Prema ovom pregledu kod dvije trećine zemalja, u financiranju seoske elektrifikacije država učestvuje sa više od 30 % u ukupnom ulaganju sredstava. Što se tiče seoske elektrifikacije u Poljskoj, država financira izgradnju distributivnih električnih mreža i instalacija u zgradama seoskih naselja, ali jedan dio troškova kao i obavezu da će tromjesečno otplaćivati određene iznose u toku tri godine, uzimaju na sebe potrošači.

U ovom referatu navode se i mjere za unapređenje seoske elektrifikacije. Preporuča se:

a) zajmovi s malim kamatima za priključak kućanstava i poljoprivrednih dobara na električne mreže, ili kupovinu potrebnih električnih aparata za kućanstva i poljoprivredu;

b) uvođenje povoljnih tarifa za električnu energiju;

c) organizacija izložbi, konferencija i propaganda na RTV o primjeni električne energije na selu;

d) dostavljanje seoskim potrošačima popularnih brošura, knjiga, pamfleta i drugih tehničkih dokumenata;

e) podizanje oglednih, potpuno elektrificiranih farmi, zbog demonstracije rada pojedinih korisnih električnih aparata i uređaja u poljoprivredi;

f) organiziranje tečajeva i popularnih predavanja o upotrebi električne energije u poljoprivredi i u seoskom kućanstvu.

U diskusiji je rumunjski delegat između ostalog istakao da je posljednjih godina učinjen znatan napredak na području seoske elektrifikacije njegove zemlje. Godine 1969. bilo je u pogonu 4.000 km mreža srednjeg napona iznad 3 kV i 1.200 km mreža niskog napona od 0,4 kV. Električne mreže od 20 kV su na betonskim stupovima. Skoro svi elementi električnih mreža srednjeg i niskog napona su standardizirani. Mnoge postojeće mreže od 15 kV su povećale svoju propusnu moć prelaskom na napon od 20 kV.

Delegat SSSR-a je u svojoj diskusiji podvukao, da je 1969. godine u SSSR-u povećana potrošnja električne energije na selu za 10,8 % prema prethodnoj godini, tj. sada iznosi ukupno 31,4 milijardi kWh, što čini 4,5 % ukupne potrošnje električne energije u SSSR-u. Dužina mreža srednjeg napona od 6 kV i 20 kV do 1. siječnja 1970. godine je iznosila 1,105.000 km, a linija niskog napona 1,525.000 km. Ukupan broj trafo-stanica 6/35/0,4 kV iznosi 418.000, ukupne snage od 38,1 milijuna kW. Na osnovi plana razvoja 1971—1975. godine predviđa se daljnji napredak seoske elektrifikacije. U 1975. godini se predviđa za seosku elektrifikaciju potrošnja električne energije oko 75 milijardi kWh, od toga za poljoprivredu 52 milijarde kWh.

Delegat ČSSR je također dao neke podatke o unapređenju seoske elektrifikacije u svojoj zemlji. On je podvukao da je donošenje nove Uredbe o tarifama za prodaju električne energije 1968. godine stimulativno djelovalo na povećanje potrošnje električne energije i u poljoprivredi. Sada se troši godišnje preko 1.200 GWh električne energije za poljoprivredu, što čini oko 3,5 % ukupne potrošnje električne energije u ČSSR.

Poslije diskusije ostalih delegata, zaključeno je da se ovaj referat objavi u konačnom obliku.

»Mjere za intenzivniju elektrifikaciju seoskih područja koja dobivaju subvenciju«

Autor: A. Fernandez Ortas (Španjolska). Radni dokument EP/WP. 3 No 140. O ovom referatu se raspravljalo na prošlom zasjedanju Grupe eksperata. Referat uglavnom opisuje načine financiranja seoske elektrifikacije pojedinih zemalja. Poslije diskusije je zaključeno da se korigirani referat objavi u idućoj seriji referata.

»Usvojene mjere za pojačanje seoskih električnih mreža«

Autor: L. De Schepper (Belgija). Radni dokument EP/WP. 3 No 136. Referat je sastavljen na osnovi dobivenih tehničkih informacija iz 13 zemalja. Referat treba razmotriti tehničku i ekonomsku stranu ovog problema. Međutim, u ovoj razradi je obrađena samo tehnička strana. U uvodnom dijelu referata govori se o uzrocima naglog povećanja potrošnje električne energije. Iskustva pokazuju da porast potrošnje električne energije nastaje kao rezultat životnog standarda stanovništva i posljedica intenzivnog razvitka industrijalizacije i intentizifikacije komercijalnih djelatnosti i socijalnog progresa. Statistike navode da zemlje s većim stupnjem industrijalizacije imaju i veći ritam porasta potrošnje električne energije, dok manje industrijalizirane zemlje ostvaruju i slabiju potrošnju. Ali zemlje u razvoju, također, teže razvitku svoje industrije, tako da se u narednom razdoblju očekuje i znatno veća prosječna godišnja stopa rasta potrošnje.

Odgovori evropskih zemalja pokazuju da je struktura distributivnih električnih mreža skoro ista u svim zemljama. Skoro sve zemlje primjenjuju srednji napon od 3 do 20 kV, dok za niski napon najčešće 380/220 V. Potrošači koji zahtijevaju veće snage priključuju se na mreže srednjeg napona. Odnos dužine seoskih mreža srednjeg i niskog napona kreće se od 1,00 do 0,40. Za velike farme koje trebaju snagu od 50 kVA i više, priključci se izvode na mreže srednjeg napona. Takav je slučaj velikih poljoprivrednih dobara u Bugarskoj, SSR Bjelorusiji, SSR Ukrajini, Mađarskoj, ČSSR, DR Njemačkoj i Rumunjskoj.

Na osnovi sadašnjeg iskustva smatra se, da bi se idealno rješenje moglo postići na taj način što bi se kroz centar sela razvodila električna energija niskim naponom, dok bi se za priključak većih poljoprivrednih dobara primijenio srednji napon. Međutim, s obzirom na povećanje opterećenja distributivnih električnih mreža, daje se preporuka za prilagođavanje seoskih mreža novom opterećenju na ovaj način:

a) za mreže niskog napona koje sada imaju radni napon 127/220 V treba primijeniti standardni napon 220/380 V.

Ovaj prijelaz na napon 220/380 V ima prednosti:

— za isti pad napona, trostruko se povećava mogućnost prijenosa snage električnih mreža;
— uvode se električne instalacije standardnog napona, što omogućuje priključak raznih korisnih električnih aparata i strojeva u poljoprivredi.

b) Za kratke ogranke nadzemnih mreža preporučuje se povećanje presjeka vodiča do 70 mm² (Cu). Međutim, treba računati s time da povećana težina novih vodova može izazvati potrebu za izmjenom postojećih stupova, pa se ovo pitanje mora razmotriti i s ekonomskog stajališta.

c) Pojačanjem snage postojećih ili postavljanjem novih transformatorskih stanica u mreže srednjeg napona. Ovaj je način izgleda najracionalniji i usvojen je u skoro svim zemljama. Transformatorske stanice se postavljaju u težište opterećenja tj. na samim poljoprivrednim dobrima s novopriključenim električnim aparatima i strojevima. Smatra se da je postavljanje većeg broja stanica kod mreža srednjeg napona daleko ekonomičnije nego rekonstrukcija mreža niskog napona s povećanjem presjeka vodova. U drugom dijelu referata autor će dati odgovarajuća ekonomska obrazloženja.

»Proučavanje propisa zaštitnih mjera što se primjenjuju u raznim zemljama pri izvođenju električnih instalacija na poljoprivrednim gazdinstvima«

Autori: H. Kervyn de Meerendré, A. Jacobs (Belgija). Radni dokument EP/WP. 3 No 137. Referat je sastavljen na osnovi dobivenih tehničkih informacija 15 evropskih zemalja. Referat sadrži 8 poglavlja. U poglavlju I se opisuju opća pravila za električne instalacije i organi kojih ih donose. U poglavlju II daje se klasifikacija radnih mjesta na poljoprivrednim objektima ovisno o vlažnosti, temperaturi sredine, korodirajućih materija, prašine, i drugih uvjeta s navođenjem elektrotehničkog materijala i pribora. U poglavlju III govori se o standardizaciji električnih materijala i usvajanju ograničenja napona. Za mali napon usvojena je granica 50 V, a za niski napon 250 V prema zemlji. Također se opisuju uvjeti za izvođenje električnih instalacija za grijanje prostorija i zaštita prema vrsti prostorija.

Posebni dio je posvećen zaštitnim mjerama od slučajnog dodira vodljivih masa koje mogu doći pod napon. Kao zaštitna mjera najčešće se primijenjuje zaštitno uzemljenje s time da se otpor uzemljenja kreće od 1 do 30 oma. U poglavlju IV se govori o ispitivanju električnih instalacija. Poglavlje V obuhvaća nadzor i kontrolu električnih instalacija u skladu s važećim propisima. Poglavlje VI daje informacije potrošačima. U svim zemljama potrošači električne energije redovno se obavještavaju o primjeni racionalnih električnih instalacija. Naročito se upozoravaju na opasnost od nepropisno izvedenih instalacija. Ove informacije obično daju elektrodistributivna poduzeća, profesionalne organizacije ili nadležna ministarstva.

Na kraju ovog referata se navode statistike (poglavlje VII) o nesretnim slučajevima. Najčešći uzroci nesreće su: oštećene električne instalacije, pogrešan način rukovanja električnim aparatima i strojevima, loše održavanje električne opreme, nepropisna montaža i slabo izvedene instalacije uzemljenja. Autor se zalaže za izradu novih propisa za električne instalacije na poljoprivrednim objektima.

Poslije diskusije o ovom referatu, usvojeno je da se sa odgovarajućim dopunama referat objavi u srpnju 1971. godine u idućem svesku referata o seoskoj elektrifikaciji.

Razrada ostalih referata

»Razvoj električnih uređaja za orošavanje poljoprivrednih kultura na principu umjetne kiše i posebni aspekti njihove primjene«

Autor: A. Degan (Italija). Radni dokument EP/WP. 3 No 135 i Add. 1. Autor je prikazao strukturu sastavljenog upitnika za prikupljanje tehničkih informacija, što su prisutni delegati i usvojili. U diskusiji je upozoreno da se posveti posebna pažnja zaštiti od slučajnog dodira nadzemnih vodova električne mreže pri prenošenju metalnih cijevi. Preporučeno je da autor u svom referatu razradi prijedlog dužine komada cijevi za ovu svrhu. Referat će se sastaviti i podnijeti na diskusiju na idućem zasjedanju.

»Efikasnost sa tehničko-ekonomskog aspekta primjene električne energije u proizvodnji biljnih kultura na industrijskoj osnovi«

Autor: ekspert iz SSSR. Radni dokument EP/WP. 3 No 138. Sovjetski delegat P. Katkov je prikazao strukturu sastavljenog upitika za prikupljanje podataka iz ove materije. Problem se odnosi na mobilne električne strojeve i uređaje u poljoprivredi (električne traktore, plugove, kombajne i dr.) Upitnih je usvojen. Ovaj referat će se podnijeti na razmatranje na idućem zasjedanju.

Programi rada iz područja seoske elektrifikacije i distribucije električne energije što su ih predložili i usvojili grupe eksperata i Komitet za električnu energiju

Referati za razradu u razdoblju od 1971—1972. godine:

— Poduzimanje mjera za intenzifikaciju elektrifikacije seoskih područja koja dobivaju subvenciju od države i drugih organizacija.
— Usvojene mjere za pojačanje seoskih električnih mreža.
— Proučavanje propisa zaštitnih mjera koje se primjenjuju u raznim zemljama pri izvođenju električnih instalacija na poljoprivrednim dobrima.
— Problemi razvoja električnih instalacija za orošavanje poljoprivrednih kultura na principu umjetne kiše i posebni aspekti njihove primjene.
— Efikasnost (sa tehničko-ekonomskog aspekta) primjene električne energije u proizvodnji biljnih kultura na industrijskoj osnovi, mobilnim uređajima.
— Usporedba propisa zaštitnih mjera kod seoskih električnih mreža koji su usvojeni u raznim zemljama.
— Proučavanje raznih metoda planiranja i financiranja radova na pojačanju distributivnih električnih mreža.
— Utjecaj razvoja električnog grijanja u stambenim zgradama seoskih naselja i na farmama na potrošnju električne energije i opterećenje električnih mreža.
— Instalacije i najvažniji električni aparati u elektrotermičkim procesima koji se primjenjuju na poljoprivrednim dobrima.
— Usporedna analiza primijenjenih metoda za prognoziranje potreba u električnoj energiji za poljoprivredna područja.
— Stupanj sigurnosti napajanja električnom energijom seoskih mreža i njegov utjecaj na potrebe, modernizaciju postrojenja i pojačanje ovih mreža s aspekta ulaganja sredstava.

Referati za razradu u razdoblju od 1972—1976:

— Određivanje stupnja rentabiliteta, s ekonomskog stajališta, zamjene drugih energetskih izvora u poljoprivredi električnom energijom.
— Analiza rentabilnosti, s aspekta distribucije električne energije, primjene električne energije zbog povećanja poljoprivredne proizvodnje, a posebno u pogledu elektrifikacije određenih grana poljoprivredne proizvodnje.
— Stečeno iskustvo u podizanju zadružnih električnih instalacija na selu, i odgovarajuće mjere za povećanje njihovog rentabiliteta.

Aktivnosti međunarodnih organizacija na području seoske elektrifikacije

Predstavnik Vel. Britanije R. Bayetto podnio je referat o VII Međunarodnom kongresu Komisije za seosku elektrifikaciju-CIGRE, što je održan u Baden Badenu od 6—9. listopada 1969. godine. Sovjetski delegat P. Katkov je izložio tok III Konferencije za seosku elektrifikaciju Latinske Amerike, koja je održana od 20. do 26. travnja 1969. godine. Konferencija je održana u okviru Ekonomske komisije za Latinsku Ameriku. Istaknut je veliki interes zemalja Latinske Ameri-

ke za probleme seoske elektrifikacije. Na konferenciji je učestvovalo 19 zemalja Latinske Amerike sa oko 550 delegata. Kao promatrači na ovoj konferenciji učestvovali su i delegati Belgije, Kanade, SAD, SSSR-a i Japana kao i predstavnici Ekonomske komisije Ujedinjenih nacija, FAO, UNESCO i drugih međunarodnih organizacija.

Glavna teza konferencije je bila: »*Seoska elektrifikacija na područjima zemalja u razvoju*«. Izrađeno je ukupno 154 referata koji su obuhvatili materiju razvrstanu u 4 sekcije:

— Karakteristike područja zemalja u razvoju;
— Pitanja organizacije, financiranja i veće primjene električne energije;
— Tehnička rješenja i njihova realizacija u pojedinim projektima;
— Pripremanje stručnjaka, specijalilista, za seosku elektrifikaciju.

Na plenarnom zasjednju svi delegati Latinske Amerike su podnijeli izvještaje o stanju razvitka seoske elektrifikacije svojih zemalja. Zemlje Latinske Amerike se nalaze u stanju tehničkog razvoja i do sada je ostvarena slaba elektrifikacija zemlje, pa i elektrifikacija sela i poljoprivrede. Međutim, neke zemlje Latinske Amerike stavljaju u program svog razvitka i problem seoske elektrifikacije, kao npr. Meksiko. Argentina je dobila međunarodni kredit od 15 milijuna dolara za seosku elektrifikaciju, a predviđa i upotrebu drugih financijskih izvora radi sprovođenja seoske elektrifikacije. U Brazilu se razrađuju planovi seoske elektrifikacije, a u Nikaragui su osnovane tri velike kooperative za seosku elektrifikaciju, koje svojom djelatnošću zahvaćaju skoro 20 % područja zemlje. Kooperative za seosku elektrifikaciju se osnivaju i u Kolumbiji, Kosta Riki, Peruu, Venecueli i Panami. Isto takvu aktivost na ovom polju razvijaju Bolivija i Ekvador.

Na konferenciji za seosku elektrifikaciju Latinske Amerike je podvučeno da je glavni problem slabog razvoja seoske elektrifikacije nedostatak financijskih sredstava, jer su investicije dosta visoke za postrojenja i električne razvodne mreže, a eksploatacija slaba zbog vrlo male potrošnje u seoskim područjima. Neke zemlje predlažu da se sredstva za seosku elektrifikaciju ubiru od prodaje električne energije industrijskim poduzećima i velikim gradskim centrima.

Na konferenciji Latinske Amerike, također je detaljno razmatran problem pripremanja rukovodećeg tehničkog osoblja za sprovođenje seoske elektrifikacije. Konstatirano je da je veoma malo specijalista za seosku elektrifikaciju, a posebno tehničkog kadra. Od 27 referata koji obrađuju pitanja uzdizanja stručnih kadrova za seosku elektrifikaciju, zapažen je referat američkog profesora V. Emry-a »O pripremanju elektrotehničkih inženjera za poljoprivrednu primjenu«. U SAD, kako je poznato, na fakultetima poljoprivrednog smjera 8 semestara je iz oblasti elektrifikacije poljoprivrede, gdje studenti dobijaju teoretsku i praktičnu spremu. Program obuhvaća suvremenu primjenu električne energije u poljoprivredi. Na kraju ove konferencije istaknuta je potreba suradnje s drugim zemljama gdje je stupanj seoske elektrifikacije na potrebnoj visini, i gdje je razvijena industrija raznih korisnih električnih aparata i strojeva za primjenu u kućanstvima i poljoprivredi. Usvojeno je da se iduće, IV zasjedanje o seoskoj elektrifikaciji zemalja Latinske Amerike održi u Brazilu.

Datum idućeg zasjedanja 1973. godine odredit će se naknadno.

Vladimir S. Zloković, dipl. ing. Beograd

EKONOMSKA INTEGRACIJA NUKLEARNIH ELEKTRANA U ELEKTROENERGETSKI SISTEM

Kolokvij održan u Beču od 5. do 9. listopada 1970.

Uvod

Kolokvij su organizirale Međunarodna agencija za nuklearnu energiju (AIEA) i Ekonomska komisija za Evropu (ECE).

U radu je učestvovalo 197 stručnjaka: sto četrdeset sedam iz zemalja koje učestvuju u radovima CEE i 19 iz raznih međunarodnih organizacija. Pretpostavlja se da je dvije trećine učesnika bilo iz elektroprivrednih poduzeća i ministarstava koja se bave električnom energijom.

Podnijeto je bilo 48 izvještaja (referata) od toga su 38 pripremili stručnjaci zemalja članica ECE. Izvještaji su bili podijeljeni na teme:

— Karakteristike nuklearnih elektrana koje utječu na ekonomiku integracije u elektroenergetske sisteme;
— Opći problemi planiranja koji nastaju integracijom nuklearnih elektrana u elektroenergetske sisteme;
— Primjena metoda analize i simulacije u planiranju i eksploataciji elektroenergetskih sistema nuklearnog sastava;
— Perspektive ekonomske integracije nuklearnih elektrana u nacionalnim elektroenergetskim sistemima;
— Utjecaj međunarodne suradnje, regionalne i industrijske, na ekonomsku integraciju nuklearnih elektrana.

Opća razmatranja

U toku ovog desetljeća nuklearne elektrane su se razvile od prototipa do komercijalne faze, pa je tek u posljednjih pet godina proizvodnja električne energije postala kompetitivna onoj što se proizvede u klasičnim termoelektranama (17).

(Brojke u zagradi odnose se na oznaku izvještaja čiji se popis nalazi na kraju ovog prikaza).

Početkom 1960. godine bilo je u svijetu samo 18 reaktora ukupne snage od 1000 MWa (svi statistički podaci za reaktore uzeti su iz publikacije AIEA-e: »Power and Research Reactors in Member states«, V 1970.). U 1970. godini instalirana snaga se je popela na 15500 MWe. Uzevši u obzir jedinice koje su sada u izgradnji, instalirana snaga će početkom 1975. godine preći 98 000 MWe. Do sada učestvuju u radovima CEE nuklearne elektrane (u pogonu i izgradnji) iz 13 zemalja.

Tokom diskusije, mogao se vidjeti interes što ga pokazuju proizvođači električne energije za tehničko-ekonomski razvoj ovog novog energetskog izvora. Međutim, iako izražavajući želju da u budućnosti krenu ovim putem pokazali su ipak izvjesnu rezervu. Ne treba zaboraviti da veći broj nuklearnih elektrana radi već deset godina i da se u tom razdoblju prešlo od eksperimentalnih jedinica do jedinica koje prelaze snagu od 500 MWe. Prema tome je jasno da se ova grana industrije nalazi u dobi naukovanja (23). Zato je i najavljeno, da eksploatacija takvih elektrana neće ući u industrijsku domenu tako dugo, dok se jedinice ne počnu izrađivati serijski (23).

Danas postoje samo tri nuklearne tipe koje su prešle eksperimentalnu fazu i mogu se smatrati »ispitanim« (u proven type reactors). To su tipe PWR, BWR i GCR (5) (13). Prve dvije upotrebljavaju kao gorivo obogaćen uran, a laku vodu kao moderator i sredstvo za hlađenje. Treća tipa upotrebljava kao gorivo pripodni uran, a grafit kao moderator i ugljik kao sredstvo za hlađenje. Ove tri tipe obuhvaćaju 87 % instaliranih snaga u nuklearnim elektranama u siječnju 1970. godine (ako se uzmu u obzir samo jedinice iznad 100 MWa), i to 50 % spada na tipu LWR (PWR i BWR) a 36 % na tipe GCR.

Gledajući razvoj srednjeročno, dvije će tipe vjerojatno skoro preći iz eksperimentalne faze u »ispitane«. To su tipe s teškom vodom (HWR) i AGR, gdje ova posljednja predstavlja prirodni razvoj tipe GCR (5) (49). Između 72000 MWe što se sada izgrađuju u svijetu, 76 % pripada tipama LWR te 7 % i 6 % respektivno tipama AGR i HWR.

Gledajući na razvoj dugoročno, sve se nade polažu na reaktore oplođivače radi njihovih velikih prednosti u iskorištenju goriva. Navodi se npr. da je količina energije koja se može postići iz tone prirodnog urana »sagorjelog« u reaktoru na laku vodu, oko 3000 tona ekvivalentnog ugljena, dok se u reaktoru oplođivaču približava energiji od oko 2,000.000 tona ekvivalentnog ugljena. Teško je danas reći kad će ova vrsta reaktora biti komercijalna. Danas postoje samo prototipovi u izgradnji, ukupne snage od 1250 MWe. Reaktori oplođivači koriste Pu-239 kao gorivo i U-238 kao plodan materijal. Za vrijeme eksploatacije U-238 transformiran je u Pu-239 sa čistom stopom reprodukcije višom od jedinice.

Tehničko-ekonomski parametri nuklearnih elektrana

Struktura cijene proizvodnje kWh iz nuklearnih elektrana sadrži više fiksne troškove (amortizacija investicionih ulaganja) i niže troškove eksploatacije (izdaci za gorivo). Nuklearne elektrane su posebno osjetljive na ekonomsku povezanost. S druge strane, proporcionalni troškovi proizvodnje nuklearnih elektrana su niži od klasičnih termoelektrana i odnos troškova je između 1,5 i 2,2 (5) (15) (23). U vezi s ovom posebnom strukturom, ekonomske prednosti nuklearnih elektrana umanjuju se direktno proporcionalno smanjenju njihovog faktora iskorištenja, pa je prema tome korisno da se nuklearne elektrane postave u temeljnom dijelu krivulje opterećenja i izdaci izgradnje svedu na minimum (sada 4 do 5 godina).

Jedinična veličina snage elektrane je drugi osnovni parametar kojim se odlikuju nuklearne elektrane. Sada je donja granica snage jedinica nuklearne elektrane određena na temelju kompetitivnosti sa konvencionalnim elektranama (4). Vodeći računa o razlikama u strukturi troškova eksploatacije nuklearnih i konvencionalnih elektrana, ekonomsko uspoređenje ovih dviju vrsta elektrana bi zahtijevalo dublje ispitivanje. Tada

bi se vodilo računa: o interesnim stopama, o vijeku trajanja elektrana, o faktoru iskorištenja itd.

Kao informacija, a na temelju vijeka trajanja od 33 godine, interesne stope od 8 % i cijene fosilnog goriva od 1,5 milsą/10^3 kcal, daju se slijedeći podaci:

— za faktor iskorištenja od: 75 % — 65 % — 55 % — — 45 %
— donja granica je kompetitivnost jedinice
— (u MWe): — 500 — 700 — 900 — 1100.

Jedinice manje od 450 MWe, ne mogu se uzeti u razmatranje (15), osim u posebnom slučaju.

Postavlja se pitanje da li je u redu temeljiti dugoročna predviđanja troškova na višim faktorima iskorištenja, a ne imati u vidu da se marginalni troškovi mogu poboljšati stavljanjem u eksploataciju novih elektrana prije kraja korisnog vijeka prve (4). Efekat veličine jedinice na cijenu instaliranog kW, za tipu LWR (41):

— snaga elektrane u MWe: — 500 — 800 — 1100
— srednja cijena US $/kWe: 239 — 208 — 195

Sniženje iznosi 18 % kod snage između 500 MWe i 1100 MWe, dok je to za konvencionalnu elektranu samo oko 11 % za istu veličinu jedinice (35).

Raspoloživost neke elektrane je njezina sposobnost da može biti stavljena u pogon na određeni nivo za određeno vrijeme. S ove točke gledišta karakteristike nuklearne elektrane su slijedeće:

a) *Faktori iskorištenja*

Skoro sve nuklearne elektrane u svijetu namijenjene su pokrivanju temeljnih opterećenja (24) (53). Zapaža se tendencija usvajanja (za proračun troškova proizvodnje nuklearnih elektrana) prosječnih faktora iskorištenja od 75 %, što je uostalom opravdano u odnosu na njihovu kompetitivnost s konvencionalnim termoelektranama. S jedinicama većim od 100 MWe, u svijetu postoji 119 reaktora (u izgradnji ili u pogonu) ukupne snage od oko 70.000 MWe. Prema tome srednja jedinična snaga je oko 580 MWe. Ova bi veličina zahtijevala srednje faktore iskorištenja veće od 70 %. Međutim, da bi se došlo do ovih srednjih vrijednosti, trebalo bi predvidjeti za razdoblje korisnog vijeka elektrane (15) visoke faktore iskorištenja. Ako se uzme vijek trajanja od 33 godine, pretpostavlja se da se »bolest mladosti« javlja u razdoblju od 5 godina, a da je prosječni faktor iskorištenja 60 %. Korisno doba je 20 godina sa prosječnim faktorom iskorištenja 85 %, a doba dotrajalosti 8 godina uz prosječni faktor iskorištenja 60 %. Zato je potrebno da se za dugo razdoblje predvidi faktor od 85 %, da bi se došlo do prosječnog faktora iskorištenja od 75 %.

b) *Programiranje održavanja*

Radovi održavanja u nuklearnoj elektrani uvjetovani su pojavom radioaktivnosti (23). To su: — sporost intervencije zbog rizika kontaminacije i ižaravanja (specijalna odjeća, udaljeno rukovanje, ograničenje radnog vremena, specijalni nadzor); regrutiranje medicinskog osoblja za rad u kontroliranim zonama; poteškoće popravaka, skupi transport i radionice za popravak kontamiranog materijala.

c) *Opskrba gorivom*

U vezi s visokom raspoloživosti koju traže nuklearne elektrane, opskrba »u šarži« je ekonomski privlačna. Međutim, za vrijeme ove operacije one moraju biti zamijenjene onima čiji su marginalni troškovi veći. Pomišlja se na opskrbu za vrijeme malih opterećenja, ali to nije lako riješiti, jer je ukupno izgubljeno vrijeme značajnije, ako se poveća frekvencija zaustavljanja (17), u vezi s poteškoćama na koje se nailazi za vrijeme puštanja u pogon.

d) *Kvarovi*

Na njih treba rač.unati tako dugo dok ne dođe vrijeme kad će se nuklearne elektrane proizvoditi više industrijski, a ne u protitipnom obliku. Tada će tek vjerojatnost kvarova biti slična onoj u klasičnim termoelektranama (24) (53). Može se očekivati dobar i elastičan pogon nuklearne elektrane, ali s mukotrpnim i osjetljivim stavljanjem u pogon (24) (53). Prilagođavanje varijacijama opterećenja može se izvesti bez osjetljivijeg smanjenja stepena djelovanja. Tehnički minimum odgovara onom kod većine konvencionalnih termoelektrana (53). Za tipe BWR mogu se uzeti (11) regulacije od ± 10 % min između 10 % i 40 % nominalne snage, dok od 40 % nominalne snage dalje elastičnost operacije postaje ± 1 %/sec. Za tipu AGR, se predviđaju mogućnosti regulacije od ± 10 %/min počevši od 20 % nominalne snage (17). Trajanje puštanja u pogon (na hladno) iznosi oko 12 sati. Za »vruće« puštanje u pogon treba 1 do 2 sata, a često i 20 sati, ako se mora postići smanjenje Xenon-efekta.

U vezi s termičkom polucijom toka vode koja se upotrebljava za hlađenje, nuklearne elektrane predstavljaju veću brigu u odnosu na kovencioalne elektrane (5). Npr. jedan reaktor LWR oslobađa 40 % više topline vodi za hlađenje nego li konvencionalna postrojenja iste snage. Što se tiče zagađivanja atmosfere, nuklearne elektrane ne predstavljaju nikakav problem (15). Samo nezgodan kvar mogao bi prouzrokovati štetno djelovanje radioaktivnosti, ali je to malo vjerojatno jer postoje garancije u eksploataciji nuklearnih elektrana.

Pitanje smještaja nuklearnih elektrana u odnosu na konvencionalne, elastičnije je i zbog goriva (za nuklearnu elektranu od 1000 MWe potrebno je prenijeti godišnje 30 tona goriva). Troškovi transporta novih gorivih elemenata predstavljaju samo mali dio njihove cijene, što nije slučaj s troškovima transporta izžarenog goriva u odnosu na troškove pohranjivanja. U nekim slučajevima, naročito za goriva brzih reaktora, taj problem treba dobro razmotriti (25). Međutim, u vezi s lokacijom, važno je pitanje rashladne vode (nuklearna elektrana radi s nižim temperaturama i pritiscima što zahtijeva više rashladne vode nego kovencionalne elektrane). Za lokaciju je mjerodavan i faktor veličine jedinica u vezi s transportom električne energije. Za sadašnji niivo napona (380 kV) gornja granica snage jedne jedinice ne bi trebala preći 800 MW udaljenost transporta od 200 do 300 km. Za nivo napona od 750 kV mogu se predvidjeti jedinice od 1500 do 3000 MW (15).

Utjecaj na električne mreže

Polazeći od razmatranja u prethodnim poglavljima nije teško izvesti najznačajnije zaključke o utjecaju uključivanja nuklearnih elektrana u električni sistem. Sa sadašnjeg stajališta teško je definirati neku politiku uključivanja nuklearnih vrsta. Praktički je nemoguće predvidjeti koje će se težnje slijediti u pogledu iskorištenja raznih nuklearnih vrsta, na srednji i dugi rok (5). To će se moći tek nakon 4 do 5 godina, kada će biti dovoljno podataka o eksploatacji, naročito za reaktore s teškom vodom i reaktore oplođivače. No, već sada se može tvrditi da će se kompletitivnost elektro-nuklearne energije zadržati i ubuduće (53) što pobuđuje želju da nuklearne elektrane postepeno zamijene klasične elektrane (5).

Novi problemi se javljaju (u vezi sa sigurnošću eksploatacije mreže) integracijom velikih proizvodnih jedinica: regulacijom opterećenja, prelaznim djelovanjem na frekvenciju i stabilnost sistema. Stavljanje izvan pogona jednog dijela mreže ne smije dovesti u opasnost kontinuitet snabdijevanja (53). U nekim slučajevima veličina elektrane može obilježiti konfiguraciju sistema. Jedinična veličina ne bi smjela preći određenu granicu koja bi mogla biti oko 10 % (16) (28). Naročito je spomenut problem broja turbina po reaktoru, i pogonska spremnost sistema. Studirajući (37), došlo se je do zaključka da bi za velike nuklearne elektrane bilo bolje imati dvije turbine po reaktoru.

Za uklapanje u ekonomsku eksploataciju velikih jedinica najvažnije je da je interkonektivna mreža dovoljno snažna (53). Teško je zamisliti da će modulacija dnevnih dijagrama ipak jednom biti osigurana nuklearnim elektranama (24). Nuklearne elektrane zamišljene su da rade u temeljnom dijelu krivulje opterećenja. Zato treba voditi računa da porast potražnje temeljne energije ne predstavlja više od jedne trećine do jedne polovine maksimalne godišnje potražnje. Može se, dakle, uzeti da za neki sistem koji ima vršno opterećenje od 5000 MW i godišnji porast od 5 %, treba 4 do 6 godina da bi se absorbirala energija proizvedena u nuklearnoj elektrani od 500 MW (15).

Treba se nadati i razvoju sredstava za proizvodnju vršne energije gdje dolaze u obzir: pumpne elektrane, povećanje snaga u akumulacionim elektranama i plinske turbine. Pri tome tarifna politika može igrati veoma značajnu ulogu. Problemu pokrivanja vršnih opterećenja pridavala se posebna pažnja i u pogledu razvoja opće metodologije (34) i u traženju konkretnih rješenja. U vezi s tim bilo je naznačeno (vodeći računa o strukturi troškova proizvodnje nnuklearnih elektrana) da bi akumulatori pare mogli pružiti interesantnno rješenje jer bi poboljšali faktor iskorištenja elektrane (14). S druge strane, skrenuta je pažnja na prednosti što bi ih mogle predstavljati kombinirana eksploatacija plinskih turbina i nuklearnih elektrana. Poboljšanje stepena djelovanja kod tako postignute vršne snage brojčano je iskazano sa 40 %, što može dovesti na smanjenje od 20 % u troškovima vršne energije u odnosu na onu koja se proizvodi neovisnim plinskim turbinama. (16). Zatim je najavljeno da bi se kombiniranom upotrebom nuklearnih elektrana za proizvodnju električne energije i za grijanje stambenih naselja (proizvodnja tople vode i klimatizacija ljeti) postigli u eksploataciji elektrane viši faktori iskorištenja a vršna snaga bi se proizvodila oduzimanjem topline turbinama (44) (50).

Nuklearne elektrane modelirat će mrežu interkorekcije naročito u vezi s njihovom veličinom (24). Određena politika interkorekcije mreža mogla bi pomoći uvođenju odgovarajućeg nuklearnog programa (3). Glavne prednosti bile bi: povećanje maksimalne jedinične veličine prihvatljive u sistemu i poboljšanje eksploatacije raznih tipa elektrana; kompenzacija krivulje opterećenja; smanjenje rezervne snage za isti stupanj pogonske spremnosti.

Lista podnijetih referata

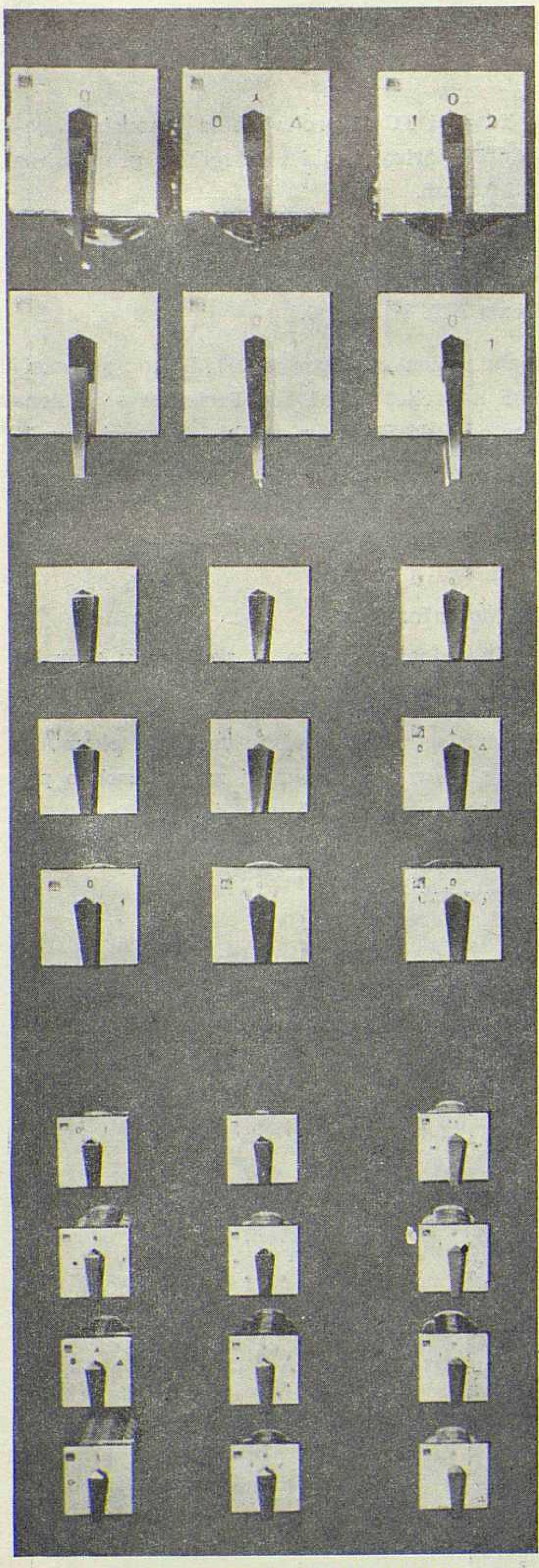
1. *Planiranje nuklearnih elektrana u Meksiku* (J. Eibenschutz — Meksiko).
2. *Perspektive nuklearne energije u Iranu* (A-Afshar-Bakeshloo-Iran).
3. *Problemi vezani za integraciju nuklearnih elektrana u električne mreže, uključujući probleme kooperacije država COMECON u području nuklearne energije* (A. P. Barchenkov, F. Dasoudil, M. Kreuzburg, K. Rasl, M. A. Sanskov, P. Florikan — COMECON).
4. *Karakteristični problemi planiranja i eksploatacije nuklearnih elektrana integriranih u električne mreže* (L. Sani, M. Valtorta — Italija).
5. *Nuklearne elektrane postaju integralni dio talijanskih električnih mreža* (A. M. Angelini, Italija).
6. *Sistem manipulacije reaktorskih goriva »oebble bed« i njegov utjecaj na raspoloživost elektrane* (H. J. Hantke, SR Njemačka).
7. *Troškovi električne energije u mreži idealizirane proizvodnje* (J. Pelser, Holandija).
8. *Integracija nuklearnog reaktora u interkonektiranoj električnoj mreži Turske* (M. H. Wolfensberger, D, Do Dai — Švicarska i Suphi Sahin, Turska).
9. *Društvo partnera, rješenje integracije velikih nuklearnih elektrana u mrežama interkonekcije* (J. Pouly — Švicarska).
10. *Ekonomska integracija nuklearnih elektrana u električnim mrežama, vodeći računa o istraživanjima optimizacije* (W. Frankowski — Poljska).
11. *Eksploatacija i ponašanje nuklearne elektrane s reaktorom na kipuću vodu u vršnom opterećenju* (P. Carbon, W. Stephan — SR Njemačka).
12. *Ekonomske mogućnosti nuklearnih elektrana s reaktorima visokih temperatura i turbinama na helij* (S. Dörsten, R. Fritz, K. V. Schneider — SR Njemačka).
13. *Problemi planiranja koji se postavljaju integracijom energije nuklearnog porijekla u SR Njemačkoj* (W. H. F. Huenlish — SR Njemačka).
14. *Nuklearne elektrane s akumulatorima pare integrirane za vršno opterećenje srednjeg trajanja.* (P. Gilll-Graz, K. Fritz — Austrija).
15. *Utjecaj proizvodnje energije nuklearnog porijekla na planiranje i eksploataciju interkonektiranih električnih mreža* (K. Goldsmith — Ujedinjeno Kraljevstvo).
16. *Eksploatacija nuklearne elektrane u kombinaciji s jedinicama plinskih turbina za vrijeme vršnih opterećenja.* (D. F. Streeton, D. C. Emerson — Ujedinjeno Kraljevstvo).
17. *Posebnost eksploatacije nuklearnih elektrana u Ujedinjenom Kraljevstvu i njihov utjecaj na projektiranje elektrana.* (P. H. Ashmole, A. R. Gregory — Ujedinjeno Kraljevstvo).
18. *Korištenje analize sistema u izradi tehničke politike za programe nuklearne energije* (G. R. Bainbridge, A. A. Farmer — Ujedinjeno Kraljevstvo).
21. *Procjena utjecaja raznih faktora na uvođenje nuklearnih elektrana u električnu mrežu ČSSR* (S. Novak — ČSSR).
22. *Studije problema koji se postavljaju uvrštenjem nuklearnog reaktora znatne snage u odnosu na one u mreži* (P. Larivaille — Francuska).
23. *Problemi koji se postavljaju eksploatacijom nuklearnih elektrana* (A. Metteil — Francuska).

24. *Utjecaj uvođenja nuklearnih elektrana na eksploataciju i planiranje električne mreže.* (M. L. Arabeyre, C. Noe, P. Guillaumin, J. Pouget — Francuska).
25. *Narav i optimalni smještaj hidro i termo elektrana vodeći računa o problemima transporta električne energije* (L. Thiriel, A. Deledicq — Francuska).
27. *Studija optimalne strukture elektrana u zapadnom dijelu Jugoslavije* (H. Požar, B. Udovičić — Jugoslavija)
28. *Problemi koji se pojavljuju u zemlji u razvoju kod sprovođenja programa izgradnje nuklearnih izvora* (N. M. Aybers — Turska).
29. *Potrebe Tajlanda za nuklearnom energijom* (T. Pochanart — Tajland).
30. *Problemi u vezi s nuklearnim elektranama koje proizvode industrijsku paru* (G. Mayer, R. Noermann — SR Njemačka).
31. *Budući aspekti integracije nuklearnih elektrana u električnu mrežu* (W. Fiszer, P. Kizewski, Z. Skopec — Poljska).
32. *Procjena ekonomike nuklearnih elektrana u električnoj mreži* (C. E. Iliffe — Ujedinjeno Kraljevstvo).
33. *Sadašnja tehnika i iskustva u eksploataciji SGWR.* (D. Smith, E. Gabriel — Ujedinjeno Kraljevstvo).
34. *Problemi koji se pojavljuju kod moduliranog dijela krivulje opterećenja uključivanjem nuklearnih elektrana* (A. A. Besčinsky, K. P. Kislov, J. I. Heinson — SSSR).
35. *Problemi koji se pojavljuju porastom veličine jedinica nuklearnih elektrana u velikim električnim mrežama* (E. Z. Borodinsky, J. M. Volkenan, A. N. Zeiliger — SSSR).
36. *Kriteriji za izbor broja turbogeneratora u nuklearnoj elektrani* (Y. D. Arsenev — SSSR).

- *Snabdijevanje uranom i rad separacije u opskrbi nuklearnih elektrana* (D. W. Kuhn — USA).
- *Hidrotermički program za N. W. Pacific regiju USA* (B. Goldhammer — USA).
- *Primjena automatske simulacije u procjeni uloge nuklearnih elektrana u nacionalnoj ekonomici električne energije* (D. E. Deonigi — USA).
- *Kompetitivnost i integracija nuklearnih elektrana u pretežno hidroelektričnoj mreži* (L. C. de Prado — Brazil).
- *Integracija nuklearnih elektrana za gradsko grijanje u interkonektiranim električnim mrežama* (J. Halzl, Z. Szabo, M. Torma — Mađarska).
- *Korištenje modela za računare kod predviđanja uloge nuklearne energije u električnim mrežama* (A. A. de Boer, J. Leclercq, W. de Haan — CCE).
- *Nuklearna elektrana José Cabrera* (F. Pascual, M. Lopez Radriguez, J. L. Guitart, G. Jimenez Ramos — Španjolska).
- *Španjolski program nuklearne energije: integracija nuklearnih elektrana u električnu mrežu* (I. Gaitan, J. Ortego, L. Palacios, F. Pascual — Španjolska).
- *Mogući doprinos nuklearnih elektrana u pokrivanju vršnog opterećenja u električnoj mreži* (A. Levai, G. Büki — Mađarska).
- *Ekonomika nuklearnih elektrana integriranih u električne mreže* (A. V. Bakanov, Y. I. Koryakin — SSSR).
- *Dokumentacija UCPTE.*

(Prema izvještaju Ing. D. Mijića Zajednici jugoslavenske elektroprivrede).

GREBENASTE SKLOPKE



Grebenaste sklopke TiP 26 16 do 630A

Grebenaste sklopke konstruirane su prema najsuvremenijim principima i dostignućima u elektrotehnici uz upotrebu najkvalitetnijih izolacionih masa i dijelova kontaktnih elemenata.

Grebenaste sklopke služe za sklapanje glavnih i pomoćnih strujnih krugova. Izrađuju se za nazivne struje 16, 25, 40, 63, 100, 200, 300, 400 i 630 A.

Ove sklopke pružaju različite ugradne i prigradne mogućnosti i mogu udovoljiti najrazličitijim zahtjevima u niskonaponskom dijelu transformatorske stanice, rasklopnim pločama, ormarima, lijevanim i limenim razvodima u industriji, rudarstvu i na brodovima.

Odlikuju se visokom kvalitetom. Imaju izvanredno veliku prekidnu moć, izdržljivost na preopterećenje, te kroz kraće vrijeme mogu izdržati i struje kratkog spoja. Rokovi isporuke su vrlo kratki.

TEHNIČKI PODACI

Tip sklopke	Nazivna struja A	Kategorija primjene VDE 0660/68	Mehanička trajnost (broj sklapanja)	Učestalost sklapanja 1/h
2G 16	16	AC4	3.10	1.500
2G 25	25	AC4	3.10	1.500
2G 40	40	AC4	3.10	1.500
2G 63	63	AC4	10	500
2G 100	100	AC3	7.10	150
2G 200	200	AC2	7.10	150
2G 400	400	AC1	7.10	150
2G 630	630	AC1	7.10	150

Grebenaste sklopke proizvodimo i u kućištu. Tipna oznaka 2 KG.

Grebenaste sklopke se primjenjuju:

— za uklapanje i isklapanje glavnih strujnih krugova;
— u pomoćnim krugovima sastavljaju se prema traženoj shemi spoja sklopke za komande, signalizacione i mjerne krugove;
— u motornim sklopovima za direktno uklapanje ili isklapanje trofaznih i jednofaznih motora, za preklopke zvijezda;
— u trokutu, preklopkama za rezerviranje, za motore s više brzina, za kontrolere;
— u sklopkama za ostala trošila (električne peći, agregati za zavarivanje, rasvjeta, kućanski aparati).

Odgovaraju svim klimatskim uvjetima.
Potpuno ispunjavaju propise VDE 0660/3. 68.

»RADE KONČAR«

PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE OPREME, PROJEKTIRANJE I MONTAŽU POSTROJENJA — ZAGREB

ELKA

TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA ZAGREB — JUGOSLAVIJA

TELEFONSKI KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIČNIM MASAMA

»Elka je potpuno usvojila proizvodnju najkvalitetnijih telefonskih kabela za centrale, telefonskih razvodnih (instalacionih) kabela, telefonskih kabela za mjesne mreže, i telefonske montažne i instalacione žice.

KABELI I VODOVI IZOLIRANI PVC-OM

Za centrale i signalne uređaje izrađuje ove tipove kabela sa izolacijom i plaštem od PVC-a:

TC-40 i
TC-41 prema JUS M.C4.140

Osnovne izmjerene karakteristike izolacije ovih kabela su:

Relativna dielektričnost	$\varepsilon' = 4$
Dielektrični faktor gubitaka	$tg\delta = 0{,}08$
Specifični izolacioni otpor	$r = 10^{15}\Omega$ cm

Osnovne izmjerene karakteristike gotovog kabela su:

Izolacioni otpor min.	R = 500 MΩ km
Radni kapacitet max.	C = 90 nF/km
Srednja kapacitivna veza	$C' \leqq 150$ pF/500 m
Gušenje preslušavanja	a = 8 nepera
Dozvoljena temperatura kabela u upotrebi	— 20° C do 70° C
Temperatura polaganja	— 5° C do 50° C.

Kabeli TC-40 i TC-41 proizvode se u konstrukcijama od 5 do 50 parica, trojki i četvorki s promjerima vodiča 0,5 i 0,6 mm.

Telefonski razvodni instalacioni kabeli

TR-40, prema JUS N. C4. 240.

Manimalni izolacioni otpor je 200 MΩ km, a maksimalni radni kapacitet 100 nF/km. Proizvodi se u konstrukcijama od 5 do 50 parica, trojki i četvorki s vodičima promjera od 0,5, 0,6 i 0,8 mm. Ovaj kabel se upotrebljava za telefonske i signalne uređaje u suhim prostorijama, za polaganje u cijev i zidove.

Telefonska montažna žica

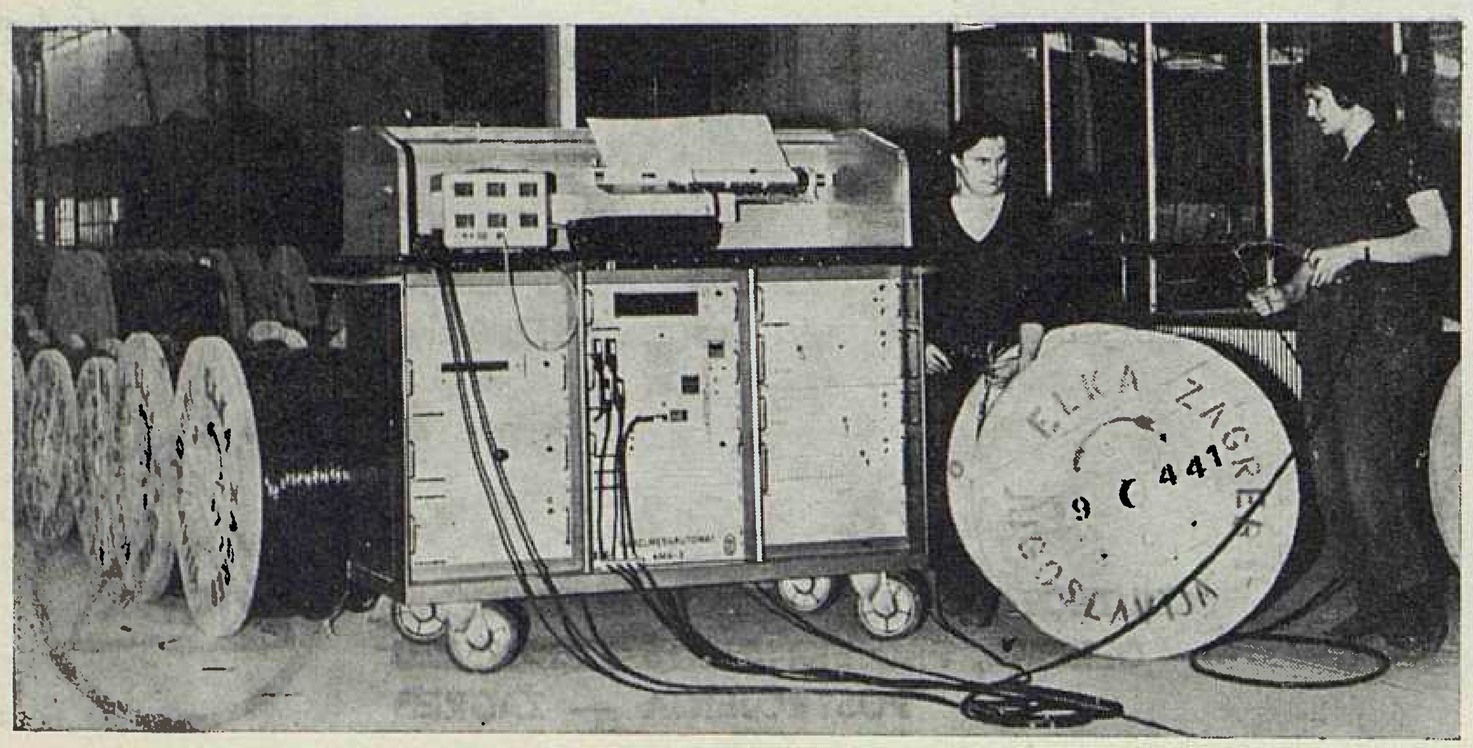
TM- 20, jednobojna, dvobojna ili použena u snop od pet žica,

upotrebljava se za unutarašnje veze u telekomunikacionim uređajima i aparatima i za međusobno povezivanje telekomunikacijskih uređaja.

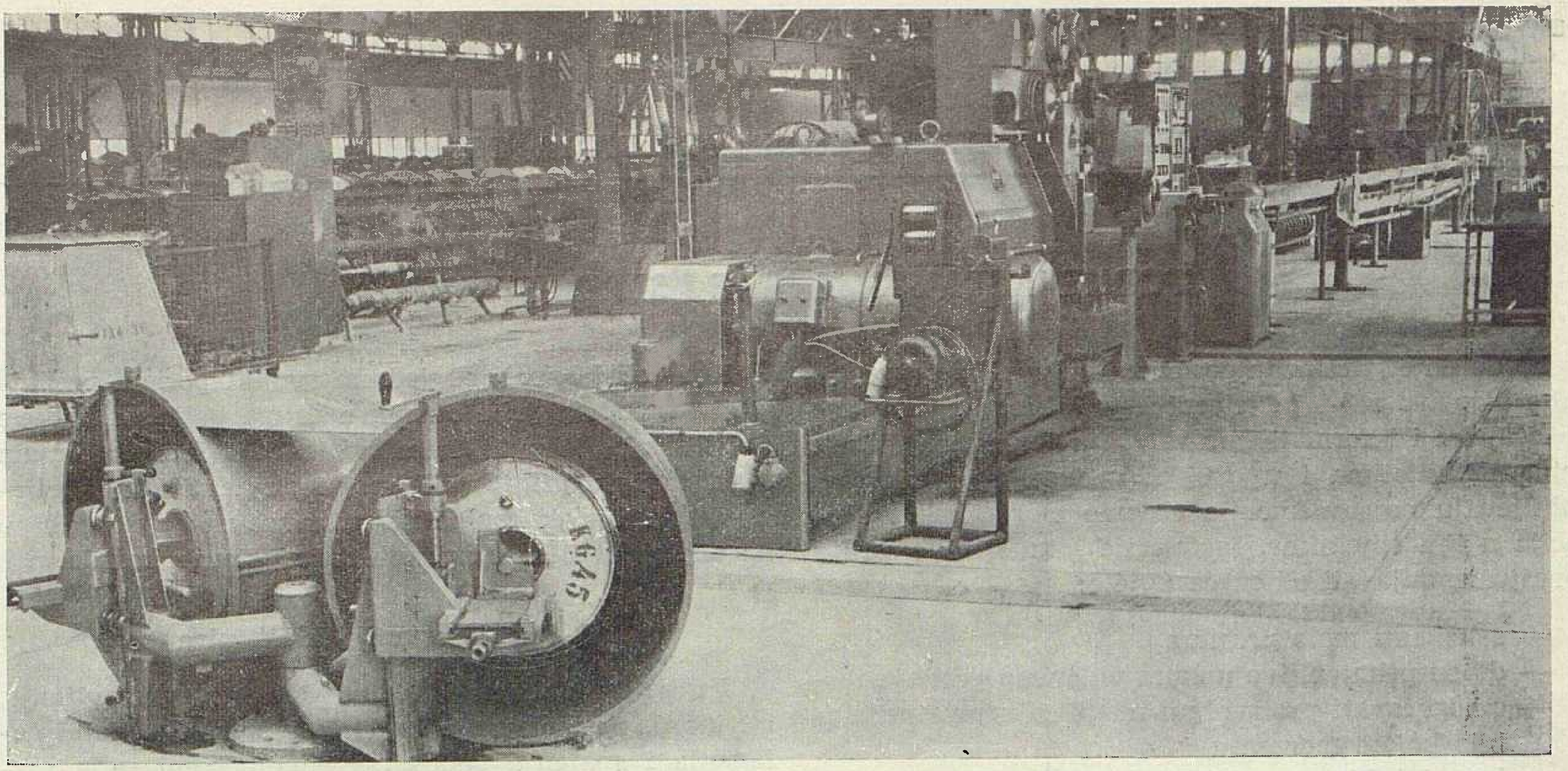
Telefonska instalaciona žica

TI 20,

upotrebljava se za telefonske kućne instalacije u cijevima i po zidu, za priključak zvučnika i signalnih uređaja, za ranžiranje glavnih kabelskih razdjelnika i međurazdjelnika.



Ispitivanje telefonskih kabela na najsuvremenijem uređaju tipa kabelmessautomat



Detalj iz pogona za proizvodnju telefonskih kabela

KABELI IZOLIRANI POLIETILENOM

Telefonski kabeli za mjerne telefonske mreže s izolacijom i plaštem od polietilena:

TK-30, TK-31 i TK-32, prema JUS N.C4.330
i TK-31, TK-32 i TK-33E, prema propisima JZPTT.

Osnovne izmjene karakteristike izolacije:

relativna dielektričnost	$\varepsilon' = 2{,}3$, kod 1000 Hz
dielektrički faktor gubitaka	$tg\delta = 0{,}003 \div 0{,}005$, kod 1000 Hz
dielektrična čvrstoća	F = 25 kV/mm kod 50 Hz.

Osnovne izmjerene karakteristike gotovog kabela:

Radni kapacitet za zvijezda- četvorke
$C_{IV} \leqq 50$ nF/km
a za paricu
$C_{II} \leq 60$ nF/km.

Izolacioni otpor gotovog kabela:

$R = 10.000$ MΩ km

Kapacitivna veza maksimalna

$c' \leq 500$ pF/500 m

Dozvoljena temperatura u eksploataciji

$t_0 = -30°$ C do 50° C.

Dozvoljena temperatura pri polaganju

$t_p = 0°$ C do 40° C.

Primjena:

TK- 30 za polaganje u kabelske kanale mjesnih telefonskih mreža,

TK- 31 za polaganje u kabelske kanale mjesnih telefonskih mreža gdje se zahtjeva zaštita od smetnji,

TK- 32 za polaganje u zemlju, po zidovima, preko mostova i svagdje gdje je potrebna i povećana mehanička zaštita.

TK- 33* i TK- 33E su samonosivi telefonski kabeli za ovjesno polaganje na različita uporišta na zemlji, krovovima, stupovima, posebno u industrijskim centrima sa zagađenom atmosferom, selima, prigradskim naseljima i primorskim mjestima.

Svi se ovi kabeli proizvode u konstrukcijama od 5 do 50 parica i četvorki.

---

* TK-33 razlikuje se od TK-33E samo po tome što mu je plašt od PVC-a.

PODNE INSTALACIJE JAKE I SLABE STRUJE

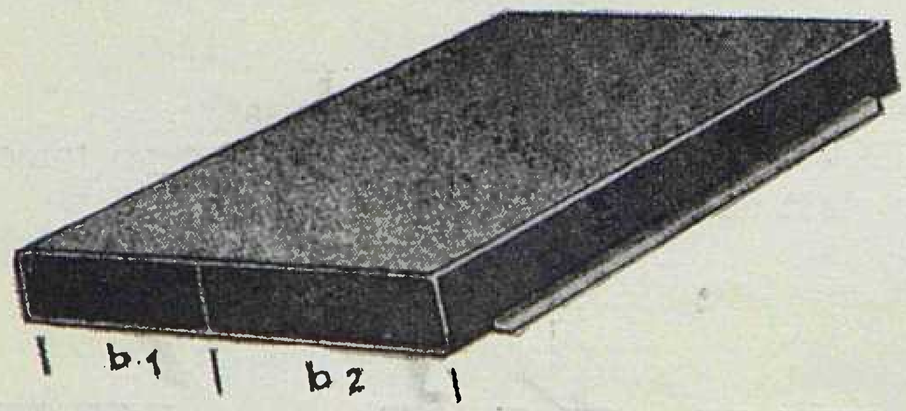
Moderna organizacija poslovanja u uredima, projektnim biroima, računskim centrima, laboratorijima, saobraćajnim i informativnim centrima, bankama, bolnicama, fakultetima i u drugim poslovnim objektima, zahtijevaju najsuvremenije sisteme električnih instalacija u tim objektima. Instalacije jake i slabe struje moraju ispunjavati slijedeće uvjete:

- zauzimati malo prostora,
- da su primjenljive u svim vidovima gradnje,
- omogućavati proizvoljnu adaptaciju prostorija u bilo kojem momentu,
- brzu i jeftinu montažu,
- sigurnu izvedbu u mehaničkom i električnom pogledu,
- kapacitet instalacije mora biti dovoljno dimenzioniran i za buduće potrebe,
- mreža priključnih mjesta mora biti fleksibilna, tj. mora postojati mogućnost da se broj i mjesto priključka može uvijek prilagoditi potrebama i željama korisnika instalacije,
- priključci instalacija jake i slabe struje trebaju biti, po mogućnosti koncentrirani na istim mjestima, da se mogu istovremeno koristiti.
- priključna mjesta moraju biti takva da se mogu proizvoljno kombinirati priključci za jaku struju i telefoniju, i da mogu biti zaštićeni zajedničkim ili odvojenim poklopcima.

Svi ovi zahtjevi mogu se danas postići isključivo i sigurno uz primjenu podnih instalacija koje se sastoje, uglavnom, od slijedećih elemenata:

A. Jednodjelnih ili dvodjelnih kanala iz čeličnog pocinčanog lima

Širina jednodjelnih kanala iznosi 90, 150 i 190 mm, a dvodjelnih ($b_1 + b_2$) : 90 (45 + 45) mm; 150 (60 + 90) mm; 190 (80 + 110) mm; 250 (110 + 140) mm i 350 (160 + + 190) mm. Visina kanala može biti 18 mm; 23 mm; 28 mm; 33 mm; 38 mm, 43 mm i 48 mm. Ovisno o visini kanala i izvedbi priključnih mjesta, vidi točku C, visina premaza ili izolacionog poda koji dolazi iznad betonske deke mora biti 50 do 80 mm.



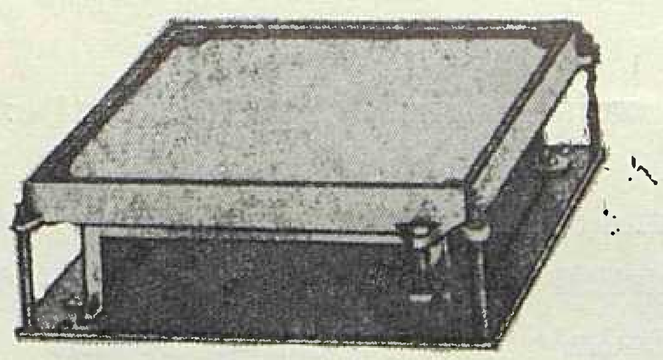
Sl. 1. Dvodjelni limeni kanal

Dvodjelni kanali su jednim svojim poljem predviđeni za vodove jake struje, a drugo polje za vodove slabe struje (telefoni, interfoni i sl.). U sastavu kanala se isporučuju pripadajući spojni elementi kao i koljena za priključak kanala na razvodne uređaje, odnosno na sistem zidnih-parapetnih instalacionih kanala.

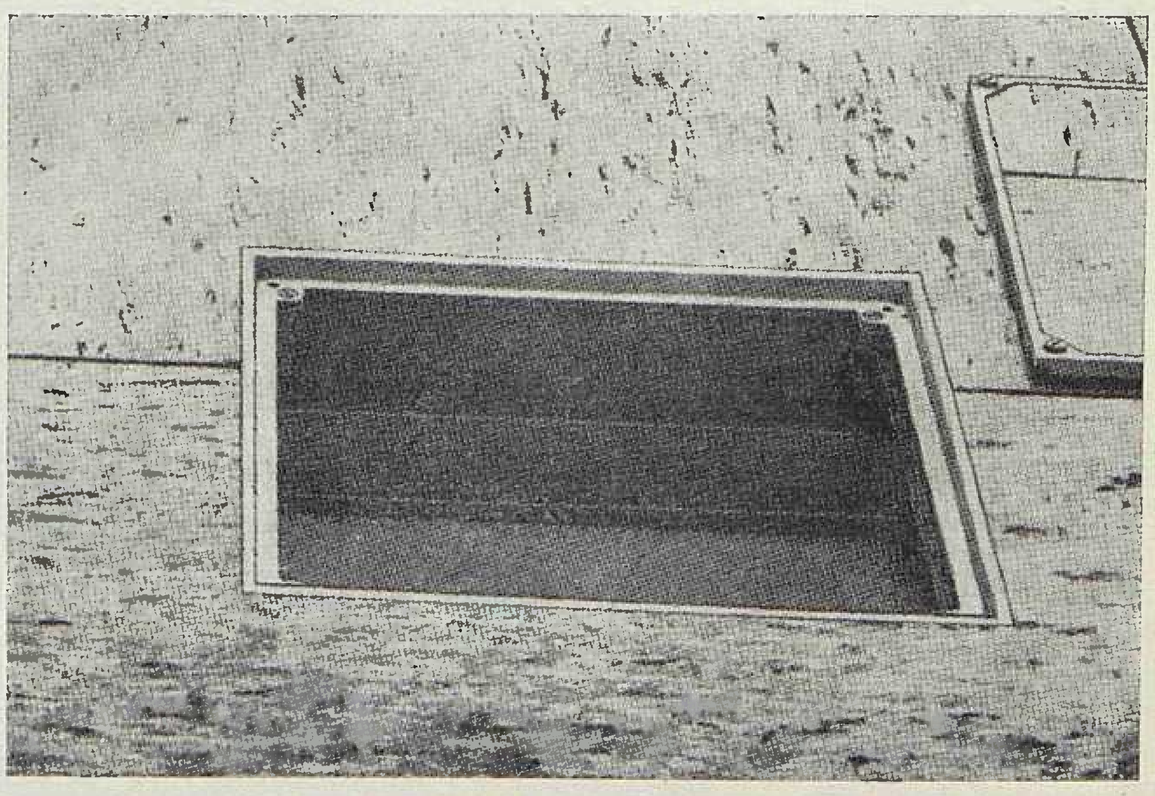
B. Razvodne kutije iz silumina

Kutije iz silumina su predviđene za nastavljanje, odvajanje i završavanje kanala i to ovisno o planu polaganja i spajanja vodova. Prema potrebi se u razvodne kutije mogu ugraditi priključne stezaljke za vodove jake struje, odnosno priključne letvice i reglete za vodove slabe struje i telefonije. U sastavu kutije se isporučuju posebni poklopci koji se isključivo koriste za potrebe transporta i montaže, kao i pregradne pločice koje služe kao mehaničke pregrade na mjestu gdje se križaju vodovi jake struje s vodovima telefonskih instalacija.

Prema potrebi može se na poklopac razvodnih kutija ugraditi i priključni stupić, vidi točku C/c.



Sl. 2



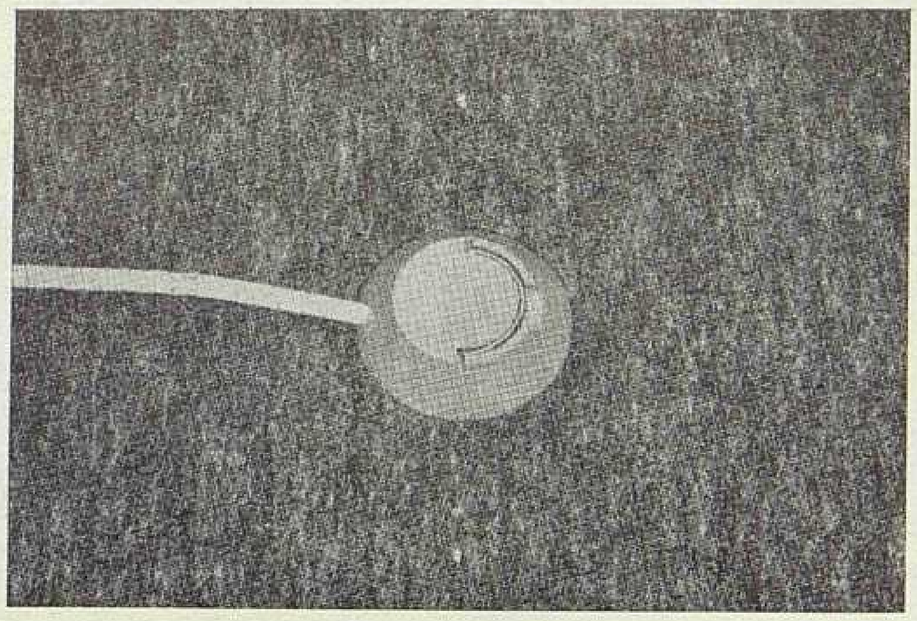
Sl. 3

Na sl. 2 i 3 — Razvodne kutije (dimenzije u skladu sa širinom i visinom kanala)

C. Priključna mjesta

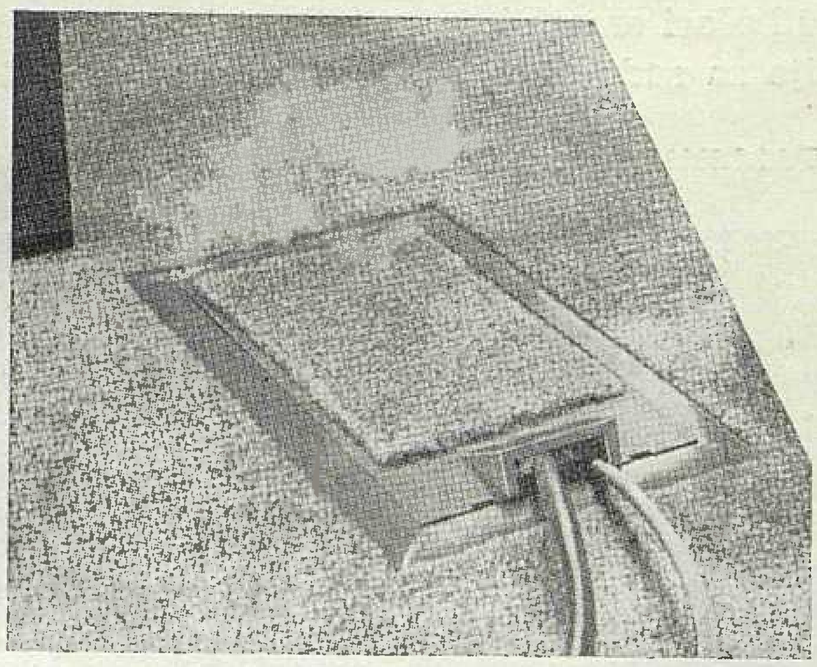
Podne instalacije predviđene su za tri različite izvedbe priključnih mjesta, s time da svaka izvedba omogućava mnogo kombinacija raznih izvedbi priključaka za instalacije jake i slabe struje.

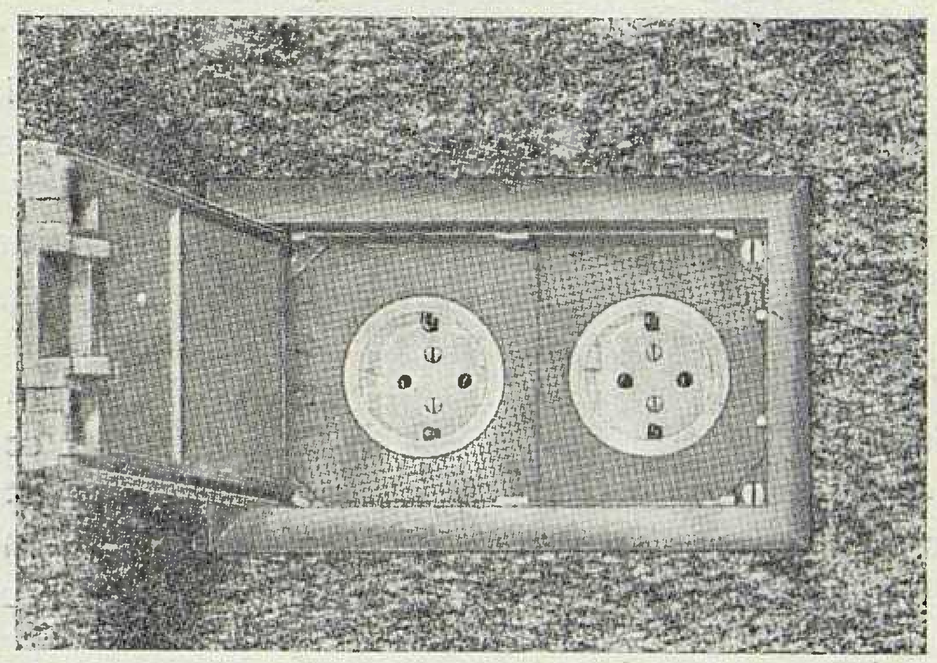
Pregled izvedbi priključnih mjesta:



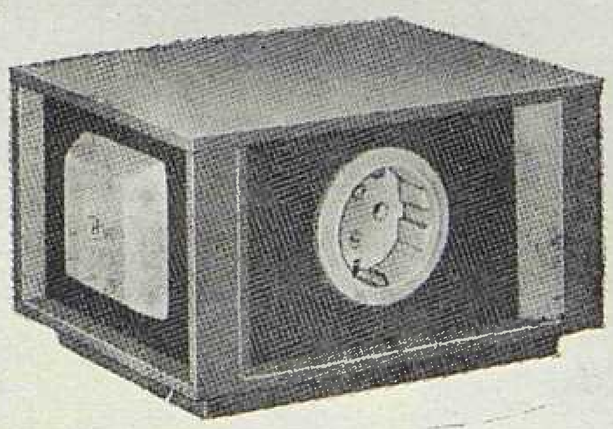
a) Priključno mjesto u visini poda, s jednim priključkom (za jaku ili slabu struju).

Mogu se i naknadno ugraditi. U tu svrhu se koristi odgovarajući alat za bušenje poda i limenih kanala.





b) Priključno mjesto u visini poda s dva ista ili različita priključna gnijezda.



c) Priključno mjesto iznad poda tzv. priključni stupić, u više izvedbi s mogućnosti 12 priključnih gnijezda.

Potpune tehničke podatke o sistemu podnih instalacija i pripadajućim razvodnih ormarima možete dobiti u prodajno-tehničkoj službi tvornice.

Tvornica TEP
Zagreb

Nakon višegodišnjeg rada na usavršavanju vozila za potrebe mehanizacije u elektroprivredi, Tovarna avtomobilov in motorjev — Maribor je izradila nekoliko tipova specijalnih vozila od kojih dva želimo posebno predstaviti. To su 5-tonski kamion TAM 5000 DV sa ugrađenim kranom HIAB, odnosno kamion TAM 2001 sa montiranom zglobnom hidrauličnom platformom.

Ovaj članak će prikazati karakteristike vozila TAM 2001 sa ugrađenom zglobnom hidrauličnom platformom ZHP 12 proizvođača »Tehnomehanika« — Marija Bistrica.

Zbog sve učestalijih zahtjeva elektro-poduzeća za lakim i pokretljivim elektromonterskim vozilom, došlo je prije nekoliko godina do suradnje konstrukcija TAM i »Tehnomehanike« — Marija Bistrica (Hrv. Zagorje). Nakon opsežnih radova, stvoreno je vozilo, koje može: postavljati nova rasvjetna mjesta i održavati postojeća, postavljati visinske vodove i kućne priključke vodova, montirati svjetleće reklame, ukratko, obavljati sve elektromonterske radove na visini od 2 — 12 metara.

Nakon niza prototipnih rješenja možemo danas konstatirati, da je vozilo koje predstavljamo, dostiglo one kvalitete, koje je zahtijevala eksploatacija.

Šasija ima sve karakteristike dobro poznatog kamiona serije TAM 2000, koji u suvremenijem obliku, sa cijelim nizom novih tehničkih rješenja (panoramsko vjetrobransko staklo, sinhronizirani mjenjač (ručica mjenjača na podu kabine, baterije izvan kabine itd.) nosi *oznaku TAM 2001.* Pokreće je vodom hlađeni četverocilindrični diesel motor jačine 60 KS, posredstvom petstupanjskog sinhroniziranog mjenjača, kardana i diferencijalnog prijenosa, na točkove zadnje osovine. Max. brzina vozila TAM 2001 iznosi 86 km/h, ali je, zbog sigurnosti vožnje sa platformom, ograničena na 60 km/h. Vozilo može u prvoj brzini savladati uspone do 29,5 %.

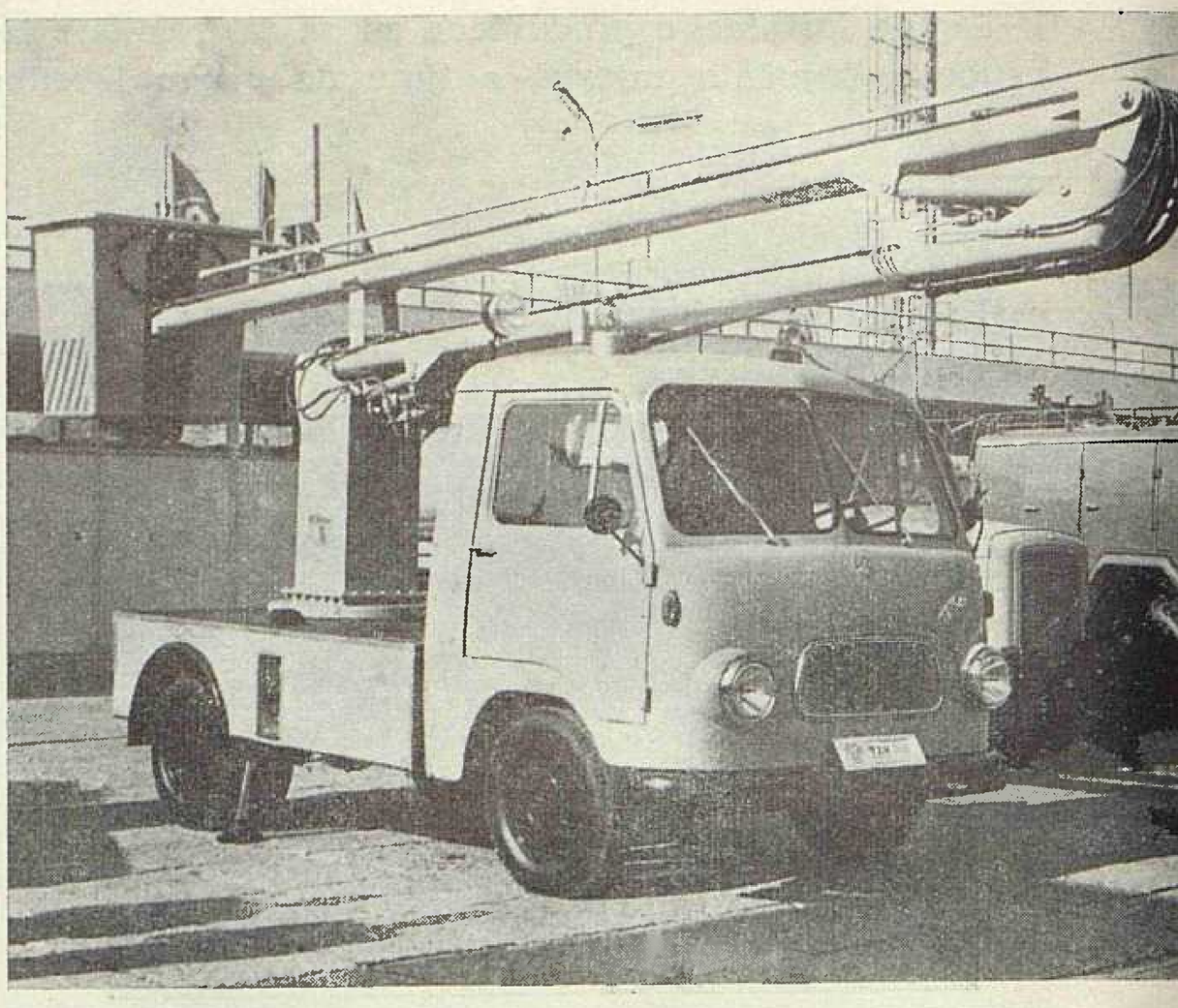
Dobre sposobnosti manevriranja ostvarene su zahvaljujući malom međuosovinskom razmaku (2600 mm) i velikom kutu okretanja prednjih točkova. Tako je postignut minimalni promjer okretanja vozila od 11,5 m.

Udobnost vožnje ostvarena je zavješenjem prednje i zadnje osovine pomoću polueliptičnih opruga uz dodatno montirane amortizere na prednjoj osovini. Predviđeno je da se amortizeri mogu montirati i na zadnjoj osovini, ukoliko to korisnik želi. Prilikom podizanja košare, vozilo se učvršćuje posebnim hidrauličnim potpornim nogama, a neugodni utjecaj naginjanja vozila, onemogućuje se ugradnjom uređaja za blokiranje opruga zadnje osovine.

Kočnice su hidraulične na sva četiri točka a ručna kočnica je mehanička i koči samo zadnje točkove.

Kabina je moderno opremljena. Uređaj za grijanje i ventilaciju izveden je tako da istovremeno suši vjetrobransko staklo.

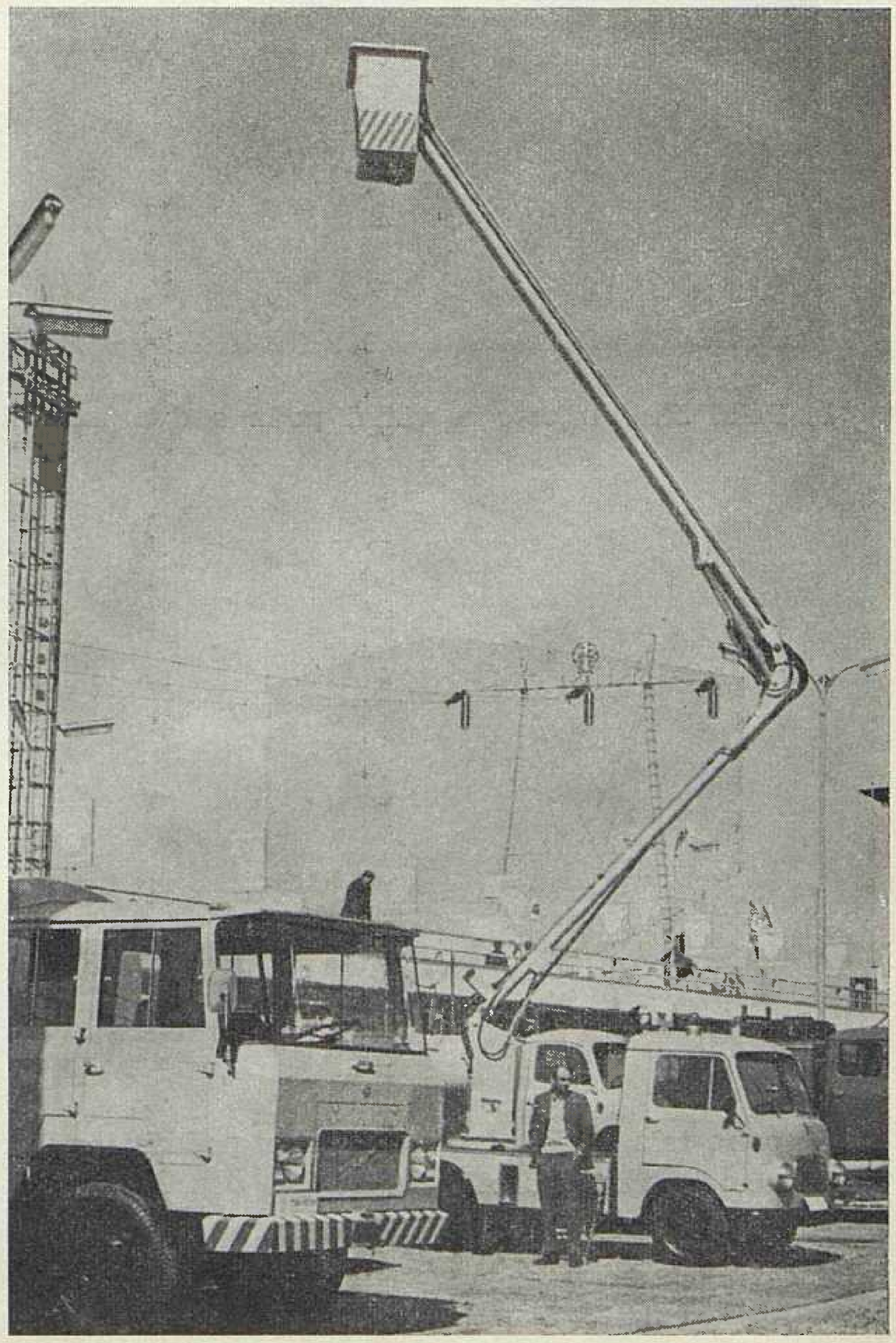
Postavljanje radne košare u željeni položaj je automatsko. Hidraulični razvodnici u komandama usmjeruju radno ulje iz pumpe, priključene na izvod iz mjenjača, u radne cilindre poluga, odnosno okretnog postolja. Potpuna sigurnost radnika u košari postignuta je konstrukcijom dvostrukih komandi za manevriranje



Vozilo TAM 2000 sa ugrađenom platformom u transportnom položaju

s košarom. Komande na platformi koriste se, uglavnom, za smještaj platforme u transportni položaj, dok komande u košari omogućuju radniku izbor najprikladnije pozicije za rad.

Vozilo TAM 2000 sa ugrađenom platformom u radnom položaju



GOD. 20 (1971) energija BROJ 5—6

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

HIDROELEKTRANA ĐERDAP

Mihailo Golubović, Beograd

Opisana je osnovna koncepcija izgradnje hidroenergetskog sistema Đerdap, njegova elektroenergetska uloga, utjecaj na plovidbu Dunavom i utjecaj na priobalno područje.

DK 621.311.21

Jedan od najvećih pothvata u posleratnom periodu intenzivne izgradnje u našoj zemlji-hidroenergetski i plovidbeni sistem Đerdap, privodi se kraju. Stavljanjem u pogon prvih mašina jula 1970. god. i ostalih mašina u toku 1971. god. završiće se veliki napori naših i rumunskih stručnjaka-projektanata i graditelja-i time okončati sedmogodišnji period izgradnje šeste, po instalisanoj snazi, hidroelektrane u svetu.

Podsetimo se kako je došlo do izgradnje ovog objekta i koje su bile osnovne postavke koje su uplivisale na tok građenja.

Velika koncentracija hidroenergetskog potencijala u sektoru Đerdapa dugo je bila predmet interesa stručnjaka, kako dveju pribrežnih zemalja— —Jugoslavije i Rumunije— tako i stručnjaka nekih drugih zemalja (Čehoslovačke i Nemačke u predratnom periodu). Zamašnije studije su međutim tek započele posle sporazuma dvaju predsednika — Tita i Deža 1956. god, kojim je bilo predviđeno formiranje Mešovite komisije za Đerdap i koja je imala za zadatak da pripremi, putem odgovarajućih projektnih organizacija, studiju o zajedničkom korištenju Dunava.

Tehno-ekonomskim memorandumom od septembra 1960. god. rešena je lokacija postrojenja na profilu Sip—Gura Vaja kao i uspor vode sa kotom 63, cm iznad Jadranskog mora. Konačno je utvrđeno rešenje imalo bitno koncepciono odstupanje, jer se do tada zamišljeno isključivo energetsko rešenje, zamenilo hidroenergetskim i plovidbenim rešenjem.

Početak radova, pripremna faza, označena je svečanim otvaranjem u septembru 1964. god, uz prisustvo šefova dveju država Tita i Deža.

Sklopljenim Sporozumom između dve zemlje— Jugoslavije i Rumunije u potpunosti je primenjen princip ravnopravnosti, koji se ogleda u tome što se svi troškovi gradnje i docnije podele energije, dele na dva ravna dela. Kako je ceo objekat sagrađen simetrično uz maksimalno poštovanje istih parametara, to je od značaja bila intenzivna saradnja projektanata i izvođača radova obe zemlje. Da bi se između ostalog izbeglo da rumunska strana ima deo brane na jugoslavenskoj teritoriji, načinjen je i poseban ugovor o delimičnoj izmeni granice.

Prema Sporazumu, dve države koriste u ravnim delovima hidroenergetski potencijal, pri čemu su obe strane samostalne i svaka obezbeđuje upravljanje, eksloataciju i održavanje objekata koji joj pripadaju. Ipak je, predviđeno da sistem Đerdap predstavlja jednu celinu sa stanovišta hidroenergetike i plovidbe, i da mora da se obezbedi koordinacija eksploatacije i održavanja. Dve strane su zbog toga preuzele niz obaveza u cilju maksimalne koordinacije između zainteresovanih elektroprivrednih preduzeća, a posebno između tih preduzeća i Đerdapske rečne uprave.

Hidrološke karakteristike Dunava u sektoru Đerdapa

Hidrološke karakteristike Dunava u sektoru Đerdapa uslovljene su zbirom hidroloških karakteristika svih pritoka u celom slivu, s tim što velike vode od Beograda nizvodno padaju u aprilu, a delom i u maju, dok male vode nastaju polovinom septembra i krajem januara.

Pedesetogodišnja osmatranja na profilu Oršava, pružila su sledeće podatke:

— srednji godišnji protok —(50--to godišnji prosek)	5515 m³/sek
— srednji godišnji protok — za kišnu godinu /10 %/	6970 m³/sek
— srednji godišnji protok — za sušnu godinu /90 %/	4250 m³/sek

Verovatnoća pojava maksimalnih voda Dunava u sektoru Đerdapa je:

Qmax 0,01 % = 21220 m³/sek /desetohiljadugodišnja velika voda/
Qmax 0,1 % = 18.880 m³/sek /hiljadugodišnja velika voda/
Qmax 1 % = 16.200 m³/sek stogodišnja velika voda/

a verovatnoća minimalnih voda je:

Qmin 0,1 % = 1090 m³/sek
Qmin 1 % = 1190 m³/sek

Srednje vrednosti protoka, u toku 50 godina osmatranja, su:

Qvv = 15.860 m³/sek za velike vode
Qsv = 5.460 m³/sek za srednje vode
Qmv = 2.190 m³/sek za male vode

Ukupan pad srednje vode Dunava, na zajedničkom jugoslovensko-rumunskom sektoru, tj. od ušća reke Nere do ušća reke Timoka, iznosi približno 35 m što na ukupnoj dužini od 230 km daje oko 15 cm/km. Ovo je skoro 4 puta više nego prosečan pad na uzvodnom delu Dunava, koji iznosi 3 do 5 cm/km. Ovaj pad nije međutim ravnomerno raspoređen po celoj dužini: najveći pad je koncentrisan od ulaza u Đerdap (kod Golubca) pa do Sipa (mesta gde je izgrađen Đerdap), gde na dužini od oko 100 km iznosi 26 m.

Obimne količine vode i veoma povoljna ujednačenost protoka (Qvv:Qmv = 7) sa koncentracijom velikih padova na relativno kratkom sektoru, ukazuju na veliku mogućnost iskorišćenja instalisane snage. Proračunavanja od Tise do Timoka su dala sledeće rezultate:

— srednji energetski potencijal đerdapskog sektora 11.333kW/km
— srednji energetski potencijal nizvodnog od đerdaskog sektora 3.260kW/km
— srednji energetski potencijal uzvodno od đerdapskog sektora 2.050kW/km

tj. potencijal je u đerdapskom sektoru veći za 4 do 5 puta od potencijala na susednim sektorima.

Glavni objekat - hidroelektrana

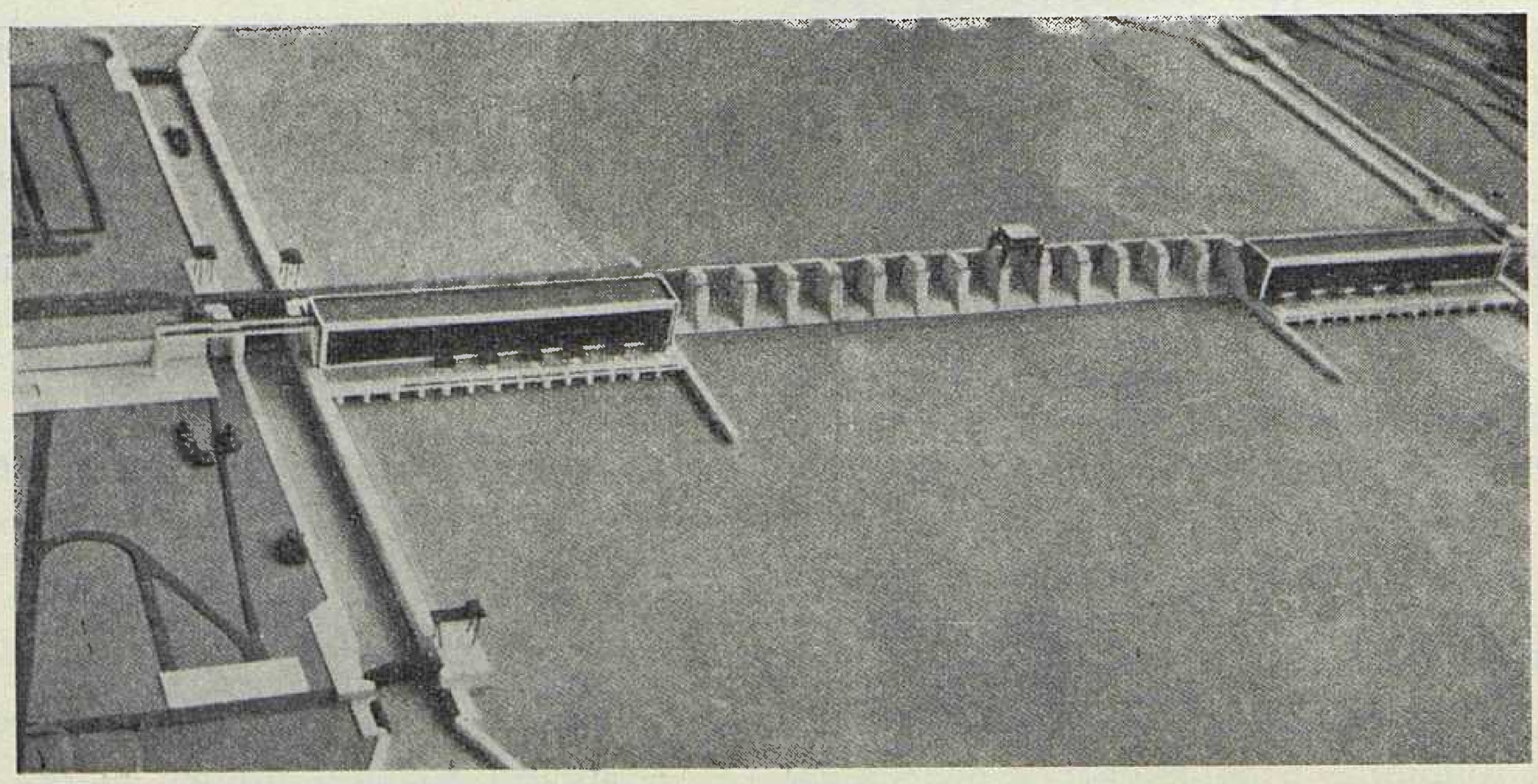
Na osnovu iscrpnih proučavanja, došlo se do zaključka da je za izgradnju brane najpovoljniji profil Sip—Gura Vaja, gde se koristi 81 % ukupnog hidropotencijala jugoslavensko-rumunskog sektora Dunava i gde je bila moguća plovidba i za vreme gradnje objakta.

Imajući u vidu ograničenja, diktirana krupnim naseljima na obalama Dunava, usvojena je kao najpovoljnija kota 69,5 m iznad J. M. Međutim dok se ne sagledaju sve posledice ove kote uspora, HE Đerdap će se eksploatisati uglavnom sa usporom 68,0 m iznad J. M.

Glavni objekat-elektrana obuhvata (Sl. 1) u središnjem delu prelivnu branu, na koju se sa obe strane nastavljaju naša i rumunska elektrana a ove završavaju neprelivnim delovima brane koji dospevaju do jedne i druge obale.

Prelivna brana je betonska, gravitaciona, ukupne družine 441 m, sa 14 prelivnih polja od po 25 m i sa dvodelnim tablastim ustavama visine oko 14,3 m. Građevinska visina brane je 56,3 m.

Brana je tako izgrađena da omogućuje eksploataciju sa varijabilnim nivoom gornje vode, od kote 63 do kote 69,5. Pri protocima manjim od 8500 m³/sek, nivo uspona na brani će varirati od kote 66 do 69,5 a pri većim protocima, ovaj nivo će srazmerno da se smanjuje do kote 63. U režimu rada do kote 68,0 — na brani i na reci Neri- prosečna godišnja proizvodnja električne energije u jugoslovenskom delu elektrane iznoseći 5,25 GWh, a izuzetno u slučaju rada i do kote 69,5 m dopunski treba računati sa daljih 30 GWh.



Sl. 1 Đerdapska hidroelektrana sa branom — maketa

Dve elektrane — jugoslovenska i rumunska su uglavnom istih karakteristika i parametara. Svaka sadrži po 6 identičnih agregata. Projektom je predviđen instalisani protok od 8700 m³/sek. odnosno po 4350 m³/sek za svaku elektranu, što pri padu od 25,91 m daje snagu od 935 MW/po elektrani. Najveći pad pri radu hidroelektrane sa punim instalisanim protokom javlja se u slučaju kada u akumulaciono jezero dotiče 2700 m³/sek (protok sa verovatnoćom pojave od 90 %) a hidroelektrana radi sa protokom od 8700 m³/sek, koristeći vodu akumulisanu u jezeru (rad sa regulisanjem protoka). Pad u ovom slučaju iznosi 29,06 m a snaga 2,050 MW odnosno 1,025 MW po elektrani. Na taj način je i određena jedinična snaga agregata od 171 MW. Turbine su Kaplan sa prečnikom kola od oko 9,5 m.

Prevodnice su projektom predviđene kao dvostepene, uglavnom istih parametara, sa komorama dužine 310 m, širine 34 m i minimalne dubine vode 4,5 m. Propusna moć svake prevodnice je 24 miliona tona nosivosti godišnje, računajući sa plovilima od oko 1200 toda nosivosti.

Gornja komora se napaja vodom iz akumulacije preko zahvata, dovodnih galerija i sistema za raspodelu vode. Donja komora se napaja vodom iz gornje komore također preko dovodnih galerija i sistema za raspodelu vode. Donja komora se prazni u korito reke izvan pretpristaništa. Prevodnica ima tri mesta zatvaranja: tzv. gornja i srednja glava raspolažu ravnim, dvodelnim, spuštajućim vratima, dok se donja komora zatvara istim vratima (zatvačima) srednje glave i dvokrilnim obrtnim vratima tzv. donje glave.

Celokupno upravljanje radom prevodnice je potpuno automatizovano, i sprovodi se daljinski iz komandnog tornja, koji dominira nad prevodnicom.

Neprelivni delovi brane završavaju ceo objekat prema obali i dugi su: uz desnu obalu 186 m — gde je smešten upravni deo, komandni i pomoćni uređaji — i uz levu obalu 117 m. sa smeštajem rumunskog upravnokomandnog dela.

Ukupna dužina glavnog objekta po kruni brane iznosi 1278 m.

Energetika

Imajući u vidu relativno povoljan odnos najvećih i najnižih proticaja vode kao i povoljan kvalitet električne energije, jer malovodni period ne pada u isto vreme kada i na drugim rekama, hidroelektrana predstavlja znatno stabilnijeg proizvođača električne energije no što su to druge protočne hidroelektrane u našoj zemlji.

Obe elektrane — na jugoslovenskoj i rumunskoj strani — radiće u periodima normalnih i velikih voda kao protočne, a u periodima malih voda moći će da rade i u gornjim delovima dnevnog dijagrama opterećenja. Kod ovakve eksploatacije, elektrana, moraće da se vodi računa o plovidbi nizvodno od Đerdapa tj. ispuštanje vode će morati tako da se podešava da se uvek obezbedi potrebna plovna dubina od 2,5 do 3,5 m. Također će brzina promene ispuštanja vode morati da se kontroliše, kako bi se izbegle preterano brze promene koje bi mogle da ugroze plovidbu nizvodno od Đerdapa.

I pored toga što se normalno predviđa da svaka od elektrana radi na svom energetskom sistemu, ipak će se voditi računa o ravnomernoj raspodeli hidroenergetskog potencijala. Raspodela će se vršiti svakodnevno, a veličine dozvoljenih odstupanja kao i ostale uslove ekploatacije, reguliše »Pravilnik o radu zajedničkih dispečerskih službi« obeju elektrana. Na jugoslovenskoj strani obrada informacija je moderno rešenje putem odgovarajućeg računara čije uređaje je isporučio i montirao Institut Mihailo Pupin iz Beograda.

Radeći sa kotom 68,0 m iznad J. M. predviđa se da obe elektrane u prosečnoj godini proizvedu oko 10.390 GWh električne energije.

Priključak jugoslovenskog dela elektrane na elektroenergetski sistem

Prvobitnim projektom električne šeme, svaki generator je bio vezan na poseban blok transformatora sa transformacijom 15,75/245 kV. Tako je formirano šest blok-grupa, koje su priključene na dvostruke sabirinice 220 kV od kojih je polazilo 6 dalekovoda 220 kV: četiri prema Beogradu i dva prema Boru. Sedmi dalekovod je povezivao rumunsko i jugoslovensko postrojenje 220 kV.

Naknadnom analizom elektroenergetskog sistema i analizom razvoja superponiranih mreža u susednim zemljama — Rumunske, Mađarske i Bugarske — pokazalo se da bi za budućnost varijanta uklapanja Đerdapa u mrežu putem vodova 380 kV bila znatno povoljnija i pored toga što je investiciono ova varijanta bila skuplja za oko 13 % od varijante uklapanja putem vodova 220 kV. U prilog varijante 380 kV je govorilo sledeće:

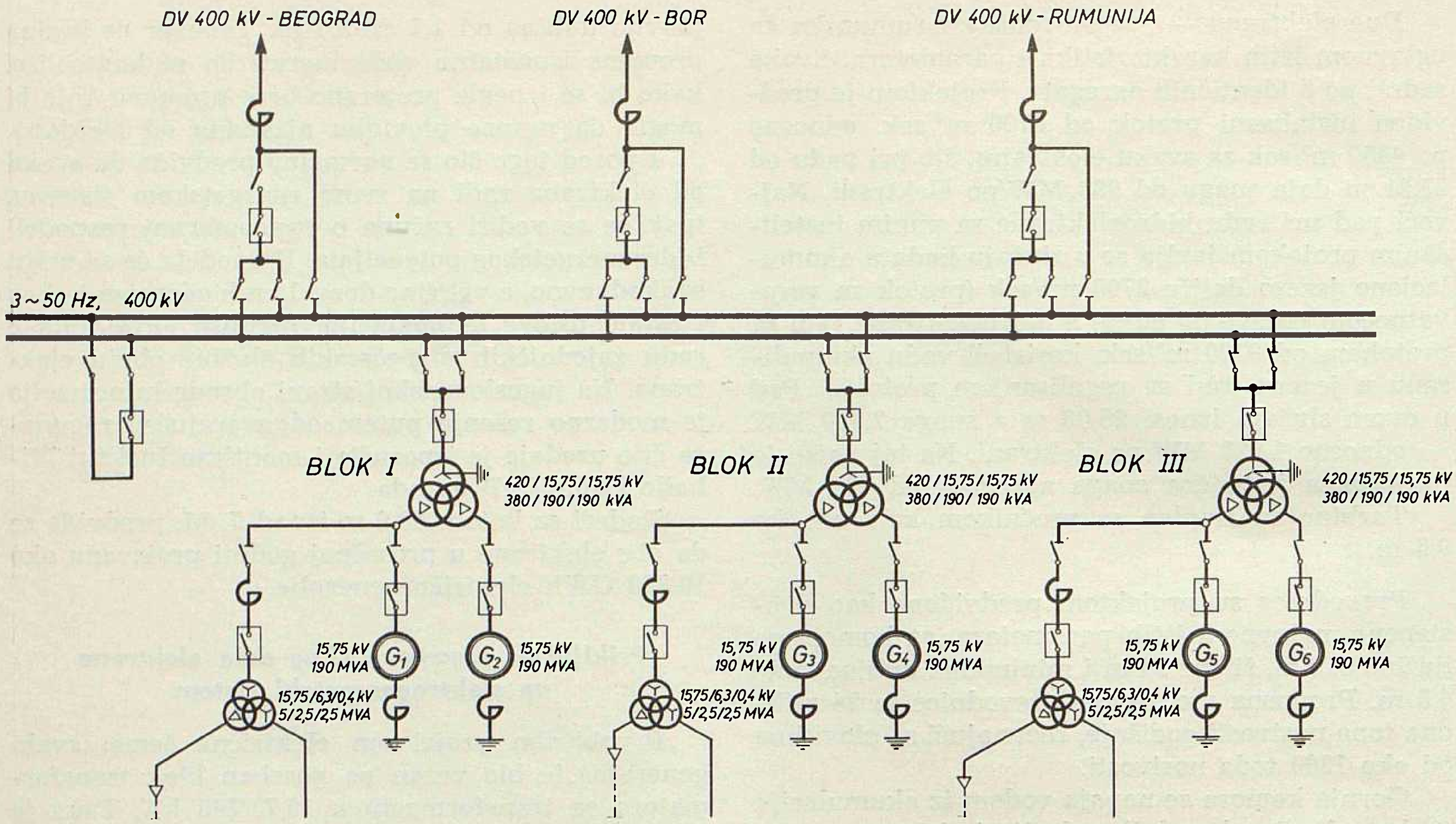
— potreban prostor za razvodno postrojenje u samom Đerdapu bio je manji u varijanti 380 kV,

— svih 6 dalekovoda 220 kV moglo je da se zameni sa dva 380 kV voda, i time da se znatno uštedi u seči šuma u šumom bogatim predelima južno i jugozapadno od Đerdapa,

— mogućnost perspektivnog zatvaranja 380 kV prstena na potezu Krajova—Đerdap—Beograd—Subotica—Segedin, značila je učvršćenje jugoslovenskog sistema priključkom na mrežu 380 kV susednih zemalja, sa velikim mogućnostima razmene energije i svim prednostima koje ovakvo povezivanje pruža,

— ovim bi se započela sabirnica 380 kV duž naše zemlje na potezu Đerdap—Beograd—Zagreb, što bi za bližu perspektivu značilo dalji kvalitetni skok u razvoju superponirane mreže Jugoslavije. Ova tendencija se pokazala opravdanom, i stimulisala je dalji intenzivni razvoj ove mreže koji proističe iz relativno visokog trenda porasta potrošnje električne energije kod nas.

Posle dužih proučavanja određena je nova jednopolna šema HE Đerdapa (sl. 2) koja je omogća-



Sl. 2 Jednopolna šema HE Đerdapa

vala direktnu transformaciju sa generatorskog napona na napon 380 kV. Time je napon 220 kV potpuno eliminisan i dobijena jedna moderna, elegantna i sigurna šema razvoda. U šemi su po dva generatora vezana u bloku na jedan tronamotajni transformator 420/15, 75/15, 75 snage 380/190/190 MVA, tako da postrojenje ima samo tri trofazna tronamotajna transformatora i četvrti kao potpunu hladnu rezervu. Tri generatora isporučile su sovjetske firme a tri isporučuje domaća fabrika »Rade Končar«. Isto tako jedan od tronamotajnih blok transformatora isporučila je švedska firma »ASEA«, a ostala tri fabrika »Rade Končar«.

Izabran je dvostruki sistem glavnih sabirnica 380 kV uz mogućnost premošćenja 380 kV prekidača dalekovoda putem rastavljača, odnosno pretvaranje u slučaju nužde, jednog sistema sabirnica u pomoćne sabirnice. Time je uz relativno male dopunske investicije postignuto rešenje koje pruža dovoljnu sigurnost u eksploataciji postrojenja.

Transformatori 380 kV su smešteni ispod mašinske hale tako, da je 380 kV veza između transformatora i razvodnog postrojenja izvedena kao vazdušna.

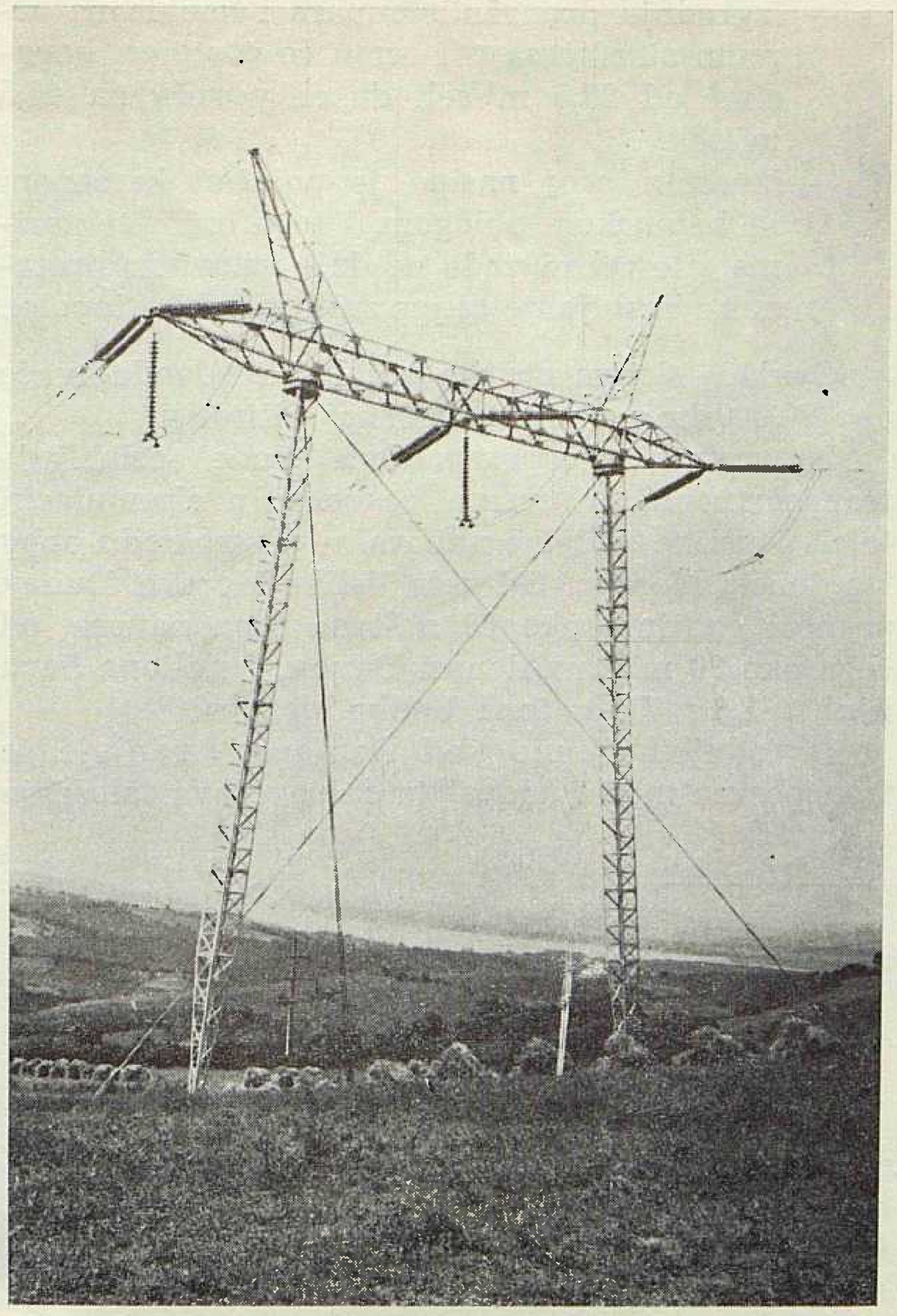
Sopstvena potrošnja, realizovana putem tronamotajnih transformatora 15, 75/6, 3/0, 4 i odgovarajućeg razvoda, se napaja sa jednog od primara transformatora 380 kV, što je zbog smanjenja struja kratkog spoja zahtevalo i redne prigušnice.

Kao što je rečeno, jedan 380 kV dalekovod u dužini od 201 km spaja Đerdap sa postrojenjem 380 kV u Beogradu, a drugi preko Bora sa postrojenjem u Nišu. Sl. 3. U Boru je izvedena prva direktna transformacija 380/110 kV na Balkanu, i preko nje će se delimično oduzimati energija za potrošače sektora Bora i Majdanpeka. U docnijoj fazi eksploatacije 380 kV sistema, oko 60 % energije će se kretati od Đerdapa prema konzumnom području Beograda, a 40 % prema Boru odnosno Nišu.

Potezi Đerdap—Beograd i Đerdap—Bor su već u eksploataciji sa naponom 380 kV, i prvi rezultati eksploatacije pokazuju potpuno zadovoljavajuće rezultate, što su potvrdila i opsežna ispitivanja sprovedena prilikom stavljanja postrojenja pod napon 380 kV.

Između rumunskog i našeg razvodnog postrojenja predviđena je spojena veza sa 380 kV. Time će se omogućiti široka elastičnost razmene energije kako između dveju elektrana tako i između dva energetska sistema — jugoslovenskog i rumunskog. Ispitivanja sprovedena posebnom jugoslavensko-rumunskom studijom, pokazala su da pri maksimalnoj snazi naše i rumunske elektrane u Đerdapu, postoji mogućnost dopunske-sistemaske-razmene snage do maksimalno 500 MW u oba smera. Časovni pomeraj od jednog sata, koji postoji između rumunske i jugoslovenske zone, omogućuje dopunsko superponiranje dnevnih dijagrama opterećenja rumunskog i jugoslovenskog elektroenergetskog sistema, odnosno obostranu uštedu u vršnom angažovanju snage od oko 200 MW. Mogućnost povezivanja sa rumunskom mrežom, pružiće, naročito u prvo vreme eksploatacije elektrane u Đerdapu, dalju sigurnost kako u stacionarnim tako i perturbativnim režimima eksploatacije.

Interesantnosti radi napominjemo da jednopolna električna šema u razvodnom postrojenju na rumunskoj strani nije ista kao i na jugoslovenskoj



Sl. 3 Stup dalekovoda 400 kV Đerdap — Beograd

strani: Rumuni su zadržali 6 blok transformacija na naponu 220 kV sa razvodnim postrojenjem 220 kV s tim što se ono spaja preko dva 400 MVA transformatora 220/380 kV sa posebnim 380 kV postrojenjem. Ovo je posledica relativno snažnije mreže 220 kV u rumunskom sektoru Banata i povezivanja nekih elektrana u centralnoj Rumuniji na napon 220 kV.

Plovidba

Plovidba na Dunavu je veoma značajna, jer Dunav prolazi kroz nekoliko industrijski jako razvijenih zemalja, a preko reke Rajne se povezuje i s drugim rečnim saobraćajnicama u Evropi.

Pre izgradnje brane u Đerdapu, na više mesta su se u pojedinim sektorima javljale teškoće u vidu plićaka, oštrih krivina, uskih i krivudavih delova, nestabilnosti obala i dr. Posebno je bio težak sektor od Suline do Braile u dužini od 170 km i Đerdapski sektor od Kladova do Golubca: ovde su postojali brzaci i do 18 km/čas tj. 4 do 5 puta veća brzina vode od normalne brzine vode na Dunavu koja iznosi 3 do 5 km/čas. I pored nekih ranije sprovedenih regulacionih radova, morala je da postoji organizovana služba signalizacije, pomoćne vuče [posebno Sipski kanal sa lokomotivskom vučom], sa čestim ograničenjima u sastavu konvoja i dubine gaženja. U sektoru kazana na dužini od 10 km, gde je Dunav bio najuži [150 m] i veoma brz [15 km/čas], vladali su propisi o jednosmernoj plovidbi i zabrana preticanja. U zimskom periodu je često dolazilo do formiranja ledenih prepreka, usporavanja vode i time plavljenja uzvodnih terena i naselja. Usled ovakvih nepovoljnih uslova, propusna moć Dunava u sektoru Đerdapa je iznosila oko 12 miliona tona godišnje, što je bilo veoma nepovoljno, posebno za perspektivu plovidbe na Dunavu.

Posle izgradnje brane Đerdap, stvara se veštačko jezero sa usporenom vodom, što za plovidbu znači uklanjanje svih prepreka: nema više ograničenja u formiranju konvoja, nema ograničenja u pogledu dubine gaženja, u pogledu prestizanja i mimoilaženja, plovidba može da se obavlja danju i noću [sem u periodima leda na Dunavu], što u celini znači osetno produženje perioda plovidbe.

Po završetku izgradnje nastaće novi uslovi koji se ogledaju u sledećem:

- fond plovnog vremena povećaće se od 3000 č/god na 5200 č/god
- brzina rečnog toka smanjiće se od 5 m/sek na 0,6 do 1 m/sek
- ukupno vreme prolaza konvoja — uzvodno i nizvodno smanjiće se od 120 na 31 čas tj. za oko 90 časova,
- opterećenje remorkera će moći da se poveća od 1,4 t/KS na 6 t/KS
- dozvoljena veličina konvoja će moći da se poveća od 1700 t na 6,800 t
- propusna moć će moći da se poveća od 14 mil. t na 48 mil. t
- ukupni troškovi prolaza smanjiće se od 0,6 tona na 0,12 /tona

Kako prema odredbama Dunavske konvencije takse mogu služiti samo za pokriće troškova odžavanja i unapređenja plovidbe, a ne mogu biti izvor profita, logično je bilo da plovidba snosi odgovarajući deo troškova izgradnje sistema. Tako od ukupno projektom predviđenih investicija od oko 400 miliona SAD $, oko 95 miliona SAD $ predstavljaju vrednost objekta i radova koje treba izvesti za poboljšanje uslova plovidbe u sektoru Đerdapa. Napominje se da cifra od 400 miliona SAD $ ne obuhvata investicije za zaštitu akumulacije od nanosa iz bujica i pritoka, kao ni dodatne investicije za režim rada elektrane sa dugotrajnom kotom uspora 69,5 m iznad J. M.

Zaštita priobalja, akumulacije od nanosa i relokacija komunikacija i naselja

Usporavanje vode do kote 68 iznad J. M., a posebno do kote 69,0 m iznad J. M., osetno povećava nivoe i trajanja površinskih i podzemnih voda u zoni upliva uspora uzvodno od reke Nere. Ovo je izrazitije pri malim vodama, dok je kod srednjih i velikih voda ovo manji problem. Naime, malo je istraživano i malo je poznato o ponašanju podzem-

nih voda u ovom delu Panonske nizije, koje sa Karpata teku prema Dunavu. Isto tako je bio suviše kratak period da naši projektanti i stručnjaci istraže odnose pojave velikih količina podzemnih voda i pojava koje donose meteorološke prilike. Kretanje raznih mineralnih soli kod podizanja ili spuštanja nivoa podzemnih voda je takvo, da je zaslanjivanje predstavljalo stalnu opasnost. Sprečavanje zaslanjivanja i očuvanje plodnosti tla, zahteva da zaštitni sistem potpuno kontroliše režim podzemnih i površinskih voda.

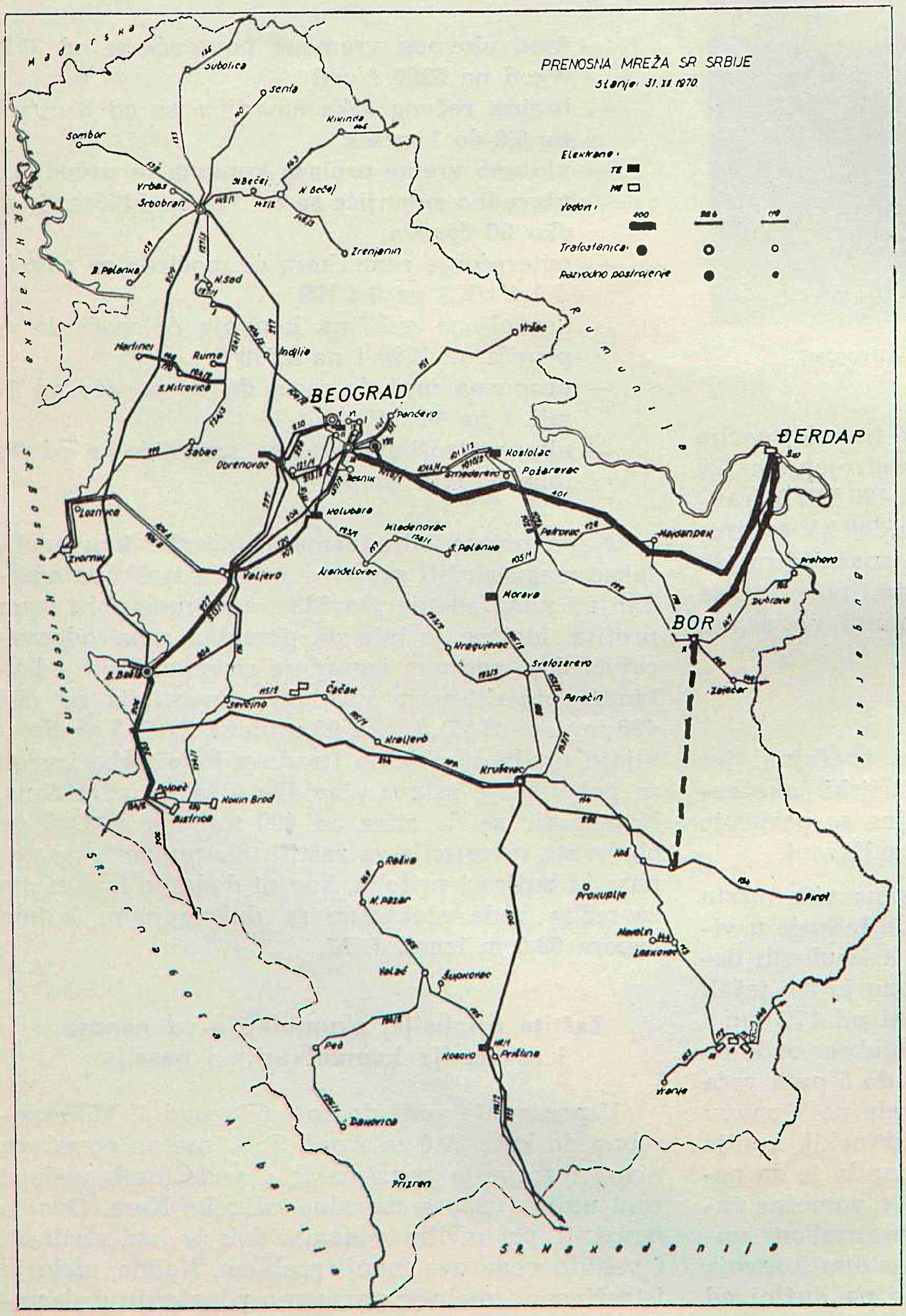
Izgradnjom sistema za zaštitu priobavlja sprečiće se pogoršanje već postojećeh stanja. Prema idejnom projektu, za zaštitu priobalja utrošiće se preko 10 % ukupnih investicija. Radovi će obuhvatiti:

— nadvišnje i pojačanje postojećih nasipa u dužini od 90 km
— izgradnju novih nasipa u dužini od 80 km
— izgradnju drenažnih bunara i kanala na crpnim stanicama pri čemu će postojeći kapacitet od 28,5 m^3/sek da se poveća na 45,5 m^3/sek.
— izvestan broj nasipa je pojačan kamenom ili betonskom oblogom, i to u onim sektorima gde režim voda ne daje uslove za opstanak i razvijanje biljne zaštite (vrba i topole).

Ovakav sistem zaštite priobalja odvodnjavaće oko 70.000 ha na jugoslovenskoj teritoriji.

Istovremeno usporavanjem vode oslabljuje transportna moć Dunava, te će se u akumulaciji taložiti velike količine nanosa, u prvom redu onog što donosi Morava. Od ušća Velike Morave. Dunav pronosi godišnje oko 50 miliona tona nanosa, od čega oko 30 miliona donosi Dunav, 7 miliona Sava a oko 13,3 miliona tona Velika Morava.

Izgradnjom brane kod Đerdapa, smanjuje se transportna moć Dunava, te se povećava taloženje


PRENOSNA MREŽA SR SRBIJE
BEOGRAD
ĐERDAP
BOR
Subotica
Senta
Kikinda
Sombor
Vrbas
Srbobran
Zrenjanin
Novi Sad
Ruma
Šabac
Valjevo
Kosjerić
Užice
Čačak
Kraljevo
Kruševac
Niš
Prokuplje
Leskovac
Vranje
Priština
Kosovo
Peć
Đakovica
Prizren
Pančevo
Kostolac
Požarevac
Smederevo
Paračin
Zaječar
Negotin
Knjaževac
Bor
Majdanpek
Petrovac
Ćuprija
Aleksinac
Niš
Vrnjačka Banja
Kragujevac
Lazarevac
Valjevo
Loznica
Šabac
Ruma
Inđija
Pančevo
Smederevo
Kosjerić
Užice
Čačak
Kraljevo
Kruševac
Niš
Prokuplje
Leskovac
Vranje
Priština
Kosovo
Peć
Đakovica
Prizren
Novi Pazar
Ivanjica
Bajina Bašta
Šabac
Loznica
Valjevo

u usporenom delu vodotoka. U slučaju neizmenjenih uslova, količine nanosa koje bi se unosile zasule bi bazen za oko 200 godina. Međutim, za održavanje plovnog puta izvesne količine će se bagerovati a unošenje nanosa u bazen će se smanjivati zahvaljujući radovima na uređivanju slivova, i to u prvom redu u slivu Velike Morave (pregradne brane, regulacioni radovi, antierozioni radovi itd.)

Relokacijom naselja, uslovljenom izgradnjom akumulacije i potapanjima, izmestiće se na jugoslovenskoj teritoriji oko 8,400 stanovnika a na rumunskoj oko 14,500 stanovnika. Ovo izmeštanje je uglavnom završeno i žitelji se već nalaze smešteni u novim, lepo izgrađenim, naseljima. Isto tako je na rumunskoj strani izmeštena pruga normalnog koloseka Oršova—Turnu, Severin—Bukurešt u dužini od 24 km i put Oršova—Moldava Veche u dužini od 121 km. Na našoj teritoriji je rekonstruisan ili izmešten put Golubac—Kladovo. Također su izgrađena i nova pristaništa u novim naseljima pored akumulacije.

Izgradnjom sistema Đerdap, Zajednica nije dobila samo novi energetski objekat izvanredno impozantnih karakteristika, već je uklonila sve one teškoše plovidbe Dunavom koje su godinama usporavale njen razvoj. Istovremeno su stvoreni novi, izrazito bolji uslovi za dalji razvoj privrede u ovom relativno zapostavljenom sektoru, a posebno za razvoj turizma. Svi se ovi efekti već osećaju, tako da dopunjuju uspešno završavanje radova i uspešnu eksplotaciju prvih mašina u Đerdapu.

Plodna saradnja naših i rumunskih stručnjaka učvrstila je prijateljske veze između dva naroda, i omogućila široku saradnju na elektroenergetskom polju u budućnosti. Ove mogućnosti se i dalje ispituju i razvijaju i svi su izgledi da će efekti ovakvog rada i dalje pokazivati osetan porast i doprinositi uspešnoj saradnji dvaju susednih naroda.

Literatura

1) *Investicioni program hidroenergetskog i plovidbenog sistema Đerdap* — Energoprojekt 1963. g.
2) *Hidroenergetski i plovidbeni sistem Đerdap* — Izdavač Export-press
3) *Hidroenergetski i plovidbeni sistem Đerdap* — P. Jakovljević, dipl. ing. Beograd

Naslov pisca: Mihailo Golubović, dipl. ing., Združeno elektroprivredno poduzeće Srbije, Beograd

PRORAČUN NESIMETRIČNIH KRATKIH SPOJEVA

B. Stefanini, Zagreb

Uz općenite pretpostavke o mreži i prilikama u njoj prije kvara, postavljen je matematički model električnih prilika u slučaju nesimetričnog kratkog spoja. Uz uvođenje matematičkih uvjeta za tropolni i jednopolni kratki spoj, pokazano je kako se može izvršiti proračun. To je ilustrirano brojčanim primjerom. Na kraju je prikazano kako se može postići ušteda pri računanju.

DK 621.3.012 : 621.83

Pretpostavke i podloge

Razmotrit ćemo suvremene matematičke postupke, prilagođene upotrebi elektroničkih računala, a to je u stvari upotreba matričnog računa. Pri tome ćemo izostaviti sve pretpostavke, zanemarenja i ograničenja, pa ćemo načiniti matematički model za električne prilike u mreži za vrijeme kratkog spoja, koji će vrijediti sasvim općenito. Razumljivo je, da ćemo prema tome raditi s izmjeničnim modelom mreže, i da moramo računati s kompleksnim veličinama. Pri tome će ne samo pasivne grane imati impedanciju (odnosno admitanciju) danu kompleksnom veličinom, nego će i naponi i struje biti dane kompleksnim veličinama.

Budući da nismo uzeli nikakva zanemarenja, to moramo pretpostaviti i postojanje opterećenja u mreži prije nego što nastane kratki spoj. Ta opterećenja možemo modelirati na različite načine. Mi ćemo se odlučiti za jednostavni način modeliranja opterećenja, i to tako da ih modeliramo pomoću pasivne grane između faznog čvora i neutralnog čvora. Admitanciju te pasivne grane izračunat ćemo iz snage opterećenja i nazivnog napona. Dakako da se u toj pretpostavci, da je napon jednak nazivnome, krije izvor pogreške, no utjecaj predopterećenja na prilike pri kratkom spoju ionako nije velik, pa ćemo se s točnošću rezultata dobivenih na ovaj način zadovoljiti. Prema tome admitanciju pojedinog tereta računamo tako da snagu (koja je dana kao kompleksna veličina) podijelimo s kvadratom nazivnog napona.

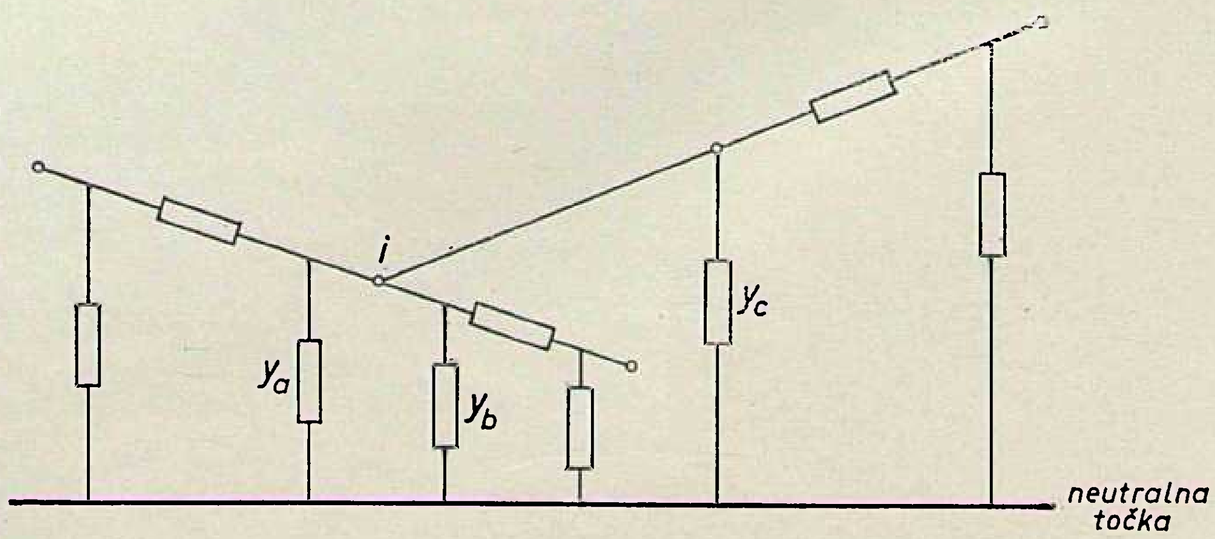
Kod ovog općenitog pristupa moramo pretpostaviti da će i naponi pojedinih izvora biti međusobno različiti. Redovito izvore modeliramo pomoću naponskog izvora i impedancije, spojenih u seriju. Pri tome napon toga izvora odgovara unutarnjem naponu generatora, ovisno o uzbudi koju generator ima. Taj napon ne možemo direktno izmjeriti, ali ga možemo izračunati iz prilika koje vladaju u mreži, odnosno u promatranom generatoru.

Prema tome, ako ako nam je poznato pogonsko stanje mreže prije kratkog spoja, možemo izračunati sve unutarnje napone generatora, a to su ujedno naponi na izvorima u modelu mreže. Unutarnji napon generatora jednak je naponu na stezaljkama plus umnožak struje i impedancije generatora. Kod impedancije uzimamo u račun početnu, prolaznu, odnosno sinhronu reaktanciju, već prema tome za koji momenat računamo struju kratkog spoja.

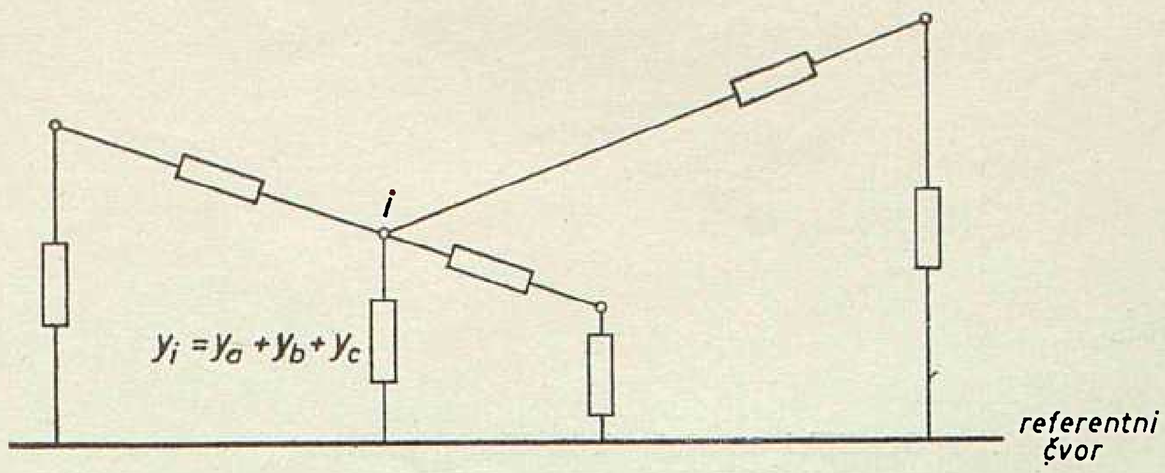
Model električnih prilika u zdravoj mreži

U stvari, model električnih prilika u zdravoj mreži je isti kao za stacionarno stanje u normalnom pogonu. Za mrežu najprije postavimo grafički model, u kojem su uključeni i pasivni i aktivni elementi. Izvore u stvarnoj mreži možemo u modelu modelirati pomoću naponskog izvora i pasivne grane u seriji, pri čemu pasivnu granu možemo definirati pomoću njezine admitancije. No pri korištenju metode čvorova prikladniji je da izvore stvarne mreže modeliramo pomoću strujnog izvora i paralelno spojene grane. Pri tome admitancija paralelne grane ima istu vrijednost kao prije, a struja izvora dobiva se umnoškom napona i admitancije. Strujni izvori spojeni su između neutralne točke i faznih čvorova, a kako neutralna točka predstavlja zavisni čvor, to su u stvari struje izvora one struje koje na dotičnim čvorovima ulaze u mrežu, tj. one koje u metodi čvorova nazivamo struje čvorova.

Pasivne elemente mreže, tj. vodove, transformatore, ili općenito prenosne sisteme, redovito ćemo modelirati pomoću Pi-sheme, slika 1. Nakon takvog postavljanja modela za sve elemente mreže, spojene zajedno u cjelovitu mrežu, redovito najprije pristupamo maloj redukciji mreže, na taj način da sve poprečne grane prebacimo u čvorove mreže i tu ih spojimo zajedno. Na taj način se naš model mreže pretvara u kombinaciju uzdužnih grana između faznih čvorova, te poprečnih grana između faznih čvorova i neutralne točke, slika 2. Dalje s matematičkog stajališta nije potrebno razlikovati uzdužne od poprečnih grana, nego to promatramo kao određeni broj čvorova s granama između nekih parova čvorova. Jedan od tih čvorova je neutralni čvor, koji redovito uzimamo kao zavisni čvor (odnosno referentni čvor). Dakako, kad izvršimo proračun električnih prilika u ovakvom modelu mreže, gdje su poprečne grane spojene sku-



Sl. 1 Modeliranje elemenata mreža pomoću Pi-shema



Sl. 2 Spajanje poprečnih grana u jednom čvoru

pa i vezane na jedan čvor, moramo voditi računa da tu mrežu opet rekonstruiramo na prvobitni oblik, ako želimo računati struje koje iz pojedinog čvora teku u pojedini element stvarne mreže.

Prema tome, grafički model mreže sastojat će se od određenog broja čvorova i grana između nekih parova čvorova. To je ono, što odgovara pasivnom dijelu mreže. Što se tiče aktivnog dijela mreže, odnosno izvora u stvarnoj mreži, njih ćemo modelirati pomoću strujnog izvora i paralelne pasivne grane. Kao što smo već rekli, tereti će biti prikazani pomoću pasivnih grana između faznog i neutralnog čvora. Vidi sliku 3.

Matematički model električnih prilika u mreži dan je matričnom jednadžbom, gdje su naponi čvorova (izuzev referentnog čvora) jednaki matrici impedanciji čvorova pomnoženoj s matricom struja čvorova (opet izuzev zavisni čvor).

$$[U] = [Z] \cdot [I] \tag{1}$$

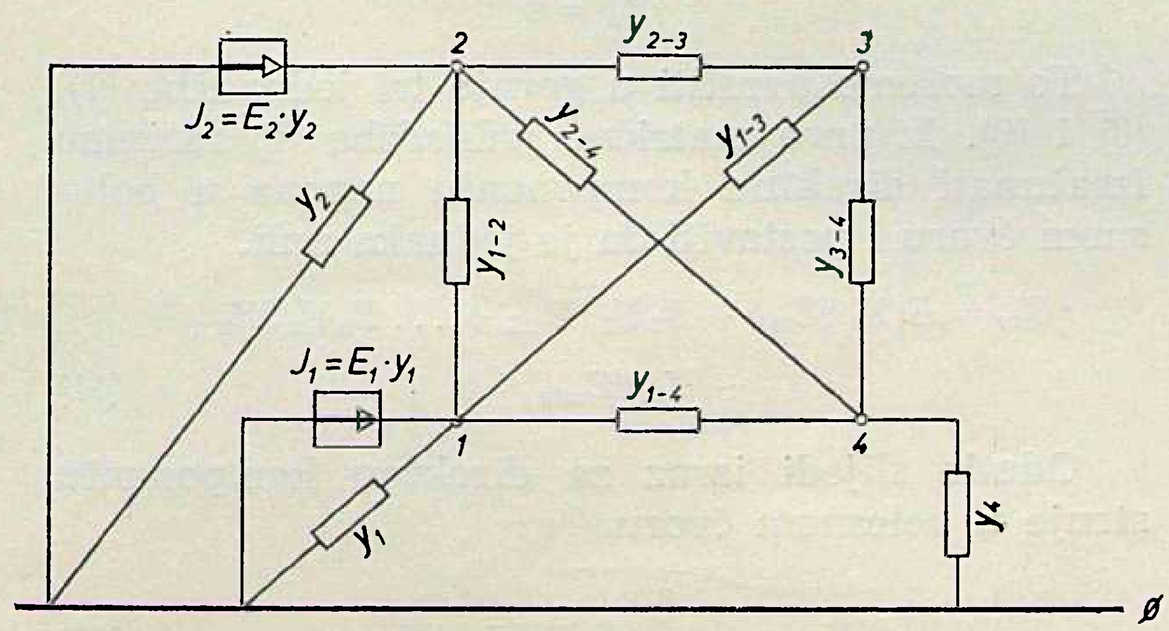
Dakako da električne prilike u mreži mogu biti opisane i drugom matričnom jednadžbom, gdje su struje čvorova dane umnoškom matrice admitancija čvorova i matricom napona čvorova.

$$[I] = [Y] \cdot [U] \tag{2}$$

Matricu admitancija čvorova možemo napisati jednostavnim uvidom u mrežu, a matricu impedancija čvorova možemo dobiti inverzijom matrice admitancija.

$$[Z] = [Y]^{-1} \tag{3}$$

U matrici struja čvorova za slučaj zdrave mreže uzimamo struje samo u onim čvorovima, gdje su priključeni izvori, i te su struje jednake struji izvora priključnog na dotični čvor. U čvorovima gdje



Sl. 3 Grafički model mreže — primjer

strujni izvor nije priključen, struja čvora jednaka je nuli.

Kao matematički model prilika u zdravoj mreži upotrijebit ćemo matričnu jednadžbu, gdje su naponi dani matricom impendancija pomnoženoj sa strujama. Tu matričnu jednadžbu možemo pisati u razvijenom obliku. Za primjer na slici 3 to bi glasilo:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} & Z_{24} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} & Z_{34} \\ Z_{41} & Z_{42} & Z_{43} & Z_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_1 Y_1 \\ E_2 Y_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{4}$$

Model električnih prilika u bolesnoj mreži

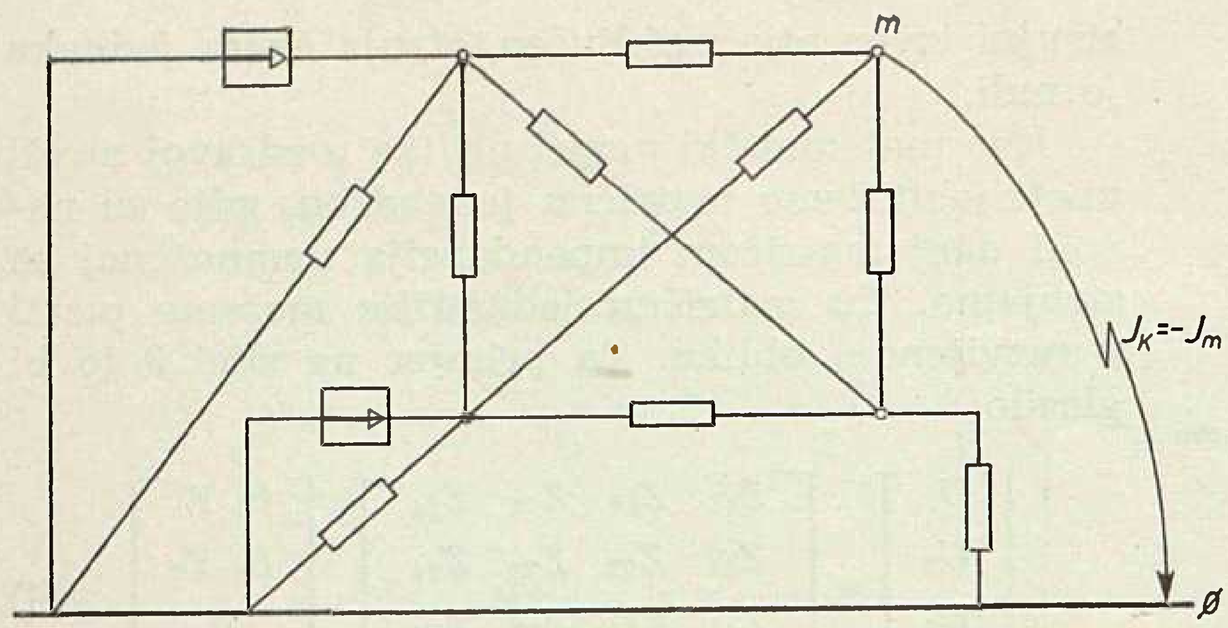
U istoj mreži, koju smo imali prije, uzmimo da sada nastane kratki spoj u nekom čvoru. Dakako, uzet ćemo da imamo kratki spoj samo u jednom čvoru i njega ćemo označiti sa m. Vidi sliku 4. Zbog kvara između bolesnog čvora i neutralne točke teće će struja kvara I_k, što možemo uzeti u račun kao struju koja na tom mjestu ulazi u mrežu, a to je struja I_m. Prema tome za struju kvara imamo

$$I_k = - I_m \tag{5}$$

Matematički model može biti dan analogno matričnom jednadžbom, samo među struje treba dodati još i struju u bolesnom čvoru. Najzgodnije je pisati struje izvora u posebnom vektoru, i tome dodati vektor koji sadrži samo struju u bolesnom čvoru (a sve ostale struje u tom vektoru su jednake nuli). U prvom vektoru struja nalaze se struje svih izvora koje možemo potpuno ispitati, a pri tome će dakako neke od njih biti jednake nuli (ukoliko na tom mjestu nema izvora).

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_m \\ \vdots \\ U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1m} & \cdots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdots & Z_{2m} & \cdots & Z_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ Z_{m1} & Z_{m2} & \cdots & Z_{mm} & \cdots & Z_{mn} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ Z_{n1} & Z_{n2} & \cdots & Z_{nm} & \cdots & Z_{mn} \end{bmatrix} \cdot \left\{ \begin{bmatrix} E_1 & Y_1 \\ E_2 & Y_2 \\ & \vdots \\ E_m & Y_m \\ & \vdots \\ E_n & Y_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ I_m \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \right\} \tag{6}$$

Ovakav način pisanja (gdje smo odvojili struje izvora od struje čvora u kvaru) je zgodniji, jer nam jasno pokazuje što moramo uzeti u račun. Ako npr. imamo kratki spoj u nekom čvoru, gdje se nalazi i izvor, očito je da za taj čvor kao struju moramo uzeti sumu struje izvora i struje koja nastaje zbog kratkog spoja. Napisana matrična jednadžba predstavlja dakle opći matematički model za mrežu s kratkim spojem u jednom čvoru.



Sl. 4 Grafički model električnih prilika u bolesnoj mreži

Gornje razmatranje vrijedi za jednostavni slučaj simetričnog tropolnog kratkog spoja, gdje se uzima u račun samo direktna mreža, ako se i radi po metodi simetričnih komponenata. Ovdje je matematički model prikazan samo jednom matričnom jednadžbom.

Model električnih prilika za nesimetrične kratke spojeve

Do sada smo govorili o jednom modelu mreže, koji dakako odgovara simetričnim prilikama, dakle tropolnom kratkom spoju. No moramo razmotriti i nesimetrične kratke spojeve, npr. jednopolni kratki spoj. U tom slučaju morat će naš matematički model obuhvatiti ne samo direktnu, nego i inverznu i nultu mrežu. Morat ćemo dakle napisati tri matrične jednadžbe, po jednu jednadžbu za svaku od spomenutih mreža.

$$[{}^dU] = \begin{bmatrix} {}^dU_1 \\ \vdots \\ {}^dU_m \\ \vdots \\ {}^dU_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^dZ_{11} & \cdots & {}^dZ_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & {}^dZ_{mm} & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ {}^dZ_{n1} & \cdots & {}^dZ_{nn} \end{bmatrix} \cdot \left\{ \begin{bmatrix} E_1 Y_1 \\ \vdots \\ E_m Y_m \\ \vdots \\ En\ Y_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ {}^dI_m \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \right\} \tag{7}$$

$$[{}^1U] = \begin{bmatrix} {}^1U_1 \\ \vdots \\ {}^1U_m \\ \vdots \\ {}^1U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^1Z^{11} & \cdots & {}^1Z_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & {}^dZ_{mm} & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ {}^1Z_{n1} & \cdots & {}^1Z_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ {}^1I_m \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \tag{8}$$

$$[{}^oU] = \begin{bmatrix} {}^oU_{11} \\ \vdots \\ {}^oU_m \\ \vdots \\ {}^oU_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^oZ_{11} & \cdots & {}^oZ_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & {}^oZ_{mm} & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ {}^oZ_{n1} & \cdots & {}^oZ_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ {}^oI_m \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \tag{9}$$

Matrična jednadžba za direktnu mrežu (7) odgovara već prije napisanoj matričnoj jednadžbi, samo ćemo staviti oznaku »d«, da znamo da se radi o direktnoj mreži. Tu oznaku ne moramo staviti na one veličine koje odgovaraju izvorima, jer za izvore pretpostavljamo da imaju samo direktne komponente. Isto takvu jednadžbu trebamo napisati za inverznu mrežu (8) i za nultu mrežu (9), samo kod tih mreža nećemo imati struje izvora (zbog iste, prije spomenute pretpostavke). Međutim, u jednadžbi za inverznu i nultu mrežu imamo član koji odgovara komponenti struje u čvoru, gdje se nalazi kratki spoj. Struje ostalih čvorova su, dakako, jednake nuli. Za inverznu mrežu stavit ćemo oznaku »i«, a za nultu mrežu oznaku »o«. Napisane tri jednadžbe predstavljaju matematički model električnih prilika za bilo koju vrstu nesimetričnog kratkog spoja.

U tri navedene jednadžbe nepoznati su svi naponi, tj. komponente napona svih čvorova, a isto tako nepoznate su komponente struje u čvoru kvara. Ostalo je u ovim jednadžbama poznato.

Vidimo da imamo tri nepoznanice previše, pa prema tome ne možemo izračunati kolike su nepoznate veličine i tako odrediti električne prilike. Nedostaju nam još tri jednadžbe a njih trebamo dobijati iz matematičkog modela za pojedinu vrstu kratkog spoja koju promatramo.

Proračun tropolnog kratkog spoja

Matematički model za tropolni kratki spoj, dan pomoću komponenata napona odnosno struja glasi: u čvoru kvara je direktna komponenta napona jednaka nuli, i isto tako su inverzna i nulta komponenta struje jednake nuli.

$$\begin{aligned} {}^dU_m &= 0 \\ {}^1I_m &= 0 \\ {}^oI_m &= 0 \end{aligned} \tag{10}$$

To možemo uvrstiti u gornje tri jednadžbe (7), (8) i (9). Iz prve matrične jednadžbe (7) možemo izračunati direktnu komponentu napona u bolesnom čvoru i postaviti da je jednaka nuli.

$$\begin{aligned} {}^dU_m = E_1 Y_1\, {}^dZ_{m1} + E_2 Y_2\, {}^dZ_{m2} + \ldots E_n Y_n\, {}^dZ_{mn} + \\ + {}^dI_m\, {}^dZ_{mm} = 0 \end{aligned} \tag{11}$$

Odatle slijedi izraz za direktnu komponentu struje u bolesnom čvoru.

$${}^dY_m = -\sum_{i=1}^{n} E_i Y_i\, {}^dZ_{mi} / {}^dZ_{mm} \tag{12}$$

Struja kratkog spoja jednaka je to istoj struji, ali sa suprotnim predznakom.

$$I_{wv} = -\,{}^{d}I_m = \sum_{i=1}^{n} E_i Y_i\, {}^{d}Z_{mi}/{}^{d}Z_{mm} \qquad (13)$$

Ako izračunatu struju uvrstimo u prvu matričnu jednadžbu (7), možemo dobiti direktne komponente napona u svim čvorovima (14). Budući da su sve inverzne komponente struja i sve nulte komponente struja jednake nuli, to iz druge i treće matrične jednadžbe (8) i (9) slijedi da su i sve inverzne (15) odnosno nulte komponente napona (16) jednake nuli.

$$[{}^{d}U] = [{}^{d}Z] \cdot \{[EY] + [I]\} \qquad (14)$$

$$[{}^{i}U] = [{}^{i}Z] \cdot [0] = [0] \qquad (15)$$

$$[{}^{o}U] = [{}^{o}Z] \cdot [0] = [0] \qquad (16)$$

Na taj način je ovaj zadatak riješen, što se tiče komponenata napona i struja, jer su nam za svaki čvor poznate sve tri komponente i za napone i za struje. Dakako da prema prijašnjim jednadžbama možemo sada iz komponenata napona za pojedini čvor izračunati fazne napone za taj čvor, i to provesti za sve čvorove.

$$[U_F]_i = [E] \cdot [U_K]_i$$

$$\begin{bmatrix} {}^{R}U_i \\ {}^{S}U_i \\ {}^{T}U_i \end{bmatrix} = [E] \cdot \begin{bmatrix} {}^{o}U_i \\ {}^{d}U_i \\ {}^{i}U_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a_2 & a \\ 1 & a & a_2 \end{bmatrix} \cdot$$

$$\cdot \begin{bmatrix} 0 \\ {}^{d}U_i \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a_2 \\ a \end{bmatrix} \cdot {}^{d}U_i \qquad (17)$$

To isto vrijedi i za struju bolesnog čvora.

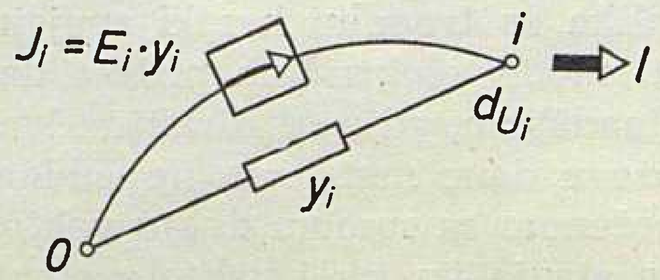
$$[I_F]_m = [E] \cdot [I_K]_m$$

$$\begin{bmatrix} {}^{R}I_m \\ {}^{S}I_m \\ {}^{T}I_m \end{bmatrix} = [E] \cdot \begin{bmatrix} {}^{o}I_m \\ {}^{d}I_m \\ {}^{i}I_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot$$

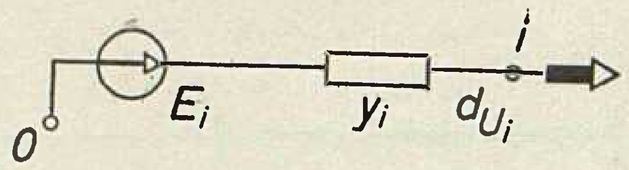
$$\cdot \begin{bmatrix} 0 \\ {}^{d}I_m \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ a_2 \\ a \end{bmatrix} \cdot {}^{d}I_m \qquad (18)$$

Struju u pojedinoj uzdužnoj grani možemo izračunati iz razlike napona pomnožene s admitancijom te grane.

$$I_{i-j} = ({}^{d}U_i - {}_{d}U_j) \cdot Y_{i-j} \qquad (19)$$



Sl. 5 Struja stvarnog izvora



Sl. 6 Struja stvarnog izvora

Analogno vrijedi za izračunavanje struje u grani između faznog čvora i neutralne točke, samo što je pri tome izraz jednostvniji, jer je napon neutralne točke jednak nuli.

$$I_{i-o} = {}^{d}U_i \cdot Y_i \qquad (20)$$

Što se tiče struje pojedinih izvora u stvarnoj mreži, moramo voditi računa da su stvarni izvori nadomješteni modelom, na kojem se paralelno nalazi strujni izvor i pasivna grana, slika 5. Ukupna struja tog strujnog izvora i pasivne grane daje struju našeg stvarnog izvora u mreži. Pri tome treba voditi računa i o smjeru struje, jer će strujni izvor u modelu mreže davati struju u mrežu, a pasivna grana će uzimati struju iz mreže.

$$I_i = E_i Y_i - {}^{d}U_i\, Y_i = (E_i - {}^{d}U_i) \cdot Y_i \qquad (21)$$

Očito da struju svarnog izvora možemo izračunati i iz modela koji se sastoji od naponskog izvora u seriji s pasivnom granom, slika 6. Rezultat je, naravno, isti.

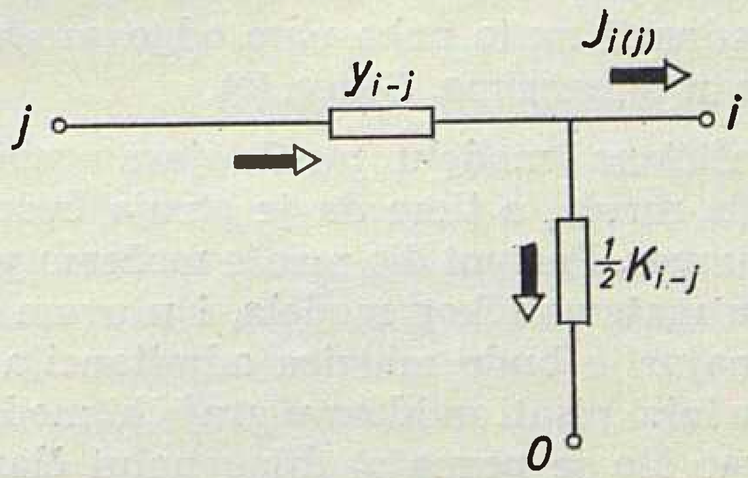
$$I_i = (E_i - {}^{d}U_i) \cdot Y_i \qquad (22)$$

Konačno, da se podsjetimo, ako nas interesira kolika struja iz nekog čvora stvarne mreže ulazi u pojedini elemenat stvarne mreže, npr. u neki vod, onda moramo poprečnu granu toga čvora rastaviti opet na prvobitne poprečne grane iz pojedinih Pi-shema, pomoću kojih smo modelirali pojedine vodove, odnosno elemente mreže. Vodeći računa o tome, slika 7. treba izračunati struju koja iz pojedinog čvora odlazi u pojedini stvarni element mreže.

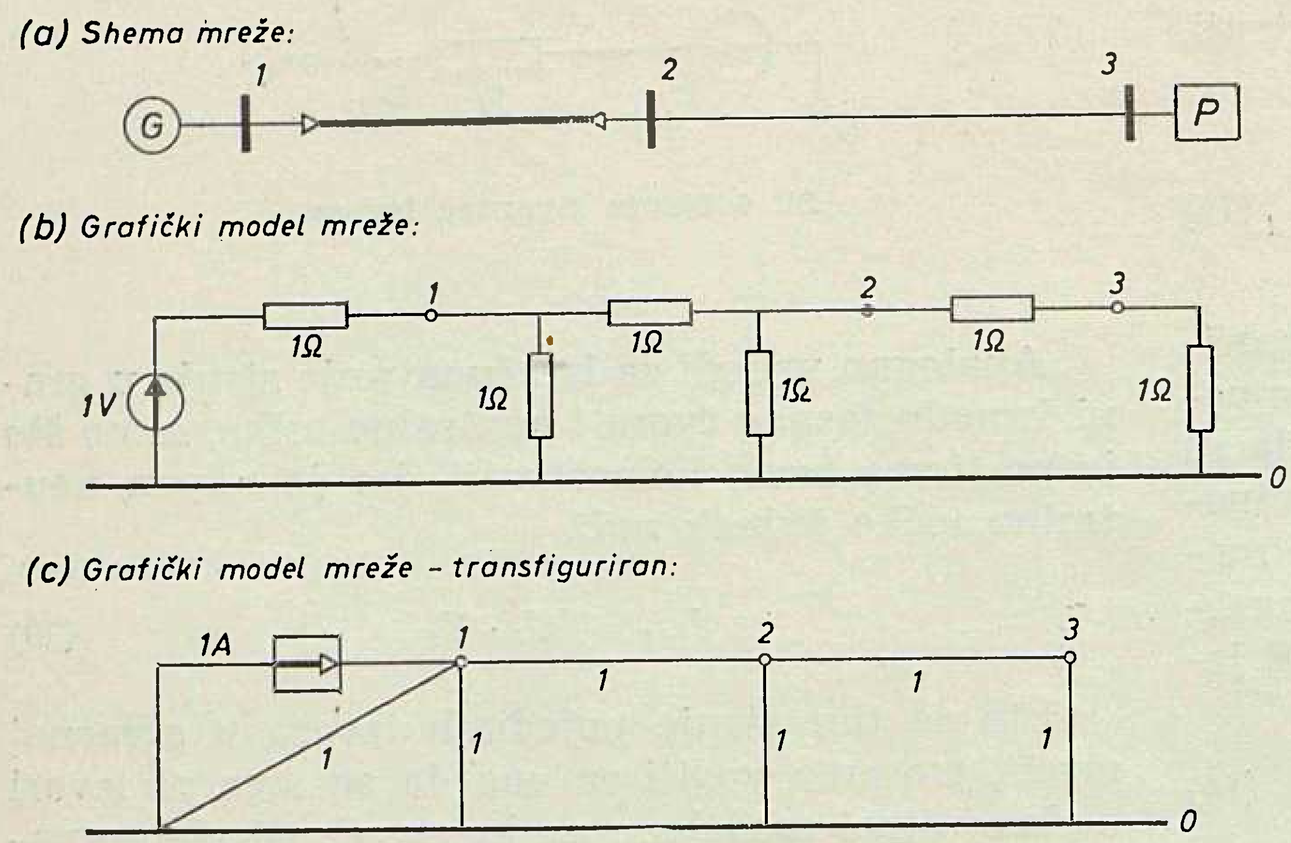
$$I_{i(j)} = ({}^{d}U_j - {}_{d}Ui)\, U_{i-j} - \tfrac{1}{2}\, {}^{d}U_i \cdot K_{i-j} \qquad (23)$$

Primjer proračuna tropolnog kratkog spoja

Ovdje ćemo uzeti jedan jednostavni primjer, na kojem ćemo ilustrirati opisani postupak za proračun prilika kod tropolnog kratkog spoja. Primjer mora biti veoma jednostavan, jer ćemo proračun



Sl. 7 Struja u stvarnoj mreži



Sl. 8 Grafički model mreže (primjer)

izvršiti ručno. Uzet ćemo jednostavnu mrežu prikazanu pomoću uobičajenih simbola. U toj mreži nalazi se jedan generator, na koji se nastavlja kabel, iza toga nadzemni vod i na kraju teret. Sabirnice postrojenja označit ćemo brojevima 1 do 3, i to će biti čvorovi u modelu naše mreže. Vidi sliku 8, skica (a).

Pojedine elemente stvarne mreže prikazat ćemo na uobičajeni način pomoću grafičkih modela. Generator će biti prikazan pomoću naponskog izvora u seriji s pasivnom granom. Kabel, koji ima razmjerno velike kapacitete, prikazat ćemo pomoću Pi-sheme. Nadzemni vod prikazat ćemo samo pomoću uzdužne grane, a teret ćemo modelirati pomoću jedne poprečne pasivne grane. Sve poprečne grane spojene su na zajedničku neutralnu točku označenu sa nula. Neutralna točka nacrtana je kao jedna zajednička sabirnica, ali u stvari predstavlja također samo jedan čvor mreže. Skica (b).

U taj kvalitativni model mreže moramo upisati brojčane vrijednosti. Radi jednostavnosti uzet ćemo da je izvor napona 1 volt, i da sve pasivne grane imaju vrijednost 1 om odnosno 1 simens. Računat ćemo samo s realnim vrijednostima, odnosno prema istosmjernom modelu mreže.

Kao slijedeći korak premjestit ćemo poprečne grane u čvorove, a ujedno ćemo model generatora preinačiti u strujni izvor s paralelnom pasivnom granom. Struja u strujnom izvoru izračunava se iz napona kod naponskog izvora pomnoženog s admitancijom grane, spojene s tim izvorom u seriju, i to ovdje iznosi 1 amper. Na crtežu, gdje je sada prikazan grafički model mreže, grane ćemo jednostavno prikazati potezom između dva čvora, a brojčane vrijednosti uz to neka nam odgovaraju admitancijama u simensima. Skica (c).

U grafičkom modelu mreže jasno uočavamo pasivni dio mreže, s time da je struja čvora 1 jednaka 1 amper. Pasivni dio mreže možemo prikazati pomoću matematičkog modela, i u ovom slučaju neka to najprije bude matrica admitancija čvorova. Nju je lako pisati uvidom u grafički model mreže, jer (kao što je poznato) dijagonalni članovi su jednaki sumi admitancija svih grana spojenih na odgovarajući spoj, a pojedini vandijagonalni član jednak je admitanciji grane između dva odnosna čvora, ali sa suprotnim predznakom.

$$[Y] = \begin{array}{c} \\ \\ \\ \end{array}\begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & 3 & \\ \hline 3 & -1 & 0 & 1 \\ -1 & 3 & -1 & 2 \\ 0 & -1 & 2 & 3 \end{array}$$

Matrica admitancija je troredna kvadratna matrica, u koju ne ulazi redak što odgovara zavisnom čvoru, a kao zavisni, odnosno referentni čvor odabrali smo neutralnu točku. Matricu admitancija pisat ćemo unutar rastera gdje oznaka redaka i stupaca odgovara oznakama čvorova. Matrica admitancija čvorova kod ovakve mreže mora biti simetrična kvadratna matrica (to je dobro provjeriti).

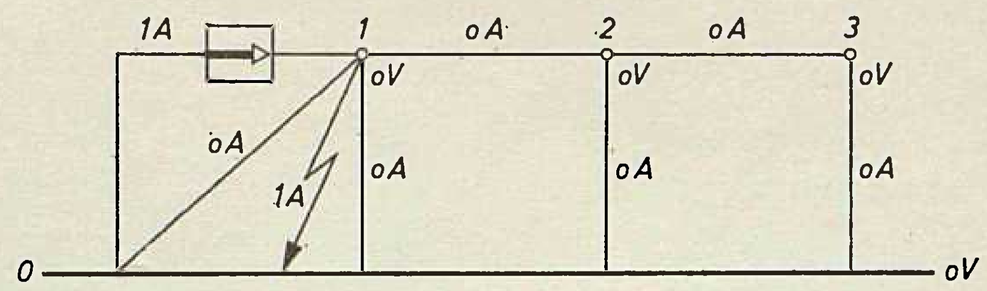
Dalje ćemo matematički model pasivne mreže dati pomoću matrice impedancija čvorova što možemo postići pomoću inverzije matrice admitancija. Ako upotrijebimo neki poznati postupak, dobijemo matricu impedancija, koja je opet troredna simetrična kvadratna matrica.

$$[Z] = \begin{vmatrix} 0{,}385 & 0{,}154 & 0\ 077 \\ 0{,}154 & 0\ 461 & 0{,}230 \\ 0{,}077 & 0{,}230 & 0\ 615 \end{vmatrix}$$

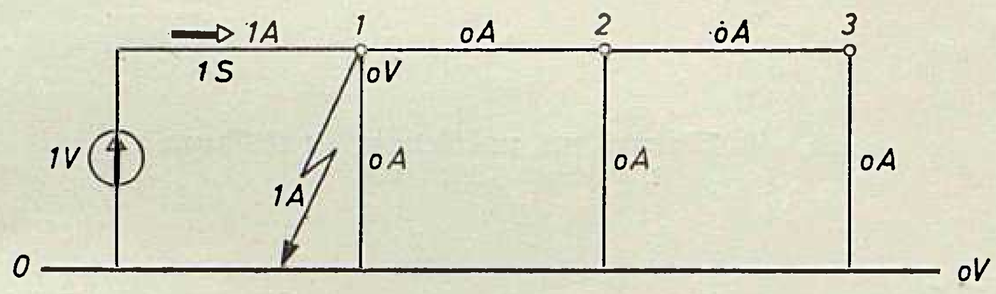
Sve se to odnosi na simetrične prilike u mreži, odnosno (u okviru metode simetričnih komponenata) na direktnu mrežu.

Sad možemo postaviti matematički model električnih prilika za tropolni kratki spoj u čvoru 1. Matematički model električnih prilika dan je matričnom jednadžbom, gdje su direktne komponente napona čvorova dane matricom impendancija čvorova, pomnoženom sa sumom dvaju vektora struja, i to vektora struja izvora i vektora struja uslijed kratkog spoja. U vektoru struja izvora imamo samo

(a) Grafički model tropolnog kratkog spoja u čvoru 1:



(b) Isto, ali u izvornom modelu mreže.



Sl. 9 Električne prilike u grafičkom modelu (primjer)

struju u čvoru 1 i to 1 amper, a ostale struje su nula. U vektoru struja uslijed kratkog spoja imamo samo struju u čvoru 1, i ta struja nije poznata.

$$\begin{bmatrix} {}^dU_1 \\ {}^dU_2 \\ {}^dU_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}385 & 0{,}154 & 0{,}077 \\ 0{,}154 & 0{,}461 & 0{,}230 \\ 0{,}077 & 0{,}230 & 0{,}615 \end{bmatrix} \cdot \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} {}^dI_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right\}$$

Odavle računamo napon bolesnog čvora i postavljamo da je jednak nuli.

$${}^dU_1 = 0{,}385 + 0{,}385 \cdot {}^dI_1 = 0$$

Odatle slijedi vrijednost struje u bolesnom čvoru. Struja kvara ima isto toliki iznos, ali suprotni predznak.

$${}^dI_1 = -1\,A\,.$$

$$I_{kv} = 1\,A\,.$$

Napone čvorova možemo izračunati iz prethodne matrične jednadžbe, ako u desnu stranu uvrstimo vrijednost struje bolesnog čvora, i ako izvršimo množenje na desnoj strani matrične jednadžbe. Vidimo da će suma vektora struja imati vrijednost nula u svim recima, pa ćemo kao rezultat za napone za sva tri čvora dobiti vrijednost nula.

$$\begin{bmatrix} {}^dU_1 \\ {}^dU_2 \\ {}^dU_3 \end{bmatrix} = [Z] \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Sada ćemo izračunate električne prilike unijeti u grafički model mreže. Svi čvorovi imaju napon nula, a kroz kratki spoj iz čvora 1 izlazi struja 1 amper. Zbog toga što su naponi na krajevima svih grana međusobno jednaki, to su struje u svim granama jednake nuli. Izvor daje u mrežu struju 1 amper, i to u čvoru 1, a tolika struja izlazi iz mreže u čvoru 1 kroz kratki spoj. Slika 9, skica (a). To isto možemo prikazati u izvornom modelu mreže, gdje je stvarni izvor drugačije modeliran, skica (b).

Analogno ćemo postupiti za tropolni kratki spoj u čvoru 2.

Matematički model:

$$\begin{bmatrix} {}^dU_1 \\ {}^dU_2 \\ {}^dU_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}385 & 0{,}154 & 0{,}077 \\ 0{,}154 & 0{,}461 & 0{,}230 \\ 0{,}077 & 0{,}230 & 0{,}615 \end{bmatrix} \cdot \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ {}^dI_2 \\ 0 \end{bmatrix} \right\}$$

Napon bolesnog čvora:

$${}^dU_2 = 0{,}154 \cdot 1 + 0{,}461 \cdot {}^dI_2 = 0$$

Struja bolesnog čvora:

$${}^dI_2 = -0{,}154 / 0{,}461 = -0{,}333\ \text{A}$$

Struja kvara:

$$I_{kv} = 0{,}333\ \text{A}$$

Napon čvorova:

$$\begin{bmatrix} {}^dU_1 \\ {}^dU_2 \\ {}^dU_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0\ 385 & 0{,}154 & 0{,}077 \\ 0{,}154 & 0{,}461 & 0\ 230 \\ 0{,}077 & 0{,}230 & 0{,}615 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ -0{,}333 \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0{,}385 - 0{,}154 \cdot 0{,}333 \\ 0{,}154 - 0{,}461 \cdot 0{,}333 \\ 0{,}077 - 0{,}230 \cdot 0{,}333 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}333 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Izračunate električne veličine upisane su u model mreže. Slika 10, skica (a). Nadalje je model mreže rekonstruiran na prvobitni oblik, tako da su modeli pojedinih elemenata stvarne mreže jasno odvojeni. Tu se npr. jasno vidi, kolika struja ulazi u kabel, odnosno kolika struja iz njega izlazi, skica (b). Analogno možemo izračunati električne prilike za tropolni kratki spoj u čvoru 3.

Proračun jednopolnog kratkog spoja

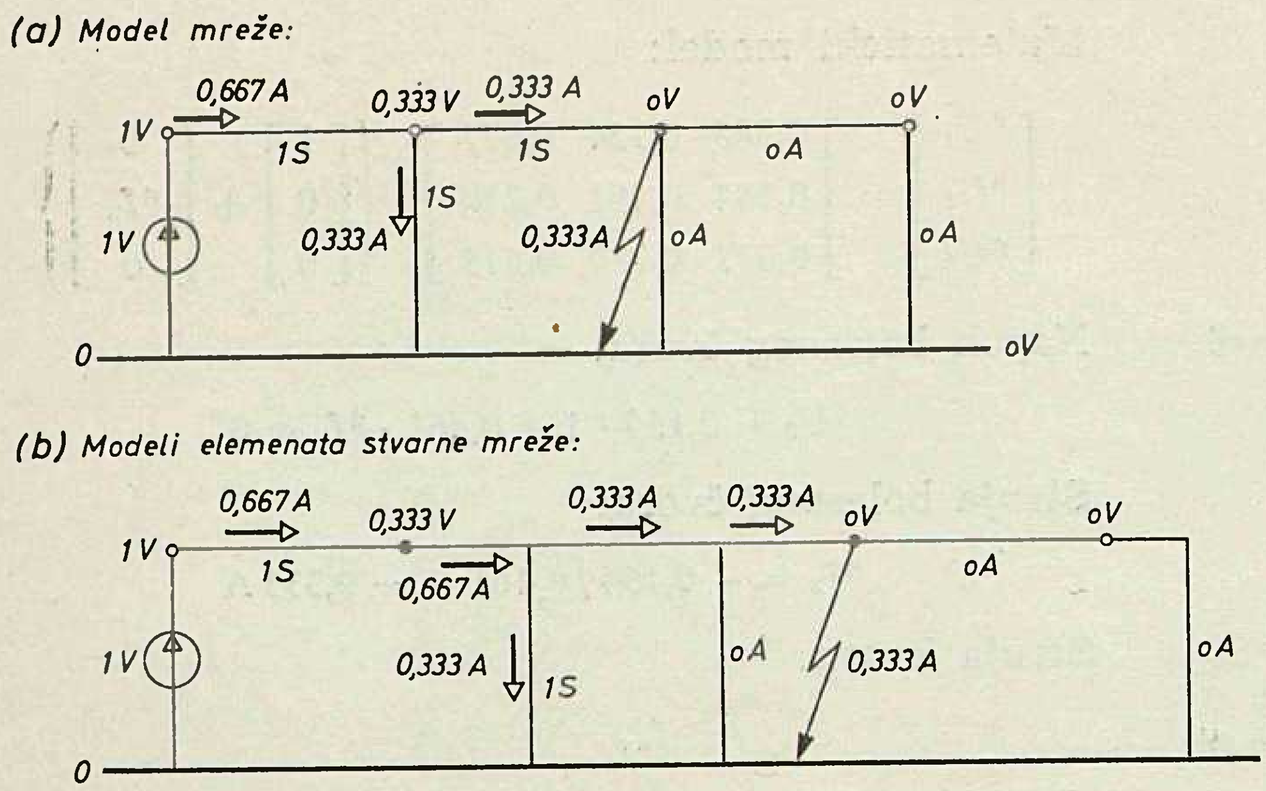
Postupit ćemo analogno kao što smo radili kod tropolnog kratkog spoja. Najprije ćemo postaviti matematički model za jednopolni kratki spoj, i to pomoću komponenata napona odnosno struja u bolesnom čvoru. U prvom redu suma svih komponenata napona jednaka je nuli. I dalje, sve tri komponente struje su međusobno jednake, i to u stvari predstavlja još dva dodatna uvjeta.

$$\begin{aligned} {}^dU_m + {}^iU_m + {}^oU_m &= 0 \\ {}^dI_m = {}^iI_m &= {}^oI_m \end{aligned} \qquad (24)$$

Iz općih matričnih jednadžbi izračunat ćemo komponente napona u bolesnom čvoru, i pri svakoj komponenti računat ćemo s istom komponentom struje npr. sa nultom komponentom, jer su sve tri komponente međusobno jednake.

$$\begin{aligned} {}^dU_m &= \sum_{i=1}^{n} E_i Y_i\, {}^dZ_{mi} + {}^dZ_{mm} \cdot {}^oI_m \\ {}^iU_m &= {}^iZ_{mm} \cdot {}^oI_m \\ {}^oU_m &= {}^oZ_{mm} \cdot {}^oI_m \end{aligned} \qquad (25)$$

Te tri jednadžbe možemo zbrojiti i postaviti da su jednake nuli, pa odatle možemo izračunati nultu komponentu struje u bolesnom čvoru. Direktna i inverzna komponenta struje u bolesnom čvoru su



Sl. 10 Električne prilike u grafičkom modelu (primjer)

jednake nultoj komponenti. Prema tome riješili smo prilike kod kratkog spoja, što se tiče komponenata struja u bolesnom čvoru.

$$0 = \sum_{i=1}^{n} E_i Y_i \, {}^{d}Z_{mi} + ({}^{d}Z_{mm} + {}^{i}Z_{mm} + {}^{o}Z_{mm}) \cdot {}^{o}I_m \tag{26}$$

$${}^{o}I_m = - \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i Y_i \, {}^{o}Z_{mi}}{{}^{d}Z_{mm} + {}^{i}Z_{mm} + {}^{o}Z_{mm}}, \quad {}^{d}I_m = {}^{o}I_m, \quad {}^{i}I_m = {}^{o}I_m$$

Ako te tri komponente struja bolesnog čvora uvrstimo u gornje tri osnovne jednadžbe, možemo izračunati simetrične komponente napona za svaki čvor, pa su time potpuno rješene električne prilike što se tiče komponenata napona i struja čvorova.

Na već poznati način možemo izračunati fazne napone i fazne struje u pojedinim čvorovima.

Na isti način kao što je prije rečeno možemo izračunati struje u pojedinim granama, struje izvora, i struje u pojedinim stvarnim elementima mreže.

Primjer proračuna jednopolnog kratkog spoja

Sad ćemo računati električne prilike kod jednopolnog kratkog spoja pri čemu nam je potrebna i inverzna mreža, a također i nulta mreža. Radi jednostavnosti uzmimo da je inverzna mreža ista kao i direktna mreža, a da nulta mreža ima isti oblik (kvalitativno ista), dok se kvantitativno razlikuje u toliko da su otpori svih grana dva puta veći (odnosno admitancija dva puta manja). Prema tome će matrica impedancije čvorova za inverznu mrežu biti ista kao što je bila za direktnu mrežu, dok će matrica impendancija čvorova za nultu mrežu imati članove s dva puta većim vrijednostima.

$$[{}^{d}Z] = \begin{bmatrix} 0{,}385 & 0{,}154 & 0{,}077 \\ 0{,}154 & 0{,}461 & 0{,}230 \\ 0{,}077 & 0{,}230 & 0{,}615 \end{bmatrix}$$

$$[{}^{i}Z] = \begin{bmatrix} 0{,}385 & 0{,}154 & 0{,}077 \\ 0{,}154 & 0{,}461 & 0{,}230 \\ 0{,}077 & 0{,}230 & 0{,}615 \end{bmatrix}$$

$$[{}^{o}Z] = \begin{bmatrix} 0{,}770 & 0{,}308 & 0{,}154 \\ 0{,}308 & 0{,}922 & 0{,}460 \\ 0{,}154 & 0{,}460 & 1{,}230 \end{bmatrix}$$

Uzet ćemo sada da imamo jednopolni kratki spoj u čvoru 1, pa ćemo najprije napisati matematički model pomoću matričnih jednadžbi.

Direktna mreža:

$$\begin{bmatrix} {}^{d}U_1 \\ {}^{d}U_2 \\ {}^{d}U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}385 & 0{,}154 & 0{,}077 \\ 0{,}154 & 0{,}461 & 0{,}230 \\ 0{,}077 & 0{,}230 & 0{,}615 \end{bmatrix} \cdot \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} {}^{d}I_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right\}$$

Inverzna mreža:

$$\begin{bmatrix} {}^{i}U_1 \\ {}^{i}U_2 \\ {}^{i}U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}385 & 0{,}154 & 0{,}077 \\ 0{,}154 & 0{,}461 & 0{,}230 \\ 0{,}077 & 0{,}230 & 0{,}615 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} {}^{i}I_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Nulta mreža:

$$\begin{bmatrix} {}^{o}U_1 \\ {}^{o}U_2 \\ {}^{o}U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}770 & 0{,}308 & 0{,}154 \\ 0{,}308 & 0{,}922 & 0{,}460 \\ 0{,}154 & 0{,}460 & 1{,}230 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} {}^{o}I_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Sad ćemo izvršiti proračun električnih prilika, i to tako da iz gornjih matričnih jednadžbi izračunamo komponente napona za čvor 1.

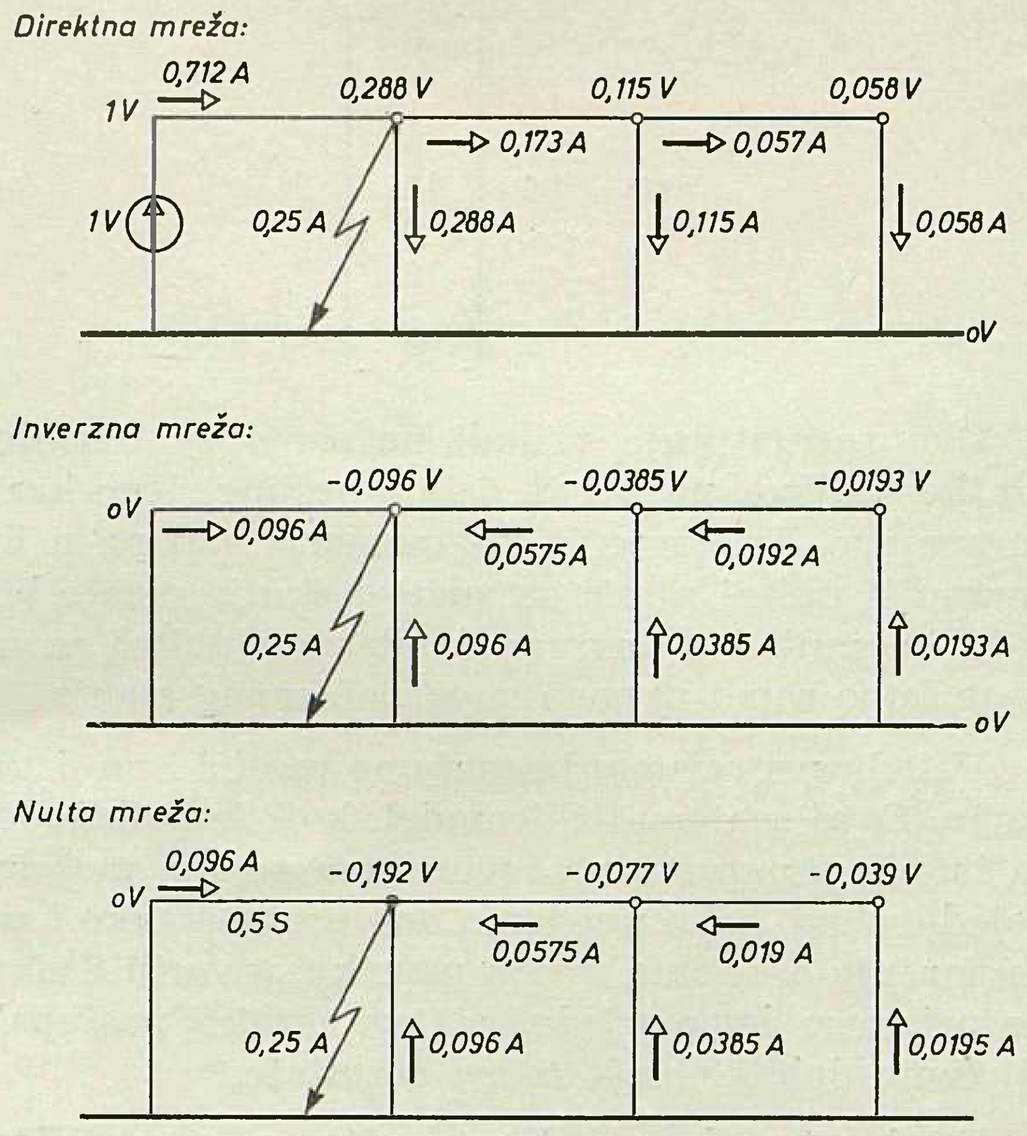
$${}^{d}U_1 = 0{,}385 \cdot 1 + 0{,}385 \cdot {}^{d}I_1$$

$${}^{i}U_1 = 0{,}385 \cdot {}^{i}I_1$$

$${}^{o}U_1 = 0{,}770 \cdot {}^{o}I_1$$

Ove tri komponente ćemo zbrojiti i postaviti da su jednake nuli, a za komponentu struje ćemo uzeti samo jednu od njih jer su sve tri međusobno jednake.

$${}^{d}U_1 + {}^{i}U_1 + {}^{o}U_1 = 0{,}385 + $$
$$+ (0{,}385 + 0{,}385 + 0{,}770) \cdot {}^{d}I_1 = 0$$



Sl. 11 Električne prilike u grafičkom modelu (primjer)

Odatle možemo izračunati direktnu, inverznu, odnosno nultu komponentu struje u bolesnom čvoru.

$$^{d}I_1 = {}^{i}I_1 = {}^{o}I_1 = -\,0{,}385\,/\,1{,}540 = -\,0{,}250 \text{ A}$$

Isto tako imamo i komponente struje kvara

$$^{d}I_{kv} = {}^{i}I_{kv} = {}^{o}I_{kv} = 0{,}250 \text{ A}$$

Sad možemo računati komponente napona za sve čvorove s time da izračunatu vrijednost za komponente struja uvrstimo u gornje matrične jednadžbe i desne strane izmožimo.

$$\begin{bmatrix} {}^{d}U_1 \\ {}^{d}U_2 \\ {}^{d}U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}385 & 0{,}154 & 0{,}077 \\ 0{,}154 & 0{,}461 & 0{,}230 \\ 0{,}077 & 0{,}230 & 0{,}615 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 - 2{,}25 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0{,}385 \cdot 0\ 75 \\ 0{,}154 \cdot 0{,}75 \\ 0{,}077 \cdot 0{,}75 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0\ 288 \\ 0{,}115 \\ 0\ 058 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} {}^{i}U_1 \\ {}^{i}U_2 \\ {}^{i}U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}385 & 0{,}154 & 0\ 077 \\ 0{,}154 & 0{,}461 & 0{,}230 \\ 0{,}077 & 0{,}230 & 0{,}615 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -\,0{,}25 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} -\,0{,}385 \cdot 0{,}25 \\ -\,0{,}154 \cdot 0{,}25 \\ -\,0{,}077 \cdot 0{,}25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\,0{,}096 \\ -\,0{,}0385 \\ -\,0{,}0193 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} {}^{o}U_1 \\ {}^{o}U_2 \\ {}^{o}U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}770 & 0{,}308 & 0{,}154 \\ 0{,}308 & 0{,}922 & 0{,}460 \\ 0{,}154 & 0{,}460 & 1{,}230 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -\,0{,}25 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} -\,0{,}770 \cdot 0{,}25 \\ -\,0{,}308 \cdot 0{,}25 \\ -\,0{,}154 \cdot 0{,}25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\,0{,}129 \\ -\,0{,}077 \\ -\,0{,}039 \end{bmatrix}$$

Izračunate vrijednosti za simetrične komponente struja i napona pojedinih čvorova unijet ćemo u grafički model direktne, inverzne i nulte mreže. Iz razlike napona i admitancija grana izračunat ćemo struje u pojedinim granama i to također upisati u grafički model tih triju mreža. Slika 11.

Iz komponenata struja i napona možemo izračunati fazne struje i fazne apnone. U okviru istosmjernog modela najlakše je izračunati struje i napone u fazi R, jer to ostaju realne veličine. (Treba napomenuti da ipak odnos struja i napona nje točan ukoliko smo u istosmjernom modelu pomoću realnih veličina modelirali reaktancije za koje smo morali uzeti imaginarne veličine). Kod faze S i faze T u svakom ćemo slučaju dobiti kompleksne veličine za struje i napone. Izračunat ćemo samo neke fazne veličine.

Struje bolesnog čvora:

$$\begin{bmatrix} {}^{R}I_1 \\ {}^{S}I_1 \\ {}^{T}I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -\,0{,}25 \\ -\,0{,}25 \\ -\,0{,}25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\,0{,}75 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Struje izvora:

$$\begin{bmatrix} {}^{R}I \\ {}^{S}I \\ {}^{T}I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & d^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0{,}712 \\ 0{,}096 \\ 0{,}096 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0{,}712 + 2 \cdot 0{,}096 \\ 0{,}712 - 0\ 096 \\ 0{,}612 - 0{,}096 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}904 \\ 0{,}616 \\ 0{,}616 \end{bmatrix}$$

Naponi čvora 1:

$$\begin{bmatrix} {}^{R}U_1 \\ {}^{S}U_1 \\ {}^{T}U_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0{,}288 \\ -\,0\ 096 \\ -\,0{,}192 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0{,}288 - 0{,}096 - 0{,}192 \\ 0{,}288 - a^2 \cdot 0{,}096 - a \cdot 0{,}192 \\ 0{,}288 - a \cdot 0{,}096 - a^2 \cdot 0{,}192 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 0{,}432 - j\,0{,}080 \\ 0{,}432 - j\,0{,}080 \end{bmatrix}$$

I kod ovog jednostavnog primjera imali smo mnogo računanja i to za to jer smo računali ručno. Kao što je rečeno ovakav način proračuna prilagođen je korištenju električnih računala, gdje će računalo sve te proračune izvršiti mnogo brže.

Ušteda pri računanju

Matrična jednadžba za električne prilike u direktnoj mreži s kratkim spojem može se napisati u skraćenom obliku. Tu su naponi pojedinih čvorova direktne mreže dani tako da se matrica impendancija čvorova direktne mreže množi sa sumom dvaju vektora struja. Pri tome prvi vektor struja sadrži struje izvora priključene na dotične čvorove,

a drugi vektor struja sadrži struju bolesnog čvora, dok su ostale struje u tom vektoru jednake nuli.

$$^{d}U = {}^{d}Z \cdot (J + {}^{d}I) \qquad (27)$$

Ako matricu impedancija posebno množimo s jednim strujnim vektorom i posebno s drugim strujnim vektorom, dobijemo malo razvijeniji oblik, gdje su naponi čvorova direktne mreže dani kao suma dvaju vektora napona. Prvi vektor napona odgovara naponima zdrave mreže, a drugi vektor napona odgovara superponiranom stanju uslijed kratkog spoja u mreži.

$$^{d}U = {}^{d}Z \cdot J + {}^{d}Z \cdot {}^{d}I = {}^{d}U^{z} + {}^{d}U^{s} \qquad (28)$$

Ako računamo električne prilike u mreži za samo jedan slučaj kratkog spoja, onda nam ovakvo razmatranje mnogo ne koristi. Međutim, vrlo često polazimo od istog pogonskog stanja mreže, a računamo veći broj kratkih spojeva, bilo istovrsnih kratkih spojeva u različitim čvorovima, bilo raznovrsnih kratkih spojeva. U tom slučaju uštedit ćemo na računanju, ako posebno izračunamo vektor napona za zdravu mrežu, i to jedamput za sve slučajeve kratkih spojeva.

$$^{d}U^{z} = {}^{d}Z \cdot \begin{bmatrix} E_1 \cdot Y_1 \\ E_2 \cdot Y_2 \\ \vdots \\ E_n \cdot Y_n \end{bmatrix}$$

Za pojedine slučajeve kratkih spojeva treba samo izračunati vektor napona superponiranog stanja i to superponirati naponima zdrave mreže.

$$^{d}U^{s} = {}^{d}Z \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ {}^{d}I_m \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \qquad (30)$$

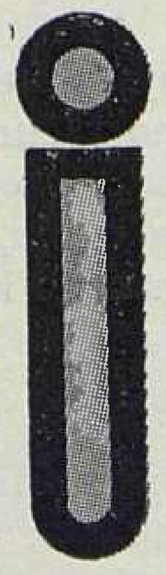
Ovo razmatranje vrijedi ne samo za tropolne kratke spojeve, nego i za ostale nesimetrične kratke spojeve. Pri tome će komponenta napona u inverznoj i nultoj mreži za zdravo stanje mreže biti jednaka nuli, i u inverznoj odnosno nultoj mreži imat ćemo samo napone superponiranog stanja.

Uštedu pri računanju možemo postići i na drugi način. Ovaj matematički model, koji je prilagođen za izradu programa na računskom stroju, možemo pojednostaviti ako uvedemo one pretpostavke i zanemarenja o kojima smo u početku govorili. Dakako pri tome ćemo s jedne strane skratiti postupak, ali ćemo dobiti manje točne rezultate.

Prednost rada s jednostavnijim matematičkim modelom, iako ne dobijemo točne rezultate, sastoji se u tome da za prethodnu analizu možemo izvršiti uz isto utrošeno vrijeme veći broj proračuna npr. za različite konfiguracije mreže. Pa na temelju toga određeni broj konfiguracija odbaciti kao one koje ne dolaze u obzir. Za konfiguracije mreže koje dolaze u obzir možemo naknadno načiniti proračun s točnim modelom mreže.

Naslov pisca: Prof. dr ing. Božidar Stefanini,
Elektrotehnički fakultet, Zagreb.

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA
I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA
KARLOVAC



Obavlja kemijsku zaštitu (kotlovsku impregnaciju) svih vrsti željezničkih pragova, pragova za smještaj kranskih dizalica, stupova za TT i EV vodove, kocaka za hale, rudno drvo i ostali građevinski materijal od drveta.
Impregnira po najsuvremenijim metodama.
Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

RAZVOJ I TENDENCIJE PRIJENOSA VELIKIH SNAGA

B. Markovčić, Zagreb

Prikazano je stanje i problematika razvoja prijenosa velikih snaga trofaznom i istosmjernom prijenosnom tehnikom. Zatim su iznesena istraživanja i problemi novih prijenosnih tehnika kao hibridni prijenos, prijenos vodičima kod vrlo niskih temperatura i prijenos mikrovalovima.

DK 621.305

1. Trofazni prijenos

1.1. Ove, 1971. godine navršava se točno 80 godina otkada je stavljen u pogon prvi trofazni prijenos koji je imao sve glavne elemente današnjeg prijenosnog sistema. Izgrađen je 1891. između Lautfena i Frankfurta na daljini od 178 km. Napon prijenosa bio je 15 do 30 kV, a prenosila se snaga od 235 KS. Kako je od tada potreba za električnom energijom sve više rasla, prijenosni su naponi bivali sve viši. Prije II svjetskog rata samo je jedan vod na svijetu imao viši napon od 220 kV. To je bio vod Boulder Dam — Los Angeles, dužine 435 km, s pogonskim naponom 287,5 kV, prijenosne snage 265 MW.

Slijedeći naponski skok uslijedio je tek 1952. (sl. 1), kada je u Švedskoj stavljen u pogon prvi vod 380 kV, na liniji Harspranget — Hallsberg. U slijedećih 10 godina, već su mnoge zemlje uvele prijenosne napone iznad 220 kV, kako se to može vidjeti iz slijedećeg kronološkog pregleda:

1952.	Švedska	380 kV	1957.	Njemačka	400 kV
1952.	Njemačka	300 kV	1958.	Francuska	380 kV
1953.	V. Britanija	275 kV	1959.	Australija	330 kV
1953.	Japan	275 kV	1959.	Zambija	330 kV
1953.	USA	330 kV	1960.	Finska	400 kV
1954.	Kanada	300 kV	1960.	Norveška	300 kV
1956.	SSSR	400 kV	1962.	Brazilija	300 kV
1957.	SSSR	500 kV			

Danas izvedba postrojenja do 400 kV odnosno 500 kV spada u okvir općenitih problema izvedbe postrojenja visokog napona vezanih na standardiziranu opremu. Taj je naponski nivo u upotrebi već skoro u svim evropskim zemljama, a kod nas je, kao što je poznato, 1970. ušao u pogon prvi vod 400 kV na liniji Đerdap — Beograd.

U ovu naponsku grupu mogu se svrstati svi naponi od 330 do 500 kV, budući da uvođenje jednog od njih redovno, zbog blizine, isključuje drugoga kao superponirani napon. 330(345) kV raširen je naročito u Americi, zapadnom dijelu evropske Rusije i Austaliji. Prijenosni pak sistem 500 kV u Evropi je izgrađen samo u SSSR-u (13.000 km). Posljednjih se godina, međutim, mnogo širi i u USA i Kanadi, tako da će uskoro biti tamo izgrađeno oko 15.000 km vodova tog napona. Za vezu Asuana sa sjevernim Egiptom uzet je napon 500 kV. U Japanu je također počela izgradnja vodova tog napona.

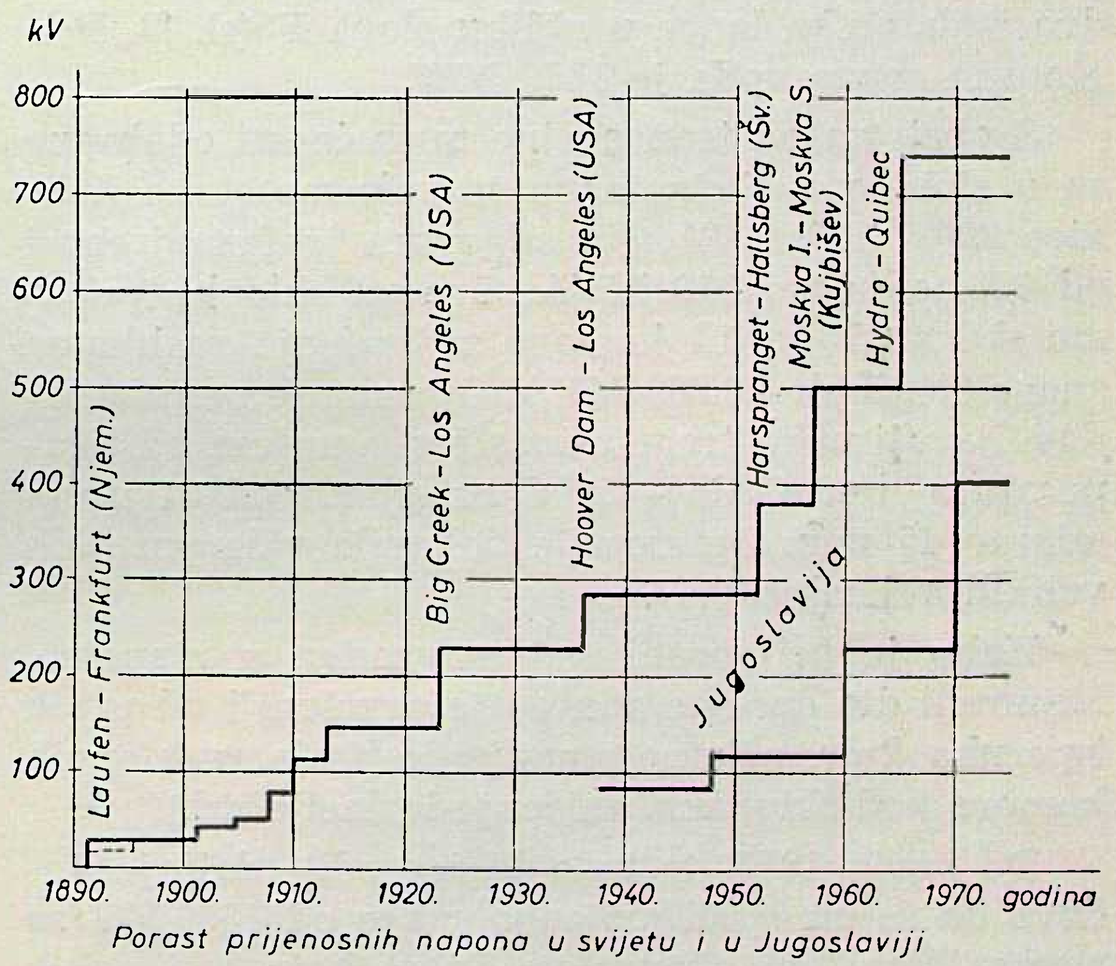
Uvođenje vrlo visokih napona teklo je daleko brže nego što su stručnjaci predviđali u doba pojave prvih prijenosa 380 kV. Tako su npr. na sastanku CIGRE — 1952. u Parizu tvrdili predstavnici USA, da je kod njih napon 138 kV bio dovoljan 30 godina pa će i novi viši napon (345 kV) zadovoljavati isto toliko vremena.

Međutim, već 1966, dakle samo 14 godina kasnije, Amerikanci iznose projekte za napone iznad 750 kV. U Francuskoj su bili uvjereni da je 400 kV dovoljan za vrlo daleku budućnost, no 1968. već je građen vod 2 × 400 kV predviđen za prijelaz na 750 kV.

1.2. Planirajući buduće potrebe svoje elektrifikacije mnoge su zemlje već prije dosta godina došle do zaključka, da treba posegnuti za još višim naponima, iznad 400 ili 500 kV.

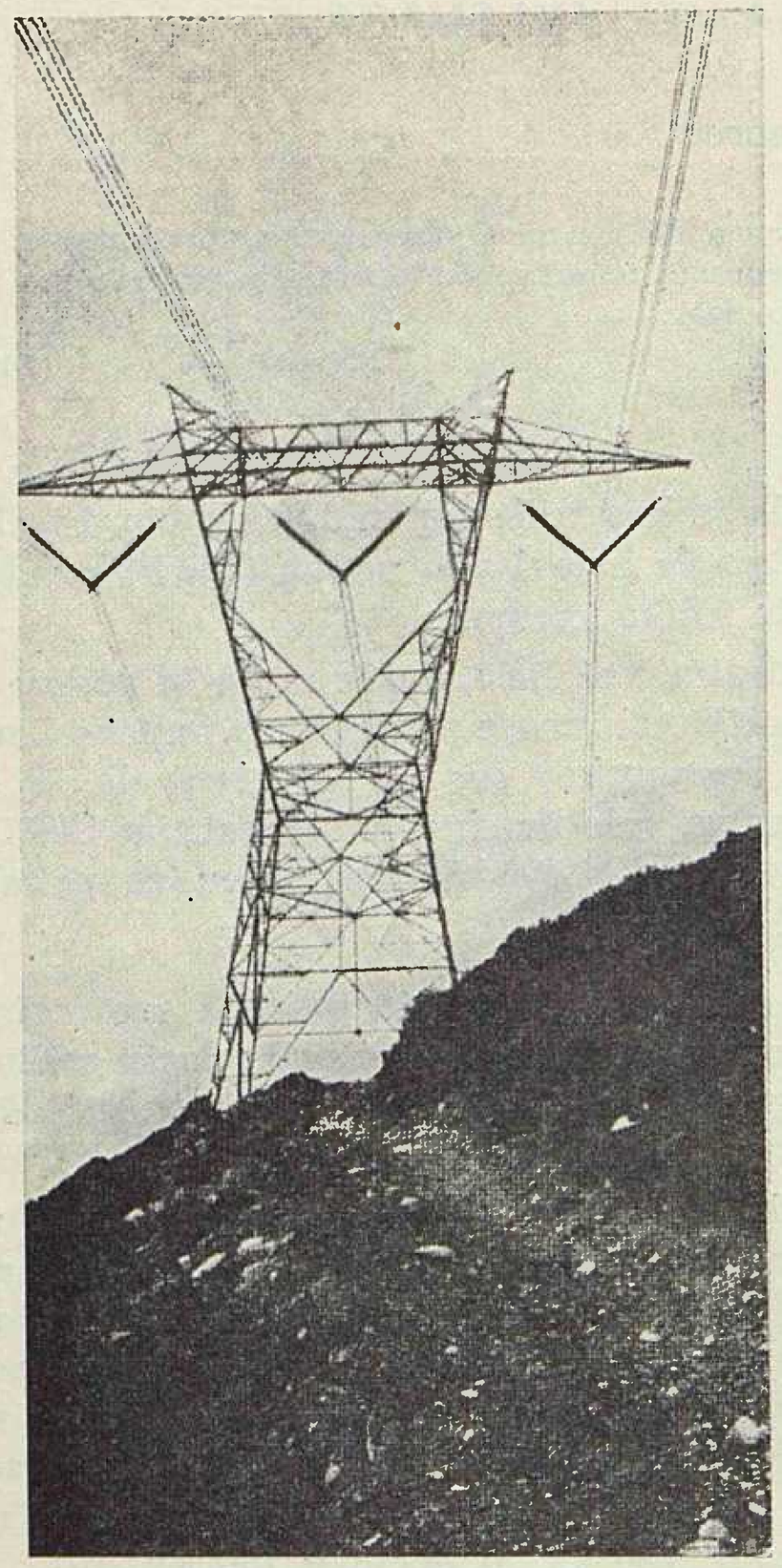
U okviru CIGRE i IEC mnogo se 1961. i 1962. raspravljalo o standardizaciji nekog višeg napona iznad 500 kV. Nakon velikih diskusija između zapadnih zemalja i SSSR-a konačno je dogovoren najviši pogonski napon od 765 kV. Nazivni naponi ovog nivoa dosta se razlikuju u pojedinim zemljama, pa je npr. u Kanadi nazivni napon 735 kV, u Francuskoj 730 kV, u SSSR-u 750 kV, itd.

Prvi komercijalni prijenos 735 kV u svijetu stavljen je u pogon 1965. (sl. 2), a izgradila ga je kompanija Hydro — Quebec. Vod je dugačak oko 600 km, a prenosi energiju sa hidroelektrana na rijeci Manicougan do Boucherville-a kod Montreala. To je bio prvi od grupe vodova koji će prenositi u konačnoj izgradnji oko 5500 MW iz 7 hidroelektrana na rijekama Manicougan i Outardes na jug u potrošačka područja oko Quebeca i Montreala.



Porast prijenosnih napona u svijetu i u Jugoslaviji

Slika 1



Sl. 2 Nosni stup kanadskog voda 735 kV

Predviđeno je da će se do kraja 1971. izgraditi sva tri voda koji će prenijeti cijelu navedenu snagu.

Prijenosni vod ima 4 vodiča u snopu, svaki promjera 35 mm. Snop je kvadratnog oblika sa stranicama 450 mm. Razmak faza na stupu 15 m. Na vrhu stupa su montirana dva zaštitna užeta koja čine zaštitni kut od 20°. Faze su ovješene na dva izolatorska lanca u obliku slova V (sl. 2). Prijenosna snaga voda je 1800 MW.

S obzirom na transportne mogućnosti odabrane su u stanicama jednofazne transformatorske jedinice 200 i 170 MVA, što odgovara trofaznoj snazi od 600, odnosno 510 MVA. Sve su sklopke pneumatske s 12 do 14 komora za gašenje rasklopne snage 35.000 do 40.000 MVA. Oprema je morala zadovoljavati vrlo stroge atmosferske uvjete, od temperatura +40° C do —50° C uz vjetar od 31 m/s i udarac 45 m/s. Opremu je dobavilo više poznatih velikih svjetskih tvrtki.

Kako je prijenosni sistem građen u etapama, najnoviji dio opreme znatno je savršeniji od prvih isporuka (npr. osjetno smanjenje broja rasklopnih komora kod sklopaka, sniženje izolacije itd.).

Do kraja 1973. trebalo bi izgraditi daljnje vodove da se omogući prijenos snage od 4500 MV sa rijeke Hamilton (Churchill Falls) koja leži nekih 600 km sjevernije, dakle, ukupno oko 1200 km od potrošačkih centara. Rađeni su doduše projekti da se ova daljina svlada istosmjernim prijenosnim sistemom, no kanadski su se stručnjaci nakon pomnih studija ipak odlučili na trofazni prijenos 735 kV, koji je sada u gradnji.

U SSSR-u je ušao 1967. u pogon eksperimentalno komercijalni vod 750 kV Konakovo — Moskva dužine 90 km. Na njemu su vršeni vrlo obimni pokusi, pa je na kraju za buduće vodove 750 kV odabran snop od po 4 alučel vodiča, svaki promjera 33,1 mm. Vodiči su raspoređeni u kvadratu sa stranicom 600 mm. Razmak faza iznosi 17,5 m. Vodiči su štićeni s dva zaštitna užeta (152,7 mm²) koja čine zaštitni kut od 25°. Srednji godišnji gubitak korone bio bi 16 kW/km.

Prvi potpuno komercijalni vod 750 kV u SSSR-u povezivat će stanice Donbas, Dnjepar, Vinica i Lavov. Ukupna dužina bit će oko 1100 km, a stavljanje u pogon se predviđa 1972. Slijedeći vod 750 kV koji će biti građen bit će vod koji će vezati lenjingradsko područje sa centrom.

Vodovima 750 kV bit će postignuta interkoneksija mreže 500 kV istoka, 330 kV zapada i mreža 400 kV kojima su zemlje članice SEV vezane preko stanice Mukačevo s ruskom mrežom.

Oprema stanice bit će jednaka onoj koja je iskušana u eksperimentalnom prijenosu. Transformatori će biti monofazni svaki snage 417 MVA (1250 MVA trofazno), $750/\sqrt{3}/500\sqrt{3}/10$ kV. Na strani 500 kV bit će regulacija pod naponom ± 7,5 %

Sklopke su pneumatske, sa 15 rasklopnih komora, sa trofaznom snagom prekidanja od 35.000 MVA. Računano je s koeficijentom unutarnjih prenapona od 2,1.

U sjeverozapadnom dijelu USA rađa se i treća mreža 765 kV. Nju izgrađuje kompanija AEP (American Electric Power Company). Na njenom području do sada postoji razgranata mreža napona 345 kV (3200 km), a buduća će mreža 765 kV imati prema planu do 1972. ukupno 1760 km vodova. Ukupno opterećenje područja iznosilo je 1970. oko 10.000 MW, a računa se s podvostručenjem u slijedećih 10 godina. Vrlo je interesantno razmotriti razloge zbog kojih je usvojen napon 765 kV u ovoj kompaniji:

a) U momentu planiranja na raspoloženju je bio materijal 765 kV.
b) Skok od 345 kV na 765 kV daje peterostruku prijenosnu moć, a kod jednakih gubitaka može se prenijeti tri puta više.
c) Velika koncentracija proizvodnje (4000 ... 5000 MW) na jednom mjestu, na rudnicima ugljena, traži veliki prijenos. AEP je već 1969. stavila u pogon svoju prvu generatorsku jedinicu od 800 MW.
d) Teškoća pronalaženja pogodnih trasa za mnogo vodova nižih napona. Ovaj je faktor bio vrlo utjecajan.
e) Potreba izmjenjivanja velikih snaga u budućnosti.

f) Uređaji za prijenos moraju se razvijati s dosta prijenosne rezerve, da se mogu svladati i teški ispadi. Mora se izbjeći preopterećenje pojedinih elemenata mreže.
g) Kod prijenosnih daljina od 320 km prijenos naponom 765 kV je upola jeftiniji od prijenosa naponom 345 kV.

U prvim će godinama mreža 765 kV biti iskorištena samo sa 20 . . . 25 % svoje prijenosne moći. Zbog toga neće pogon biti jako ovisan o mreži novog naponskog nivoa, pa se mogu na njoj činiti studije i eksperimenti. U AEP drže da je potrebno izgraditi jaku mrežu vrlo visokog napona i stoga, da bi se obuhvatili i oni faktori koji se teže predviđaju ili uopće ne poznaju, a mogli bi utjecati na pouzdanost mreže. Dakle, na sigurnost pogona položeno je glavno težište.

Ovom će mrežom AEP biti spojena sa 4 velike susjedne kompanije. Povezani će biti sistemi saveznih država Indiana, Ohio, Pennsylvania, Virginija i Kentucky.

I ovdje su odabrani snopovi sa 4 vodiča od alučelika (Ač 6,5 : 1,485 mm²). Predviđa se, da će gubici korone iznositi 1,87 kW/km kod nevremena.

Izolacija je predviđena s koeficijentom unutarnjih prenapona 2,0, no pokusi su pokazali da s velikom vjerojatnošću stvarni prenaponi ne prelaze 1,85.

U stanicama su predviđeni transformatori trofazne snage 1500 MVA, 765/345 kV i 600 MVA, 765 /138 kV. Rasklopna snaga prvih sklopki bila bi 33.000 MVA, a kasnije 54.000 MVA.

Prva dionica mreže od 106 km ušla je u pogon u veljači 1969, druga od 201 km u lipnju iste godine, zatim 193 km u veljači 1970. itd., kako bi do kraja 1972. u pogonu bilo 1760 km vodova.

1.3. I u drugim se zemljama svijeta intenzivno radi na studijama potrebnima da se prijeđe na napone iznad 400 odnosno 500 kV. Međutim, u zemljama, koje još nisu uvele napon 765 kV postoje dileme, da li je upravo 765 kV pogodan slijedeći superponirani napon, ili bi ga trebalo preskočiti i odmah uvesti neki napon reda 1000 kV.

Naravno da ovakva stremljenja za uvođenje sve viših prijenosnih napona iziskuju obimna i vrlo skupa istraživanja. S jedne strane elektroprivredna poduzeća nastoje naći optimalna rješenja, a elektroindustrijska poduzeća pak s druge strane, razviti odgovarajuće transformatore i aparate. Napori jednih i drugih međusobno su vezani, jer će elektroprivredna rješenja prihvatiti vrlo visoke napone tek tada, kad im elektroindustrija može ponuditi tehnički sigurnu i po cijeni odgovarajuću opremu.

Postavlja se pitanje koji faktori sile elektroprivredu da posiže za sve višim naponima? Osnovni je svakako taj da prijenosne snage, koje su stalno u porastu, treba prenositi što sigurnije i što jeftinije. Elektroprivreda traži jaku mrežu koja će joj omogućiti:

— prijenos iz velikih klasičnih i nuklearnih elektrana od nekoliko tisuća MW, do velikih konzumnih centara,
— iskorištenje razlika u opterećenju pojedinih dijelova sistema, iskorištenje najpovoljnijih cijena goriva i voda protočnih i akumulacijskih hidroelektrana,
— elestičnost u lociranju novih izvora,
— povećanje sigurnosti i smanjenje rezerve.

Da se to omogući, prijenosna se tehnika mora orijentirati bilo u pravcu ekstremno visokih napona ili ekstremno velikih struja. U prvom je slučaju presudan problem izolacije, gubitaka korone i radiosmetnje, dok je u drugom bitan problem smanjenja električkog otpora vodiča.

Prema današnjem stanju tehnike najviši naponi koji bi se još mogli praktički upotrijebiti u prijenosu, jesu naponi do 1500 kV odnosno, prema najoptimističnijem gledanju, 2000 kV.

Razvoj prijenosa još viših snaga morat će se kretati prema vrlo velikim strujama. Vrlo važan faktor koji tjera elektroprivredu na što veću koncentraciju prijenosne moći pojedinog prijenosnog uređaja (voda ili kabela) je problem pronalaženja povoljnih trasa. Baš tamo gdje je područje najgušće naseljeno i urbanizirano, potrebe energije su najveće. Tada u centar konzuma treba prenijeti vrlo velike snage, a slobodnih trasa praktički nema. Na slici 3 prikazani su, prema njemačkim studijama, specifični troškovi prijenosne linije po km kVA, visina stupa i snaga MVA po metru širine trase. Kod toga je uzeta prirodna snaga dvostrukog voda, optimalna snaga i termička granična snaga za napone 220, 380 i 700 kV.

Iz dijagrama se vidi da kod dvostrukog voda 220 kV gustoća prirodne snage iznosi 6 MVA/m, a kod 700 kV 38 MVA/m, što je više od 6 puta. Ako bi se ipak prešlo na još više napone, gustoća bi se znatno povećala.

1.4. Francuska (EdF), Britanja (CEGB) i Italija (ENEL) osnovale su 1967. radnu grupu koja je dobila zadatak da prostudira alternativno uvrštenje dvaju naponskih nivoa u svoje zemlje. Bilo 765 kV bilo neki napon reda oko 1000 kV. U sve tri zemlje se, naime, predviđa da će nakon 1985. jedan od tih napona biti neophodan. Do zasjedanja CIGRE 1970. stručnjaci su dali izvještaj o prvom dijelu svog posla, tj. o studiji napona 765 kV. Premda je studija rađena zajednički, stručnjaci su prilagodili rješenja propisima i načinu gradnje vodova u svojim zemljama. Vodovi bi imali slične karakteristike kao oni primijenjeni u Americi i SSSR-u. Faze bi bile u jednakoj ravnini (odnosno s manjim odstupanjem kod stupa tipa »mačka« u Francuskoj), sa snopom od 4 vodiča iz alučela (almelec u Francuskoj), i dva zaštitna užeta. Izolatori u obliku slova V imali bi dužinu 7 m. Zaštitno bi uže bilo dimenzionirano za struju kratkog spoja od 40 kA u trajanju od 0,5 s. Premda će konačna odluka o usvajanju naponskog nivoa pasti nakon razrade i druge

Tablica 1

Najviši pogonski napon	kV	420	525	765	1000	1300	1500
Broj vodiča u snopu po fazi		2	3	4	6	8	8
Razmak faze i stupa	m	3	3,9	5,6	7,2	8,5	9,4
Razmak faza	m	7,3	9,2	12,8	16,1	19,0	20,8
Minimalni razmak vodiča od zemlje	m	7,2	8,4	10,8	13,1	15,0	16,2
Visina stupa do zaštitnog užeta	m	24,6	28,2	35,5	42,3	47,9	51,5
Faktor prenapona	k	2,65	2,45	2,15	1,85	1,60	1,50
Prirodne snage prijenosa	MW	560	925	1970	3615	6335	8265

etape ove studije, već danas se npr. u Italiji smatra da bi trebalo preskočiti napon 765 kV, a slično mišljenje vlada i u Vel. Britaniji.

Nijemci ne misle da bi kod njih u dogledno vrijeme bilo potrebno prijeći na napone više od 400 kV zbog kratkih prijenosa. Očekuje se doduše da bi snaga kratkog spoja na 400 kV mogla doseći 84 GVA, ali bi se sekcioniranjem moglo reducirati na 45 GVA, pa zbog toga ne bi bio potreban prijelaz na više napone.

U Švedskoj kao i u Japanu prijelaz na napone reda 1000 kV predviđaju također negdje nakon 1985. godine.

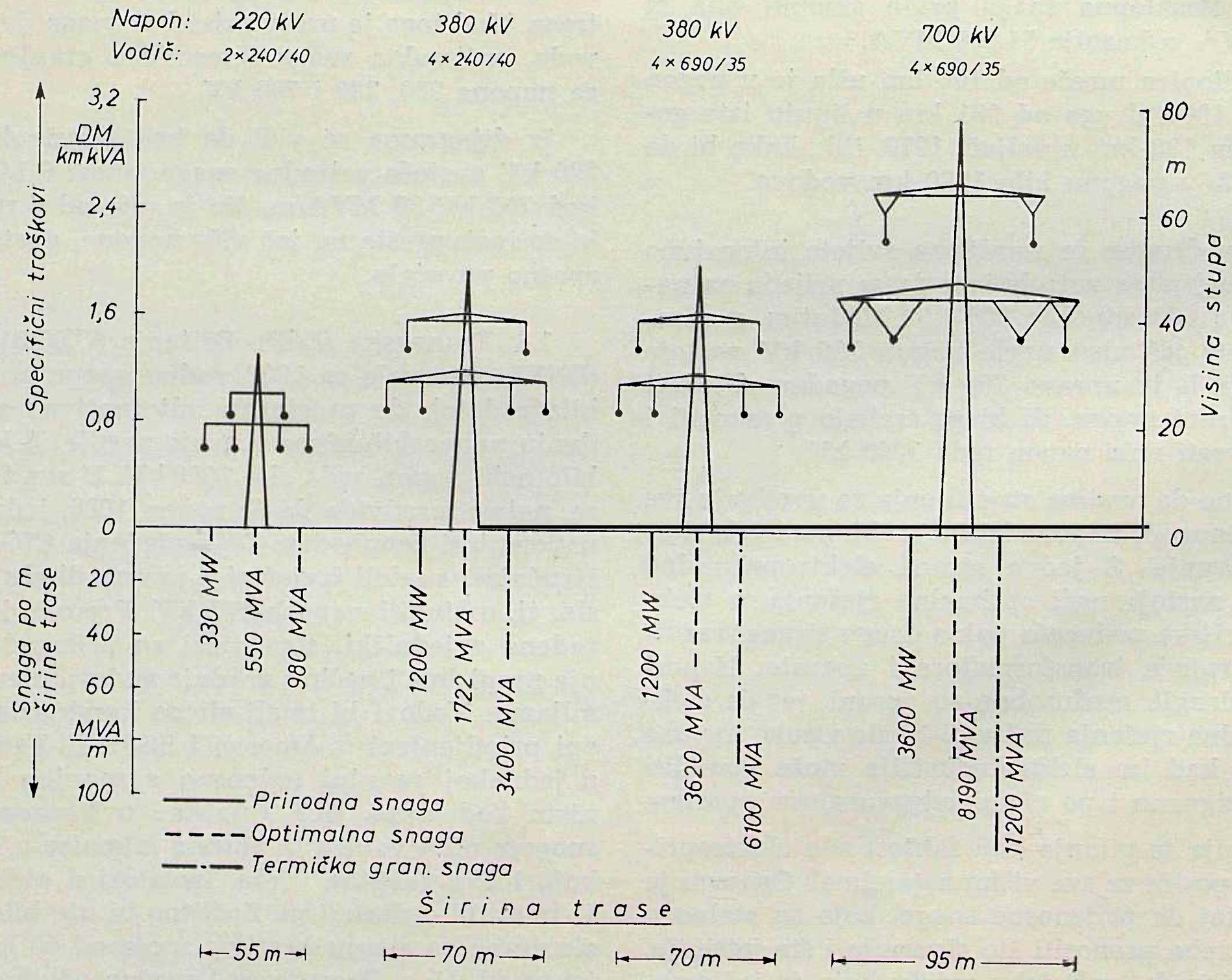
Prof. L. Paris iz Rima dao je na predavanju u Chicagu vrlo interesantnu analizu mogućnosti prijenosa najvišim naponima do 1500 kV. Osnovne karakteristike tih vodova (po trojki) unesene su u tablicu 1.

Prilikom svojih razmatranja prof. Paris iznio je nekoliko vrlo interesantnih konstatacija:

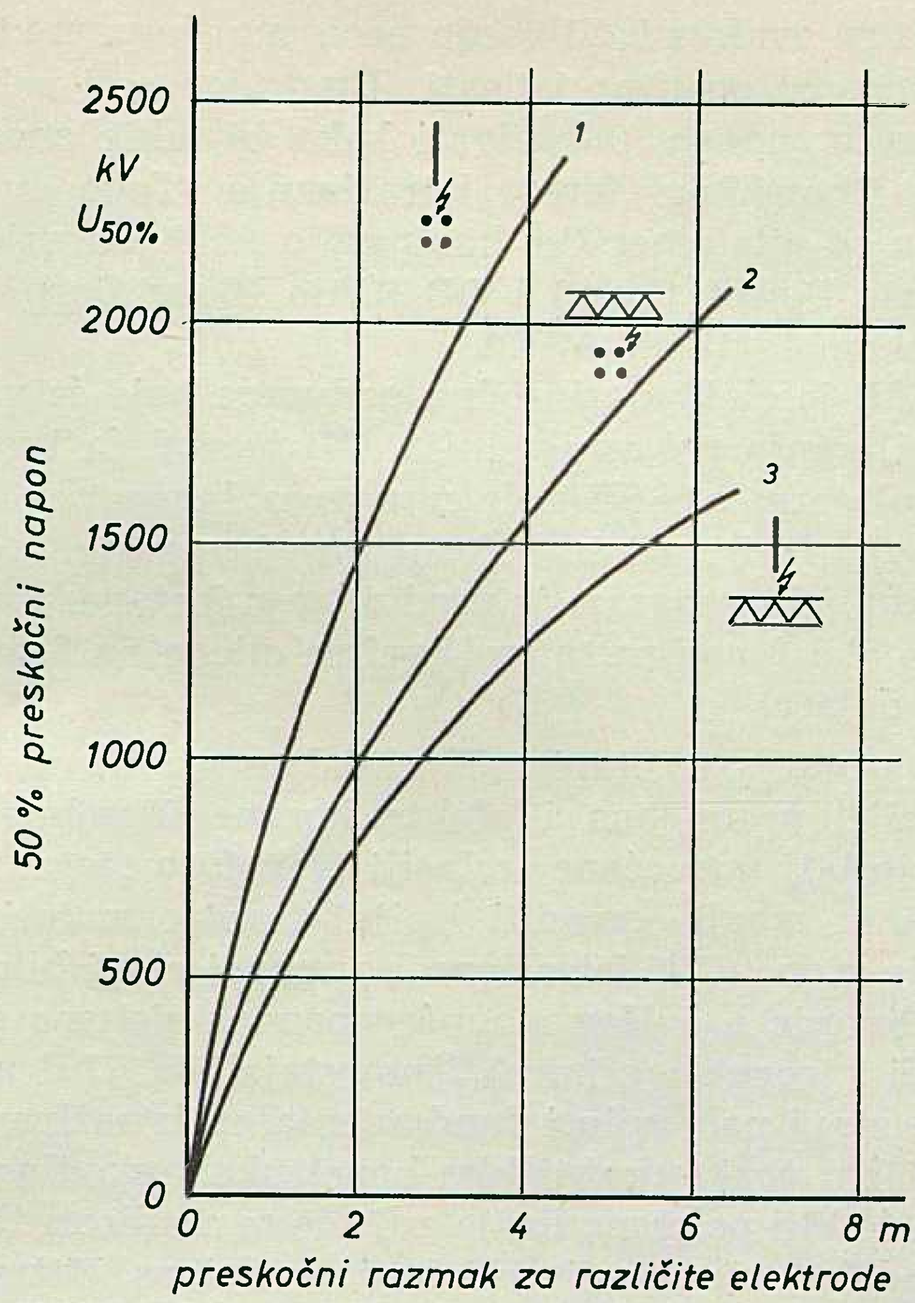
— prijenosna moć voda povećava se više nego s kvadratom napona, jer zbog većeg snopa vodiča, pada impedancija,
— ukupni presjek vodiča faze raste brže nego proporcionalno s naponom, prema dosadašnjim iskustvima na potenciju 1, 3,
— struja raste više nego proporcionalno s naponom, ali njena gustoća pada,
— cijena linije raste s potencijom 0,60 . . . 0,65 prijenosne snage.

On smatra da se prema današnjim tehničkim znanjima mogu graditi vodovi napona 1500 kV, ali ekonomski mogu biti prihvatljivi samo ako se postigne:

— da se unutrašnji prenaponi drže u granicama do 1,5,
— podnosivi naponi u normalnom pogonu u zagađenoj atmosferi, po jedinici dužine izolatora, za izolatore do 10 m dužine, ne smiju biti



Sl. 3 Širine trasa i mogućnost prijenosa



Sl. 4 Visina preskočnog napona u zavisnosti o preskočnoj stazi

ispod one koja se pojavljuje kod kratkih lanaca koji su danas u upotrebi,
— gradijent napona na zemlji da se dopusti 18 kV/m.

Jedan od predstavnika Francuske na zasjedanju CIGRE 1970. išao je čak tako daleko da je dao viziju budućeg voda napona 2000 kV. Svaka bi faza takvog voda imala 8 vodiča u snopu. Vodiči bi bili raspoređeni u krugu promjera 1,3 m. Faktor prenapona morao bi biti oko 1,4. Visina konzole stupa iznosila bi 85 m, a širina konzole 115 m. Mora se kazati da je 2000 kV najviši trofazni napon koji se uopće igdje spominjao za praktičnu primjenu u prijenosu. Redovno se spominju naponi od 1000 do 1500 kV i u tom će naponskom području internacionalni elektrotehnički forumi uskoro morati izabrati slijedeći standardizirani napon.

1.5. Osnovni problemi koje treba riješiti u vezi moguće upotrebe najviših prijenosnih napona jesu slijedeći:

— izolacija zračnih razmaka i problem izolacije zagađenih izolatora,
— izolacija aparata,
— problem radiotelezivijskih smetnji.

Kao što je već istaknuto, uređaji najviših napona mogu biti ekonomični samo onda, ako se faktori unutarnjih prenapona mogu držati dovoljno nisko. Osnovni je problem u tome, što kod vrlo visokih napona preskočni razmak u zraku nije razmjeran preskočnom naponu, već se iznad nekih 1000 kV naglo smanjuje. Npr. kod 50 % preskočnog napona od 1000 kV, za elektrode šiljak-ploča probojni je razmak oko 3 m, za dvostruko veći probojni razmak tj. 6 m nije više potreban dvostruki napon (2000 kV) već samo 1480 kV.

Vrste elektroda imaju vrlo jak utjecaj na odnos preskočnog napona i preskočnog razmaka što se može vidjeti iz dajagrama sl. 4. Krivulja odnosa najmanje je savinuta kod preskoka šiljak-vodič, a najviše kod elektroda šiljak-metalna konstrukcija. Ta je krivulja samo nešto malo manje savinuta od krivulje za elektrode šiljak-ploča.

Neki ruski pokusi su npr. pokazali da u području napona 1000 . . . 1200 kV, povećani razmak od 1 m donosi povećanje preskočnog napona za 400 kV, dok kod 2000 kV isti taj razmak donosi samo 60 . . . 80 kV. Prema tome, ako se želi da postrojenje ima ekonomski podnošljive dimenzije, unutarnji prenaponi ne smiju biti toliko visoki da bitno pređu naponsku zonu od nekih 1850 kV. To znači da tu visinu napona ne bi smjela preći tjemena vrijednost prenapona prema zemlji

$$U_p \leq \frac{U_n}{\sqrt{3}} \sqrt{2}\, k\,.$$

Smatra se da, ukoliko uspije da faktor prenapona k ne pređe u mreži vrijednost 1,5 (uz vrlo veliku vjerojatnost), mogli bi se graditi prijenosni uređaji do nominalnih 1500 kV. Ako se pak ne bi moglo ići niže od 1,8, granični bi napon bio 1250 kV. Prenaponske su prilike ovisne o karakteristikama sklopaka, a opasnost prenapona o karakteristikama odvodnika prenapona, pa prema tome treba raditi na daljnjem razvoju i usavršenju tih uređaja. Dosadašnji uspjesi ulijevaju mnogo nade, jer su sklopke u posljednjim godinama znatno usavršene. Dok su prve sklopke za 765 kV imale 12—14 sklopnih komora, novi tipovi imaju 8, a možda će uskoro dostajati i 6.

Kod visokih udarnih napona pojavljuju se anomalije koje također treba istražiti. Do 750 kV kiša ima malo utjecaja na pozitivni udarni napon, dok se naprotiv kod negativnog polariteta taj utjecaj opaža već kod 220 kV. Do oko 1600 kV leži pozitivni udarni preskočni napon, kod potpornih i lančanih izolatora, ispod negativnog, a iznad 1600 kV odnos je obrnut. Negativni udarni napon nadalje malo raste s duljinom preskoka, a pozitivni se povećava skoro linearno. Osim toga pojavljuju se anormalni preskoci ne na najkraćim već na produljenim stazama. Niz pojava je dakle bitno drugačiji nego kod nižih napona.

Ponašanje zagađenih vrlo dugih izolatorskih lanaca, kod visokih napona predstavlja posebni problem za vodove, pa postoji bojazan da će u industrijskim područjima ova pojava biti ozbiljna zapreka prelazu vodova najviših napona. Ponašanje takvih lanaca također još nije dovoljno istraženo.

Gubici korone i radiotelevizijske smetnje su stalni problemi koji prate razvoj vodova najviših napona. U zemljama guste naseljenosti, a to su upravo zemlje s najvećim potroškom električne energije, problem radiotelevizijskih smetnji posta-

je sve akutniji i važniji. Upravo uvjeti ograničenja tih smetnji diktiraju posebne mjere koje povećavaju investicije prijenosnog uređaja.

Posebno je područje proučavanje izolacionih sposobnosti krutih i tekućih materijala za potrebe izgradnje transformatora i aparata, u što se ovdje neće ulaziti.

1.6. Iz ovih ukratko nabačenih problema jasno proizlazi, da treba još mogo toga riješiti prije prijelaza na viši naponski nivo. Istraživači se obilno služe modernim elektroničkim računalima, no osnovno su ipak ispitivanja u velikim i dobro opremljenim laboratorijima. Osim mnogih pomoćnih uređaja takvi laboratoriji moraju raspolagati udarnim generatorima i transformatorima normalne frekvencije za vrlo visoke ispitne napone, znatno veće od nominalnog napona uređaja koji se ispituju. U tablici 2 je prikazano koje napone moraju proizvesti uređaji da se mogu ispitivati aparati pojedinih naponskih nivoa.

Tablica 2

		Nominalni napon kV			
		525	765	1100	1500
Ispit. napon 50 Hz	MV	0,8	1,1	1,6	2,1
Udarni generator	MV	3,6	4,5	5,4	7,0
Min. udalj. od zemlje	m	9,3	11,4	19,0	25,8
Površina hale	m	43×24	51×28	75×40	103+55
Visina hale	m	22	28	43	64

S obzirom na vrlo visoke napone laboratoriji iziskuju goleme hale, pa su i njene dimenzije une sene u tablicu.

U mnogim tehnički naprednim zemljama već su slični laboratoriji izgrađeni bilo uz znanstveno-istraživačke organizacije, bilo uz velike industrije. U tablici 3 su navedeni najveći postojeći svjetski laboratoriji koji su opremljeni za ispitivanje opreme za trofazni prijenos do nominalnog napona 1100 kV ili više.

Tablica 3

Laboratorij	Zemlja	Napon izvora MV	
		50(60) Hz	udarni
	SSSR	3,0	8,0
Moskva	SSSR	2,25	7,2
VEB Hermsdorf	DDR	2,25	7,2
GEN. EL. Pittsfield	USA	(2,0)	(7,2)
Hydro Quebec	Kan.	2,1	6,4
EdF Renardières	Franc.	2,2	6,0
NGK Nagoya	Jap.	1,65	6,0
Sumitomo	Jap.	1,65	6,0
AEP/OB/ASEA	USA/Šv.	2,25	4,0 (5,6)
Prijedlog prof. Prinza	Njem.	2,40	6,0

Interesantno je napomenuti da se u Njemačkoj pod vodstvom prof. Prinza pokrenula velika akcija da se izgradi centralni visokonaponski laboratorij, gdje bi se mogao ispitivati materijal do 1500 kV. Današnja opremljenost laboratorija dopušta ispitivanja materijala samo do 525 kV. Troškovi laboratorija bi iznosili oko 100 milijuna maraka.

Da su ovakva ispitivanja neobično skupa ne treba naravno posebno isticati. Zbog toga se i velika poduzeća moraju udruživati kako bi lakše snosila teške financijske terete istraživanja. Tako su se npr. ujedinile američke kompanije AEP (American Electric Power Corp.) i OB (Ohio Brass Corp.) sa švedskom tvrtkom ASEA.

AEP je elektroprivredno poduzeće koje će vršiti ispitivanja pokusnih linija, OB je vodeća tvrtka za izolatore, a ASEA će u novom laboratoriju u Ludovici ispitivati transformatore i aparate.

Studijski program je predviđen u 3 etape u vremenu oko 8 godina, a troškovi se cijene na 8 milijuna dolara.

U prvoj bi se etapi vršile fundamentalne studije izolacije, prenapona i efekta korone. Posebne će studije biti posvećene izolaciji transformatora, kako bi se mogli izgraditi ispitni transformatori za dalnje etape. Cilj istraživanja u prvoj etapi bilo bi utvrđivanje najvišeg mogućeg napona sistema gledajući s teoretskog i praktičnog stajališta. U drugoj bi se etapi nastavila i fundamentalna istraživanja, ali više u vezi s praktičkim konstrukcijama. Sagrađena će biti pokusna linija gdje će se studirati tipovi vodiča i stupova i ponašanje izolatora. U trećoj pak etapi studirat će se planiranje i konstrukcija sistema najvišeg napona i potpuno za praksu ispitati uređaji. AEP će moći projektirati i graditi najveće sisteme, a ASEA potrebnu opremu.

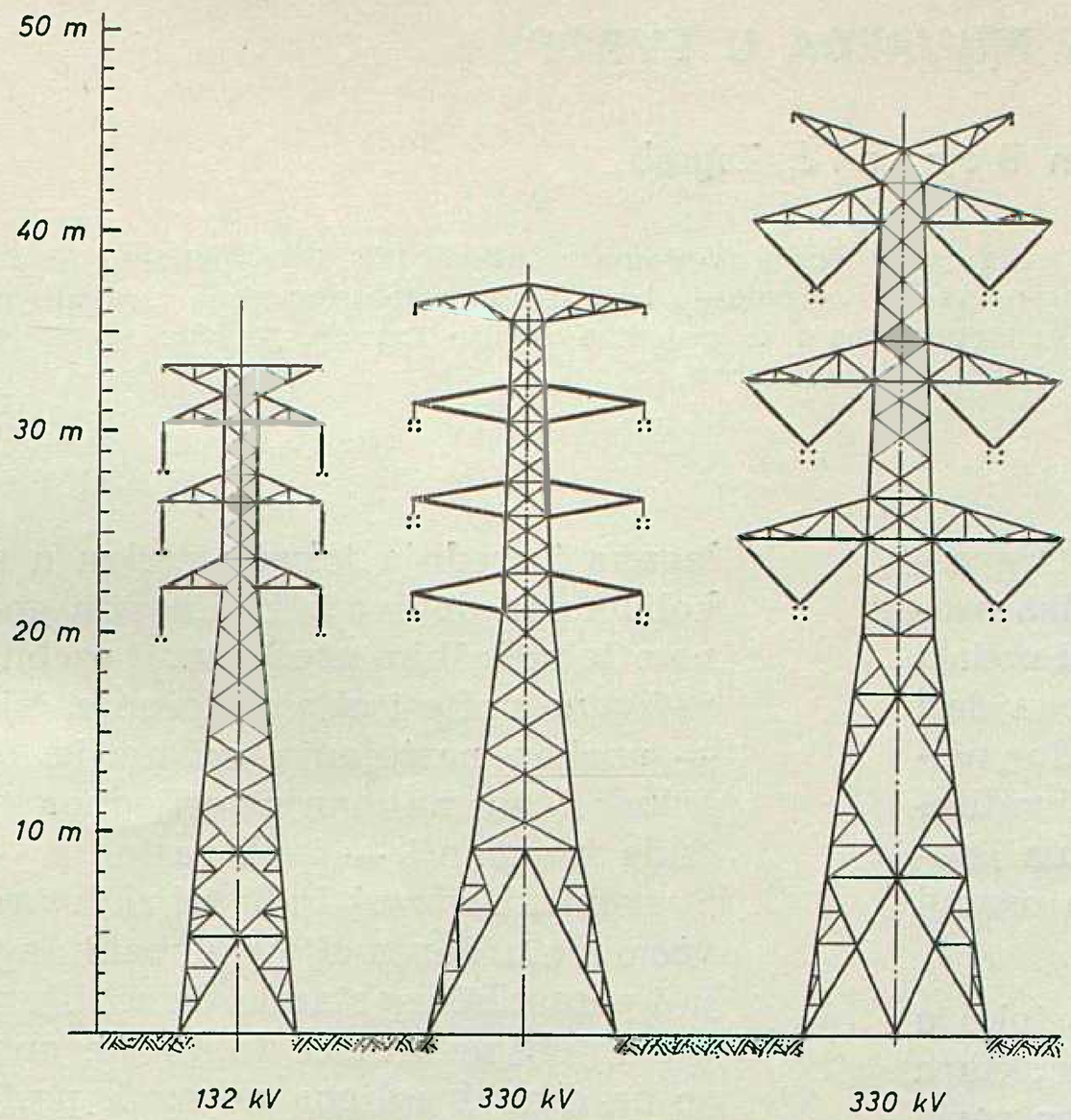
Prema podacima o izgrađenim laboratorijima može se zaključiti kolika se važnost posvećuje ispitivanjima u području najviših napona, jer potražnja za električnom energijom nigdje ne pokazuje zasićenje, pa će prijenosi velikih snaga biti neminovni.

1.7. Ovdje smo promotrili glavne elektrotehničke probleme, no, naravno, osim njih ima čitav niz konstruktivnih i montažnih problema koje treba riješiti prije početka izgradnje komercijalnih vodova. Nisu, npr. još dovoljno poznati mehanički problemi kod velikog broja (6 . . . 8) vodiča u snopu, kao ni pitanje njihove montaže.

U pogledu izgradnje linija najvišeg napona treba uz klasične, ispitati i nove konstrukcije.

Izolatorske konzole pružaju mogućnost da se znatno smanji konstrukcija stupa. Na sl. 5 su prikazana tri tipa stupa prema australskim studijama. Vidi se da stup s izolatorskim konzolama za 330 kV, nije bitno veći od klasičnog 132 kV. Smatra se da bi ovakav tip stupa za 1500 kV bio reda veličine klasičnog za 765 kV. U ispitivanjima treba posvetiti naročitu pažnju izolatorima koji su izloženi tlaku, jer je to najosjetljiviji dio konstrukcije (sl 9).

Da bi se smanjila težina, odnosno cijena voda istražuje se mogućnost upotrebe tzv. bidimenzionalnih stupova tj. stupova koji nisu dimenzionirani ni za kakve horizontalne sile u smjeru voda. Da se vod fiksira predlaže se da nakon svakih 5 bidimenzionalnih stupova u trasi dođe po jedan zatezni stup. Pokazalo se da se kod dugih izolatorskih lanaca, kod dodatnog opterećenja u samo jednom



Sl. 5 Dimenzije stupa s izolatorskim konzolama

rasponu ne pojavljuju veći provjesi nego kod klasičnih vodova, što govori svakako o upotrebljivosti takve konstrukcije.

Upotreba izolatorskih konzola na bidimenzionalnim stupovima traži još opsežna iskustva koja se mogu sakupiti samo na izgrađenim pokusnim vodovima.

Uvođenje naponskog nivoa oko 1000 kV sigurno nije daleko, premda još nije jasno koji će najviši napon biti izabran kao tehnički i ekonomski najpovoljniji.

1.8. U iznesenom prikazu govoreno je isključivo o problemima prijenosa nadzemnim vodovima, premda se i kabelskoj tehnici također posvećuje velika pažnja. Pogonski naponi kabela također su u porastu, iako se kabeli vrlo visokog napona mogu primjenjivati, zbog velikih struja nabijanja, samo na razmjerno malim razdaljinama.

Da se ipak omoguće prijenosi velikih snaga putem kabela trebalo je usmjeriti istraživanja na nova tehnička rješenja. Jedna od mogućnosti u okviru trofaznog prijenosa došao bi kabel punjen sumpornim heksafluoridom (SF_6). Npr. uz tlak od 14 at, kod 1000 kV između faza promjer kabela (cijevi) bio bi oko 75 cm. Vodiči bi bili nošeni na potpornim izolatorima keramičko silikonske mase. Prednost takvog kabela je u tome što ima manji kapacitet pa bi kompenzacioni uređaji bili dovoljni svakih 160 km.

Ulaz energije u velike gradove svakako će se u budućnosti u većini slučajeva morati rješavati podzemnim putem, no osim trofazne u obzir dolaze i druge prijenosne mogućnosti kao istosmjerni kabeli supravodljivi i visokofrekventni kabeli o kojima će biti govora u slijedećim poglavljima.

(Nastavak u slijedećem broju)

O prijenosima najvišim naponima pisano je u časopisu Energija još u slijedećim člancima:

Prijenos velikih snaga istosmjernim sistemom vrlo visokog napona God. 1961. br. 9—10, str. 315—320
Razvoj i perspektive mreža najviših napona God. 1963. br. 1—2, str. 22—30
Plan istosmjernog prijenosa u Kanadi God. 1964. br. 3—4, str. 128
Prijenos 735 kV u Kanadi God. 1964. br. 9—12, str. 301
Eksperimentalno-industrijski vod 750 kV Konakovo—Moskva God. 1964. br. 9—12, str. 303
Istosmjerni prijenos 900 kV u Kanadi God. 1966. br. 9—12, str. 387
Evolucija francuske mreže visokog napona God. 1967. br. 1—2, str. 54
Stanje prijenosa istosmjernom strujom danas u svijetu God. 1967. br. 3—4, str. 127
Novo u razvoju prijenosa električne energije najvišim naponima God. 1967. br. 3—4, str. 129
Projekt supravodljivog kabela za 750 MVA God. 1968. br. 3—4, str. 106
Istosmjerni prijenos na Aljasci God. 1969. br. 1—2, str. 37
Elektroprivreda UAR God. 1970. br. 1—2, str. 41
Naponski nivoi prijenosa mreže Italije do godine 2000. God. 1970. br. 1—2, str. 49
Velika elektrana Cabora-Bassa u Africi God. 1971. br. 3—4, str. 114

Naslov pisca: Boris Markovčić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

PLINSKA PRIVREDA U EVROPI

Vilim Boranić, Zagreb

Prikazane su svjetske rezerve prirodnog plina po glavnim regijama početkom 1970, i po regijama SSSR-a, kao i za sve članice EEZ. Detaljno je prikazan razvoj proizvodnje i potrošnje prirodnog plina i ostalih plinovitih goriva, za Zapadne i Istočne zemlje u cjelini, kao i za pojedine zemlje Evrope. Navode se tendencije razvoja i očekivanja situacije u bližoj i daljnjoj budućnosti.

DK 620.91 (4)

Na temelju podataka što ih je objavila Organizacija ujedinjenih naroda, izrađena je analiza proizvodnje plinova u Evropi. Naravno, da se ti podaci odnose na nekoliko godina unazad i ne mogu dati sliku sadašnje situacije, ali se ipak vidi prodor prirodnog plina i plinova na osnovi nafte kao kvalitetnih nosilaca energije na evropsko tržište, uz istovremenu stagnaciju i pad ponude plina na osnovi ugljena.

U Evropi kao cjelini — na zapanu i na istoku u posljednjim se godinama bitno mijenja struktura potrošnje primarnih nosilaca energije. Stopa rasta ukupne potrošnje energija bila je posljednjih godina u prosjeku 3,6 %, ali je stopa rasta potrošnje krutih nosilaca energije bila — 0,5 %, tekućih goriva tj. nafte 10,9 %, prirodnog plina 17,2 % a hidroenergije 6,9 %. Različite stope rasta su posljedice različitog rasta upotrebe pojedinih nosilaca primarne energije. Uslijed toga mijenjala su se i učešća pojedinih nosilaca energije, kako se to vidi iz tablice 1.

Ne ulazeći u veću analizu prethodnih podataka, vidi se u zapadnoj Evropi pad potrošnje krutih nosilaca primarne energije uz porast potrošnje tekućih nosilaca energije, a naročito prirodnog plina, tako da je u dvanaest godina učečće krutih goriva palo od 77,8 % na 41,9 %, tekućih goriva porasla od 18,5 % na 50,4 %, a prirodnog plina od 1,0 % na 3,7 %, dok je udio hidroenergije porastao od 2,7 % na 4,0 %.

Nešto je drugačija situacija u istočnoj Evropi, gdje potrošnja krutih nosilaca primarne energije gotovo stagnira, pa je učešće palo od 82,3 % na 55,9 %, ali je učešće tekućih goriva poraslo od 14,0 % na 24,7 %. Veliko je povećanje učešća prirodnog plina i to od 3,1 % na 18,4 %, dok je učešće hidroenergije poraslo od 0,6 % na 1,0 %.

Naravno, da se takvo kretanje u potrošnji primarnih nosilaca energije nastavilo i dalje, pa je npr. u 1969. godini struktura odgovarajuće potrošnje u državama članicama Evropske ekonomske zajednice bila 32,3 %, 52,6 %, 8,4 % i 6,7 %.[2]

Različiti su bili uzroci promjenama u volumenu potrošnje pojedinih nosilaca energije i prema tome i promjenama u strukturi, ali se mogu istaći bitni uzroci:

1. Razvoj motorizacije traži sve više laganih i srednjih tekućih goriva. To uvjetuje nagli porast proizvodnje derivata nafte, pa se uz lagana i srednja tekuća goriva u sve većim količinama dobivaju i plinovita goriva ovisno o tehnološkim procesima i osebinama prerađivane nafte i ulja za loženje, čije količine — uprkos nastojanja rafinerija da njegov prinos kao najmanje vrijednog proizvoda bude što manji — ipak raste.
2. Suvremeni razvoj industrijskih procesa, suvremena urbanizacija stambenih aglomeracija i porast ličnog standarda zahtijeva kvalitetne i jeftine nosioce toplinske energije, što se na osnovi ugljena ne može postići svuda.
3. Količine prirodnog plina, koje se nude na evropskom tržištu energije, iz godine u godinu rastu, pa prirodni plin postaje sve bitniji faktor u obskrbi Evrope nosiocima toplinske energije.

Posljedica je:

a) otkrivene su velike rezerve prirodnog plina i puštene u eksloataciju u Holandiji, a u manjem razmjeru u sjevernoj Njemačkoj i u području Sjevernog mora,
b) ogromne rezerve prirodnog plina otkrivene u zapadnom Sibiru i u Ukrajini intenzivno se privode eksploataciji, i ugovorima o gradnji odgovarajućih plinovoda i prodaji, sovjetski se prirodni plin u sve većim količinama nudi na tržištu energije u istočnoj i zapadnoj Evropi.
c) Uspješnom izgradnjom specijalnih tankera za prijevoz prirodnog plina u ukapljenom stanju i stavljanjem tih tankera u redovnu plovidbu omogućena je doprema prirodnog plina iz sjeverne Afrike (Alžir, Libija) do prihvatnih luka u zapadnoj Evropi (Vel. Britanija, Francuska, Italija i Španjolska).

Svjetske raspoložive rezerve prirodnog plina početkom 1970. godine iznosile su[3]

Zapadna Evropa	4000	mlrd kub. metara
Istočna Evropa i SSSR	10400	,,
Afrika	4800	,,
Srednji Istok	6500	,,
Daleki Istok	1600	,,
Sjeverna Amerika	9200	,,
Ostala Amerika	1600	,,
Ukupno svijet	38100	mlrd kub. metara

Prema nekim podacima[4] svjetske raspoložive rezerve prirodnog plina mogle bi iznositi 45000 mlrd kub. metara, a vjerojatne 240.000 mlrd kub metara.

Potrošnja primarnih nosilaca energije u Evropi[1]

mln tona uslovnog ugljena

Tablica 1

Godina	Kruta goriva		Tekuća goriva		Prirodni plin		Hidroenergija		Ukupno
	mln t	%	mln t	%	mln t	%	mln t	%	mln t
Zapadna Evropa									
1955	568	77,8	135	18,5	7	1,0	20	2,7	730
1967	459	41,9	552	50,4	41	3,7	44	4,0	1096
Indeks									
67/55	80,8	—	408,9	—	585,8	—	220,0	—	150,1
Istočna Evropa									
1956	698	82,3	119	14,0	26	3,1	5	0,6	848
1967	736	55,9	325	24,7	242	18,4	12	1,0	1315
Indeks									
67/56	105,4	—	273,1	—	923,1	—	240,0	—	155,1

Isti izvori daju za SSSR slijedeću situaciju (tablica 2)

Raspoložive rezerve prirodnog plina u SSSR-u[5]

mlrd kub. metara

Tablica 2

Područje SSSR	Stanje 1. I 1970.	%	Porast prema 1969.	Ocjena za 1980.
Evropski dio	2.630	22	+ 460	—
Sibir	7.620	63	+ 1.970	15.000—20.000
Centralna Azija	1.830	15	+ 200	—
Ukupno SSSR	12.080	100	+ 2.630	20.000—25.000

Kako se vidi, do 1968. godine se očekuje, da će se ukupne rezerve prirodnog plina u SSSR povećati na 20.000 do 25.000 mlrd kub. metara, a samo u Sibiru na 15.000 do 20.000 mlrd kub. metara.

Treba spomenuti, da se vjerojatne rezerve prirodnog plina u SSSR cijene na 60.000 mlrd kub, metara.

U tablici 3. prikazana je ostvarena proizvodnja prirodnog plina u 1969. godini, u SSSR i u ostalim državama istočne Evrope i očekivana proizvodnja u 1980. Isto je tako dana potrošnja u 1969. i očekivana u 1980. godini.

Proizvodnja i potrošnja prirodnog plina u SSSR-u i Istočnoj Evropi[6]

mlrd kub. metara

Tablica 3

	SSSR	Istočna Evropa	Ukupno
Proizvodnja — 1969. god.	185	30,5	215,5
1980. god.	550—600	50	600—650
Potrošnja — 1969. god.	157	25	182
1980. god.	630	100	730

Ovi su podaci interesantni, jer pokazuju, da bi s obzirom na nagli porast potrošnje prirodnog plina u SSSR-u, u slijedećih deset godina istočna Evropa imala u stvari manjak prirodnog plina, dok se iz SSSR predviđa, kako će biti kasnije izneseno, znatan izvoz prirodnog plina u zapadnu Evropu.

Već ovom prilikom treba istaći da se statistički podaci iz pojedinih izvora ne slažu i u većoj ili manjoj mjeri odstupaju. Kako nije zadatak članka da pruži točne i provjerene podatke, nego da samo prikaže situaciju plina u Evropi, to se nisu ni provjeravali statistički podaci iz pojedinih izvora, pogotovo oni koji nisu imali službeni karakter.

Za zemlje — članice Evropske ekonomske zajednice, a one su glavni proizvođači i potrošači prirodnog plina u zapadnoj Evropi, situacija za 1970. godinu bila je ovakva (tabilca 4).

Situacija prirodnog plina u EEZ u 1970. godini[7]

mlrd kub. metara

Tablica 4

Država	Rezerve	Proizvodnja	Potrošnja
Belgija	—	—	3,6
Francuska	215	6,9	10,8
Holandija	1.983	28,1	18,1
Italija	255	11,7	13,7
SR Njemačka	240	9,4	12,4
Ukupno EEZ	2.693	56,1	58,6

Kako se vidi, potrošnja prirodnog plina u državama — članicama Evropske ekonomske zajednice prelazi mogućnosti proizvodnje, pa se plin uvozi.

U tablici 5 prikazana je situacija prirodnog plina u nekim državama Evrope za 1968. godinu. U tablici je dana ukupna proizvodnja uvoz, izvoz, vlastita potrošnja, gubitak u transportu i količine prirodnog plina, koje su upotrebljene za miješanje s drugim manje kaloričnim plinovima. Situacija je dana u teraklorijama, tj. 10^9 kcal.

Kako se iz tablice vidi, u Zapadnoj Evropi su glavni proizvođači prirodnog plina Francuska, Holandija, Italija i SR Njemačka, a u istočnoj Evropi osim SSSR-a još i Rumunjska, dok ostale države nisu značajniji proizvođači. Izvoznici prirodnog plina su Holandija i SSSR i u manjoj mjeri Rumunjska. Čehoslovačka kao izvoznik nije od veće važnosti. Najveći uvoznici prirodnog plina u zapadnoj Evropi su Francuska i SR Njemačka, i donekle Vel. Britanija i Italija, a u istočnoj Evropi najveći SSSR, i to iz Afganistana, i u posljednje vrijeme iz Irana, zatim Poljska i Čehoslovačka, a u manjoj mjeri Čehoslovačka i Mađarska.

Situacija prirodnog plina u nekim državama Evrope u 1968. godini[8]

10^9 kcal

Tablica 5

	Ukupna proizvodnja	Uvoz	Izvoz	Korišteno s drugim plinovima	Vlastita potrošnja	Gubitak u transportu	Raspoloživo u zemlji
Austrija	15797	2403	—	3918	908	306	13068
Čehoslovačka	8778	4690	476	2912	—	735	9345
Francuska	52280	16614	—	30165	407	30	38292
Holandija	119036	—	36554	—	3426	646	78410
Italija	85797	2818	—	—	—	—	88615
Jugoslavija	5665	—	—	624	550	30	4461
Mađarska	20592	1592	—	1228	912	216	19828
Poljska	21908	8567	—	1043	153	551	28718
Rumunjska	205305	—	1685	—	3000	—	200620
SR Njemačka	59088	13051	—	6641	1656	1594	62248
SSSR	1789222	16464	18967	12264	51944	41236	1681275
Velika Britanija	20437	9979	—	—	—	—	30416

Proizvodnja plinova u 1968. godini[9]

10^9 kcal

Tablica 6

	Prirodni plin	Gradski plin	Kokerijski plin	Visokopećni plin	Rafinerijski plinovi	Ukapljeni plinovi	Ukupno
Austrija	15797	490	3119	4482	—	1066	24954
Belgija	550	—	13913	18267	1913	3591	38234
Danska	1	1089	—	—	730	1230	3050
Finska	—	248	—	—	—	547	795
Francuska	52280	2134	24173	39665	37177	26670	182099
Grčka	—	50	—	380	—	774	1204
Holandija	119036	28	5416	4625	2206	6340	137651
Irska	—	776	—	—	—	408	1184
Italija	85797	2151	11233	10641	25524	21824	157170
Luksemburg	—	—	—	13112	—	—	13112
Norveška	—	126	730	525	719	305	2405
Portugal	—	422	—	554	229	451	1656
SR Njemačka	59088	10439	74255	58295	47549	23121	272747
Španjolska	23	2553	6479	7691	7227	8070	32043
Švedska	—	1265	825	3500	—	680	6270
Švicarska	—	1466	—	—	—	54	1520
Velika Britanija	20437	70938	34776	31248	28149	12147	197695
— *Zapadna Evropa*	353009	94175	174919	192985	151423	107278	1073789
%	32,8	8,8	13,3	18,0	14,1	10,0	100,0
Albanija	...	...	...	...	...	...	...
Bugarska	4200	—	1500	2400	...	37	8137
Čehoslovačka	8778	3766	15974	14994	—	903	44415
DR Njemačka	612	10660	3731	11300	10804	1745	38852
Jugoslavija	5665	1595	2134	3343	1030	760	14527
Mađarska	20592	922	1269	4427	—	1389	28599
Poljska	21908	3165	23722	18543	—	1001	68339
Rumunjska	205305	—	2280	6500	7500	1750	223335
SSSR	1789222	6574	129576	164723	77936	50500	2218531
— *Istočna Evropa*	2056282	26682	180186	226230	97270	58085	2644735
%	77,8	1,0	6,8	8,0	3,7	2,1	1000

Proizvodnja prirodnog plina obuhvaća i količine, što su upotrebljene za konvertiranje u gradski plin.

Neke države troše osim prirodnog plina, ukoliko ga imaju vlastitog ili iz uvoza, i druge plinove ovisno o mogućnostima njihove proizvodnje.

U tablici 6 je iskazana proizvodnja svih plinovitih ugljikovodika nosilaca toplinske energije, bilo da su dobiveni kao primarni bilo kao sekundarni nosioci energije.

Osim podataka o proizvodnji prirodnog plina, dani su podaci i za ove plinove:

— gradski plin dobiven na bazi prerade ugljena ili tekućih goriva, ali bez primjesa kokerijskog ili plina plina iz visokih peći, prirodnog plina, ukapljenog plina i sl.

— Kokerijski plin dobiven kod proizvodnje koksa

— plin iz visokih peći dobiven u željezarama

— rafinerijski plin dobiven pri sekundarnim procesima prerade nafte, a u stvari su mješavina C_1 C_2 — ugljikovodika i vodika u različitim omjerima, ovisno o tehnološkom procesu

— ukapljeni plinovi tj. C_3 i C_4 — ugljikovodici dobiveni degazolinažama na naftnim ili plinskim poljima i u rafinerijama procesima sekundarne prerade.

Ne ulazeći u analizu strukture proizvodnje plinova u pojedinim državama zapadne i istočne Evro-

pe, već ih uzevši kao cjelinu, vidi se iz tablice, da je u istočnoj Evropi u 1968. godini bilo proizvedeno i potrošeno oko dva i po puta više plinova nego u zapadnoj Evropi, tj. oko $2{,}6 \cdot 10^{15}$ kcal prema $1{,}1 \cdot 10^{15}$ kcal, ali je bila drugačija struktura. U istočnoj Evropi težište proizvodnje plinovitih goriva je na prirodnom plinu — 77,8 % od ukupne proizvodnje, a u zapadnoj Evropi samo 32,8 % — ili $2{,}0 \cdot 10^{15}$ kcal prema $0{,}35 \cdot 10^{15}$ kcal. U zapadnoj Evropi bilo je proizvedeno više rafinerijskih i ukapljenih plinova. Naime, ukupno je proizvedeno tih plinova oko $260 \cdot 10^{12}$ kcal ili 24,1 % prema $155 \cdot 10^{12}$ kcal ili 5,8 % u istočnoj Evropi. Ako kao treću grupu uzmemo sve ostale plinove zajedno i to gradski, kokerijski i visokopećni plin, tada je tih plinova u zapadnoj Evropi proizvedeno gotovo isto kao i u istočnoj Evropi, tj. $462 \cdot 10^{12}$ kcal prema $433 \cdot 10^{12}$ kcal, ali prema učešću 43,1 % odnosno 15,8 %.

Uzroci takve proizvodnje i strukture su raznoliki, a kao najbitniji mogli bi se navesti:

— mogućnost proizvodnje velikih količina prirodnog plina u SSSR-u, gdje je usko grlo mreže magistralnih plinova, što nije slučaj u zapadnoj Evropi, gdje su mogućnosti proizvodnje prema onima u SSSR-u znatno manje, a povećane se potrebe mogu pokrivati samo uvozom i iz SSSR-a ili Afrike.

— rafinerijski kapaciteti i struktura tehnoloških procesa u zapadnoj Evropi omogućuju proizvodnju daleko većih količina rafinerijskih i ukapljenih plionva nego u istočnoj Evropi,

— proizvodnja kokerijskog plina je gotovo ista u zapadnoj i u istočnoj Evropi, ali je proizvodnja visokopećnog plina u istočnoj Evropi bila za oko 15 % veća ($226 \cdot 10^{12}$ kcal prema $193 \cdot 10^{12}$ kcal),

— proizvodnja gradskog plina je u zapadnoj Evropi daleko veća nego u istočnoj — $94 \cdot 10^{12}$ kcal prema $27 \cdot 10^{12}$ kcal, što je posljedica šire i već tradicionalne plinofikacije naselja gradskim plinom.

U prethodnoj tablici prikazana je proizvodnja pojedinih plinova u nekim državama Evrope, svedeno na terakalorije. Međutim, ti plinovi imaju u nekim državama različite kalorične vrijednosti, što se vidi iz tablice 7.

Struktura potrošnje plinova je u nekim državama različita, a ovisi o količinama plinova, što se nude potrošačima, kao i razvijenosti i tehničkom nivou potrošača. U tablici 8 prikazana je struktura potrošnje plinova u nekim državama Evrope prema vrstama plinova i prema glavnim potrošačima.

Prešlo bi okvir ovog članka kad bi se analizirala situacija potrošnje za svaku od ovih država u 1960. i u 1968. godini, i uzroci promjena. Međutim, može se konstatirati da je potrošnja prirodnog plina znatno brže rasla nego potrošnja ostalih plinova (osim malih izuzetaka), a da je potrošnja plinova na osnovi ugljena opadala i stagnirala, osim u Italiji, gdje izuzetno pokazuje porast od 45,2 %.

Interesantno je promatrati porast potrošnje prirodnog plina u nabrojenim sektorima potrošnje prema stagnacniji, odosno oscilacijama potrošnje plina na osnovi ugljena. U tom je pogledu naročito interesantan porast potrošnje prirodnog plina za pogon termoelektrana i u crnoj metalurgiji, u domaćinstvu, pa i u industriji građevinskog materijala, dakle u sektorima potrošnje, gdje prirodni plin zahvaljujući svojoj kvaliteti kao visokokalorično gorivo, supstituira druga manje kalorična goriva.

Kalorične vrijednosti plinovitih goriva[10]

kcal/m³

Tablica 7

	Prirodni plin	Gradski plin	Kokerijski plin	Visokopećni plin	Rafinerijski plinovi	Ukaplieni plinovi
Austrija	8730	4080	4400	840	11350*	10990*
Belgija	7600	3780	3780	887	11300*	10950*
Bugarska	8200	—	...	...	...	...
Čehoslovačka	9150	3850	4150	900	—	24000
Danska	—	...	—	—	...	...
DR Njemačka	5700	...	...	1000	...	...
Finska	—	3967	—	—	—	10120*
Francuska	8200	4100	4100	872	...	...
Grčka	—	3800	—	700	—	26800
Holandija**	8448	2807	4755	859	6981	25258
Irska	—	2520	—	—	—	11500*
Italija	8650	4250	4250	900	12000*	11000*
Jugoslavija	8730	3840	3970	937	8640*	10895*
Luksemburg	—	4250	—	...	—	...
Madžarska	8321	3616	4314	946	—	28000
Norveška	—	4300	4600	2100	10500	26450
Poljska	9100	4100	4600	1000	...	22000
Portugal	—	3800	—	911	17298	23610
Rumunjska**	9520	—	4200	980	11800*	28500
SR Njemačka	7700	4000	4000	1000	11200*	11200*
SSSR**	10970	3840	4400	1000	11050*	12000*
Španjolska	9000	4113	4451	907	11701*	11900*
Švedska	—	4200	4200	...	...	11900*
Švicarska	—	3800	—	—	—	5800
Velika Britanija	8900	4735	4831	900	9546*	30477

* kcal/kg

Podatak treba uzeti s izvjesnim oprezom, jer izgleda da su neke zemlje dale gornju, a neke donju kaloričnu vrijednost. (**)

Struktura potrošnje plinova[11]

10^3 kcal

Tablica 8

	Prirodni plin			Gradski, kokerijski i visokopećni plin			Rafinerijski plin			Ukapljeni plinovi			Ukupno		
	1960.	1968.	Indeks 68/60.	1960.	1968.	Indeks 68/60.	1960.	1968.	Indeks 68/60.	1960.	1968.	Indiks 68/60.	1960.	1968.	Indeks 68/60.
Francuska															
Ukupno	26827	38292	142,7	84576	66574	78,7	11486	37177	323,7	11129	23539	211,5	134018	165582	123,6
od toga:															
— termoelektrane	95526	11368	119,3	15805	11195	70,8	—	...	—	—	...	—	25331	...	—
— crna metalurgija i metalna ind.	1626	3166	194,7	17788	17830	100,1	—	...	—	308	...	—	19715	...	—
— građevinski materijal, keramika, staklo	1619	4711	292,8	844	1467	166,7	—	...	—	183	...	—	2636	...	—
— domaćinstvo	641	8737	1363,0	10112	23629	233,7	—	...	—	8532	...	—	19285	...	—
— kao kem. sirovina	—	...	—	—	...	—	—	...	—	—	...	—	—	...	—
Italija															
Ukupno	58668	88615	151,0	16550	24025	145,2	6097	26880	440,9	8196	16456	200,8	89511	155976	174,2
Od toga:															
— termoelektrane	4732	13891	293,5	1624	5487	337,9	—	1032	—	—	—	—	6356	20410	321,1
— crna metalurgija i metalna industrija	10437	13730	131,5	3313	3383	102,1	—	—	—	480	561	116,8	14230	17674	124,2
— građevinski materijal, staklo i keramika	6179	11418	184,8	153	—	—	—	—	—	324	880	271,6	6656	12298	184,8
— domaćinstva	5205	14760	283,6	4193	5074	121,0	—	—	—	6120	10461	173,9	15518	30295	195,2
— kao kem. sirovina	15925	16015	100,6	91	1534	168,5	—	120	—	840	—	—	16856	17669	104,8
SR Njemačka															
Ukupno	8191	62248	759,9	187384	120441	64,3	11769	36856	313,1	6665	13674	205,2	215009	233219	108,5
Od toga:															
— termoelektrane	416	12292	2954,8	5309	12027	226,5	—	1487	—	—	—	—	5814	25806	443,8
— crna metalurgija i metalna industrija	1191	23714	1991,1	56244	62758	111,6	—	—	—	—	752	—	57435	87224	151,8
— građevinski materijal, staklo i keramika	—	2479	—	3950	3841	97,2	—	—	—	—	499	—	3950	6819	172,6
— domaćinstva	—	3135	—	11395	20487	179,8	—	—	—	1385	3741	270,1	12780	27363	214,1
— kao kem. sirovina	2081	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2081	—	—
SSSR															
Ukupno	433550	1681275	387,8	246816	245048	99,3	781	7039	901,2	5509	49756	903,2	686656	1983118	288,8
Od toga:															
— termoelektrane	117667	476263	404,8	41577	5891	14,2	—	...	—	—	...	—	159244	...	—
— crna metalurgija i metalna industrija	81202	453788	558.8	103450	224816	217,3	—	...	—	—	...	—	184652	...	—
— građevinski materijal, staklo i keramika	43117	191401	443,9	333	907	272,3	—	...	—	—	...	—	43450	...	—
— domaćinstva	54740	66437	121,4	5453	414	7,6	781	...	—	1488	16572	1113,7	62426	...	—
— kao kem. sirovina	...	...	—	...	...	...	...	...	...	...	30736	—	...	...	—
Velika Britanija															
Ukupno	731	30416	4160,9	141926	136962	96,5	25049	28149	122,2	1915	14239	743,3	169621	209766	123,7
Od toga:															
— termoelektrane	—	227	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	227	—
— crna metalurgija i metalna industrija	—	1059	—	51005	40900	80,2	—	—	—	—	—	—	51005	41959	82,3
— građevinski materijal, staklo i keramika	—	50	—	2823	2747	97,3	—	—	—	—	—	—	2323	2747	97,3
— domaćinstva	—	705	—	47098	69326	147,2	—	—	—	731	808	110,5	2823	70839	148,1
— kao kem. sirovina	—	—	—	—	—	—	2722	1285	47,2	50	101	202,0	2772	1386	50,0

Osim toga, novi suvremeni industrijski procesi zahtijevaju gorivo visoke kvalitete, čemu može odgovoriti samo prirodni plin.

Interesantno je razmotriti situaciju u dvije države s jakom crnom metalurgijom i dobrim mogućnostima proizvodnje plinova na temelju ugljena — SR Njemačku i SSSR, koje se u pogledu proizvodnje prirodnog plina znatno razlikuju. U SR Njemačkoj je potrošnja plinova na osnovi ugljena u crnoj metalurgiji u razdoblju od 1960. do 1968. slabo porasla, tj. od $56 \cdot 10^{15}$ kcal na $63 \cdot 10^{15}$ kcal, dok je potrošnja prirodnog plina, također u crnoj metalurgiji, porasla od gotovo neznatnih količina $1{,}2 \cdot 10^{15}$ kcal, na gotovo $24 \cdot 10^{15}$ kcal ili za dvije tisuće puta. U SSSR-u je potrošnja plinova na osnovi ugljena u crnoj metalurgiji u spomenutom rizdoblju porasla za preko dva puta, tj. od oko $103 \cdot 10^{15}$ kcal na $225 \cdot 10^{15}$ kcal, a potrošnja prirodnog plina također u crnoj metalurgiji od oko $80 \cdot 10^{15}$ kcal na nešto preko $450 \cdot 10^{15}$ kcal, ili za preko pet puta.

Razlozi različitim stopama rasta su u različitom razvoju tehnoloških procesa u crnoj metalurgiji.

Prirodni plin ulazi u mnogim oblastima potrošnje u direktnu konkurenciju s drugim nosiocima toplinske energije, pa odluka o izboru ovisi o tehničkim momentima, prilagodljivosti i o cijeni pojedinih goriva.

Situacija u pogledu mogućnosti alternativnog korištenja pojedinih nosilaca toplinske energije je za pojedine sektore potrošnje ova:[12]

Primjena	*Alternativni nosilac toplinske energije*
Domaćinstva	
Zagrijavanje prostorija	ugljen, srednji destilati, plinovi, elektr. energija
centralna grijanja	ugljen, srednji destilati, plinovi
Grijanja u stambenim blokovima	ugljen, srednji destilati, plinovi, ulje za loženje
Kuhanje i priprema tople vode	plinovi, elektr. energija, ugljen
Javne zgrade, obrt i trgovina	
Centralna grijanja	srednji destilati, ulje za loženje, ukapljeni plinovi, ugljen
Grijanje u tehnološkim procesima	srednji destilati, plinovi, električna energija
Industrija	
Proizvodnja pare	ugljen, ulje za loženje, plinovi
Sirovine za petrokemijsku industriju	Plinovi, srednji destilati, ulje za loženje
Transformacija energije	
Proizvodnja elek. energije i toplane	Ugljen, ulje za loženje, plinovi, nuklearna energija

Supstituciju nosilaca toplinske energije prirodnim plinom ili njegovo uvođenje u novu potrošnju treba promatrati s više aspekata kao što su:

— mogućnosti vlastite proizvodnje prirodnog plina ili sigurnost njegovog uvoza

— forsiranje potrošnje prirodnog plina u koncentriranim industrijama i potrošačkim centrima.

U dosadašnjim izlaganjima bilo je istaknuto, da će zemlje istočne Evrope dobivati prirodni plin iz SSSR-a (Ukrajina i Sibir), dok će ga zapadna Evropa uvoziti plinovodima iz SSSR-a, a specijalnim tenkovima u ukapljenom stanju iz Alžira i Libije.

Prema do sada zaključnim ugovorima predviđen je uvoz ovih količina prirodnog plina (Tablica 9):

Uvoz prirodnog plina u zemljama zapadne Evrope[13]

Tablica 9

Zemlja		Trajanje isporuke	Početak isporuke	Količina mlrd m³/god.
Uvoznik	Izvoznik			
Austrija	ČSSR	10 godina	1965	0,15
	SSSR	23 godine	1968.	1,5
Francuska	Alžir	15 godina	1965.	0,5
	Alžir	15 godina	1971—1972.	3,5
Italija	Libija	20 godina	1970.	2,4—3,0
	SSSR	20 godina	1973.	6,0
SR Njemačka	SSSR	20 godina	1973.	3,0
Španjolska	Libija	15 godina	1970.	1,1
Vel. Britanija	Alžir	15 godina	1969.	1,0

Kao što se vidi, već za nekoliko godina će zapadna Evropa godišnje samo izvoziti oko 19 mlrd kub. metara prirodnog plina. S obzirom na očekivanu vlastitu proizvodnju te daljnje postepeno povećanje količine iz uvoza, računa se da bi zapadna Evropa već u 1975. godini mogla raspolagati godišnje sa 195 mlrd kub. metara prirodnog plina, a od 1980. godine taj bi se volumen mogao povećati na više od 230 mlrd kub. metara godišnje.

U tablici 3 je iskazano da bi potrošnja prirodnog plina u istočnoj Evropi mogla u 1980. godina iznositi oko 730 mlrd kub. metara, tako da bi Evropa kao cjelina mogla u 1980. godina trošiti oko 96 mlrd kub. metara.

Dinamika proizvodnje, prema tome i ponude ostalih plinova, zavisi o mnogim sada još nedovoljno poznatim faktorima, ali u svakom slučaju će zaostajati za dinamikom porasta potražnje prirodnog plina. Sličan će slučaj biti i s drugim primarnim nosiocima energije (ugljen, nafta i hidroenergija) tako da će prirodni plin postati sve važniji izvor energije u Evropi.

Literatura

1. — World Energy Supplies 1963—1966. Statistical Papers, Series J. No 11. United Nations, New York, 1968.
   — World Energy Supplies 1964—1967. Statistical Papers, Series J No 12. United Nations, New York, 1969.
2. Petroleum Press Service, I 1970.
3. Oel, V 1970.
4. Erdöl-Erdgas-Zeitschrift, XII 1970.
5. Item.
6. Petroleum Press Service, I 1970.
7. Petroleum Press Service, III 1970.
8. Annual Bulletin of Gas Statistics for Europe, 1968. United Nations, New York 1969.
9. Item
10. Item
11. Item i Suplimentary Bulletin of Gas Statistics for Europe, 1960—1965. Vol. II 1968. United Nation, New York, 1968.
12. Wirtschaftliche Aspekte der Erdgas-nutzung in der Bundesrepublik Deutschland; N. C. Runge. Oel, XII 1970.
13. Petroleum Press Service, I 1970.

Naslov pisca: Vilim Boranić, dipl. ing.
Institut INE, Zagreb.

OSNOVE REGIONALNE DRUŠTVENO-EKONOMSKE OPTIMALIZACIJE KORIŠTENJA ENERGIJE

Ivo Jamnicki, Zagreb

Prikazana je metodologija kojom se utvrđuje 1) društveno ekonomski optimalni razvoj energetike određene geografske regije, i 2) mjere potrebne da se taj razvoj usmjeri prema utvrđenom optimumu. Navode se osnove od kojih se polazi pri utvrđivanju optimuma kao i faktori o kojima on ovisi. Iznose se i glavne ekonometrijske, matematske formulacije za kvantitativne račune utvrđivanja optimuma energetske strukture u korištenju i dobavi, i za analizu boniteta mjere kojima se usmjeruje energetski razvoj.

DK 620.9 : 330.112.1

1) Uvod

Energija je pored zraka, vode, hrane, stana i odijela jedna od osnovnih materijalnih potreba čovjeka. Više od jedne sedmine cjelokupne svoje djelatnosti troši danas čovječanstvo na opskrbu potrebnom energijom. Društveno-ekonomično korištenje energije, koje usmjeruje i cijeli razvoj energetike ima stoga veliki značaj za cjelokupni društveni razvoj, pojedinih regija i svijeta u cjelini.

Suvremena znanstveno-tehnička revolucija zahvatila je i područje energetike. Zbog brzih promjena tehnologije, što ih donosi ta revolucija, danas je vrlo teško utvrditi koji je razvoj energetike najpovoljniji. Tehnološke promjene su brže negoli što je vijek trajanja energetskih uređaja i vijek radne sposobnosti čovjeka. Zbog teškoća, a često i nemogućnosti, da se uvijek uspješno provedu potrebne prekvalifikacije, uobičajena metodologija utvrđivanja optimalnosti na osnovi kriterija najmanjih troškova ne daje uvijek i općedruštveni optimum. Ona također ne može utvrditi bonitet društvenih mjera koje će energetski razvoj usmjeriti k društvenom optimumu. Stoga problemu utvrđivanja najpovoljnijeg energetskog razvoja treba pristupiti uzimajući u obzir njegov utjecaj na cjelokupni društveni razvoj.

U ovom se prikazu pokušalo metodološki što točnije utvrditi: 1) društveno-ekonomsko-optimalno korištenje energije i time određeni razvoj energetike određene geografske regije, i 2) mjere potrebne da se energetski razvoj te regije usmjeri prema utvrđenom optimumu. Iznesena metodologija pretstavlja s društveno-ekonomskog stajališta sasvim novu koncepciju, a unosi i neke tehničko-energetske inovacije. Glavna joj je odlika postavljanje čvrstog, jedinstvenog cilja društvenog razvoja i unošenje humanih i etičkih elemenata u ekonomiku.

Pod nazivom »društveni razvoj« treba se u ovim izlaganjima shvatiti cjelokupni razvoj ljudske zajednice promatrane regije, koji obuhvaća demografski, upravno organizacioni, socijalni, etički, privredni, zdravstveni, kulturni, obrazovni, znanstveni i ostali razvoj ljudskih djelatnosti, te razvoj životnog standarda i međuljudskih odnosa stanovnika te regije. »Društveno-ekonomski razvoj« je ekonomski aspekt toga razvoja, a »društveno ekonomska optimalizacija« utvrđivanje onog ekonomskog razvoja koji najbolje pridonosi optimalizaciji cjelokupnog društvenog razvoja.

Predložena metodologija polazi sa stajališta da se dugoročni razvoj energetike ne smije promatrati izolirano, već uvijek u sklopu cjelokupnog društveno-ekonomskog razvoja zemlje. Postavljeno je načelo da je za promatranu regiju najbolji onaj energetski razvoj, koji najviše pridonosi njezinom općem društvenom razvoju, i da mora postojati čvrsti cilj kojega je ostvarenje osnovno mjerilo (kriterij) za utvrđivanje najpovoljnijeg razvoja i za pravilnost mjera što se poduzimaju za usmjeravanje razvoja k utvrđenom optimumu.

Razrada predmetne metodologije zasniva se, u skladu s prethodno spomenutim, na primjeni utjecaja većeg broja općih društveno-ekonomskih načelnih postavki. Najznačajnija je postavka da energetski razvoj mora u najvećoj mjeri pridonositi trajnom brzom rastu pojedinačnog i društvenog blagostanja i visokom stupnju zadovoljstva što većeg broja članova društvene zajednice kao značajnih faktora postizavanja jedinstvenog, općeg i konačnog društvenog cilja, odabranog po autoru ove metodologije sa »Unutrašnja sreća što većeg broja ljudi«.

Na postizavanje općeg jedinstvenog cilja djeluje, međutim, pored društveno-ekonomskih još i čitav niz drugih faktora, koji s razvojem energetike, a čak i sa blagostanjem, često nemaju značajnije međuzavisnosti. Zbog toga u ovoj studiji za osnovu optimalnosti nije odobran navedeni jedinstveni opći cilj, tj. unutrašnja sreća čovjeka, već društveno ekonomski cilj: »Trajni brzi rast blagostanja i visoki stupanj zadovoljstva što većeg broja članova društvene zajednice«.

Polazeći od postavljenog društveno-ekonomskog cilja, za kriterij optimalnosti razvoja energetike je odabrana »brzina rasta i način raspodjele narodnog dohotka«, umjesto uobičajenog kriterija »minimalnih troškova«. Osnova masovnog blagostanja i zadovoljstva ljudi očito nisu mali troškovi, već — u prvom redu — veliko stvaranje i, s humanog stajališta dobra raspodjela stvorenog. Najvažnije mjerilo opsega materijalnog stvaranja je visina narodnog dohotka, dok se raspodjela stvorenog očituje — u svom materijalnom dijelu — u raspodjeli narodnog dohotka.

Mali troškovi proizvodnje su najvažniji uvjet i najznačajniji faktor brzog rasta opsega stvaranja, pa ih se u računima optimalizacije mora uzeti u

obzir, no pri tom se nesmiju zanemariti ostali faktori koji utječu na brzinu rasta stvaranja, odnosno rasta narodnog dohotka.

Metodologija za utvrđivanje optimalnog razvoja energetike prikazana u ovom izlaganju razlikuje se od svih dosadašnjih metodologija za optimalizaciju razvoja energetike i ostalih pojedinih privrednih sektora. Te su razlike velike i značajnije u društveno-ekonomskom pogledu. Manje razlike pojavljuju se i u tehničko-energetskoj obradi, jer se unosi nekoliko noviteta koji dozvoljavaju preciznije energetske prikaze, račune i bilanciranje.

Nasuprot velikih razlika između predmetne metodologije i ostalih energetskih kompleksnih i granskih metodologija optimalizacije, ona se uglavnom vrlo dobro podudara s nekim novijim stavovima i razradama iz područja kompleksne privredno-društvene ekonomike u cjelini.

Poticaj za razradu metodologije optimalizacije po kriteriju rasta i raspodjele narodnog dohotka promatrane regije, dale su teškoće jamskih ugljenokopa koji zbog općeg rasta raskoraka između sve većih troškova jamske eksploatacije ugljena i njegove sve manje energetske upotrebne vrijednosti moraju obustavljati rad. Metodologijom koja se temelji na optimalizaciji po uobičajenom kriteriju minimalnih troškova uz tekuće tržne cijene, ne može se društveno-ekonomski pravilno utvrditi optimalna brzina obustave jamske eksploatacije energetskog ugljena i njegove substitucije drugim energetskim nosiocima.

Predložena metodologija predstavlja prvi pokušaj kompleksnog ekonometričkog uključivanja energetike u cjelokupni društveno-ekonomski razvoj geografskih regija. Ta metodologija još nije dorađena i ima još mnogo nedostataka. Međutim je sigurno da se brojne sadašnje i buduće dileme vođenja i usmjeravanja razvoja regionalne energetike mogu po ovoj metodologiji rješavati društveno pravilnije negoli uz pomoć dosadašnjih metodologija.

Veličina regije za koju se, po prikazanoj metodologiji, utvrđuje i usmjeruje optimalni razvoj, može varirati u vrlo širokim granicama: od komuna sa stotinjak tisuća stanovnika, do velikih država i ekonomskih zajednica sa nekoliko stotina milijuna stanovnika. Može se upotrijebiti u privredno razvijenim i u privredno nerazvijenim regijama.

Prikazana metodologija može se upotrijebiti i za analize i utvrđivanje društveno-optimalnog razvoja pojedinih energetskih djelatnosti (grane energetske privrede), utvrđivanje društveno-optimalnih cijena nosilaca energije, određivanje optimalnih carina i poreza na promet, te boniteta izgradnje energetskih objekata i postrojenja.

Osim za razvoj energetike prikazana metodologija može se — uz male preinake — koristiti i za društvenu optimalizaciju razvoja bilo kojeg privrednog sektora, kao i za analize i optimalizaciju kompleksnog društvenog razvoja raznih regija.

Rezultati utvrđivanja optimalnog razvoja po predmetnoj metodologiji predstavljat će razvoj koji bi, uz učinjene osnovne pretpostavke, za promatranu regiju bio društveno ekonomski najpovoljniji, tj. razvoj kojemu treba težiti, a ne onaj razvoj koji se očekuje. Ona dakle ne daje sagledavanje (projekciju) budućeg razvoja, već osnove za donošenje mjera kojima bi se energetski razvoj usmjerio prema razvoju koji bi za promatranu regiju bio društveno i ekonomski najpovoljniji.

Na kraju uvodnih izlaganja treba naglasiti da u postavljenom dvojnom cilju društveno-ekonomskog razvoja autor ovog prikaza visoki stupanj zadovoljstva što većeg broja članova društva smatra značajnijim od brzog rasta materijalnog blagostanja. U skladu s tim u kriteriju boniteta društveno ekonomskog razvoja, što se osniva na »brzom rastu i pravilnoj raspodjeli narodnog dohotka«, pravilna bi raspodjela bila značajnija od brzog rasta.

2) Osnovna načela optimalizacije energetskog razvoja

U ovoj metodologiji optimalizacije energetskog razvoja polazi se od slijedećih osnovnih načela:

1) Cilj optimalizacije razvoja svake ljudske djelatnosti, bilo koje regije, treba biti što veći doprinos općem društvenom razvoju promatrane regije, a ne postizavanje optimuma za djelatnost koja se promatra. Traženje optimuma pojedinih djelatnosti svodi se time na utvrđivanje utjecaja razvoja promatrane djelatnosti na opći društveni razvoj i na traženje onog razvoja koji će dati najbolji opći društveni razvoj.
   U skladu s tim načelom ne smije se energetski razvoj promatrati izolirano, već u sklopu cjelokupnog društvenog razvoja, a kriterij energetske optimalnosti mora biti optimalni opći razvoj regije, a ne optimum energetske privrede.

2) Osnovni je cilj usmjeravanja društveno-ekonomskog razvoja neke geografske regije postizavanje trajnog brzog rasta pojedinačnog i općeg materijalnog blagostanja te što viši stupanj zadovoljstva što većeg broja članova cijele njene društvene zajednice. Visoki stupanj zadovoljstva je pri tome značajniji od brzine rasta materijalnog blagostanja.

3) Glavno mjerilo materijalnog blagostanja svake regije je njezin narodni dohodak. Opseg zadovoljstva i brojčani udio zadovoljnih stanovnika u ukupnom broju stanovnika regije ovisi u prvom redu o raspodjeli stvorenog i raspoloživog narodnog dohotka, naročito u pogledu međusobnih odnosa osobnih materijalnih primanja. Zato rast u cjelini narodnog dohotka promatrane regije i njegovu raspodjelu treba odabrati kao osnovni kriterij prosuđivanja pravilnosti dugoročnog razvoja svake privredne djelatnosti. Pri tom je pravilna raspodjela važnija od brzine rasta.

4) Svaka ona djelatnost kao i svaka mjera koja pridonosi postizavanju prethodno navedenog, tj. stalnom brzom rastu narodnog dohotka i njegovoj dobroj raspodjeli, je društveno ekonomična i pravilna.

5) Društveno ekonomična je svaka postojeća proizvodnja kod koje je upotrebna (tržna) vrijednost proizvoda veća od materijalnih troškova, tako dugo dok se njeno osoblje, osnovna sredstva i upotrebljeni materijal ne mogu ekonomičnije upotrijebiti na drugom mjestu.

6) Svaku djelatnost treba podržavati tako dugo dok je društveno ekonomična, a ono što će doći novo mora biti posljednja riječ tehnike i ekonomike.

7) Glavni uvjet brzog rasta narodnog dohotka je brzi rast proizvodnosti rada. On zahtijeva u prvom redu:

— Primjenu suvremenih postupaka (tehnologija i materijali)
— Osiguranje jakih naučnih i stručnih kadrova
— Masovnost proizvoda, i kvalitet proizvoda i usluga
— Dobru organizaciju rada u proizvodnji i dobavi dobara potrošačima
— Dobro iskorištenje proizvodnih i uslužnih kapaciteta
— Usmjeravanje na djelatnosti za koje postoje prirodne prednosti i bogatstva te prednosti u radnim vještinama i navikama stanovnika.

Daljnji značajni uvjeti brzog rasta narodnog dohotka su:

— Razvijanje onih djelatnosti čije proizvode i usluge masovno traži i domaće i svjetsko tržište s trendom rasta potražnje, a koji troškovima i cijenom mogu podnijeti međunarodnu konkurenciju.
— Puno zaposlenje što većeg broja za rad sposobnih ljudi.
— Postojanje podstreka za radni elan i stvaralački zanos.
— Dobro opće-društveno i privredno rukovođenje.

8) Uključivanje u međunarodnu podjelu rada također je jedan od bitnih faktora za brzi rast produktivnosti rada i plasman proizvoda potrebnih za dobro korištenje proizvodnih i uslužnih kapaciteta. Ono treba obuhvatiti i robnu razmjenu i kooperaciju u proizvodnji i plasmanu proizvoda i usluga.

9) Djelatnosti koje nemaju prirodne uvjete za razvoj ekonomičnog stvaranja treba preorijentirati u druge ekonomičnije djelatnosti u opsegu optimalnom za opći društveni razvoj regije. Za to treba vršiti i potrebne prekvalifikacije i obučavanje radnika.

10) Pri utvrđivanju društveno-ekonomskih mjera kojima se razvoj usmjeruje k optimumu ne smiju se zanemariti socijalno-politički momenti.

11) Vrijednost prirodnih bogatstava regije treba valorizirati i ukalkulirati, kao teritorijalnu rentu regije, u materijalne troškove pri njihovoj eksploataciji.

12) U društveno-ekonomskim usporedbenim analizama treba računati troškove na osnovi stvarno potrebnih materijalnih i osobnih pogonskih troškova i investicionih troškova za proširenje djelatnosti (proširena reprodukcija). Stoga trenutne tržne cijene ne mogu biti osnova za utvrđivanje optimalnog razvoja.

13) Društveno je optimalno da se sredstva za proširenu reprodukciju namaknu iz prodaje proizvoda, barem do iznosa potrebnog za povećanje proizvodnje uz stopu rasta koja je jednaka planiranoj stopi rasta narodnog dohotka regije. U protivnom se prenaglo razvija potražnja proizvoda i usluga koje ne mogu same sebe financirati.

14) U analizama za utvrđivanje najboljeg rješenja treba uzeti u obzir sve značajnije faktore koji utječu na promatranu djelatnost. Zanemariti se mogu beznačajno mali utjecaji i oni koji se međusobno približno poništavaju. Gdje nema podataka za pojedine faktore, treba ih procijeniti, a ne izostaviti njihov utjecaj. Pravilno utvrđivanje utjecaja pojedinih faktora je mnogo značajnije od izbora postupka (tehnike izračunavanja) kojim se utvrđuje optimalnost.

15) Nabavkom u inozemstvu onih dobara koja se mogu ekonomično proizvesti u zemlji, gubi se narodni dohodak domaćih djelatnosti. Investicije, materijali i kadrovi angažirani u jednoj djelatnosti smanjuju njihovu raspoloživost za druge sektore.

16) Za veća područja je poželjno da potrebnu energiju, koja se na područje doprema žicom i cijevima, imaju većim dijelom osiguranu iz vlastitih izvora i postrojenja. Stoga su važni jeftini rezervni kapaciteti, koji će uskočiti ako dođe do prekida uvoza energetskih nosilaca ili do pogoršanja uvjeta njihove dobave. Ovo je naročito važno za dobavu elektrike. Ako nema prirodnih uvjeta za domaću proizvodnju treba osigurati uvoz sa nekoliko strana.

17) Potrošači se brzo orijentiraju na korištenje onih dobara, koja su im najpogodnija u tekućem razdoblju. Osim tržne cijene na mjestu potrošnje, oni uzimaju u obzir i pogodnost upotrebe korištenih dobara, stupanj iskorištenja, sigurnost i postojanost dobave po

količini i cijeni, te troškove njihovog korištenja (investicija za trošila i njihovo održavanje, ljudska radna snaga).

18) Opći društveni privredni instrumenti moraju usmjeriti razvoj pojedinih djelatnosti tako da se uklapa u planirani optimalni kompleksni društveni razvoj regije. Planovi razvoja moraju biti realni, tako da se u određenim uvjetima, uz dobro usmjeravanje razvoja, mogu sigurno ostvariti.

19) Mjere koje se poduzimaju za usmjeravanje duštveno-ekonomskog razvoja moraju biti takve da budu podstrek stvaralačkom zanosu i radnom elanu, značajnim faktorima brzog rasta blagostanja i zadovoljstva.

20) Ekonomiku treba humanizirati. Optimalizacija materijalnog stvaranja treba biti sredstvo za postizavanje uvodno odabranog najvišeg jedinstvenog cilja: unutarnje sreće što većeg broja ljudi.

Prethodna načela obuhvaćaju najvažnije polazne osnove za utvrđivanje društveno-ekonomski optimalnog razvoja regionalne energetike, i za donošenje mjera kojima se razvoj usmjeruje prema utvrđenom optimumu. Obrazlaganje tih, često diskutabilnih načela, zasnovanih na ekonomsko-etičkim shvaćanjima autora, moglo bi obuhvatiti cijelu studiju, ali se ovdje ne iznosi.

3) Ekonometrijska formulacija načela optimalizacije

Ekonometrijska formulacija načela optimalizacije, potrebna za njeno brojčano izračunavanje, dana je — samo za neka načela iznesena u prethodnoj točki. Ostale formulacije, koje često mogu varirati s obzirom na lokalne regionalne prilike, može lako postavljati izvršilac utvrđivanja optimalizacije.

U svim daljnjim formulama označuje se velikim slovima zbroj pojedinačnih vrijednosti za cijelo područje promatrane regije. Pojedinačni iznosi označuju se malim slovima. Tako je npr.

$$NE = ne_1 + ne_2 + ne_3 + \ldots ne_m + \ldots ne_z$$

gdje je »*NE*« zbroj pojedinačnih narodnih dohodaka »*ne*« svih poduzeća cjelokupnog energetskog privrednog sektora regije. U skladu s ovim označuje npr. »*LP*« ukupna godišnja lična primanja cijele regije, a »*lp*« godišnja lična primanja svakog pojedinca.

Polazna osnovica u dalje iznesenim formulama su načela navedena u točki 2 ovoga rada.

Kriterij brzog rasta narodnog dohotka regije glasi:

$$NR = NE + NV = NR_{max} \qquad (31)$$

pri čemu se mora uzeti u obzir humani i etički kriterij raspodjele stvorenog dohotka koji za regiju u cjelini glasi:

$$SK : NR \geq b_{min} \qquad (32)$$

a za međusobne omjere ličnih dohodaka žitelja

$$lp_{max} : lp_{min} \leqq c_{max} = f(g, k, z, r) \qquad (33)$$

gdje je

NR = Narodni dohodak regije u cjelini
NE = Nar. dohodak regionalne energetske privrede
NV = Nar. dohodak regionalne vanenergetske privrede
SK = Ulaganje u stambeno-komunalne djelatnosti (stanovi, vodovod, kanalizacija, javni promet, opskrba energijom itd.)
lp = Lična primanja stanovnika regije — pojedinačna (bruto)
b = Udio ukupnih stambeno-komunalnih ulaganja u raspodjeli narodnog dohotka regije
c = Omjer najvećih i najmanjih osobnih primanja = Funkcija grana djelatnosti, kvalifikacije, zalaganja i doprinosa razvoju regije.

Vrijednost graničnih omjera »b_{min}« i »c_{max}« određuju najviša državna zakonodavna tijela, suglasno s osnovnim ustavnim načelima društvenog uređenja za područje promatrane regije.

Iznos energetskog narodnog dohotka »*NE*« u izrazu »31« dobije se iz izraza

$$NE = VE - (ME + AE) \qquad (34)$$

u čemu je

VE = Ukupna vrijednost isporučene energije
ME = Materijalni troškovi energetske privrede
AE = Amortizacija osnovnih sredstava energ. privrede

Iznos narodnog dohotak »*NV*« što ga stvaraju vanenergetske grupacije — ovisno o korištenju energije — dobije se iz izraza

$$NV = ON - (GE + QE) - TE - (IE \cdot k_i + LE) - (UE + SE) \qquad (35)$$

u čemu je, uvijek za privredne vanenergetske djelatnosti:

ON = Opseg narodnog dohotka neovisan o korištenju energije
GE = Gubici »*NV*« uslijed izostanka dobave energije
QE = Gubici »*NV*« zbog lošije kvalitete i manje podesnosti nosioca energije
TE = Troškovi za dobavu i korištenje energije
IE = Investicije smanjene zbog investicija u energetiku
k_i = Koeficijent ispada »*NV*« zbog smanjenja invest. ulaganja
LE = Lična primanja u visini primanja u energ. privredi
UE = Gubici »*NV*« zbog uvoza osnovnih sredstava energ. privrede
SE = Iznos od smanjenja isporuka zbog promjena energ. troškova

Ograničeni opseg referata ne dozvoljava detaljnija razmatranja pojedinih veličina iz formula »34«

i »35«. Mogu se navesti tek neka važnija tumačenja.

Vrijednost energije »*VE*« treba računati na osnovi dugoročnih trendova svjetskih tržnih cijena, i to cijena u međunarodnoj razmjeni za izvoz, a paritetnih unutarnjih svjetskih cijena za isporuke na području vlastite regije i područja s kojim promatrana regija tvori jedinstveno zajedničko tržište. Materijalni troškovi »*ME*« računaju se na osnovi utrošenih materijala, energije i usluga trećih lica. Amortizaciju »*AE*« najbolje je računati na osnovi očekivane stvarne tehničke upotrebivosti.

Dohodak »*ON*« neovisan o načinu korištenja energije, ne treba uzimati u račun, jer je u svim slučajevima isti, pa nema nikakvih utjecaja na rezultat računske analize.

Gubici narodnog dohotka i životnog standarda »*GE*« uslijed nestanka dobave energije potrošačima mogu se većinom samo procijeniti, i to tek na osnovi specifičnih studija. Najznačajnije je tu izračunavanje ekonomije povremenih obustava velikih elektrokemijskih i elektrotermičkih potrošača i procjena vrijednosti gubitaka u vanprivrednim djelatnostima, te vrijednosti smanjenja životnog standarda stanovnika.

Gubici zbog slabije kvalitete i manje tehnološke pogodnosti korištenih nosilaca energije »*QE*«, i s tim vezanim smanjenjem životnog standarda stanovnika, kvaliteta i vrijednosti proizvoda i usluga, mogu se također samo procijeniti. (Npr. smanjenje vrijednosti cementnog klinkera zbog pepela u ugljenu). Naročito je značajna valorizacija zagađivanja okoline (atmosfere, vode, naselja, ljudi, odjeće itd.) i utjecaja na faunu, floru i ljudsko zdravlje.

Troškove za dobavu i korištenje energije »*TE*« korisnika na području promatrane regije dobiva se iz izraza

$$TE = KE + TT + TK + VL \qquad (36)$$

gdje su, za potrošače unutar regije:

KE = Izdaci za kupovinu nosilaca energije od dobavljača
TT = Troškovi transporta energije (nosioca)
TK = Troškovi kapaciteta kod korisnika energije
VL = Vrijednost ljudskog rada kod korisnika energije.

U vrijednost ljudskog rada »*VL*« kod korisnika energije treba uračunati i vrijednost rada, odnosno slobodnog vremena članova domaćinstva. Treba naglasiti da vrijednost ljudskog rada vrlo brzo raste s porastom narodnog dohotka per capita, pa je baš rast te vrijednosti glavni pokretač prelaza na »plemenite« vidove energije, kod kojih se utrošak ljudskog rada pri korištenju svodi na neznatnu mjeru.

Investicije »*IE*« uložene u energetsku privredu smanjuju one raspoložive za ostalu privredu. Zbog toga se vrijednost stvaranja te (venenergetske) privrede »*NV*« smanjuje za iznos »$IE \cdot k_i$« godišnje Vrijednost koeficijenta »k_i« treba računati za privredu u cjelini. Ona se izračunava na temelju srednjih vrijednosti marginalnog kapitalnog koeficijenta regije u cjelini »*KR*« te udjela ukupnih ličnih primanja »*LR*« i amortizacije »*AR*« u društvenom proizvodu regije »*DR*« iz formule

$$k_i = (1 - LR : DR - AR : DR) : KR \qquad (37)$$

Pri vođenju privrede po načelima iz točke 2 može se, za bližu budućnost, računati većinom sa prosječnim vrijednostima $KR = 2{,}2$ god, $LR : DR = 0{,}55$, $AR : DR = 0{,}08$. Pri tom se dobiva vrijednost koeficijenta »k_i« od $k_i = 0{,}17$ god^{-1}.

Lična primanja »*LE*« u formuli »35« računaju se samo za ono osoblje koje se zbog kadrovskih potreba energetske privrede ne može zaposliti u ostaloj privredi. U »*LE*« ne ulazi ono osoblje energetskih djelatnosti koje se ne može prekvalificirati i zaposliti u drugim privredno ekonomičnijim djelatnostima (npr. dio osoblja u ugljenokopima). U osobna primanja treba uračunati i iznose koji se daju za zdravstveno i penziono osiguranje te za opće i stručno obrazovanje (bez čega nema kadrova za uvođenje nove proizvodnje i unapređivanje tehnologije).

Gubici narodnog dohotka vanenergetske privrede u vezi s uvozom energetskih osnovnih sredstava »*UE*« javljaju se tamo, gdje regija imade privredu koja bi pretežno sama mogla stvarati ta osnovna sredstva. Ovi gubici smanjuju se, pri vezanoj trgovini, za iznos narodnog dohotka od proizvoda koji se mogu izvesti kao kompenzacija za uvoz.

Veličina iznosa »*SE*«, ovisnog o promjeni opsega isporuka i usluga vanenergetskih djelatnosti, nastalih uslijed promjena troškova za energiju, može se većinom samo procijeniti. Ta promjena opsega isporuka i usluga javlja se u prvom redu zbog promjena kupovne moći vanprivrednih potrošača, kojima pri većim izdacima za energiju ostaje manje financijskih sredstava za ostale nabavke. Kod privrednih potrošača energije promjena troškova za energiju većinom će biti neznatna, veće troškove za energiju kompenzirat će u prosjeku, mogućnost smanjivanja ostalih društvenih davanja te privrede.

Formula »35« za narodni dohodak vanenergetskih djelatnosti daje samo iznose koji slijede iz najznačajnijih primarnih (direktnih) i sekundarnih utjecaja dobave energije i osiguranja dobave na njihovo (vanenergetsko) stvaranje narodnog dohotka, te vrijednost zbog promjena životnog standarda stanovnika regije. U tom izrazu nisu sadržani manje značajni sekundarni utjecaji kao npr. narodni dohodak što ga stvara domaća privreda pri isporuci neenergetskih materijala i sredstava za pogon i za održavanje postrojenja, ili željeznica zbog prijevoza ugljena, nafte i njenih derivata. Nadalje, nije obuhvaćen cjelokupni tercijarni utjecaj promjene strukture dobave i korištenja energije na stvaranje narodnog dohotka regije.

Pod »uvozom« i »izvozom« treba se u izrazima formule »35« shvatiti uvoz i izvoz van područja

koje sa promatranom regijom stvara zajedničko tržište, unutar kojega ne postoje carinske i ostale društveno propisane barijere slobodnoj razmjeni robe i usluga.

Radi izbjegavanja operacija s pretežno negativnim brojevima i isključivanja vrijednosti »*ON*« koja ne utječe na utvrđivanje energetskog optimuma, korisno je za praktični račun uvesti pojam regionalnih društvenih troškova za energiju »*RDTE*« koji ima vrijednost

$$RDTE = (GE + VQ) + (ME + AE + IE \cdot k_1 + LE) + \\ + TT + (TK + VL) + (UE + SE) + (KE - VE) \quad (38)$$

sa značenjima pojedinih simbola navedenim uz formule »31«—»34«—»35«—»36« i »37«.

Time formula »31« prelazi u oblik

$$NR = ON - RDTE = NR_{max}$$

Vrijednost »*ON*« nije ovisna o energetskom razvoju. Kriterij optimalizacije energetskog razvoja zadovoljen je stoga uvjetom da je

$$RDTE = RDTE_{min} \quad (39)$$

tj. najbolje društveno-ekonomsko-energetsko rješenje za regiju u cjelini je ono gdje su ukupni regionalni društveni troškovi *u vezi* s dobavom energije najmanji. To naravno ne znači da je traženi optimum postignut onda, kad su troškovi *za* dobavu energije najmanji.

4) Postupak za utvrđivanje optimalnosti

Postupak kojim se utvrđuje društveno-ekonomsko-energetski optimum na osnovi načela iznesenih u točki 2, ovisi o namjeni (svrsi) provedbe optimalizacije i o izboru tehnike računanja, koju odabire izvršilac (autor) optimalizacije u dogovoru s naručiocem. Neovisno o neposrednoj svrsi i tehnici računanja račun optimalizacije treba uvijek temeljiti na iznesenim načelima.

Društveno-ekonomska optimalizacija vrši se uvijek u okviru dugoročnog razvoja: razdoblje od 15 godina predstavlja pri tome minimum. Vijek trajanja energetskih instalacija većinom je preko 30 godina. To se mora uzeti u obzir bez obzira na mjeru u kojoj će se godišnje koristiti raspoloživi kapaciteti planiranih objekata i uređaja.

Društveno-ekonomska regionalna i energetska optimalizacija provodi se uglavnom za 4 slijedeće namjene:

1) Utvrđivanje optimalne strukture korištenja nosilaca energije i načina njihove dobave za cijelo područje regije tj. optimalnog kompleksnog energetskog razvoja.
2) Utvrđivanje optimalnog razvoja pojedinih energetskih djelatnosti (energetskih privrednih grana)
3) Utvrđivanje optimalne izgradnje energetskih objekata i uređaja regije
4) Utvrđivanje i kontrolu pravilnosti mjera za usmjeravanje energetskog razvoja regije.

Utvrđivanje optimalne strukture korištenja nosilaca energije i načina njihove dobave za cijelo područje regije, zahtijeva vrlo kompleksan i složen rad. Prethodno treba utvrditi utjecaj svih činilaca relevantnih za energetski razvoj regije i odabrati shemu za izradu bilanci toka energije, koje su neophodne kod provedbe kompleksne optimalizacije.

Od činioca (faktora) relevantnih za kompleksne društveno-ekonomske energetske optimalizacije najznačajniji su:

a) Postojeće značajke: — Geografske i klimatske značajke regije — Društveno uređenje i politički položaj regije — Demografske, privredne i kulturne značajke regije — Radne vještine, navike i shvaćanja te životni standard stanovnika regije — Energetska sirovinska osnova regije — Energetski kapaciteti regije u pogonu i u izgradnji — Potrošnja i dobava energije — Energetske značajke okolnih regija — Zdravstveni, biološki i estetski zahtjevi.
b) Predviđeni budući razvoji: — Plan općeg društvenog i privrednog razvoja regije i zemlje u kojoj se nalazi promatrana regija — Plan stavljanja u pogon enegetskih postrojenja u gradnji — Predvidivi budući svjetski opći, tehnološki i energetski razvoj.
c) Razni utjecajni interesi: — Opći interesi susjednih regija — Interesi pojedinih subregija — Interesi pojedinih energetskih grana i grupacija — Lični interesi pojedinaca.
d) Faktori neizvjesnosti: — Otkrića novih nalazašta nafte, plina i radioaktivnih rudača — Brzina razvoja svjetske tehnološke revolucije — Ratni i ostali politički zapleti u zemlji i u svijetu — Vođenje opće privredne i energetske politike zemlje.

Pri izradi kompleksnih regionalnih bilanci energije može se preporučiti raspoređivanje pojedinih nosilaca energije u slijedeće grupe:

a) U primarnim nosiocima: — Vodne snage — Biljna i kruta otpadna goriva — Tekuća i plinovita otpadna goriva — Antracit i kameni ugljen — Mrki ugljen — Lignit i treset — Nafta — Prirodni plin — Nuklearno gorivo — Geotermički izvori — Ostali izvori (sunce, vjetar, valovi itd.)
b) U sekundarnim nosiocima: — Koks i drveni ugljen — Benzini — Plinska ulja — Ložna (residualna) ulja — Ukapljeni plin — Gradski i generatorski plin — Nusprodukti energetske prerade — Para i vrela voda — Elektrika.

Količine se u bilancama izražavaju neophodno u energetskim jedinicama (najbolje je odabrati jedi-

nice iz MKSA sistema mjera). Poželjna je međutim izrada bilančnih prikaza i u uobičajenim trgovačkim jedinicama mjera.

Raspoređivanje dobave i potrošnje energije najbolje je provesti na slijedeći način:

a) U dobavi nosilaca energije: — Regionalna proizvodnja energetskih i vanenergetskih djelatnosti — Smanjenje skladišnih zaliha — Uvoz, tuzemni i inozemni.
b) U raspodjeli nosilaca energije: — Dobavljači primarne energije — Dobavljači sekundarne energije i to: koksare i destilacije, rafinerije i degazolinaže, plinare i plinski generatori, industrijski i rajonski kotlovi, elektrane i elektro toplane — Tehnološka upotreba nosilaca energije — Privredni potrošači energije, grupirani na oblasti: Industrija, crna i obojena metalurgija, cement i staklo, petrokemija, elektrotermija i kemija, ostala industrija, no bez parnih kotlova, Saobraćaj (željeznički, cestovni, pomorski, riječni, zračni, lučki pretovar), Poljoprivreda, Ostali privredni potrošači — Vanprivredni potrošači (domaćinstvo, osobni automobili, vojska, ostali) — Uvoz tuzemni i inozemni (uključivši bunkere domaćih brodova u stranim lukama) — Povećanje skladišnih zaliha — Gubici u dostavi i raspodjeli.

Glavni noviteti u odnosu na uobičajeno bilanciranje su izlučivanje svih energetskih djelatnosti industrije (proizvodnja zagrijevne i tehnološke pare i elektrike) iz oblasti industrije i njihovo uključivanje u sektor proizvodnje sekundarnih nosilaca energije, te unašanje u bilanciranje gorivnog drva i »nekomercijalnih« goriva kao što su razni biljni otpaci te otpadna tekuća i plinovita goriva energetskih i vanenergetskih djelatnosti.

Optimalizacija kompleksnog korištenja energije utvrđuje se na osnovi 1) plana razvoja vanenergetske privrede i razvoja životnog standarda stanovnika regije, i time određenog (determiniranog) potroška korisne mehaničke, toplinske, kemijske i valne energije, i 2) načelnih stavova u točki 2, a uz pomoć ekonometrijskih formula navedenih u točki 3 ovog referata.

Izračunavanje strukture nosilaca energije koja će, društveno-ekonomski optimalno moći podmiriti potrebu korisne energije za odabrani opći društveni plan regije, može se — uz pomoć linearnog programiranja i upotrebe elektronskih računala — teoretski provesti matematski sasvim egzaktno. Praktički je to ipak neprovedivo jer 1) utjecaji nisu uvijek linearni, i 2) broj kombinacija nosilaca energije, mjesta i namjene njihovog korištenja, te faktora koji utječu na društvene troškove, penje se na milijarde. Zbog toga je za kompleksne energetske optimalizacije bolje odabrati aproksimativni postupak sa slijedećom tehnikom računanja.

1) Za odabrani plan društvenog razvoja utvrdi se za karakteristične godine plana, potreba korisne energije sa sektorima potrošnje, a na osnovu korelacija potrošnje korisne energije sa fizičkim obujmom proizvodnje, i korelacija te potrošnje sa visinom stvarnog narodnog dohotka (ili još bolje društvenog proizvoda) te sa iznosom osnovnih značajki životnog standarda stanovnika regije.

2) Utvrdi se upotreba onih nosilaca koji su za podmirenje potrošnje korisne energije nezamjenjivi ili očito najpodesniji. Optimalna struktura nosilaca energije za podmirenje ostale potrošnje odabere se slobodno, uzimajući pri tom izboru u obzir sve faktore relevantne za ekonomičnost energetske opskrbe potrošača. Za početnu, krajnju i ostale »planske« godine razdoblja optimalizacije izrade se prethodne strukturne bilance dobave i potroška nosilaca energije.

3) Izvrši se analiza optimuma za one pozicije bilance koje se teško procjenjuju bez ekonometrijskih računa, kao što su npr. brzina supstitucije ugljena tekućim i plinovitim gorivima, odnos domaće proizvodnje i uvoza nafte, opseg upotrebe prirodnog plina i opseg izgradnje nuklearnih elektrana. Prvotno odabranu procjenu odabere se kao rješenje »A«, a zatim se — uz pomoć formula u točki »3« — ispita i rješenja »B« i »C« kod kojih se za nosioca što se analizira, odaberu odstupanja upotrebe na gore i na dolje od prvotno odabranog rješenja »A«.

4) Iz društveno-ekonomskog boniteta rješenja utvrđenog za rješenja »A«, »B« i »C« procjeni se optimalni opseg upotrebe ispitivanih nosilaca kao rješenje »D« i unese u bilance dobave i korištenja energije u godinama za koje se utvrđuje energetski optimum.

Prethodnim se utvrđivanje optimalnog kompleksnog razvoja svelo na utvrđivanje optimalnih razvoja korištenja pojedinih nosilaca energije u odabranim »planskim« godinama općeg društvenog plana. Kod navedenog postupka mogu se zanemariti razlike koje nastaju pri raznim mogućnostima dobave nosioca energije čiji se opseg upotrebe ispituje.

Utvrđivanje optimalnog načina dobave pojedinih nosilaca energije vrši se također na temelju osnova i formula što su dani u prethodnim izlaganjima. Pri tome se pretpostavi ukupno potrebna dobava nosilaca čiji se način dobave ispituje, utvrđena ili slobodnom procjenom ili postupkom što je prethodno opisan. Ukoliko se pokaže da utvrđena optimalna dobava mnogo odstupa od one kojom se je ušlo u račun optimalnog korištenja razmatranog nosioca energije, račun se ponavlja s novim vrijednostima, dok se ne dobije usklađeno rješenje.

Prethodno navedeno, iterativno traženje optimalnog rješenja, neće biti potrebno, ako izvršilac optimalizacije dobro poznaje energetske i opće društveno-ekonomske elemente i ima rutine u energetskim kompleksnim bilanciranjima.

Svi navedeni računi optimalizacije vrše se za svaku od odabranih »planskih« godina posebno. Pri tome ne treba svoditi financijske vrijednosti na početnu godinu (aktualizacija), jer se sve veličine, izuzev investicionih ulaganja, računaju u istoj godini. Vremenska odstupanja tih ulaganja uračunavaju se međutim već pri određivanju visine investicionog koeficijenta »k_i« u formulama »35« odnosno »37« ovog referata. Iznimka je analiza boniteta energetskih objekata, čiji je vijek trajanja većinom znatno iznad duljine promatranog planskog razdoblja. Tu je potrebna aktualizacija kao što je u postupku »toka gotovine« (cash flow). Kamatnu stopu treba pri tome odabrati u visini koja je za oko 1 %/god (administrativni troškovi!) viša od očekivane stope rasta narodnog dohotka regije.

Kod utvrđivanja kompleksnih društveno-ekonomskih optimuma treba regionalni narodni dohodak »*NR*« u formuli »31«, odnosno društveno-ekonomske troškove »*RDTE*« u formuli »38«, računati u njihovim ukupnim iznosima. Isto vrijedi i za utvrđivanje društvene optimalnosti razvoja pojedinih grana energetske djelatnosti. Pri utvrđivanju društveno-ekonomske optimalnosti načina dobave pojedinih nosilaca energije dovoljno je računati samo diferencije koje nastaju među pojedinim rješenjima. Isto vrijedi kod analize boniteta mjera koje se poduzimaju radi usmjeravanja razvoja k utvrđenom optimumu.

Brojčano utvrđivanje svih veličina potrebnih za izračunavanje optimuma na prethodno prikazani način, zahtijeva poznavanje brojnih elemenata. Od njih su najvažniji: poznavanje situacije u polaznoj godini analize, poznavanje plana općeg društvenog razvoja i razvoja pojedinih privrednih grana, lokalnih specifičnosti, razvoja tehnike i ostalih faktora navedenih u prethodnim izlaganjima. Brojčane veličine utjecaja tih faktora mogu se često samo procijeniti.

Utvrđivanje društveno-ekonomski optimalnog regionalnog energetskog razvoja može se — zbog svoje složenosti — provesti samo u timskom radu stručnjaka raznih profesija. Pored energetičara-tehničara potrebni su ekonomisti, stručnjaci pojedinih energetskih i potrošačkih grana, kao i planeri općeg društvenog razvoja i razvoja pojedinih grana svih privrednih i ostalih djelatnosti.

5) Mjere za usmjeravanje razvoja k optimumu

Mjere koje treba poduzeti da bi se energetski razvoj regije usmjerio prema utvrđenom društveno ekonomskom optimumu zavise o osnovnim značajkama promatrane regije, kao što su npr.: pravno politički položaj, društveno uređenje, veličina, privredna i tehnička razvijenost, raspoloživi stručni kadrovi, radne vještine i navike stanovništva, energetski izvori, energetski kapaciteti, potrošnja energije, itd. Zato je nemoguće dati popis mjera za postizavanje prethodno navedenog cilja, koji bi imao univerzalnu primjenu. Navode se tek neke od mjera, koje će se jednom morati i moći provesti, a u drugom slučaju ne.

Mjere za usmjeravanje mogu se razvrstati prema svojim značajkama na 1) mjere koje imaju opće društveni karakter i 2) mjere koje su specifično granskog (u ovom slučaju energetskog) karaktera. Prema nosiocima provedbe one se mogu razvrstati na mjere koje donose zakonodavna društvena tijela, mjere lokalnih društvenih vlasti i mjere koje poduzimaju nosioci energetske djelatnosti regije. U daljnjem se najznačajnije mjere iznose po posljednjoj raspodjeli.

Od mjera koje donose zakonodavne, odnosno lokalne regionalne društvene institucije, najznačajnije bi bile mjere za: — Opće podizanje morala i etike — Sprečavanje zloupotreba — Osiguravanje socijalno humane raspodjele dohotka — Ujednačavanje uvjeta stvaranja dohotka — Podizanje radnog elana radnih zajednica i pojedinaca — Sprečavanje društveno-ekonomskih i ostalih diskriminacija i preferiranja pojedinih regija i subregija — Pomoć nerazvijenim područjima (subregijama) i novim djelatnostima — Pomoć društveno ekonomičnim djelatnostima i poduzećima upalim u financijske teškoće — Financiranje preorijentacije neperspektivnih djelatnosti na društveno perspektivne, i s tim spojene prekvalifikacije osoblja — Utvrđivanje društveno optimalnih carina, poreza na promet, i ostalih društvenih nameta — Ograničavanja opsega uvoza i izvoza — Utvrđivanje tečaja domaće valute u svjetskoj razmjeni roba i usluga — Davanja financijskih kredita prioritetnim djelatnostima regije — Podupiranje razvoja domaće strojogradnje — Donošenje propisa za kalkulacije tržnih cijena monopolskih proizvoda i usluga — Financiranje izrade općih (kompleksnih) i granskih planova regionalnog razvoja — Osiguranje osnovnog i stručnog školovanja kadrova i razvoja nauke i kulture.

(U mjerama za podizanje radnog elana treba istaknuti što veću liberalizaciju cijena dobava i usluga, i valoriziranje minulog rada u svim djelatnostima).

Od mjera koje trebaju poduzeti granske regionalne djelatnosti najvažnije su one koje putem povećavanja produktivnsti rada osiguravaju brzi rast narodnog dohotka. One su nabrojene u pozicijama »7« i »8« osnovnih načela iznesenih u točki 2 referata, pa se ovdje ne iznose. Treba još navesti politiku cijena, koja u pravilu mora omogućiti proširenu reprodukciju pojedinih granskih djelatnosti iz vlastitih sredstva (barem za visinu rasta u visini brzine rasta narodnog dohotka zemlje). Za to je važna provedba okrupnjavanja usitnjenih djelatnosti putem međusobnih integracija i povezivanja s drugim srodnim i komplementarnim djelatnostima unutar i izvan vlastite regije.

6) Zaključak

Prikazana metodologija predstavlja sasvim novi pristup utvrđivanju društveno najpovoljnijeg dugoročnog razvoja pojedinih djelatnosti u promatranoj regiji. U usporedbi s uobičajenim metodologija-

ma glavna joj je značajka što u ekonomiku unosi faktore humanosti i etike, i što kao mjerilo boniteta razvoja energetike ne uzima najmanje troškove dobave energije, već njen utjecaj na brzinu rasta narodnog dohotka regije, uz uvjet što povoljnije raspodjele.

Primjenom ekonometrijskih metoda, iznesenih u predloženoj metodologiji, na sve sektore djelatnosti regije može se, pri odabranoj strukturi raspodjele narodnog dohotka, utvrditi razvoj i mjere koje bi regiji osigurale brzi dugoročni privredni rast, bez opasnosti od usporavanja i jakih kolebanja brzine tog rasta, i bez opasnosti stvaranja suvišnih zaliha roba, nezaposlenosti i nesrazmjerno niskih i visokih ličnih primanja, a s tim vezanih privrednih i socijalno-političkih problema.

Uvjet za razvoj po utvrđenom optimumu su provođenje mjera potrebnih za usmjeravanje regionalnog razvoja k utvrđenom optimumu i stabilna unutarnja i svjetska politička situacija. Primjena u metodologiji iznesenih načela i mjera djeluje međutim u smislu smanjivanja takvih poremećaja. Pored znanstveno — teoretskog ima predložena metodologija i praktički značaj.

LITERATURA

1) UN — Statistical Office — *»Methods of National Income Estimation«* — New York — 1955.
2) UN — ESC — *»Methodology and Analysis of the Energy Economy«* — Genève 1963 — ST/IECE/Energy/I.
3) United Kingdom — Ministry of Power — *»Fuel Policy«* — London 1965. Her Majesty's Stationery Office. Cmnd 2729.
4) OECD — *»Energy Policy«* — »Problems and Objectives« Paris — 1966.
5) A. Aganbegjan, K. Bagrinovskij — *»O zadačah narodnohozjaistvenoga optimuma«* — Moskva — Voprosi ekonomiki, 1967, No 10.
6) L. Kontorovič — *»Matematičeskije optimaljnije modeli v planirovaniu razvitija otrasli i tehničeskoj politike«* — Moskva — Voprosi ekonomiki, 1967, No 10.
7) I. Vinski — *»Uvod u analizu nacionalnog dohotka i bogatstva«* — Naprijed — Zagreb — 1967.
8) UN — ESC — *»Facteurs influant sur l'exactitude de la planification et des previsions dans le domaine de l'energie* — Genève — 1968 — ECE/Energy — Doc. No 4.
9) UN — ESC — *»Econometric Models of the Energy Sector«* — Genève — 1970 — ECE — Energy/Working Paper No 12.

Kratice:

UN = United Nation — New York
ESC = Economic and Social Council (UN) — New York
ECE = Economic Commission for Europe (ESC) — Genève

Naslov pisca: Ivo Jamnicki, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

ATM

PODUZEĆE ZA AUTOMATIZACIJU I TEHNIKU MJERENJA U INDUSTRIJI

ZAGREB, HEINZELOVA 70 A

KONZULTACIJE, PROJEKTIRANJE, PROIZVODNJA, MONTAŽA, SERVIS I ODRŽAVANJE MJERNO REGULACIONIH UREĐAJA ZA TERMOENERGETSKA POSTROJENJA I RAZVOD ENERGETSKIH FLUIDA

— TERMOELEMENTI
— OTPORNI TERMOMETRI
— POKAZIVAČI TEMPERATURE
— REGULATORI TEMPERATURE
— MJERAČI PROTOKA
— MJERAČI UTROŠKA TOPLINE (KALORIMETRI)
— MJERENJE PRITISKA
— ANALIZA DIMNIH PLINOVA
— AUTOMATSKE STANICE ZA REDUKCIJU PRITISKA I TEMPERATURE PARE
— AUTOMATSKA REGULACIJA NIVOA, TEMPERATURE, PRITISKA, PODTLAKA, PROTOKA
— DALJINSKA KOMANDA (SERVOMOTORI I REGULACIONI VENTILI)
— SIGNALIZACIJA

TELEFONI: 514-122, 515-713, 515-050
TELEX: 21364, PP 14

VELIKE HAVARIJE NA DALEKOVODNOJ MREŽI U DALMACIJI

Zvonko Benzon, Split

Početkom ove godine, 2. siječnja, došlo je do velikih razaranja na dalekovodnoj mreži u Dalmaciji.

Do havarije je došlo zbog pojave iznimno velikog ledenog ovjesa na elektroenergetskim vodama s istodobnim djelovanjem dosta jakog vjetra.

Uz more se zaleđivanje pojavilo od Morinskog zaljeva, oko 6 km. od Šibenika prema Splitu, do oko 30 km od Šibenika prema Biogradu.

U unutrašnjosti je zahvaćeno područje preko Drniša do Knina. Na području Oklaja (južna padina planine Promina) također je bilo razaranja na dalekovodima i tt linijama.

Veličina tog prostora iznosi oko 2.000 km², a bio je pokriven ledenim pokrivačem debljine do 5 cm. Najveće zaleđivanje bilo je oko Benkovca. Uz morski pojas, u širini od 5 km od obale, zaleđivanje uz umjereni vjetar sa sjevero-istoka, nije bilo naročito veliko, tako da su u tom pojasu stradale uglavnom telefonske linje zbog velikih vertikalnih opterećenja.

Jače naslage leda pojavile su se na udaljenosti od oko 10 km od obale što je prouzrokovalo razaranje mreže niskog i visokog napona. Još dalje, od mora, dakle sjevernije, na udaljenosti od oko 20 km pojava leda je bila najveća, tako da se stvarao na vodičima led promjera i 10 cm. Na ovom području razaranje je bilo najjače i gotovo je uništilo 90 % svih vodova visokog i niskog napona i linije lektroveza. Najteže pogođeno područje drugo je oko 40 km i široko oko 5 km.

Prema prikupljenim podacima s terena, oštećenja i razaranja na tom području bila su ova:

DV 110 kV Šibenik — Zadar I

Na ovom vodu srušeno je 15 čelično-rešetkastih stupova, od toga 13 nosnih i 2 zatezna stupa. Oštećena su također i 2 temelja stupova.

Vodič alučel presjeka 150/25 mm² oštećen je u duljini od oko 17,5 km tj. od stupa br. 27 do br. 81.

Zaštitno uže Če II 35 mm² oštećeno je u duljini od 44 km, tj. od stupa br. 27 do br. 146.

Većina stupova je slomljena ispod donje konzole, ali ih ima koji su se srušili do temelja.

DV 110 kV Šibenik — Zadar II

Na ovom dalekovodu srušena su 94 čelična rešetkasta stupa od toga 87 nosnih i 7 zateznih. Jedan stup se nagnuo, jer je došlo do popuštanja temelja, a na 4 ostala stupa došlo je također do popuštanja temelja.

Vodiči alučel 150/25 mm² oštećeni su u duljini od 33,8 km i to od stupa br. 51 do br. 130 i od br. 138 do br. 165. Zaštitno uže Če III 50 mm² oštećeno je u istoj duljini. Osim toga na 5 stupova su iskrivljene konzole.

Kako ugrožena dionica ima 112 stupova, znači da je uništeno i oštećeno 90 % stupova.

Na oba dalekovoda vodiči su pretrpjeli velika preopterećenja, pa je zbog toga bilo potrebno izvršiti mehanička ispitivanja na uzorcima sa oba dalekovoda.

S prvog voda uzeto je 8, a sa drugog 15 uzoraka vodiča i 5 uzoraka zaštitnog užeta Če III presjeka 50 mm².

Rezultati ispitivanja nisu zadovoljili JUS standarde, naročito ne u pogledu izduženja čelične jezgre i čeličnog zaštitnog užeta.

Aluminijske žice s dalekovoda Šibenik — Zadar I zadovoljile su standard, dok žice sa dalekovoda Šibenik Zadar II nisu zadovoljile za 4 uzorka.

Čelične žice jezgre sa 7 uzoroka nisu zadovoljile standard u pogledu izduženja, a za 4 uzorka u pogledu prekida. Međutim za drugi dalekovod žice jezgre nisu zadovoljile standard za 6 uzoraka na izduženje 1 %.

Pet uzoraka čeličnog užeta sa dalekovoda Šibenik — Zadar II nisu zadovoljili standard u pogledu izduženja od 1 %.

Osim spomenutih dalekovoda bilo je razaranja i na vodu 35 kV Manojlovac — Drniš, na kojem je srušeno 5 nosnih čeličnorešetkastih stupova. Vodiči alučel 120/20 mm² oštećeni su u duljini od 11,5 km kao i zaštitno uže Če II 35 mm².

Ostali dalekovodi vlasništvo poduzeća »Elektroprenos«, koji ulaze i izlaze iz TS 110/35 kV Šibenik, imali su manja oštećenja, uglavnom prekide zaštitnih užeta.

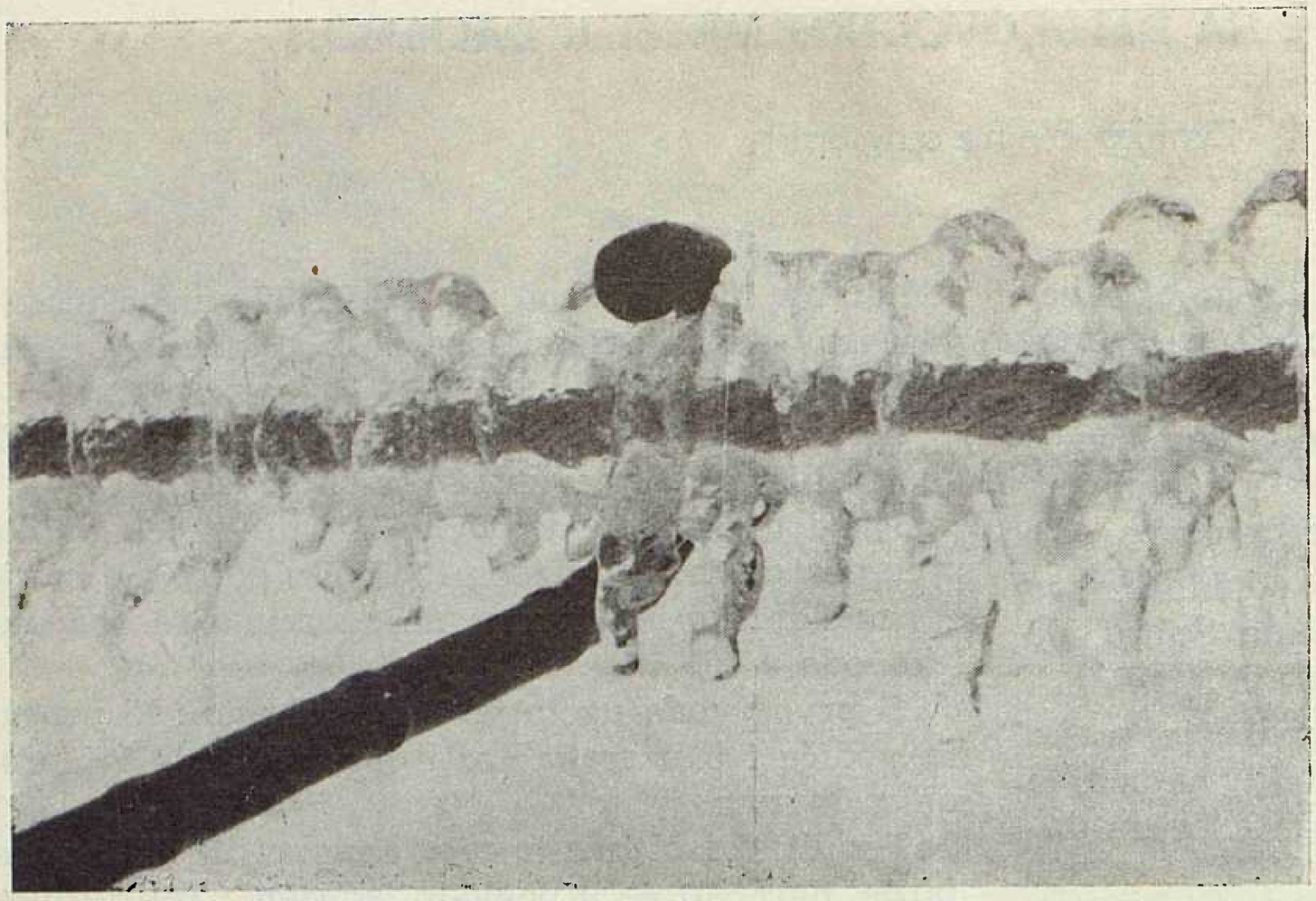
Dalekovodi koji su vezani na TS Šibenik su:

1 dalekovod 220 kV (pod naponom 10 kV)
4 dalekovoda 110 kV
8 dalekovoda 35 kV

Svi su bili u kvaru osim jednog 110 kV i 2 od 35 kV.
Ostali vodovi 35 kV na zaleđenom području bili su u kvaru. Jača oštećenja i rušenje stupova bilo je na dalekovodima Lozovac—Drniš i Lozovac—Zadar.

Na području distributivnog poduzeća »Elektra« bilo je srušeno:
1410 drvenih i 46 betonskih stupova. Mreže niskog napona su uništene 70 %, a negdje i 100 %.

Na području distributivnog poduzeća »Elektra« Zadar, razaranja su znatno manja, jer je mreža visokog i niskog napona uglavnom izvan zaleđenog područja, a ono što se nalazilo unutar granice zaleđivanja uništeno je 70 — 90 % kao i za područje »Elektre« Šibenik.



Sl. 1 Zaledeni vodič voda 110 kV Šibenik — Zadar

Štete na poljoprivrednim kulturama, uglavnom na voćkama, procijenjene su samo za teritorij općine Benkovac u iznosu od 12.421.000. —dinara.

Zaleđivanje u Dalmaciji bilo to uz more, (isključivši otoke) ili u Dalmatinskoj zagori, nije rijetka pojava, dapače prema statistici koje vodi »Elektroprenos« Split, ponavlja se češće, samo s tom razlikom što zaleđivanje obuhvaća kraće pojaseve širine do 5 km, a naslage leda nisu tako velike da dolazi do velikih oštećenja, kao što je rušenje stupova. Međutim, ovo zaleđivanje koje je obuhvatilo područje srednje Dalmacije u veličini od 2000 km² s težinom leda do 10 kg na 1 metar dužine vodiča, je stvarno nevjerojatno, i u svjetskim razmjerima zaista nezapamćena prirodna pojava, koju je vrijedno registrirati.

Sanacija dalekovoda Šibenik — Zadar I, završena je u vremenu od 5—13. I 1971, što se smatra posebnim kuriozitetom jer se po teškim vremenskim prilikama uspjelo za 12 radnih dana izraditi 24 tone konstrukcije za 15 srušenih stupova, dva temelja, sanirati 17,5 km dalekovoda, ponovo zategnuti vodiče, a da se prethodno na više mjesta spajalo i umetalo 7 tona novog alu-čelika.

Ovo se moglo završiti samo izvanrednim zalaganjem poduzeća »Dalekovod« iz Zagreba i vlasnika dalekovoda »Elektroprenosa«-Split. Ovom prilikom treba istaknuti i odati puno priznanje poduzeću »Dalekovod« koje se odmah odazvalo i svojom savršenom organizacijom, sposobnosti, raznovrsnosti stručnog kadra i dobre mehanizacije uspjelo sve to udružiti u jedan precizan mehanizam, i rezultatom takvog rada napraviti ono što se smatralo nemogućim.

Naslov pisca: Zvonko Benzon, tehničar
»Elektroprenos« Split

U Velikoj Britaniji raste broj televizora u boji

U kolovozu 1970. bilo je u Velikoj Britaniji 391 000 televizora u boji, dok je crnobijelih televizijskih prijemnika bilo 15,7 milijuna. Godišnja pretplata za televizore u boji iznosi oko 97 DM /oko 400 d/ i skoro je dva puta skuplja nego za crnobijele prijemnike. Cijena televizorima u boji se kreće između 2200 i 3500 DM /9000 do 14500 d/, ali su uvjeti za kupnju ovih aparata na kredit vrlo povoljni. Sa svega 12 DM otplate tjedno mogu se kupiti najbolji tipovi, zato i broj televizijskih prijemnika u boji stalno raste.

(ETZ-B, 23 (1971) H. 2)

J. M.

Nova termoelektrana u Južnoj Koreji

Kod Honama, 600 km južno od Seula, izgrađena je termoelektrana sa dva agregata od 300 MW. Na taj način povećan je kapacitet elektrana za više od jedne trećine.

(ETZ-B, 23 (1971) H. 2)

J. M.

Austrija gradi nuklearnu elektranu

Elektroprivreda Austrije u zajednici sa sedam regionalnih poduzeća, odlučila je izgraditi nuklearnu elektranu u Zwentendorfu, 40 km južnije od Beča. Ova odluka je donijeta nakon mnogo studija, a još nedavno se mislilo da nuklearnu elektranu ne bi trebalo graditi zbog velikih troškova i zbog mogućnosti da se iskoristi još dosta veliki neiskorišteni hidropotencijal Austrije. Izgradnja 700 MW nuklearne elektrane povjerena je Kraftwerk Unionu iz SR Njemačke. Početak radova je zakazan za proljeće 1972, a puštanje u pogon 1976. godine. Ova elektrana će stajati preko 80 milijuna dolara.

(EI, V. 71)
(EI = Energy International)

J M.

Udvostručenje snage u Donbasu

Donski energetski bazen, DONBAS, je jedan od najvećih energetskih prostora u SSSR-u. Predviđa se da će se snaga u ovom bazenu u toku slijedećih pet godina udvostručiti. Izgradit će se tri nove elektrane s instaliranom snagom većom od 7000 MW. Polovina ove snage bit će u elektrani što se gradi u Uglogorsku, s generatorima od 300 i 800 MW.

Izgradit će se i nova mreža dalekovoda. Najvažniji predviđeni objekt je 750 kV dalekovod koji će povezivati Donbas sa zapadnom Ukrajinom i susjednim socijalističkim zemljama, ČSSR i Mađarskom.

(EI, svibanj 1971.)

J. M.

Kanada planira izgraditi postrojenje za obogaćenje uranove rudače

British Newfoundland Corp. je zatražila od kanadske vlade dozvolu za izgradnju postrojenja za obogaćivanje uranove rudače. Predviđa se da će zato trebati oko 950 milijuna dolara, i da će izgradnja trajati oko osam godina. Lokacija još nije izabrana. Za ovo postrojenje treba osigurati 2000 MW snage u elektranama. Za izgradnju ovog kanadskog postrojenja zainteresirane su mnogo države, posebno Japan, koje žele učestvovati u financiranju i gradnji. Osim ove kompanije ovo postrojenje bi željela graditi još neka kanadska poduzeća.

(EI, svibanj 1971.)

J. M.

Izvoz zemnog plina iz Australije

Australija je započela pregovore o izvozu svog zemnog plina. Za izvoz su zainteresirani japanci, koji uvoze plin iz mnogih zemalja u Aziji (Kuvaita, Ist Pakistana i sl.). Osim toga u Australiji žele nabavljati plin Singapur, Filipini, Hong Kong i Formoza. Plinovod je podignuto do luke Adelaida, gdje je je izgrađeno postrojenje za obradu i punjenje plina u posebne brodove, tankere.

(EI, svibanj 1971.)

J. M.

Južna Koreja gradi nuklearnu elektranu

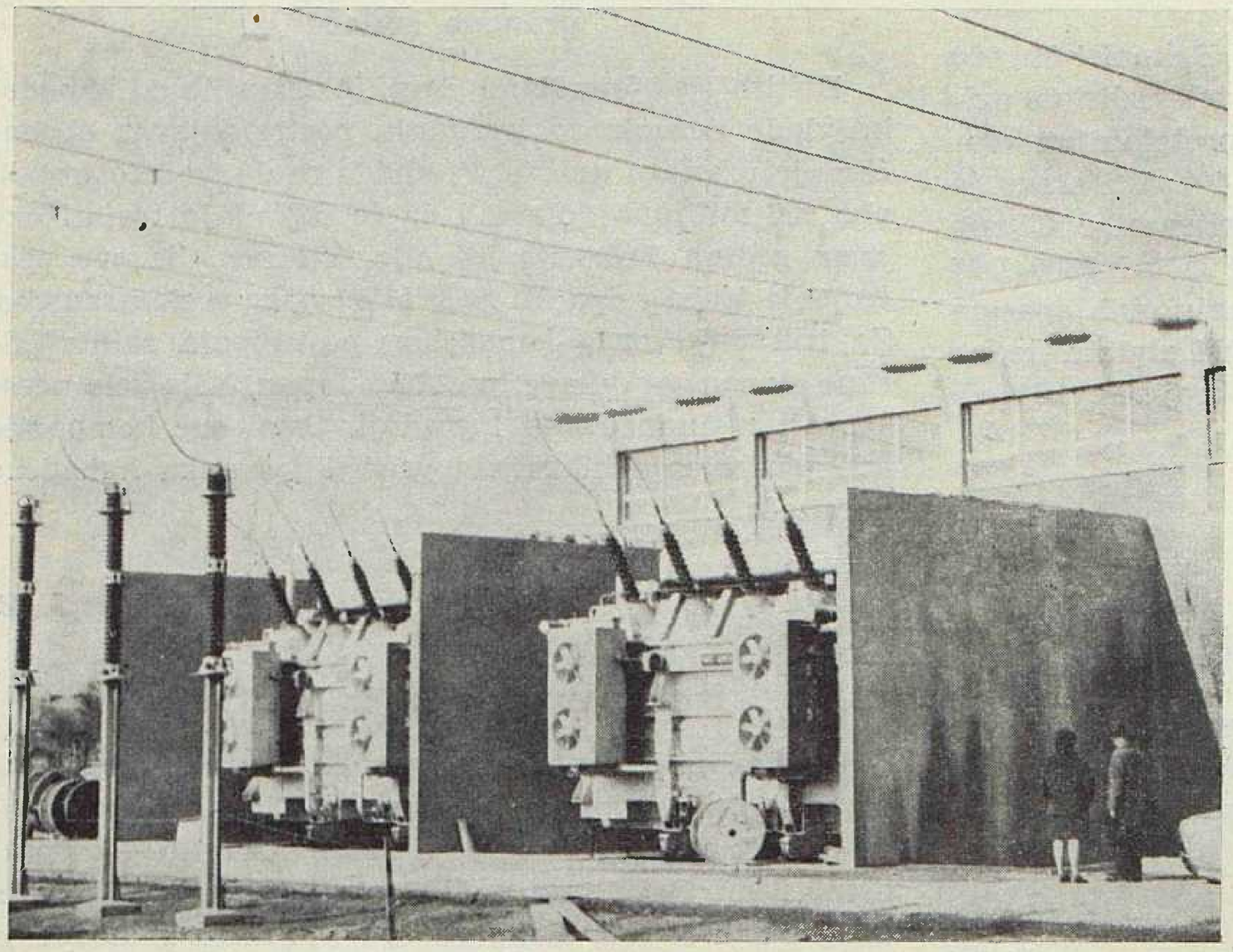
Predsjednik Južne Koreje general Park položio je kamen temeljac za nuklearnu elektranu što je u Južnoj Koreji gradi američko poduzeće Westighouse. Ova nuklearna elektrana se gradi oko 400 km jugoistočno od grada Seula u mjestu Ko Ri.
Nuklearni reaktor će imati snagu od 595 MW. Izgradja će biti završena krajem 1975. Specifična stopa porasta potrošnje kretala se posljednjih godina oko 22 %. Tokom izgradnje ove nuklearne elektrane bit će uposleno oko 2000 radnika.

(EI, svibanj 1971.)

Stanje elektroprivrede u Hong Kongu

Tokom 1970. godine prodalo je distributivno poduzeće Hong Konga, China Light and Power Co. 3154 TWh, 14 % električne energije više nego 1969. Interesantno je da je stopa porasta iz 1968. u 1969. iznosila 19 %. Ukupna proizvodnja električne energije u ovom velikom lučkom gradu dalekog Istoka iznosila je 3,6 TWh. Vrčno opterećenje se povečalo za 15 % i iznosi 709 MW.

Dva najznačajnija izvora energije su termoelektrane Tsing Yi »A« i »B«. Elektrana »A« je ove godine povećana trećim i četvrtim agregatom od 120 MW, a stanica »B« će na kraju izgradnje imati četiri agregata od 200 MW, dok su sada u pogonu samo dva.



Sl. 1 Učinski transformatori »R. Končar« od 60 MVA u TS Jarun

TRANSFORMATORSKA STANICA 110/35/10 kV JARUN U POGONU

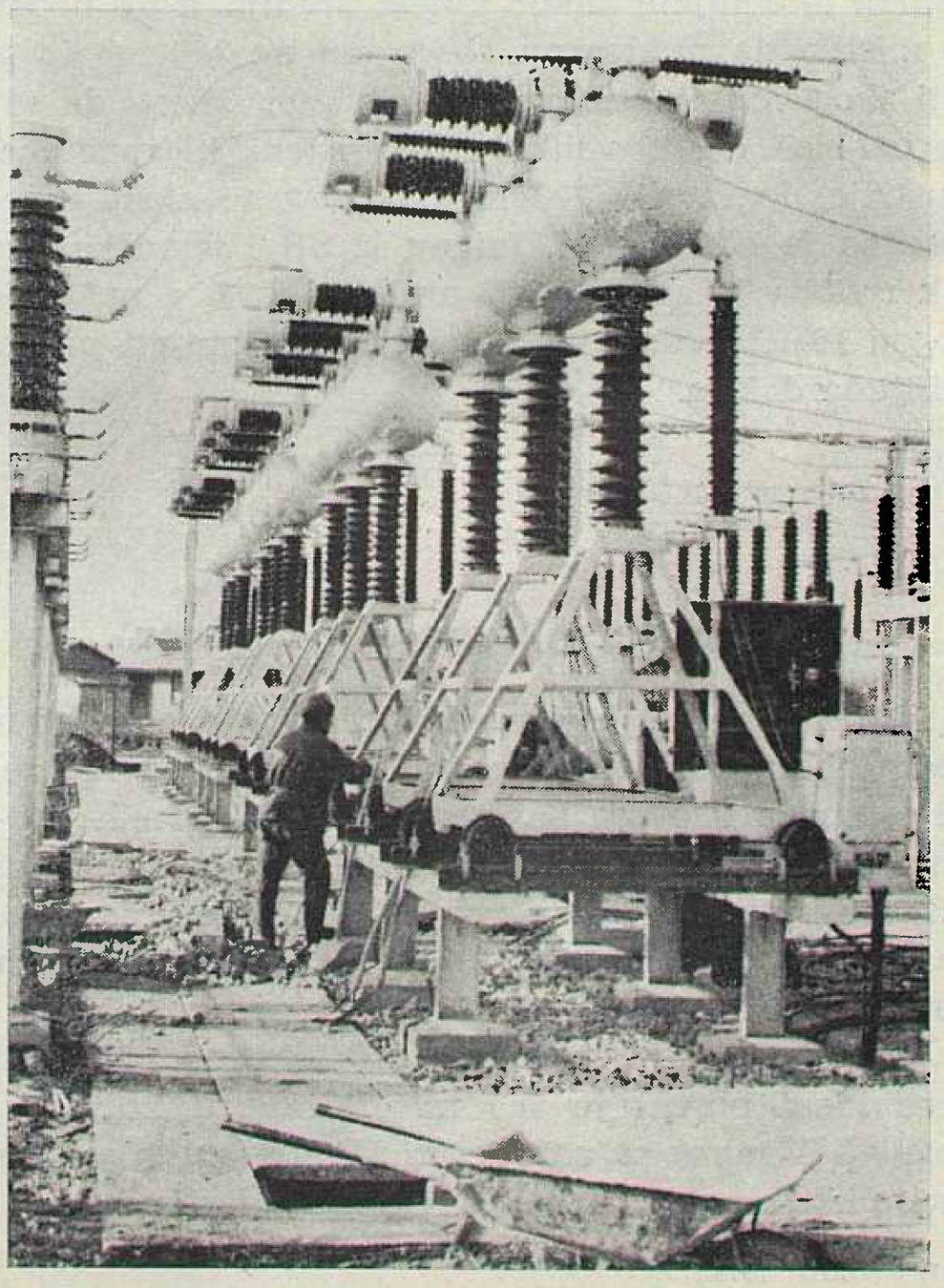
Konzum zapadnog područja grada Zagreba je u stalnom porastu, osobito posljednijih godina, nakon intenzivne stambene izgradnje i proširenja industrijskih objekata. Postojeći prijenosni kapaciteti ne mogu pokrivati stvarne potrebe potrošača.

Uglavnom se ovo područje opskrubljuje električnom energijom dalekovodom 30 kV iz TS 110/30 kV Rakitje i Klara, što predstavlja danas usko grlo. Osim toga opskrba se vrši iz centralne TS 30/10/5 kV u staroj Elektrani.

S obzirom na povećanu potrošnju i stvaranje veće sigurnosti u opskrbi kvalitetnom energijom, nametnula se potreba hitne izgradnje nove pojne točke 110 kV u zapadnom dijelu grada.

Osim tanice planom je obuhvaćena također izgradnja dalekovoda 110 kV Rakitje—Jarun, oko 12,2 km. Radovi na gradnji ovog dalekovoda završeni su krajem prošle godine. Gradnja TS 110/35/10 kV Jarun otpočela je u srpnju 1969. na lokaciji oko 800 m sjeverno od Save i zapadno od potoka Črnomerca. Početkom veljače ove godine stanica je stavljena u pogon.

U vezi s ulaganjem u ova elektroenergetska postrojenja dogovoreno je da poduzeće »Elektroprenos« bude investitor i vlasnik postrojenja 110 kV, a da postrojenja 35 i 10 kV pripadaju distributivnom poduzeću »Elektra«, Zagreb.



Sl. 2 TS Jarun, 110 kV postrojenje

Transformatorska stanica Jarun u prvoj etapi izgradnje ima dvije transformatorske jedinice 110/30 kV po 60 MVA, a u konačnoj izgradnji raspolagat će s tri transformatora ukupne snage transformacije 180 MVA.

Transformatorska stanica u Jarunu vezana je dvostrukim vodom 10 kV TS Jarun-TS Rakitje na TS 110/30 kV Rakitje. Postrojenje 35 kV u TS Jarun povezano je kabelom na uklopnu transformatorsku stanicu VIII, Selska cesta i uklopnu stanicu IX, Zagorska ulica.

Opremu za postrojenje 110 kV uglavnom su isporučili domaći proizvođači, a samo jedan dio specijalnih uređaja nabavljen je iz uvoza. Novosagrađena transformatorska stanica u Jarunu bit će bez posade, jer će se upravljanje, regulacija i mjerenje objavljati pomoću specijalnih uređaja za daljinsko upravljanje. Uređajima postrojenja 110 kV i transformacijom 110/35/10 kV upravljat će se iz TS 110/30 kV Rakitje, a uređajima postrojenja 35 i 10 kV iz centra »Elektre«.

Projektiranje stanice izvršili su stručnjaci poduzeća »Elektroprojekt«. Montažne radove vanjskog postrojenja 110 kV izvelo je poduzeće »Hidromontaža« iz Maribora. Montažu unutarnjeg postronjenja 35 i 10 kV izvele su stručne ekipe poduzeća »Elektroprenos«.
Za kompletnu izgradnju ove nove transformatorske stanice uloženo je oko 16,5 milijuna novih dinara.

Puštanjem u pogon ovog elektroenergetskog objekta uveliko će se poboljšati opskrbna situacija potrošača električne energije u zapadnom dijelu grada Zagreba.

U programu je da se još u toku ove godine pristupi radovima druge etape izgradnje TS 110/35/10 kV Jarun. *I.R.*

Plan priprema za izgradnju nuklearne elektrane

Nakon izabrane lokacije za izgradnju prve jugoslavenske nuklearne elektrane na lijevoj obali Save, tri kilometra od Krškog, pristupilo se izradi programa za izgradnju elektrane. Kao što je poznato odluku o gradnji nuklearne elektrane u Krškom, instalirane snage 600 MV, zajednički su donijele SR Hrvatska i Slovenija.

U investicijama će učestvovati svaka republika s 50 %, a proizvodnja će se dijeliti na dva jednaka dijela. U stručnoj radnoj grupi što ju je imenovalo Izvršno vijeće SR Hrvatske i Izvršno vijeće Slovenije, sudjelovali su: iz SR Hrvatske Ivo Božić, dipl. ing., dr Danilo Feretić, dipl. ing., Marko Jurišić, pravnik i Franjo Kovač, dipl. ecc. Za sada su izrađeni: Ugovor o pripremi izgradnje NE Krško i Razrada financijskog plana.

Industrijski biro poduzeća »Elektroprojekt« u Ljubljani pripremio je dokumentaciju za licitaciju u suglasnosti s predstavnicima investitora: Savske elektrane, TE Šoštanj i »Elektroprivrede« iz Zagreba. Budući da »Elektroprojekt« nije imao dovoljno iskustva u projektiranju atomske elektrane, angažirani su predstavnici londonske tvrtke Burmot kao konzultanti pri kontroli specifikacija. Engleski stručnjaci su ocijenili da je specifikacija solidno pripremljena, i da se može raspisati međunarodna licitacija.

Prva naša nuklearna elektrana treba ući u pogon u drugoj polovini 1977. *I. R.*

Gradnja naftovoda i termoelektrane u Bakru

Između INE i Privredne banke, Zagreb, postignut je sporazum o izgradnji naftovoda Bakar—Sisak—mađarska granica, i voda Sisak—Bosanski Brod. Predloženi magistralni naftovodi bit će kreditirani s oko 600 milijuna dinara. U realazaciji toga plana treba isktaknuti, da je i mađarska vlada zainteresirana za građu magistralnih naftovoda, kao i za gradnju naftovoda Bakar—Sisak—mađarska granica, pa je spremna da sudjeluje financiranju izgradnje.

U ovoj godini počet će radovi na gradnji naftovoda Bakar—Sisak kojemu je trasa već obilježena. Istovremeno će otpočeti i radovi na izgradnji termoelektrane Urinj, kod Bakra. Ova termoelektrana koristit će kao pogonsko gorivo otpadne plinove rafinerije nafte Urinje. U planu je i gradnja koksare u Bakru.

Sva tri postrojenja ušla su u ovogodišnji društveno-ekonomski razvoj Rijeke.

I. R.

Potreba za gradnjom elektrane u Vojvodini

Distributivno poduzeće »Elektrovojvodina« iz Novog Sada predložilo je Pokrajinskom izvršnom vijeću, da se u planu razvoja predvidi izgradja elektrane u Vojvodini. Budući da na tom područ ju nema uvjeta za gradnju hidroelektrane a ni termoelektrane na ugljen, predloženo je da to bude termoelektrana na plin, ili nuklearna elektrana.

Vojoodina danas konzumira jednu desetinu ukupne jugoslavenske potrošnje, a to je veća količina nego što je ima područje SR Makedonije ili Crne Gore.

Konzum Vojvodine zavisi isključivo o opskrbi iz drugih proizvodnih područja električne energije, pa potrošači smatraju da postoji ekonomsko opravdanje za izgradnju vlastite elektrane.

Za 1975. u Vojvodini se planira potrošnja 4 milijuna kWh. Prema stavu disrtibutivnog poduzeća »Elektrovojvodina« vlastita elektrana trebala bi pokriti najmanje polovinu ove potrošnje.

I. R.

Program izgradnje elektrana u Dalmaciji

Izvršno vijeće Sabora SR Hrvatske predložilo je privrednim organizacijama Dalmacije da u ovoj godini izdvoje i oroče 4 % svih investicionih ulaganja, kako bi se HE Orlovac završila što prije, a najkasnije do polovine 1972. Glavni radovi na objektima koji će se izvesti ove godine bit će injekcione zavjese, nizvodne i postrane pregrade, dovodni kanali i tuneli, tlačni cjevovod, strojarnica i građevni dio rasklopnog postrojenja.

Osim izgradnje HE Orlovac usvojen je program izgradnje koji će se realizirati do 1975. Tim su programom obuhvaćene sljedeće elektrane: Hidroelektrana Zakučac II s instaliranom snagom od 216 MW i prosječnom godišnjom proizvodnjom od 272 GWh i hidroelektrana Đale, 42 MW i godišnjim proizvodnim kapacitetom od 167 GWh.

Za ove elektrane je u planu i i zgradnja odgovarajućih prijenosnih postrojenja.

Elektroprivreda Dalmacije ima također u planu izgradnju jedne termoelektrane, snage 250 MW. Njena lokacija bit će na području SR Bosne i Hercegovine ili SR Srbije. Konačna odluka o izobru lokacije donijet će se nakon dogovora s elektroprivredom spomenutih republika.

Za realizaciju ovoga programa potrebne su investicije u iznosu od oko 1390 milijuna novih dinara. Privredne organizacije Dalmacije prihvatile su iznijeti prijedlog o izgradnji ovih elektrana.

Ukoliko se osiguraju financijska sredstva u razdoblju do 1975. dolazi u obzir i izgradnja hidroelektrane Obrovac, instalirane snage 78 MW i prosječne godišnje proizvodnje od 337 GWh. *I. R.*

Nova hala za izradu konstrukcija poduzeća Dalekovod

U pogonu poduzeća »Dalekoood« na Žitnjaku počela je proizvodnja u novoj hali za izradu čeličnih konstrukcija. Njenom izgradnjom znatno će se povećati proizvodni kapacitet čeličnih konstrukcija raznih vrsti.

Nova hala izgrađena je od čelično-rešetkastih konstrukcija, proizvodnje »Željezare« Sisak, sa stjenama od siporeks ploča od čega je izveden i krov. Dimenzije hala su: dužina 64 m, širina 16 m i visina 9 m, što je dovoljno za rad 25 ljudi u jednoj smjeni. Ugrađena je i kranska staza s pokretnom dizalicom nosivosti pet tona. Hala je opremljena svim potrebnim suvremenim strojevima za izradu i najsloženijih kostrukcija.

Zagrijavanje je provedeno toplim zrakom na principu kalorifera, a problem ventilacije riješit će se u toku godine. *I. R.*

Osnovan konzorcij za izgradnju nuklearne elektrane

Nakon odluke Republičkih vijeća SR Hrvatske i SR Slovenije o zajedničkoj izgradnji prve domaće nuklearne elektrane u Videm Krškom, nedavno je osnovan i konzorcij za izgradnju elektrane. Potpisan je ugovor o osnivanju konzorcija u koji su ušla po četiri poduzeća iz Hrvatske i Slovenije iz grupe strojogradnje, elektroindustrije i građevinarstva. Članovi konzorcija su:

Tvornica »Rade Končar« i »Hidroelektra« oba iz Zagreba, te poduzeće »Đuro Đaković« i »Jugoturbina«, zatim »Litostroj« i »Gradis« iz Ljubljane i »Hidromontaža« i »Metalna« iz Maribora. Vjerojatno će se kasnije učlaniti u konzorcij i elektroprojektne organizacije koje su već osnovale grupe za projektiranje nuklearnih postrojenja.

Članovi konzorcija pored zajedničke poslovno-tehničke suradnje u području izgradnje nuklearnih postrojenja, jedinstveno će nastupati na domaćem i stranom tržištu bez posredovanja drugih organizacija.

Sudeći po današnjim proizvodnim i razvojnim kapacitetima očekuje se da će članovi konzorcija zajedničkim nastupom uspjeti proizvesti i projektirati dobar dio opreme za našu prvu nuklearnu elektranu. Osim toga postoje vrlo povoljni uvjeti zajedničke suradnje s inozemnim partnerima.

I. R.

»D A L E K O V O D«

ELEKTROPRIVREDNO PODUZEĆE ZA PROJEKTIRANJE, PROIZVODNJU, GRADNJU I MONTAŽU

ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 37

PROJEKTIRA

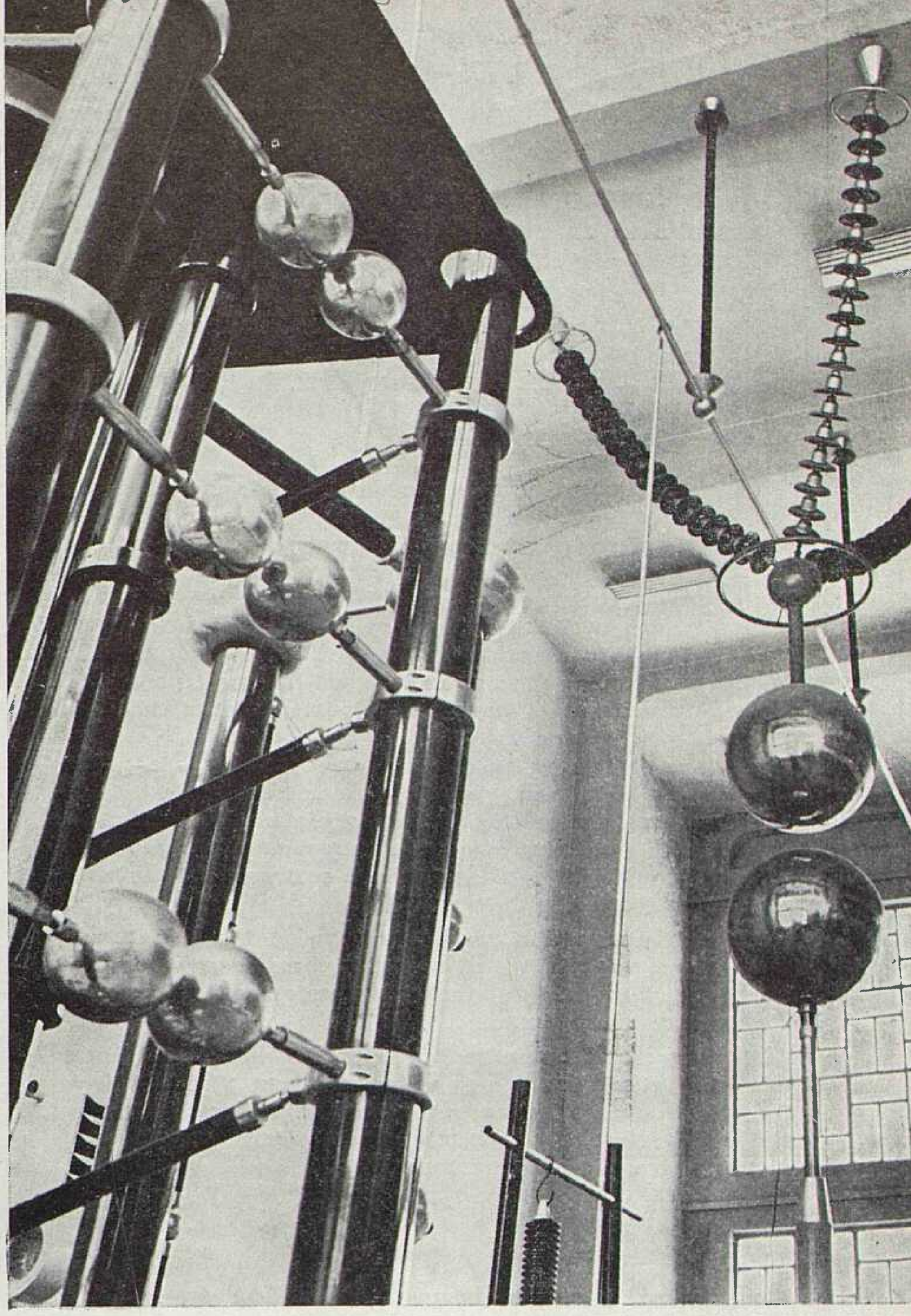
PROIZVODI

GRADI I MONTIRA

Raspolaže uređajem za polaganje podmorskog kabela smještenog na peniši (brod).

Tome pripadaju i pomoćni uređaji za utovar kabela u vagon i pretovar na brod.

IZVODI SVE RADOVE U ZEMLJI I INOZEMSTVU



RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U 1970.

Institut za elektroprivredu u Zagrebu osnovan je 1953. sa zadatkom da znanstveno obrađuje probleme iz područja elektroprivrede i ostale energetike. Svojim razvojem i afirmacijom Institut je postao nosilac obrade važnih problema jugoslavenske elektroprivrede i energetike uopće. Naročito treba istaknuti aktivnost Instituta na znanstvenim istraživanjima metoda bilanciranja energetskih sistema uspoređivanjem vrijednosti elektrana i stalni rad na studiji pespektivnog razvoja jugoslavenske mreže visokog i najvišeg napona. Svoju djelatnost obavlja Institut u suradnji s elektrotehničkim institutima u Beogradu i Ljubljani, podjelom rada u skladu sa specifičnostima pojedinih instituta.

Institut je osim uže problematike elektroprivrede, kao povezanog tehničkog i ekonomskog sistema, razvio rad i na tehnološkim elementima termoenergetike, zatim u tehnici visokog napona, te u području električkih pojačala za specijalne svrhe. U pojedinim specijalnostima ovih područja Institut je vodeća ustanova u zemlji.

Institut je stručno znanstvena organizacija koja posluje po privrednim principima. Znanstveno istraživački rad se obnavlja prema unutarnjoj organizaciji, u devet posbenih grupa, od kojih svaka ima svoj zaokruženi djelokrug rada.

Studijske i laboratorijske grupe imaju kadar s dugogodišnjim iskustvom u struci i višegodišnjim stažom u svojoj radnoj grupi u Institutu.

Kao suradnici djeluju također i priznati stručnjaci izvan Instituta, među kojima i nekoliko istaknutih sveučilišnih profesora.

Studijske i laboratorijske grupe Instituta su:

1 Studijska grupa za elektroenergetske sisteme
2 Studijska grupa za prijenosne mreže
3 Studijska grupa za distributivne mreže
4 Studijska grupa za ekonomiku elektroprivrede
5 Studijska grupa za opću energetiku
6 Studijska grupa za termoenergetske sisteme
7 Laboratorij za toplinska mjerenja
8 Laboratorij za visoki napon i jaku struju
9 Laboratorij za elektroniku
10 Dokumentacija, izdavačka djelatnost, propaganda

U daljnjem tekstu su prikazani važniji radovi iz djelovanja pojedinih grupa u 1970. godini.

Sigurnost opskrbe potrošača s obzirom na sposobnost za pogon dijela elektroenergetskog sistema

Naručilac: Udružena elektroprivreda SR Hrvatske, Zagreb
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Petar *Bodlović*, dipl. ing.
Završeno u siječnju 1970.

U studiji je prikazana metoda za određivanje sigurnosti u pojedinim čvorištima mreže. Metodom se može analizirati sigurnost opskrbljenosti potrošača u već izgrađenom sistemu, mogu se odrediti najkritičnija mjesta u mreži, kao i analizirati sigurnost snabdijevanja potrošača u budućnosti. Opisana metoda uzima u obzir kvalitetu svih dijelova elektrana, veličinu agregata u elektranama, broj vodova i broj transformatora u mreži, te povezanost dijelova sistema i prijenosnih kapaciteta vodova što povezuju pojedina čvorišta, kao i sigurnost svih dijelova sistema.

Metoda se temelji na analizi vjerojatnosti ispada pojedinih elemenata sistema, vezanih paralelno ili serijski. Zatim uzima u obzir snage raspoložive potrošačima. U nekim slučajevima nije dovoljno imati u elektranama raspoloživu snagu, nego treba postojati i mogućnost prijenosa i transformacije do potrošača.

Sekcesivnim uključivanjem sve većeg broja elemenata ne gubi se na točnosti ni za veliki broj čvorova i grana mreže, zahvaljujući grupiranjima vjerojatnosti po području snaga nakon svakog kvara.

Metodom se mogu odrediti prilike u čvorovima mreže za bilo koje stanje izgradnje, zatim se mogu vidjeti utjecaji izgradnje novih agregata s obzirom na njihovu lokaciju i veličinu, opravdanost izgradnje novih vodova, udvostručenje nekih vodova, broj transformatora itd.

Opseg: 35 strana, 47 tablica i 27 slika

Analiza boniteta izvora električne energije u elektroenergetskom sistemu Dalmacije

Naručilac: »Elektroprivreda Dalmacije« — Split
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Božo *Udovičić*, dipl. ing.
Završeno u veljači 1970.

Za nekoliko varijanti izgradnje elektrana za 1975. i 1977. godinu načinjena je moguća proizvodnja hidroelektrana za doba više i niže tarife. Isto tako su načinjene i potrebe konzuma, a na osnovi tih podataka i elektroenergetske bilance po tarifama. Pored elektroenergetskih bilanci načinjene su mogućnosti izvoza i potrebe uvoza po tarifama. Uz pretpostavljne cijne dobiveni su i financijski efekti takve bilance.

Opseg: 27 strana i 1 slika.

Uklapanje TE Sisak II u elektroenergetski sistem

Naručilac: »Elektroprivreda« — Zagreb
Autor: Božo *Udovičić*, dipl. ing.
Završeno u veljači 1970.

U elaboratu su pokazane mogućnosti uklapanja druge etape TE Sisak u elektroenergetski sistem. Druga etapa TE Sisak predviđena je s različitim tehničkim minimumima i veličinama izgradnje. Uz pretpostavljene izvore koji bi se gradili na zapadu Jugoslavije uz TE Sisak II, provedene su analize uklapanja TE Sisak II u elektroenergetski sistem regije Zagreb, zatim u elektroenergetski sistem SR Hrvatske i u sistem SR Hrvatske i SR Slovenije. Pored izvora za pokrivanje konzuma predviđenih studijom, analize su se provele uz pretpostavku da će se sve što nedostaje sistemu moći osigurati iz drugih područja, uz određenu cijenu.

Opseg: 35 strana.

Redoslijed izgradnje elektrana u elektroenergetskoj regiji Zagreb

Naručilac: »Elektroprivreda« — Zagreb
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Božo *Udovičić*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1970.

U studiji je provedena energetsko-ekonomska analiza daljnje izgradnje elektrana u elektroenergetskoj regiji Zagreb. Analizirane su mogućnosti izgradnje hidroelektrana, i klasičnih i nuklearnih termoelektrana radi određivanja najpovoljnije strukture i redoslijeda izgradnje, kao i optimalno vrijeme izgradnje pojedinih elektrana.

Analiza je provedena za dva kriterija: kriterij minimalnih specifičnih troškova po kWh i kriterij minimalnih aktualiziranih troškova po kWh. Provedene analize daju različite rezultate. Ako se računa s aktualiziranim troškovima ima opravdanja da se pored termoelektrana izgrade i neke hidroelektrane. Računanje s aktualiziranim troškovima provedeno je za dva vijeka trajanja termoelektrane (20 i 25 godina), a za hidroelektrane u oba slučaja trajanje od 40 godina.

Opseg: 120 strana.

Studija optimalne strukture izgradnje nuklearnih i drugih energetskih objekata u zapadnom dijelu SFR Jugoslavije (do 1985. godine)

Naručilac: Savezni fond za financiranje naučnih djelatnosti Beograd
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Božo *Udovičić*, dipl. ing., Petar *Bodlović*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1970.

Svrha studije je bila da razmotri mogućnost opskrbe potrošača električnom energijom na području SR Slovenije i SR Hrvatske, ne ograničavajući se samo na mogućnosti gradnje izvora na tom području. U analizi su se, pored izvora na području Zapada, uzeli u razmatranje i izvori iz ostalih područja Jugoslavije.

Izbor objekata za podmirenje potrošnje u godinama do 1985. izvršen je metodom linearnog programiranja uz postizanje minimalnih troškova u sistemu.

Rezultati studije govore o tome, da će na Zapadu znatno više i brše trebati graditi nuklearne elektrane nego što se do sada mislilo. Udio nuklearnih elektrana u podmirenju potreba znatno će rasti, dok će se udio klasičnih termoelektrana smanjivati.

Opseg: 111 strana teksta i 13 slika.

Raspodjela prihoda u elektroenergetskom sistemu Bosne i Hercegovine u 1970. godini

Naručilac: »Elektroprenos« — Sarajevo
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Božo *Udovičić*, dipl. ing., Mr. Juraj *Keglević*, dipl. ing.
Završeno u svibnju 1970.

U prvom dijelu studije ukratko je prikazana metoda određivanja energetskih vrijednosti elektrana i prijenosa, prema kojima se vrši raspodjela prihoda; navedeni su polazni podaci i opisana metoda korištenja akumulacija po kriteriju optimizacije sistema.

Nakon toga su određene prosječne energetske vrijednosti termoelektrana i grupa hidroelektrana, jedanput da j HE Rama u pogonu kroz cijelu godinu, a drugi put da je izvan pogona u razdoblju od II do V mjseca.

Osim prosječnih energetskih vrijednosti određene su, uz navedene dvije pretpostavke za HE Ramu, energetske vrijednosti elektrana u pojedinim hidrološkim godinama, tj. za različite vjerojatnosti moguće proizvodnje hidroelektrana.

Na kraju studije je naveden pregled energetskih vrijednosti elektrana i raspodjele prihoda u sistemu za sve promatrane slučajeve.

Opseg: 95 strana i 2 slike.

Energetsko-ekonomski odnosi velikih potrošača i Udružene elektroprivrede u narednom periodu s prijedlogom konkretnih mjera

Naručilac: Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Božo *Udovičić*, dipl. ing., Petar *Bodlović*, dipl. ing., Slavko *Alerić*, dipl. ing.
Završeno u rujnu 1970.

Na početku studije najprije su definirani veliki potrošači pa su prikupljeni svi potrebni podaci za obradu studije (osnovni podaci o velikim potrošačima, trajanje remonta i njihovi troškovi, proporcionalni troškovi i štete zbog obustave peći itd.).

Nakon sređivanja potrebnih podataka razrađena je metoda (i po toj metodi načinjen program za elektroničko računalo) za određivanje optimalnog rasporeda remonta velikih potrošača. Određen je redoslijed potrošačkih jedinica i raspored remonta.

Provedene su analize u elektroenergetskom sistemu uz optimalni raspored remonta, a na osnovi takvog rasporeda remonata pretpostavljen je tzv. planirani remont, a na osnovu njega provedene analize u elektroenergetskom sistemu. Nakon provedenih analiza za optimalni i planirani remont velikih potrošača načinjena je usporedba dobivenih analiza u pogledu: redukcija velikih potrošača, šteta zbog redukcija, vjerojatnosti pojave redukcija i troškova i šteta u sistemu.

U studiji je analiziran i zahtjev za potpuno osiguranje svih potrošača, a zatim i potpuna opskrbljenost velikih potrošača. Osim toga je analiziran i utjecaj povećanja proizvodnih kapaciteta potrošača na njihovu opskrbljenost i na prilike u sistemu. Analize su provedene tako, da se jednom postigne prosječna godišnja proizvodnja u tridesetogodišnjem razdoblju, a drugiput u sušnom desetogodišnjem razdoblju.

Na kraju studije navedeni su zaključci i prijedlozi za reguliranje međusobnih odnosa elektroprivrede i velikih potrošača.

Opseg: 230 strana i 2 slike.

Energetske karakteristike HE Grabovica i HE Salakovac

Naručilac: »Hidroelektrane na Neretvi« — Mostar
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Mr. Juraj *Keglević*, dipl. ing., Božo *Udovičić*, dipl. ing.
Završeno u rujnu 1970.

Za konzum elektroenergetskog sistema Bosne i Hercegovine od 13.500 GWh, uz pretpostavku da je izgrađena druga etapa hidroelektrana na Trebišnjici, iznesene su elektroenergetske analize i karakteristike HE Grabovica i HE Salakovac za tri karakteristična stanja izgradnje i korištenja akumulacija na Neretvi:

a) uz protočno korištenje voda
b) uz korištenje akumulacija HE Rama i Jablanica
c) uz korištenje akumulacija HE Rama, HE Jablanica, te akumulacija HE Ulog i HE Konjic.

Rezultati svih analiza navedeni su u studiji, a iz tih rezultata vidljivi su utjecaji akumulacija na nizvodne hidroelektrane (HE Grabovica i HE Salakovac).

Opseg: 110 strana, 14 tablica i 20 slika.

Utjecaj veličine agregata na sigurnost opskrbe potrošača u zapadnom dijelu Jugoslavije (I dio)

Naručilac: Udružena elektroprivreda SR Hrvatske, Zagreb
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Petar *Bodlović*, dipl. ing., Božo *Udovičić*, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1970.

U dosadašnjim analizama elektroenergetskog sistema zapadnog dijela Jugoslavije pokazuje se potreba za izgradnjom nuklearne elektrane. Kod izbora nuklearne elektrane postavlja se pitanje s kojom snagom agregata ići u izgradnju nuklearne elektrane. Veći agregat ima manje specifične investicije i manje troškove goriva, ali traži veću rotirajuću rezervu, što dovodi do veće izgradnje elektrana u sistemu zbog ispada velikog agregata i njegova remonta. Negativna strana velikog agregata očituje se i u povećanju preljeva zbog rotirajuće rezerve, što opet utječe na proizvodnju termoelektrana.

U ovoj studiji (I Dio) obrađeni su utjecaji veličine agregata na potrebu izgradnje elektrana, ne uzimajući u obzir utjecaje mreže što izaziva veliki agregat.

Opseg: 65 strana.

STUDIJ PRIJENOSNIH MREŽA

Prenaponska zaštita transformatorskog postrojenja 110/35 kV Krasica

Naručilac: »Elektroprivreda«, Rijeka
Autor: Ivo *Hrs*, dipl. ing.
Završeno u veljači 1970.

U studiji je analiziran mogući nivo prenaponskih smetnji u pojedinim dijelovima TS 110/35 kV Krasica, pa su predložene odgovarajuće zaštitne mjere.

Najprije je detaljno razrađena prenaponska zaštita najvažnijeg objekta u postrojenju, transformatora 110/35/10 kV. U okviru te razrade predložene su mjere zaštite svih namotaja transformatora, te zvjezdišta primarnog i sekundarnog namotaja. Nadalje je analizirano u kojoj mjeri je zaštitom 110 kV namotaja transformatora postignuta i zaštita ostalih 110 kV aparata u postrojenju, pa su predložene manje dopune zaštite radi što veće sigurnosti čitavog 110 kV dijela TS.

Analogno tome istraživala se i potreba dodatne zaštite ostalih 35 kV aparata, pa se, za razliku od 110 kV dijela postrojenja, pokazala nužnost opsežnije dodatne prenaponske zaštite.

Opseg: 21 strana, 9 tablica, 5 slika.

Načela prenaponske i relejne zaštite mreže 110 kV na otocima Krk, Cres i Lošinj

Naručilac: »Elektroprivreda Dalmacije«, Split
Autori: Ivo *Hrs*, dipl. ing. i Željko *Zlatar*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1970.

U studiji su obrađena načela prenaponske i relejne zaštite buduće 110 kV mreže na Kvarnerskim otocima, i prilagođena radnim uvjetima mreže, prije svega konfiguraciji transformatorskih stanica, vodova i kabela, a osim toga relativno loše vodljivom tlu i visokom, izokerauničkom nivou na području mreže.

U prvom poglavlju je, razrađena prenaponska zaštita transformatora 110/35/10 kV, i u tom su okviru predložene mjere zaštite svih namotaja transformatora, zvjezdišta primarnog i sekundarnog namotaja.

U drugom poglavlju je analizirano u kojoj mjeri je zaštitom 110 kV namotaja transformatora postignuta i zaštita ostalih 110 kV aparata u postrojenjima, pa su predložene dopune zaštite da bi se postigla zadovoljavajuća pogonska sigurnost čitavog 110 kV dijela postrojenja. Analogno tome, u trećem poglavlju je istraživana potreba dodatne zaštite 35 kV dijela postrojenja.

Četvrto poglavlje daje smjernice za prenaponsku zaštitu kabelskih dijelova promatrane 110 kV mreže.

U petom poglavlju prikazani su zahtjevi na uzemljivače TS za odvođenje impulsnih struja, što se u postrojenju pojavljuju prilikom direktnog udara groma u gromobransku zaštitu, ili prilikom prorade odvodnika prenapona.

Konačno, u šestom poglavlju je izabrana relejna zaštita za promatranu mrežu, imajući pri tome u vidu etapni razvoj mreže.

Opseg: 32 strane, 11 tablica, 9 slika.

Načela prenaponske zaštite 110 kV i 220 kV transformatorskih postrojenja odvodnicima prenapona

Naručilac: »Elektroprenos«, Split
Autor: Ivo *Hrs*, dipl. ing.
Završeno u travnju 1970.

U studiji su obrađena načela prenaponske zaštite sadašnjih i budućih transformatorskih stanica 220/110 kV i 110/35 kV na području »Elektroprenosa« — Split.

Nakon što su u prvom poglavlju postavljeni principi rješavanja prenaponske zaštite, u drugom poglavlju je analizirana prenaponska zaštita najvažnijih objekata u postrojenjima, transformatora 220/110 kV, odnosno 110/35 kV. U okviru te analize predložene su mjere zaštite svih namotaja transformatora, uključivši i tercijar.

U trećem poglavlju razrađena je prenaponska zaštita neuzemljenih zvjezdišta transformatorskih namotaja u kruto uzemljenoj 110 kV i 220 kV mreži, i u izoliranoj ili otporno uzemljenoj 35 kV mreži.

U četvrtom poglavlju je analizirano u kojoj mjeri je prenaponskom zaštitom pojedinih namotaja transformatora postignuta i zaštita ostalih aparata u postrojenjima, pa su predložene dopune zaštite (uglavnom ovisno o broju priključenih vodova i o izolacionom nivou tih vodova) radi pogonske sigurnosti čitavog postrojenja.

Opseg: 36 strana, 11 tablica, 6 slika.

Razrada aktuelnih problema mreže 110 i 220 kV regije Zagreb

Naručilac: Elektroprenos — Zagreb
Autor: Boris *Markovčić*, dipl. ing.
Završeno u travnju 1970.

Kao podloga za rješavanje problema mreže u regiji Zagreb obrađene su najprije elektroenergetske prilike u proteklim godinama na osnovi ostvarenja potrošnje, a zatim je u okvirima predviđene elektroprivrede do 1985. razrađena potrošnja za dvanaest elektroenergetskih područja. Slično se postupilo kod obrade regije Rijeka. Zatim je utvrđena tzv. polazna mreža 110 i 220 kV, tj. ona koja obuhvaća postojeće vodove i stanice, kao i one u gradnji i u projektu.

Na temelju tih podloga obrađena su tri aktuelna problema regije Zagreb.

I Opskrba gornje Podravine električnom energijom

Ovdje se pojavljuje kao glavni problem nesigurnost gradnje hidroelektrana na Dravi i u vezi s time etapno usmjeravanje izgradnje odgovarajuće mreže. Na kraju razmatranja dan je prijedlog za etapnu izgradnju 110 kV, a zatim i 220 kV, kako se ne bi učinio loši presedan, dok bi se izvjesne odluke ostavile za kasnije, kad će se znati više o budućnosti hidroelektrana.

II Problem druge TS 220/110 kV u Slavoniji

Današnja 220/110 kV Đakovo smještena je usred svog pojnog područja, no kao jedina pojna točka Slavonije ona će se u doglednoj budućnosti morati premjestiti. U obradi je istražen moment kada treba izgraditi drugu pojnu točku i gdje. Kad potrebe Slavonije pređu snagu dviju transformatorskih jedinica 150 MVA, 220/110 kV treba izgraditi TS Osijek, 220/110 kV, s jednom transformatorskom jedinicom.

III Problem TS 110 kV u području Božjakovina—Vrbovec—Križevci

Ovo područje doduše nema jakih koncentracija potrošnje, ali zbog visokog stupnja elektrificiranosti i guste naseljenosti opterećenje jednoliko raste, pa je trebalo ispitati gdje bi se u skoroj budućnosti umetnula nova TS 110/35 kV. U uži izbor ušle su Božjakovina i Vrbovec. Nakon analize prilika predložena je Božjakovina. U vezi s rješenjima problema pod I predviđena je izgradnja novog voda 110 kV Mraclin—Božjakovina—Križevci—Koprivnica, pa se ova rješenja uklapaju.

Opseg: 40 strana, 24 tablice, 15 crteža.

Priključak nuklearne elektrane na mrežu (Idejno rješenje)

Naručilac: Elektroprivreda — Zagreb
Autor: Boris *Markovčić*, dipl. ing.
Završeno u travnju 1970.

Stručnjaci Elektroprivrede — Zagreb odabrali su za buduću nuklearnu elektranu snagu 637 MW na pragu i 4 alternativne lokacije na rijeci Savi nizvodno od Zagreba. Lokacije su: Strmec, Prevlaka, Železno i Blinski kut.

Zadatak ovog rada je bio, da za navedene lokacije dade idejna rješenja priključka na mrežu 380 kV odnosno alternativno na 220 kV.

Kao podloga za daljnje razmatranje ukratko su obrađene elektroenergetske prilike u zapadnoj Hrvatskoj (grube bilance snaga) za 1980. i 1985. godinu, time se dobiva pregled viškova i manjkova koji se mogu u tom području očekivati kad nuklearna elektrana uđe u pogon.

Kod rješenja priključka na 380 kV, elektrana bi bila vezana s ulazom i izlazom na magistralni vod 380 kV Beograd—Zagreb. Odabrane su dvije alternative: priključak na magistralni vod, ako bude odabrana trasa preko Đakova, odnosno trasa preko Tuzle. Na temelju uviđaja na terenu, realne trase ucrtane su u mapu. Iskazana su nužna produljenja trase uslijed priključka, kao i odgovarajuće investicije.

Kod priključka na 220 kV, za sve lokacije je predložena veza sa dvije trojke i vodičima u snopu, pa je tako omogućeno da u slučaju kvara jedna trojka preuzme cijelo opterećenje.

Na kraju je kratak osvrt na mogućnosti sigurnosnog napajanja u slučaju ispada elektrane ili voda.

Opseg: 18 strana, 3 crteža.

Načelno rješenje izvedbe uzemljivača stupova voda 110 kV Jarun — Toplana

Naručilac: »Dalekovod«, Zagreb
Autor: Ivo *Hrs*, dipl. ing.
Završeno u listopadu 1970.

S obzirom da budući 110 kV vod na potezu Jarun — Toplana prolazi većim dijelom kroz naseljeno područje, to su propisima postavljeni vrlo oštri zahtjevi na uzemljivače stupova toga voda u pogledu dozvoljenih napona koraka i dodira. Daljnja je poteškoća što će se već 1975. godine struje jednopolnog kvara duž voda kretati u vrlo visokim granicama, od 14 — 20 kA.

Za ove vrlo teške zahtjeve traženi su prikladni uzemljivači, pa su analizirane raspodjele potencijala u okolini različitih uzemljivača. Ove analize su za različite (ekonomski prihvatljive) uzemljivače pokazale da je, za očekivane struje kroz uzemljivač, nemoguće postići propisane napone koraka u okolini stupova.

Predloženo je rješenje sa dva prstena oko temelja, nadopunjena sa 4 zrake po 10 m (radi »razvlačenja«, naponskog lijevka), čime opasna područja postaju vrlo ograničena. Osim toga nužno je izolaciju voda pojačati, da bi se na taj način zadovoljili propisi.

Opseg: 8 strana, 1 tablica, 11 slika.

Prenaponska zaštita mreža 35, 10 i 0,4 kV Elektre — Sisak

Naručilac: »Elektra«, Sisak
Autor: Ivo *Hrs*, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1970.

Rješenje pouzdane zaštite od prenapona pojedinih postrojenja ili vodova jedne mreže ovisi o čitavom nizu utjecaja, bilo vanjskih (kao nivo atmosferskih smetnji, visina specifičnih otpora tla), bilo unutrašnjih (konfiguracija mreže, važnost postrojenja, izolacioni nivo i sl.). Stoga je bilo potrebno analizirati pojedine utjecaje, izvršiti potrebne proračune i mjerenja, i pronaći odgovarajuća rješenja prenaponske zaštite.

U prva tri poglavlja dana su načela zaštite od prenapona mreža 35 kV i 10 kV. U prvom poglavlju je naročita pažnja posvećena zaštiti dalekovoda 35 kV, posebno traženju optimalnih rješenja za uzemljivače stupova, s obzirom da niske vrijednosti udarnih otpora uzemljenja stupova osiguravaju od prenapona ne samo izolaciju voda, nego i postrojenja na krajevima voda. Drugo poglavlje daje rješenja prenaponske zaštite aparata 35 kV u transformatorskim stanicama 35/10 kV, i to za različite slučajeve karakteristika i konfiguracije aparata i priključnih vodova, a osim toga dane su smjernice za korekciju uzemljivača TS 35/10 kV s obzirom na predstojeće uzemljenje zvjezdišta preko malog otpora. Treće poglavlje obrađuje probleme prenaponske zaštite u mreži 10 kV, koji nisu mali, zbog redovito visokog izolacionog nivoa zračnih vodova 10 kV.

U četvrtom poglavlju su rješenja uzemljivača u niskonaponskoj mreži, dok su u petom poglavlju detaljna rješenja prenaponske zaštite za postojeće i buduće TS 35/10 kV, koja se temelje na načelnim rješenjima u prva tri poglavlja.

Opseg: 93 strane, 33 slike, 8 tablica.

Uzemljenje zvjezdišta i proračun kratkog spoja u mrežama 10 i 35 kV »Elektre« — Sisak

Naručilac: »Elektra« — Sisak
Autor: Miroslav *Jung*, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1970.

U studiji je obrađen prijelaz postojećih mreža 35 kV »Elektre« — Sisak i 10 kV grada Siska od pogona s izoliranim zvjezdištima na pogon sa zvjezdištem uzemljenim preko otpornika za ograničenje struja jednopolnog kratkog spoja. Izvršeni su proračuni najvećih i najmanjih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja, kao i zemljospoja kod različitih uklopnih stanja spomenutih mreža, za sadašnje stanje i za njihove konfiguracije predviđene u daljoj budućnosti.

Pri izboru otpornika uvažena je odluka tehničkih rukovodilaca distribucije SRH o uzemljenju zvjezdišta preko djelatnog otpora, stvarno stanje postojećih mreža kao i rješenje njihovog razvoja u daljoj budućnosti i utjecaja što će ih imati promjena načina uzemljenja zvjezdišta na relejnu zaštitu mreža, na uzemljenja postrojenja i stupove nadzemnih vodova, kao i na paralelno vođenje nadzemnih vodova sa žičanim dojavnim linijama. Pri tom su rješenja relejne zaštite mreža i uzemljenja obradili drugi autori u posebnim studijama ovog Instituta.

Glavnina proračuna provedena je prema programu koji je posebno u tu svrhu izrađen za elektronski digitalni računski stroj IBM 1130. Rezultati su prikazani u tablicama i na slikama.

Opseg: 50 strana, 9 tablica, 29 crteža.

Proračuni raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja duž trasa vodova 110 i 220 kV u SR Hrvatskoj

Naručioci: »Dalekovod«, »Elektra« i »Elektroprenos« Zagreb
Autor: Miroslav *Jung*, dipl. ing.

Za potrebe projektiranja novih nadzemnih vodova 110 i 220 kV u SR Hrvatskoj izvršeni su dopunski proračuni raspodjele struja početnog i trajnog jednopolnog kratkog spoja duž trasa vodova, kako bi se na temelju rezultata ovih proračuna mogli izračunati naponi opasnosti koji se kod kvarova u elektroenergetskim mrežama induciraju u susjednim žičanim dojavnim linijama (PTT, JNA, JŽ i dr.). Proračuni su izvršeni za stanje mreža koje se očekuje u godini 1975, a rezultati su dani u tablicama i na crtežima.

U toku protekle godine izvršeni su proračuni za slijedeće objekte: 220 kV Đakovo — Tuzla i 110 kV Našice — Podravska Slatina, Nova Gradiška — Slavonska Požega, Našice — Donji Miholjac, Jarun — Toplana, Plomin — Poreč i Poreč — Buje.

Ukupno šest elaborata manjeg opsega.

Ispitivanje opasnih napona

Naručilac: »Elektra« — Zabok
Autori: Ivo *Hrs*, dipl. ing. i Miroslav *Jung*, dipl. ing.

Povodom tragičnog događaja kod zamjene drvenog stupa u trasi nadzemnog voda 10 kV izvršeno je ispitivanje opasnih napona koji bi mogli ugroziti ljudski organizam. Tim povodom oponašane su prilike prema opisu događaja, pa su u uvjetima, težim od onih u času događaja, izmjerene struje kroz ljudsko tijelo do najviše 11 mA. O tome je sastavljen poseban zapisnik koji je u ovom času priložen sudskim aktima, pa se čeka na odluku suda.

STUDIJ DISTRIBUTIVNIH MREŽA

Idejno rješenje električne mreže na području D. P. Našice i mjesnih mreža Našice, Sl. Orahovica, Donji Miholjac, Čačinci i Podravska Slatina

Naručilac: »Elektroslavonija« — Osijek
Autor: Josip *Moser*, dipl. ing.
Završeno u siječnju 1970.

Mreža 35 kV i 10 kV ovog područja razvijala se dosad vrlo neplanski, što se vidi u analizi sadašnjeg stanja mreže i napajanja električnom energijom. Na temelju dosadašnjeg razvoja i analiza provedenih po usvojenim metodama, određen je perspektivni konzum široke potrošnje i velepotrošnje, pa je na osnovi tog konzuma određena i perspektivna električna mreža.

Pokazala se neophodnost prijelaza na viši naponski nivo napajanja i potreba izgradnje osnovne 110 kV mreže, zatim u velikoj mjeri povećanje 35 kV mreže i razvoj 10 kV mreže za napajanje pojedinih mjesta i cijelog područja.

Na osnovi perspektivne mreže dan je aproksimativni troškovnik za etapni razvoj mreže, i svi potrebni proračuni dovoljni za njezino dimenzioniranje. Kod izrade ovog elaborata mnogo se koristilo elektroničko računalo.

Opseg: 113 strana, 14 tablica, 45 slika i 106 listova sa elektroničkog računala.

Rješavanje pada napona u razgranatoj mreži i kontrola mogućnosti tranzita kroz vodove — Idio

Naručilac: Institut za elektroprivredu, Zagreb — Fond za naučni rad
Autor: Josip *Moser*, dipl. ing.
Završeno u veljači 1970.

Opisan je način računanja pada napona u razgranatim distributivnim mrežama i kontrola tranzita snage kroz pojedine vodove. Pri tom je izvršena obrada na elektroničkom računalu IBM 1130.

Radi obrade na elektroničkom računalu pokazan je način upotrebe matrice topologije mreže kao pomoćnog računskog sredstva. Detaljno je opisan program za računanje na elektroničkom računalu, a dane su i upute kako se moraju pripremiti ulazni podaci za ovu obradu.

Na kraju se nalazi tumačenje upotrebljenih varijabli u programu i uz pokazane primjere je osvrt na mogućnost upotrebe ovog programa PADNA.

Opseg: 11 strana, 10 slika i 1 list sa elektroničkog računala.

Idejno rješenje javne rasvjete u Vinkovcima

Naručilac: Fond za komunalnu djelatnost S. O. Vinkovci
Autor: Josip *Moser*, dipl. ing.
Završeno u veljači 1970.

Ova studija daje preporuke za najoptimalniju izvedbu rasvjete javnih ploha u gradu Vinkovcima. Dani su prijedlozi za rasvjetu svih tipova saobraćajnica koje se u urbanističkim rješenjima predlažu za izgradnju u budućnosti. Tu su također i prijedlozi za rasvjetu parkova, spomenika, nekih fasada trgova i sportskih objekata. Posebno je spomenuta reklamna rasvjeta u gradu.

Studija je podijeljena u dva dijela: u prvom dijelu su teorijski osnovi problema javne rasvjete, sa nešto širim prikazom preporuka i propisa kojih se treba držati, a drugi dio se sastoji od konkretnih prijedloga.

Ovo »Idejno rješenje javne rasvjete« je osnova za izradu izvedbenih projekata. Kao takva osnova može služiti kao smjernica koje se treba držati kod izvedbenih projekata, da bi se u čitavom gradu mogle održati jedinstvene veličine rasvjete.

Opseg: 66 strana, 6 tablica, 37 slika.

Idejno rješenje električne mreže P. P. Đakovo i mjesne mreže Đakova

Naručilac: »Elektroslavonija«, Osijek
Autor: Josip *Moser*, dipl. ing.
Završeno u veljači 1970.

Ovim rješenjem obuhvaćena je sadašnja 35 kV i 10 kV mreža područja i grada Đakovo, a razrađena je i mreža 110 kV, 35 kV i 10 kV u perspektivi, po etapama. Razvoj mreže je analiziran za 30-godišnje razdoblje do 2000. godine.

Razrada je pokazala da će područje P. P. Đakovo trebati jednu TS 110/35 kV, veličine 2×20 MVA u perspektivi, pa će uz postojeću TS 35/10 kV Đakovo I, biti potrebno još 5 TS 35/10 kV (Đakovo II, Kešinci, Vrpolje, Levanjska Varoš i Tomašanci), a jedan dio područja napajat će se i dalje iz našičkog područja, iz buduće TS 35/10 kV Podgorač.

Razrada je, kao na najpovoljniju varijantu, ukazala na mrežu 35 kV provedenu između susjednih TS 110/35 kV na području Slavonije. Nastojalo se lokacije za TS 35/10 kV odabrati tako, da se do maksimuma iskoristi mreža 10 kV što je već do sada izgrađena.

Mreža 10 kV u Đakovu predviđena je kabelska, sa četiri kabela koja izlaze iz dvije TS 35/10 kV Đakovo I i II. Radi sigurnosti napajanja predviđen je 35 kV prsten između ove dvije TS i TS 110/35 kV Đakovo.

Za perspektivnu mrežu dano je obrazloženje uvođenja daljinskog upravljanja i potrebe uzemljenja, kao i svi potrebni proračuni za dimenzioniranje mreže 35 kV i 10 kV. Neki dijelovi ovog elaborata računski su obrađeni pomoću elektroničkog računala.

Opseg: 86 strana, 9 tablica, 29 slika, 23 lista sa elektroničkog računala

Snabdijevanje električnom energijom područja Crikvenica i Novi

Naručilac: »Elektroprimorje« — Rijeka
Autor: Nikola *Vagić*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1970.

Uz prikaz i analizu dosadašnjeg razvoja i postojećeg stanja konzuma, pojnog sistema i mreže 35 kV na području Crikvenice i Novog, u elaboratu su definirane elektroenergetske potrebe područnog konzuma u perspektivi. Dano je idejno rješenje njegovog napajanja električnom energijom i smjernice za etapni razvoj područne mreže 110 i 35 kV. Za rješenje mreže proveden je proračun naponskih prilika, ocijenjene su snage kratkog spoja i dani su aproksimativni troškovi izgradnje perspektivne mreže 110 i 35 kV.

Opseg: 44 strane, 14 tablica i 24 slike.

Snabdijevanje električnom energijom otoka Krka, Cresa i Lošinja

Naručilac: »Elektroprimorje«, Rijeka
Autor: Ivan *Janić*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1970.

Opskrba električnom energijom otoka Krka, Cresa i Lošinja obavlja se sada putem voda 30 kV: HE Vinodol — Malinska — Cres — Lošinj, kojega duljina iznosi oko 95 km.

Nagli razvoj turizma na području otoka Krka, Cresa i Lošinja povezano s izgradnjom aerodroma na otoku Krku i predviđenom izgradnjom mosta na otok Krk, uvjetovao je studijsku obradu daljnjeg razvoja opskrbe električnom energijom.

Kao osnova za izradu elaborata služile su Odluke koje zamjenjuju regionalne planove obalnog područja Krka, Cresa i Lošinja, što ih je izradio Urbanistički institut u Rijeci.

Rješenje električnog napajanja otoka Krka, Cresa i Lošinja predviđen je s osnovnom mrežom 110 kV koja se uklapa u elektroenergetski sistem na kopnu.

Predviđa se izgradnja transformatorskih stanica 110/35(30) kV na otoku Krku, Cresu i Lošinju, i vodova 110 kV Crikvenica — Krk — Cres — TE Plomin i Cres — Lošinj.

Otok Ilovik napajao bi se putem voda 35 kV, dok bi se manji otoci: Unije, Susak, Srakane Vele i Srakane Male napajali vodovima 10 kV.

Na kraju je dan i aproksimativni troškovnik.

Opseg: 93 strane, 61 tablica, 82 slike.

Energetsko obrazloženje opskrbe električnom energijom napona 110 kV otoka Krk, Cres i Lošinj

Naručilac: »Elektroprivreda Dalmacije«, Split
Autor: Ivan *Janić*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1970.

Zadatak ovog elaborata je bio da dade osnovne veličine i smjernice razvoja mreže 110 kV na području Krka, Cresa i Lošinja, koje će služiti kao osnova za daljnje projektantske zahvate.

Dano je energetsko obrazložnje izbora napona 110 kV za opskrbu električnom energijom otoka Krka, Cresa i Lošinja.

U I etapi predviđa se izgradnja transformatorskih stanica 110/35 kV Cres i Krk, i voda 110 kV Crikvenica — Krk — Cres, a kasnije i transformatorske stanice 110/35 kV Lošinj, i vodova 110 kV Cres — Lošinj i TE Plomin — Cres.

Opseg: 53 strane, 24 tablica, 37 slika.

Obrazloženje potrebe izgradnje DV 110 kV Plomin — Buje

Naručilac: »Elektroprivreda«, Rijeka
Autor: Ivan *Janić*, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1970.

Opskrba Istre električnom energijom obavlja se sada s dva voda 110 kV Matulji — Raša — Pula i voda 110 kV Kopar — Buje.

Izgradnja TE Plomin, nagli razvoj turizma u Istri i povezivanje električne mreže sa Slovenijom uvjetuje izgradnju voda 110 kk Plomin — Buje.

Na osnovi analize konzuma određene su buduće pojne točke 110/35 kV u Istri i uklapanje voda 110 kV Plomin — Buje u prspekteivnu mrežu 110 kV Istre, kao i veza sa Slovenijom.

Duljina voda 110 kV Plomin — Buje iznosi oko 65 km, a vod je predviđen na čelično-rešetkastim stupovima s presjekom vodiča 3×240 mm² Alče.

Trasa predviđenog voda prolazi kraj Pazina i Poreča, gdje se kasnije predviđa ugradnja transformatorskih stanica 110/35 kV, što će se uklopiti u ovaj vod.

Opseg: 26 strana, 8 tablica, 5 slika.

Osnovno rješenje perspektivnog napajanja Crikvenice električnom energijom — varijanta s rekonstrukcijom postojeće TS 30(35)/10 kV Crikvenica

Naručilac: »Elektroprimorje«, Rijeka
Autor: Nikola *Vagić*, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1970.

Ovaj se rad nadovezuje na razradu u elaboratu »Snabdijevanje električnom energijom područja Crikvenice i Novog«, Instituta za elektroprivredu, Zagreb, od ožujka 1970. i u njemu je posebno razrađeno rješenje napajanja crikveničkog konzuma uz rekonstrukciju postojeće TS 30/10 kV Crikvenica.

Uz kratak prikaz dosadašnjeg razvoja i postojećeg stanja konzuma i pojnog sistema crikveničkog područja, prikazane su predvidive elektroenergetske potrebe konzuma u perspektivi, rješenje njegova napajanja i osnova za rekonstrukciju postojeće TS 30(35)/10 kV Crikvenica od 2×4 na 2×8 MVA.

Opseg: 4 strane i 5 slika.

Rješenje javne rasvjete križevačke ceste u Bjelovaru

Naručilac: »Elektra« — Bjelovar
Autor: Josip *Moser*, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1970.

Rješenje javne rasvjete Križevačke ceste u Bjelovaru izrađeno je tako da je izvršen izbor nivoa rasvjete saobraćajnice, izbor vrste svjetiljke i sijalice za javnu rasvjetu, te izbor visine i razmaka stupova. Proračun jakosti rasvjete izrađen je na elektroničkom računalu IBM 1130, a za dobijene rzultate je nacrtana električna mreža. Na kraju su određeni aproksimativni troškovi izgradnje javne rasvjete, i osvrt na kompenzaciju jalove energije.

Opseg: 15 strana, 1 tablica i 3 slike.

Osnovno rješenje električne mreže na području općina Pula i Rovinj

Naručilac: »Elektroistra«, Pula
Autori: Ivan *Janić*, dipl. ing. i Ladislav *Pađen*, dipl. ing.
Završeno u studenom 1970.

Prvobitno rješenje ove mreže izrađeno je u Institutu 1960. u sklopu općeg rješenja mreže Istre, ali su brzi razvoj turizma i veliko opterećenje, zahtijevali ponovnu razradu mreže.

Ukupno opterećenje na području općine Pule predviđa se oko 175 MVA, a na području općine Rovinj oko 60 MVA, pa uskoro treba pristupiti izgradnji novih transformatorskih stanica 110/35 kV u Puli (Pula II) i Rovinju, a isto tako transformatorske stanice 220/110 kV u blizini Pule, i proširiti TS Pula I 110/35 kV.

Mreže 10 i 35 kV predviđaju se kao otvorene, ali s mogućnošću brzog prekapčanja na napajanje rezervnim vodom u priobalnom području s jakim turizmom. U ostalom području svi bi se vodovi izveli kao nadzemni. U rješenju se predviđaju nove transformatorske stanice 35/10 kV na oba ova područja, tako da bi u doglednoj budućnosti na području općine Pule postojalo izvan same Pule (jer ovo rješenje obrađuje samo izvangradsku mrežu) 9 transformatorskih stanica 35/10 kV, a na području Rovinj 4 takve stanice.

Zvjezdišta mreže 10 i 35 kV za sada su još izolirana, ali su u toku pripreme za uzemljenje zvjezdišta mreže 35 kV.

Račun kratkog spoja proveden je i na elektroničkom računalu IBM 1300.

Na kraju je i aproksimativni troškovnik.

Opseg: 60 strana, 54 tablice, 23 slike.

Analiza energetskih karakteristika kućanstva u Puli

Naručilac: »Elektroistra«, Pula
Autor: Vladimir *Štengl*, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1970.

Na reprezentativnoj skupini od oko 2300 kućanstava u novim stambenim četvrtima Pule provedena su kompleksna istraživanja karakteristika potroška električne energije u kućanstvima.

Elaborat sadrži detaljan prikaz provedenih istraživanja i analizu promatranih energetskih veličina: stupnja elektrificiranosti kućanstava, veličine i strukture potroška energije, i opterećenja koja kućanstva izazivaju u raznim dijelovima razdjelne mreže. Rezultati istraživanja dokumentirani su brojnim izvornim i analitičkim podacima.

Na osnovi rezultata istraživanja, u završnom dijelu elaborata analizirane su mogućnosti daljnjeg razvoja potroška energije u kućanstvima Pule, pa su predloženi energetski normativi za usmjeravanje daljnje izgradnje gradske razdjelne mreže.

Opseg: 52 strane, 97 tablica, 77 slika.

Rješenje električne mreže i javne rasvjete naselja »Pere Biškupa« I i II u Bjelovaru

Naručilac: »Elektra« — Bjelovar
Autori: Josip *Moser*, dipl. ing. i Zvonimir *Kovačević*, dipl. ing.

U ovom rješenju je razrada električne mreže niskog napona na krovnim nosačima u dva naselja »Pere Biškupa« I i II. Na osnovi analize konzuma određena je energetska podloga, a na temelju toga i analize mreže u petlji. Tu su i aproksimativni troškovi za tako formiranu mrežu.

Za sve saobraćajnice u naseljima određeni su parametri javne rasvjete i određene jakosti osvijetljenosti, i rješenja javne rasvjete sa troškovnikom.

Opseg: 26 strana, 2 tablice, 15 slika.

Osnovno rješenje električne mreže na području Solinska cesta, Senjak u Tuzli

Naručilac: Elektro-Tuzla, Tuzla
Autori: Dragan *Borojević*, dipl. ing., Josip *Moser*, dipl. ing., Juraj *Crnić*, dipl. tehn.

Ovaj elaborat je jedan od onih koji se odnose na električnu mrežu grada Tuzle, što su posljednjih godina izrađeni u Institutu za elektroprivredu.

Obuhvaća osnovno rješenje mreže, uključujući i javnu rasvjetu za dva susjedna naselja na istočnom dijelu grada nazvanih Solinska cesta i Senjak.

Rješenje je rađeno za opseg izgradnje predviđen najnovijom detaljnom urbanističkom razradom ovih područja, a svi detalji su usklađeni s prethodnim radovima.

U elaboratu je osvrt na postojeće stanje mreže, a zatim su obrađene urbanističke podloge, i analiza konzuma, a zatim i detaljno rješenje mreže 10 kV i niskog napona, te rješenje javne rasvjete. Za planirani opseg mreže navedeni su na kraju i aproksimativni troškovi njene izgradnje.

Opseg: 36 strana, 9 tablica, 13 slika.

STUDIJ EKONOMIKE ELEKTROPRIVREDE

Istraživanje korelacije razvoja pojedinih grana industrije i razvoja elektroprivrede

Naručilac: Republički fond za naučni rad SR Hrvatske
Autori: Boris *Tilić*, dipl. ing., Božidar *Filipović*, dipl. ing., i drugi
Radovi u toku

Istraživanja obuhvaćaju izbor metodologije za utvrđivanje karakteristika potrošnje električne energije i njezine ovisnosti o karakteristikama tehnološkog procesa odabranih grana i grupa djelatnosti iz oblasti industrije i rudarstva.

Na osnovi rezultata istraživanja ispitat će se i definirati korelacija između industrijske proizvodnje i za tu proizvodnju potrebnih elektroenergetskih kapaciteta.

Prikaz i usporedba uvjeta snabdijevanja potrošača električnom energijom u nekim zemljama Evrope

Naručilac: Poslovno udruženje »Udružena elektroprivreda SR Hrvatske«
Autori: Boris *Tilić*, dipl. ing., Božidar *Filipović*, dipl. ing., i drugi
Radovi u toku

Istraživanja obuhvaćaju financijske, tehničke i pravne uvjete snabdijevanja potrošača električnom energijom u nekim zemljama Evrope.

Najvažnija područja istraživanja su cijene električne energije, struktura bruto produkta, izvori financiranja proširene reprodukcije, investiranje po djelatnostima elektroprivrede, razvoj konzuma, energetske karakteristike, kvalitet električne energije i drugo.

Rezultati istraživanja omogućit će uspoređivanje uvjeta snabdijevanja potrošača električnom energijom u tim zemljama.

Utjecaj kvalitete isporuke električne energije na tehnologiju i ekonomiku potrošača i proračun zavisnosti investicija u elektroprivredi što ih izazivaju industrijski i drugi potrošači u SR Hrvatskoj

Naručilac: Poslovno udruženje »Udružena elektroprivreda SR Hrvatske«
Autori: Boris *Tilić*, dipl. ing. i drugi
Radovi u toku

Radovi obuhvaćaju istraživanje:

a) utjecaja odstupanja od kvalitetne isporuke električne energije na potrošače s obzirom na konstantnost dobave električne energije i s obzirom na kvalitet napona i frekvencije isporučene električne energije,

b) utjecaja cijene električne energije na ekonomiku industrijskih i drugih potrošača, i

c) proračun ovisnosti investicija u elektroprivredi o investicijama industrijskih potrošača, u elektrovuči i turističkom ugostiteljstvu.

U okviru dobivenih rezultata bit će prikazani i specifični pokazatelji značajni za definiranje ovisnosti događaja u elektroprivredi o razvoju prethodno spomenutih potrošača.

N a p o m e n a : Radovi pod a) i b) ulaze djelomično u okvir zajedničkih istraživanja s Poslovnim udruženjem poduzeća za distribuciju električne energije SR Hrvatske.

Utjecaj kvalitete isporuke električne energije na tehnologiju i ekonomiku potrošača i utjecaj troškova električne energije na ekonomiku industrijskih i drugih potrošača te stupanj njihove osjetljivosti na cijenu električne energije

Naručilac: Poslovno udruženje poduzeća za distribuciju električne energije SR Hrvatske
Autori: Boris *Tilić*, dipl. ing. i drugi
Radovi u toku

Istraživanja obuhvaćaju:

a) utjecaj odstupanja od kvalitetne isporuke električne energije na potrošače s obzirom na konstantnost dobave električne energije i na kvalitet napona i frekvencije isporučene električne energije; i

b) utjecaj cijene električne energije na ekonomiku industrijskih i drugih potrošača.

N a p o m e n a : Rad ulazi djelomično u okvir zajedničkih istraživanja s Poslovnim udruženjem »Udružena elektroprivreda SR Hrvatske«.

STUDIJ OPĆE ENERGETIKE

Razvoj i usmjeravanje toplinske opskrbe Zagreba

Naručilac: Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Jugoslavenske Akademije znanosti i umjetnosti
Autor: Ivo *Jamnicki*, dipl. ing.
Završeno u studenom 1969.

Studija prikazuje razvoj strukture toplinske opskrbe Zagreba u godinama 1960, 1964 i 1970., i plan optimalne toplinske opskrbe za godine 1980. i 2000. Navode se faktori značajni za utvrđivanje buduće optimalne toplinske opskrbe Zagreba. Posebno se iznosi utjecaj toplinske i ostale energetske opskrbe na zagađivanje zraka područja Zagreba, i mjere za osiguranje pravilne toplinske opskrbe i smanjenje zagađivanja atmosfere Zagreba.

Studija pretstavlja izvod iz opširne studije o toplinskoj opskrbi Zagreba, izrađene 1966. godine, nadopunjen podacima o stvarnom razvoju od 1964. do 1970. godine, i podacima o izvorima zagađivanja zraka u Zagrebu. Podaci studije su osnova referata što ga je — uz dodatak grafičkih prikaza — iznio autor na Savjetovanju o rješavanju problema zagađivanja atmosfere Zagreba produktima sagorijevanja u razdoblju od 19 do 20 studenog 1970.

Opseg: 13 strana, 3 tablična prikaza.

Studija za projekciju dugoročnog razvoja energetike U SR Hrvatskoj

Naručilac: Republički fond za naučni rad SR Hrvatske (za Republički zavod za planiranje SR Hrvatske)
Autor: Ivo *Jamnicki*, dipl. ing.
Rad u toku.

Studija se sastoji iz 2 dijela: 1) Prijedlog dugoročne energetske politike Hrvatske u optimalnom razvoju energetike Jugoslavije i 2) Projekcija optimalnog dugoročnog razvoja i usmjeravanje energetike Hrvatske. Studija se izrađuje na temelju osnovnih načela i kriterija iznešenih u elaboratu Instituta za elektroprivredu »Projekcija dugoročnog razvoja energetike SR Hrvatske do 1985. godine — Metodologija« u 1969. Glavna značajka metodologije je unošenje i humano etičkih faktora u ekonometrijske analize, i izbor brzine rasta regionalnog narodnog dohotka — uz uvjet što bolje raspodjele — za osnovni kriterij optimalizacije.

Studija se radi u suradnji s Ekonomskim Institutom Zagreb, Institutom INE, Udruženom elektroprivredom Hrvatske, i stručnjacima ostalih energetskih i vanenergetskih djelatnosti iz sektora planiranja, proizvodnje i potrošnje. Glavne postavke dugoročnog društvenog razvoja Hrvatske, koji tvori osnovu kvantifikacija razvoja njezine energetike, odabiru se u suradnji s Republičkim zavodom za planiranje SR Hrvatske.

Studija će se raditi i u toku cijele 1971. godine.

STUDIJ TERMOENERGETSKIH SISTEMA

Investicioni program proširenja TE Sisak

Naručilac: Elektroprivreda, Zagreb
Autor: grupa autora

Povećanjem potrošnje električne energije pojavljuje se nužnost izgradnje novih izvora. Redoslijed izgradnje novih izvora — termoelektrana i hidroelektrana — uvjetovana je kompleksnom ekonomskom opravdanošću, koja se ne može utvrditi bez osnovnih tehničkih i financijskih podloga.

U tu svrhu je izrađen program koji obuhvaća dvije varijante proširenja TE Sisak i to prva snage 210 MW više orijentirana na temeljno opterećenje, a druga snage 250 MW orijentirana više na pokrivanje vršnih opterećenja.

Opseg: 672 strane i 56 nacrta i shema.

Ispitivanje sadržine prašine u pogonu »Fluosolid-reaktor«

Naručilac: Rudarsko Topioničarski Bazen — Bor
Autor: grupa autora

Radi modernizacije tehnološkog procesa proizvodnje i povećanja obima proizvodnje, Rudarsko Topioničarski Bazen — Bor je izgradio postrojenje »Fluosolid-reaktor«.

Ovo postrojenje treba služiti kao međufazna obrada sirovine pri proizvodnji bakra i kao proizvođač osnovne sirovine — sumpornih plinova — pri proizvodnji sumporne kiseline.

Da bi se provjerile ugovorom dane garancije u pogledu kapaciteta i kvaliteta rada tog postrojenja, RTB-Bor je osnovao kombiniranu grupu za primopredajna ispitivanja. Naš udio u tome radu je obuhvatio ispitivanja i provjeru rada svih uređaja za otprašivanje i utvrđivanje količina i stupnja onečišćenja raznih tehnoloških i otpadnih plinova.

Obrada je izvršena u dva dijela, od kojih jedan obuhvaća sam »Fluosolid-reaktor«, a drugi ostale radove.

Opseg: 92 strane, 12 slika i dijagram.

Upotreba ulja za loženje kao goriva za kotlove suvremenih termoelektrana

Naručilac: Elektroprivreda, Rijeka
Autor: Jakob *Lucati*, dipl. ing.

Upotreba ulja za loženje, kao goriva za proizvodnju električne energije u termoelektranama, bilježi nagli porast u svijetu, a i u našoj zemlji. Razvoj stalno ide u pravcu upotrebe sve ekonomičnijih goriva ili onih koji zahtijevaju manja ulaganja u proizvodna i pomoćna postrojenja, a u eksploataciji daju bolje energetske i ekonomske efekte.

Ulja za loženje sadrže manji ili veći postotak sumpora i drugih sastojaka koji mogu nepovoljno utjecati na trajnost i sigurnost pogona. Suvremena kotlogradnja intenzivno ulaže napore za otklanjanje poteškoća raznim konstruktivnim rješenjima o kojima ovise ekonomičnost, investiciona ulaganja, a još više sprečavanje smetnji i poteškoća.

U ovoj studiji obuhvaćeni su isključivo veliki objekti, a metodološki je sastavljena od posebnih poglavlja, koja sačinjavaju cjelinu u smislu kompleksnosti materije koju obrađuje.

Opseg: 93 strane, 31 slika i dijagrami.

Ispitivanje rashladnih tornjeva

Naručilac: TE Tuzla; TE Jertovec i TPP Kutina
Autor: grupa autora

Da bi se utvrdile termičke i hidrauličke karakteristike rashladnih tornjeva izvršen je niz ispitivanja pri raznim opterećenjima tornjeva i raznim meteorološkim prilikama. Ispitivanja su obavljena na 2 tornja sa prirodnom cirkulacijom zraka u TE Tuzla, jednom u TE Jertovec, i na bateriji rashladnih tornjeva s prisilnom cirkulacijom zraka u TPP Kutina.

Rezultati ispitivanja razrađeni su pregledno u tablicama i dijagramima. Elaborati pružaju detaljan uvid u karakteristike rada tornjeva pa je tako pogonskom osoblju pružena osnova za što bolje vođenje pogona.

Opseg: 113 strana i 44 slike i dijagrami.

Metoda kompleksnog pogonskog bilanciranja i pogonski faktori koji utječu na specifičnu potrošnju topline u kompleksu termoelektrana

Naručilac: Udružena elektroprivreda SR Hrvatske, Zagreb
Autor: grupa autora

U okviru ove studije obrađuju se dvije teme:

— Metoda kompleksnog pogonskog bilanciranja potroška topline u termoelektranama pomoću nomograma i dijagrama.
— Faktori koji utječu na specifičnu potrošnju topline. Razlike između garancijskih i eksploatacionih potrošača topline u kompleksu termoelektrana.

Rad se nastavlja u 1971.

Studija o aerozagađenju uzrokovanom emisijom SO_2 termoelektrana pri korištenju ulja za loženje

Naručilac: Fond za naučni rad
Autor: Hrvoje *Brkić*, dipl. ing.

Studija obrađuje utjecaj vrste goriva i konstrukcije kotlovske opreme na intenzitet onečišćenja okolišnjeg zraka sa SO_2. Nadalje u biti obrađene mjere za ublažavanje, odnosno sprečavanje, štetnih utjecaja SO_2 ispravnim dimenzioniranjem dimnjaka, odnosno nekim drugim mjerama.

Rad se nastavlja u 1971.

Predstudija »Kompjutorski upravljana postrojenja termoelektrana«

Naručilac: Elektrotehnički Institut
Autor: Jakob *Lucati*, dipl. ing.

U sklopu opsežne problematike kompjutorskog upravljanja elektranama u ovoj predstudiji obrađuju zajednički Elektrotehnički Institut, Elektroprojekt i naš Institut ove teme:

— Analizu sadašnjeg stanja tehnike na području automatskog i kompjutorskog upravljanja
— Ekonomsku analizu opravdanosti primjene automatskog upravljanja i kompjutora u termoelektranama našeg elektroprivrednog sistema
— Izbor tehnološkog procesa za primjenu automatskog upravljanja za razne stepene automatizacije.

Rad se nastavlja u 1971.

Ispitivanje kotlova i turboagregata

Naručioci: Razni
Autori: Kolektiv studijske grupe

Po narudžbi raznih industrijskih poduzeća, elektrana i proizvođača izvršen je niz primopredajnih i eksploatacionih ispitivanja kotlova i turboagregata. Svrha ovih ispitivanja je bila provjeravanje garancija što su ih dali isporučioci opreme, dobivanja osnova za otklanjanje nedostataka i poboljšanja pogona i optimizacije.

Razni radovi

Na zahtjev raznih industrijskih poduzeća obavljala su se razna ispitivanja i intervencije na industrijskim postrojenjima radi poboljšanja rada i uklanjanja manjkavosti.
U okviru ovih radova obavlja se:

— baždarenje i kontrola protočnih instrumenata za vodu, paru, plinove itd.
— kontrola koncentracije vodika kao rashladnog sredstva
— ispitivanje korozivnog djelovanja pri loženju mazutom pomoću utvrđivanja sadržaja SO_3, odnosno direktnog utvrđivanja pomoću korozivne sonde
— ispitivanja uređaja za pripremu napojne vode
— kontrola kvaliteta pogonskih voda
— kontrola i ispitivanje filtera za čišćenje dimnih plinova, itd.

LABORATORIJ ZA TOPLINSKA MJERENJA

Ispitivanje sanitarnog bloka za »Sigmu« Žalec

S obzirom na relativno veoma dugo trajanje instalacionih radova u stambenim objektima, u odnosu na čisto građevinske radove, poduzeće »Sigma« — Žalec, izgradilo je prerađene sanitarne čvorove, koji sadrže sve elemente za vodovod i kanalizaciju za jedan ili dva stana u jednom bloku, koji je ujedno i toplinski i akustički izoliran ugradnjom u odgovarajuću izolacionu masu. Ovakav blok građevinski se uzida još u toku izvođenja građevinskih radova, blokovi se kasnije samo međusobno vertikalno povežu i priključe trošila. S obzirom na novinu u našoj stambenoj izgradnji ovaj blok je trebalo svestrano ispitati u pogledu toplinskih i akustičkih osobina, kako samoga bloka, tako i ugrađenih instalacija, s posebnim osvrtom na buku, što je kod korištenja proizvode same instalacije, i s obzirom na širenje buke preko samih instalacija. Toplinska akustička svojstva ispitana su prema odgovarajućim DIN propisima, i o tome je napravljen iscrpan izvještaj. Blok je zadovoljio DIN propise.

Ispitivanje brodske hladnjače na M/B »Amindivi« za Titovo brodogradilište Kraljevica

Za potrebe indijske brodske kompanije sagrađen je u Titovu brodogradilištu, Kraljevica brod »Amindivi« sa uključenim rashladnim prostorom za teret. Ovaj rashladni prostor ispitan je prema pravilima osiguravajućeg društva Lloyd's Register of Shipping po ovlaštenju i pod nadzorom tehničke službe toga Društva. Na osnovi provedenih ispitivanja izvršena je kontrola rashladno-tehničkih svojstava hladnjače i o tome izrađen elaborat. Na temelju ovog elaborata hladnjača broda »Amindivi« dobila je najvišu klasu.

Ispitivanje koeficijenta toplinske vodljivosti stiropora za »Isolmu« Milano

Pri izgradnji nove hladnjače u Tvornici »Gavrilović« u Petrinji, inozemni izvođač postavio je veoma stroge zahtjeve što se tiče domaćeg stiropora. Opsežna ispitivanja koeficijenta toplinske vodljivosti, prostorne težine i homogenosti materijala povjerena su našem Laboratoriju. Rezultati ispitivanja bili su značajni za domaće proizvođače izolacionog materijala za hladnjače, jer su omogućili donošenje smjernica za razvoj i usavršenje tehnologije izolacionog materijala na ovom području.

Organizacija montaže mjerno-regulacione opreme u ljevaonici brodogradilišta »Uljanik« — Pula

Ljevaoničke peći za čelični lijev visoke kvalitete snabdjevaju se, u novije vrijeme, mjerno regulacionim sistemom pod imenom »Mechanite«. Ovaj rad, kao prvi konačno dovršen u zemlji, povjeren je u organizacionom smislu, i u pogledu nadzora nad grubim radovima, kao i izvedba ključnih regulaciono-tehničkih radova, našem Laboratoriju. Rad je izveden uspješno i o tome je načinjen izvještaj.

Normalizaciono žarenje podnica za »Jedinstvo« — Zagreb

Ovaj rad predstavlja prvi slučaj u našoj zemlji normalizacionog žarenja na 900 °C izvan peći. Rad je izvršen pomoću specijalne opreme razvijene u tu svrhu. Žarenje je obavljeno uspješno, i o tome izrađen izvještaj, koji sadrži i automatski snimljeni dijagram normalizacionog žarenja.

Izrada mjerila s plovkom za »Dalmacija-cement« Solin

Potreba za mjerilima s plovkom teško se u našoj zemlji podmiruje radi nemogućnosti izrade koničnih staklenih cijevi. Kod protočnih mjerila s plovkom za Tvornicu cementa primijenjen je princip kvazi-koničnih cijevi, koji omogućuje iste efekte, kao i konične cijevi, i prema tome mjerenja protoka na principu plovka. Izrađeni su uređaji kako za pokazivanje protoka, tako i za signalizaciju minimuma protoka, odnosno isključenje uređaja, ako protok padne ispod toga minimuma.

Odžarivanje cijevnih mlinova »Šar«, »Beočin« i »Trbovlje« za tvornicu »Litostroj« Ljubljana

Izvršeno je napetosno odžarivanje triju cijevnih mlinova, od kojih je najveći imao 60 tona. Gabariti ovih mlinova su takvi da njihov transport do peći za odžarivanje nije dolazio u obzir iz ekonomskih, a djelomično i iz tehničkih razloga. Karakteristične su za ova odžarivanja bile njihova izvanredno velika površina, što je stavljalo posebne zahtjeve u pogledu toplinsko-izolacione tehnike. O uspješnom odžarivanju ova tri mlina napravljeni su tehnički izvještaji s automatski snimljenim dijagramima, na temelju kojih su nadzorni organi odobrili daljnji postupak.

Radove su obavili:

Inženjeri: Blaž *Uzelac*, Josip *Mužny*, Josip *Kučak*
Tehničari: Svetolik *Subotić*, Đuro *Juretić*, Ivan *Konfic*

Između velikog broja naručilaca prema opsegu posla najznačajniji su:

Tvornica elektrotehničkih proizvoda TEP — Zagreb, ŽTP — Zagreb, Elektroprenos — Zagreb, Elektroslavonija Osijek, Elektroprivreda, Rijeka i razna druga elektroprivredna poduzeća, Energoinvest — Sarajevo, Tovarna elektroporculana — Izlake, Dalekovod — Zagreb, Izolirka — Ljubljana, Radiotelevizija — Zagreb, Elektrokontakt — Zagreb, Rade Končar — Zagreb, INA — Zagreb, Telefonvod — Zagreb.

Radovi:

Ispitivanje kabela

Ispitivani su kabeli radi utvrđivanja kvalitete i određivanja karakterističnih konstanata.

Mjerena su svojstva izolacije izmjeničnim, istosmjernim i udarnim naponima, kao i mjerenja dielektričkih gubitaka i pojave ionizacije. Rezultati mjerenja poslužit će za usporedbu različitih konstrukcija i izvedbi kabela.

Uz ispitivanja u proizvodnji i na novim kabelima, vršena su ispitivanja kabela nakon polaganja. Značaj takvih ispitivanja je velik, jer se pravodobno mogu otkriti pogreške učinjene prilikom polaganja, i izbjeći kasniji prekidi pogona.

Ispitivane su kabelske glave i spojnice. Ispitivanja su obuobuhvatila naponska ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponima, kao i nepropusnost na mjestima brtvljenja. Također su ispitivane kabelske mase i razna ulja.

Mjerenje napona koraka i dodira

Prilikom zemljospoja ili jednopolnog kratkog spoja na uzemljivaču i u njegovoj okolini, mogu se pojaviti naponi dodira i koraka opasni za ljude. Radi toga su neophodna mjerenja kojima će se takvi naponi otkriti i otkloniti odgovarajućom rekonstrukcijom uzemljivača.

Unatoč visokom specifičnom otporu tla i visokom otporu uzemljenja, pogodnim oblikovanjem uzemljivača može se postići takva raspodjela potencijala, da se ne pojavljuju opasni naponi koraka i dodira.

Ispitivanja elektrotehničke opreme i materijala

Ispitivane su sklopke, priključni pribor, niskonaponski razvodni uređaji, kondenzatori snage, automatski regulatori, visokoučinski osigurači, zaštitna iskrišta, izolatori, ovjesni materijal, stezaljke, užad i dr.

Ispitivani su plastični materijali, razna ulja, kabelske mase itd.

Ovakva ispitivanja su važna, jer se njima sprečava ugradnja loših proizvoda u elektroenergetska postrojenja i postiže sigurnost pogona.

Ispitivanje prototipova opreme

Ispitivani su prototipovi pojedine opreme. Pri tome je bila osobito uspješna suradnja između Laboratorija i proizvođača, jer se nije samo formalno ukazivalo na nedostatke, nego su se davali i prijedlozi za njihovo otklanjanje sve dotle, dok naknadna ispitivanja nisu pokazala da proizvod potpuno zadovoljava propise i naznačenu primjenu.

Primopredajna ispitivanja

Obavljena je kontrola ispitivanja kod preuzimanja visokonaponskih sklopki, učinskih i mjernih transformatora i ostale visokonaponske opreme za elektroenergetska postrojenja.

Laboratorij je surađivao s investitorima kod izbora odgovarajuće elektrotehničke opreme za postrojenja, kao i kod formuliranja karakteristika opreme prilikom sklapanja ugovora s tvornicama.

Ispitivanja za znak kvalitete

Za znak kvaliteta opreme za široku potrošnju, koji podjeljuje Savez strojarskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara ispitivale su se grijače ploče za štednjake, termoregulatori, sklopke i bojleri.

Ispitivanje odvodnika prenapona

Povremeno ispitivanje odvodnika obuhvaća kontrolu izmjeničnog i udarnog proradnog napona.

Za ocjenu stanja odvodnika prenapona neophodna su ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponom, jer se jedino na taj način može kontrolirati njegovo ponašanje u mreži pri pojavi prenapona.

Prilikom ovakvih ispitivanja odvajaju se dotrajali odvodnici prenapona koji ne bi više osiguravali efikasnu zaštitu od prenapona, ili bi mogli uzrokovati smetnje uslijed nesposobnosti gašenja popratne struje.

Osim ispitivanja Laboratorij je u svojim radionicama izrađivao i uređaje za ispitivanja i mjerenja.

Uređaji za ispitivanje kabela IPKN-10

Ispitivanje ovim uređajem obavlja se istosmjernom strujom, što ima prednost, jer je uređaj lakši, a osim toga podesniji za pronalaženje eventualne greške u kabelu. Za što točnije ustanovljenje mjesta greške potrebno je, naime, da na tom povređenom mjestu bude što manji otpor izolacije, tj. što bolji spoj. To se postiže tzv. propaljivanjem kabela tako, da se, nakon što je ispitivanjem ili pak za vrijeme pogona ustanovljena greška u izolaciji kabela, sa dovoljno jakom strujom i dovoljno visokim naponom, propaljuje kabel, dok se na povređenom mjestu ne postigne karbonizirani spoj minimalnog otpora. Poslije toga nije teško odrediti mjesto greške bilo kojom poznatom metodom.

Prema tome uređaj služi za ispitivanje izolacije kabela poslije polaganja. Također omogućuje brzo i točno pronalaženje mjesta greške u kabelima bilo kojom od poznatih metoda, a može se upotrijebiti u granicama svojih karakteristika i u druge svrhe.

Uređaj za ispitivanje kabela IPKN-1

Ovaj uređaj namijenjen je za ispitivanje kabela do 1 kV. U izvjesnim slučajevima njime se mogu propaljivati i kabeli do 10 kV, a da prethodno nisu obrađivani visokonaponskim dijelom uređaja IPKN-10.

Uređaj za ispitivanje releja — IR-2S

Uređaj IR-2S služi za ispitivanje i udešavanje primarnih i sekundarnih nadstrujnih releja i njihovih vremenskih članova. Uređaj se sastoji od pet prenosivih dijelova.

Iz prvog dijela može se dobiti struja jakosti 0 do 30 A, koja se u tom opsegu može kontinuirano mijenjati. Ovaj dio služi za ispitivanje i podešavanje sekundarnih releja, a priključuje se na izmjenični napon 220 V.

Drugi dio uređaja IR-2S izveden je također u prijenosnom obliku, a služi za proizvodnju jakih struja s kojima se ispituju i podešavaju primarni releji. Sa pet pari stezaljki mogu se oduzimati struje slijedećih vrijednosti: 1000, 500, 250, 100 i 50 A. Ovaj dio napaja se iz već opisanog dijela uređaja, a jakost struje može se kontinuirano mijenjati unutar navedenih pet područja. Mnogi korisnici IR-2S upotrebljavaju ovaj dio kao izvor jakih struja ne samo za ispitivanje releja, već i u druge svrhe.

Uređaj za ispitivanje releja IR-3

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i podešavanje sekundarnih nadstrujnih releja i njihovih vremenskih članova, a sastoji se od 3 prijenosna dijela i priključnih gajtana.

Prvi dio služi za proizvodnju struja od 0 do 50 A, čija se vrijednost može kontinuirano mijenjati.

Ovaj dio uređaja IR-3 može se koristiti i kao izvor reguliranog napona od 0 do 260 V. Aparatura se priključuje na izmjenični napon 220 V.

Uređaj za ispitivanje releja — posebni

Osim spomenutih uređaja izrađeni su i posebni, prema posebnim željama naručalaca i za ispitivanje primarnih releja od 2000 A i više.

Uređaj za mjerenje napona koraka i dodira

Razvijen je uređaj, koji se sastoji iz cijevnog voltmetra, mjernih elektroda i dopunskih zaštitnih sredstava za rukovaoca.

Elektronski voltmetar osim za mjerenje napona koraka i dodira može se s obzirom na veliku ulaznu impedanciju koristiti za snimanje potencijalnih lijevaka, ekvipotencijalnih linija i za mjerenje otpora uzemljenja UI metodom.

Uređaj je smješten u ukusno izrađenoj kutiji, koja se pomoću remena objesi tako, da su ispitivaču slobodne ruke za manipuliranje, pa je uređaj zbog svoje funkcionalnosti i male težine vrlo pogodan za terenska ispitivanja.

VIII KONGRES FRANCUSKIH ELEKTROTEHNIČARA (S. F. E.) U NICI OD 29. IX DO 3. X 1971.

Teme VIII kongresa bit će usmjerene ispitivanju mogućnosti razvoja elektrotehnike koji se može predvidjeti u budućih 20 godina. Ovom će prilikom biti obuhvaćena slijedeća materija:

1. Elektrotehnika u području vrlo niskih temperatura
   - niskohlađeni vodiči i supravodiči,
   - električka izolacija kod vrlo niskih temperatura,
   - hlađenje i krioelektrika (elektrotehnika kod vrlo niskih temperatura),
   - supravodljivi elektromagneti,
   - istosmjerni električni strojevi sa supravodljivim namotima,
   - problemi oko konstrukcije supravodljivih kabela,
   - kriotransformatori,
   - akumulacija energije i prekidanje struje pomoću supravodiča.
2. Automatizacija i eksploatacija mreža
   - upravljanje i eksploatacija distributivnih mreža,
   - automatizacija pogona prijenosnih mreža.
3. Pespektive razvoja poluvodiča za potrebe energetike.
4. Budućnost prijenosa energije
   - potrebe prijenosa električne energije,
   - mogućnosti prijenosa električne energije: nadzemni vodovi, kabeli, prijenos najvišim naponima, granična snaga transformatora, konverzije električne energije.

Radni dani kongresa bit će od 29. IX do 1. X 1971, dok je 2. X rezerviran za tehničke, a 3. X za turističke ekskurzije.

Uplata za kongres (kotizacija) iznosi 500.- F fr. Tom uplatom sudionici kongresa stječu slijedeća prava:

- da prime unaprijed referate i ostale kongresne materijale,
- da nakon kongresa dobiju izvještaj o diskusiji,
- da prisustvuju kongresu,
- da prisustvuju tehničkim i turističkim ekskurzijama (plaća se posebno), prema izboru,
- da članovi obitelji koji ih prate, prisustvuju organiziranim ekskurzijama (plaća se posebno),
- da zajedno s članovima obitelji prisustvuju dvjema svečanim priredbama, koje će se održati u čast kongresa.

Prijave treba slati na adresu:

SOCIETE FRANÇAISE DES ELECTRICIENS
10, avenue Pierre-Larousse — 92 —
MALAKOFF (Hauts-de-Seine)

Brezinšćak M.: **Mjerenje i računanje u tehnici i znanosti,** 1310 strana formata 23 × 17 cm, 236 tablica i 325 crteža i fotografija. Knjizi je priložena brošurica sa 40 tablica. Izdavač: Tehnička knjiga Zagreb, 1971. Cijena 500 ND.

Knjiga ima karakter udžbenika i priručnika o temeljima mjerne vještine, mjernim jedinicama i odnosima među jedinicama. Sam autor o cilju knjige govori slijedeće: »Ovom knjigom želio sam s jedne strane pokazati kako danas izgleda svijet u očima metrologa, a s druge strane mnogobrojnim korisnicima metrologije ponuditi praktičan priručnik i udžbenik. Zato sam rukopis napisao s namjerom na knjiga bude: 1) objašnjenje fundamentalnih i nekih prečesto nejasnih pojmova; 2) udžbenik o najpouzdanijem načinu računanja pomoću veličinskih jednadžbi, 3) opis najpreciznijih mjernih metoda i načina najpouzdanije reprodukcije mjernih jedinica, 4) izvor najnovijih i najsigurnijih mjernih podataka stečenih u Međunarodnom uredu za mjere i utege te u velikim nacionalnim metrološkim zavodima Australije, Japana, Kanade, SR Njemačke, SSSR-a, USA i V. Britanije, 5) zbirka najnovijih odluka međunarodne metrološke organizacije i nacionalnih zakonodavstava, 6) priručnik za brzo pronalaženje odnosa među mjernim jedinicama«

Djelo je razdijeljeno u sedam glava: A) Osnovi nause o mjerenju i sistemima jedinica (386 strana), B) Mjerni sistemi mehanike i hidraulike (267), C) Veličine i mjerne jedinice akustike (35), D) Veličine i mjerne jedinice nauke o toplini i kemije (163), E) Mjerni sistemi elektromagnetizma (250), G) Veličine i mjerne jedinice teorije zračenja i fotometrije (84), H) Veličine i mjerne jedinice ionizirajućih zračenja (36). Na te tekstove nadovezuju se 23 strane popisa upotrebljene literature. Iz ovog se pregleda vidi da je obrađena metrologija svih egzaktnih grana ljudske djelatnosti. Nemoguće je na malom prostru, makar i grubo, specificirati što sve sadrži knjiga, zato ćemo u nastavku preskočiti gradivo kakvo sadrže strane metrološke knjige (definicije fizikalnih veličina, mjernih jednica, mjera, odnosa među jedinicama, povijesne crtice itd.), što obuhvaća i ova knjiga, i spomenuti dio samo onih tekstova koji daleko premašuju klasične udžbenike i priručnike o metrologiji.

U tom pogledu glava A najmanje je konvencionalna. To je i razumljivo, jer se u njoj svom oštrinom moderne fizike objašnjava veći dio temelja na kojima počiva mjerna znanost naše civilizacije. Čak je 90 strana poglavlja A. 10 posvećeno mjerenju vremena i reprodukciji sekunde, tj. objašnjenju: atomskih ura, atomskih i koordiniranih vremenskih skala, distribucije signala vremena i frekvencije, astronomskih vremenskih skala. Poglavlje A. 9 se bavi mjerenjem mase, sile, težine i ubrzanja zemljine teže. Iako se ti pojmovi čine u prvi mah posve jasnima, iz razlaganja se vidi da tome nije tako i da smo iz škola ponijeli dosta manjkavog ili čak pogrešnog znanja. U sklopu tog poglavlja obrađen je i prakilogram, jedina materijalna pramjera koju još nije istislo neko atomsko pramjerilo. Tu se nalazi sve što je bitno za metrologiju duljine: načela interferencije, svjetla, uloga indeksa prelamanje, opis termova i monokromatičnosti, laserska interferometrija.

Među nekonvencionalna možemo ubrojiti dva poglavlja o mjernim pogreškama i statističkoj obradi mjernih rezultata (80 strana). Tu je razmotreno i ilustrirano brojčanim primjerima gotovo sve što je potrebno pri računskoj obradi ponovljenih mjerenja.

Glava B sadrži čak 78 tablica, uglavnom međusobnih odnosa mjernih jedinica svih mogućih veličina: prostornih, vremenskih, kinematičkih, masenih, tlačnih, energetskih itd. itd. Zato ta glava ima najizrazitije priručničko značenje, pogotovo jer je ilustrirana brojnim konkretnim primjerima. Kao drugo spominjemo obradu tzv. anglo-američkih jedinica. Čini nam se da čak ni u jednom engleskom ili američkom metrološkom djelu te jedinice i njihovi sistemi nisu obrađeni tako temeljito i sistematično.

Glava D donosi mnoge novosti s područja metrologije kemije i nauke o toplini. Preko 30 strana posvećeno je međunorodnoj ugljikovoj skali, količini tvari, molnim veličinama, nuklidima, izotopiji, kemijskim formulama (do kojih je autor došao pomoću veličinskih jednadžbi), pouzdanom računanju u kemiji itd. Mnoštvo brojčanih primjera do kraja objašnjava razmatrano gradivo. Temperaturama i njihovim jedinicama autor se bavi na 57 strana. Objašnjene su i legislativne promjene: uvođenje naziva kelvin i kratice K (umjesto stupnja kelvina, °K), trojne točke vode, Međunarodne empiričke temperaturne skale 1968 (sa uputama za laboratorijsko provođenje) itd.

Gotovo jednako originalno obrađena je glava E o fizikalnim veličinama, jedinicama i mjernim metodama vrhunske metrologije u području elektromagnetizma. Posebno se odlikuje polgavlje E.3 o reproduciranju i pohranjivanju elektromagnetskih jedinica koje obuhvaća 116 strana, tj. gotovo polovinu čitave glave. Sa svim podrobnostima opisana je reprodukcija četvrte osnovne jedinice SI amper strujnom vagom i nuklearnom rezonancijom. Reproduciranje električkog otpora i napona pomoću pramjerila obrađeno je u cijelosti, od klasičnih, manje pouzdanih metoda, sve do današnjih računskih standarda kapaciteta i međuinduktiviteta. Nisu propuštena ni najnovija pramjerila koja se tek iskušavaju u vrhunskoj metrologiji: naponska vaga, tekućinski elektrometar, Taylorov supravodljivi uređaji koji djeluje na Josephsonovu efetku itd. Posebnim odsječkom autor nas iz područja istosmjernih i niskofrektventnih veličina odvodi u dosada slabo poznati opis preciznosti u području VF uključivši mjerenje brzine svjetla.

Glava G »Veličine i mjerne jedinice teorije zračenja i fotometrije« komponirana je neobično ali logično: najprije su definirane fizikalne veličine objektivne teorije zračenja, a zatim je na tu teoriju nadove-

zano poznato iskustvo s viđenjem svjetla čime nastaje fotometrija (analogno je autor obradio glavu C o akustici). Završno poglavlje obrađuje temeljna mjerenja u fotometriji, i pripadne jedinice.

Glava H pod naslovom »Veličine i mjerne jedinice ionizirajućih zračenja« relativno ještura (36 strana) ali ipak uspijeva definirati najvažnije i pripadne jedinice ove najmlađe grane znanosti koja duboko zadire u radiologiju i biologiju.

Uz tekstove, brojne primjene i originalne fotografije djelo se odlikuje prekrasnom grafičkom obradom: crteži su ukusni i pregledni, a čisti slog dolazi do jakog izražaja u moderno koncipiranim tekstovima s mnoštvom podnaslova i bogatim opisom crteža i fotografija.

Kome je knjiga namijenjena? Bez krzmanja može se reći: svima koji se bave školstvom, tehnikom, naukom, trgovinom i transportom. Knjiga pruža mogućnost da brzo i temeljito naučimo ono što nam treba u poslu, a i ono što nas možda inače zanima, jer knjiga nije samo udžbenik i priručnik, već i pošten, objektivan znanstveni pogled na svijet u kojem živimo. S druge strane, knjiga ima 236 vrlo praktičnih tablica, uglavnom odnosa među jedinicama (metričkim i angloameričkim), u kojima su pregledno svrstane gotovo sve jedinice današnjeg i jučerašnjeg svijeta.

Ing. Z. Vistrička

Ž. Lovrenčić, V. Srb: **Eksploziona zaštita elektrotehničkih uređaja.** Izdavač: Savez elektroinženjera i tehničara Hrvatske, Zagreb, Berislavićeva 6, cijena knjizi 70,00 dinara.

Savez elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske (Odbor za suradnju s privredom) izdao je ovu knjigu s tehničkim propisima. U njoj su sabrani tehnički propisi, standardi i komentari o eksploziono zaštićenim električnim uređajima (ili kraće »S« uređaji). Knjigu će prihvatiti kao veoma potrebnu ne samo upućeni stručnjaci, već i oni manje upućeni, koji ipak dolaze, ili mogu doći, u situaciju da rješavaju probleme eksplozione zaštite električnih uređaja.

Eksploziono zaštićeni električni uređaji ne primjenjuju se samo u rudarstvu, naftnoj, kemijskoj i petrokemijskoj industriji, već su problemi zaštite od eksplozije aktuelni i pri uskladištenju i transportu naftinih derivata kao i njihovih raznovrsnih primjena (npr. lakiranje, čišćenje). Primjenjuju se i na svim mjestima, gdje statički elektricitet može izazvati eksploziju smjese plinova i para sa zrakom, kao i zapaljivih smjesa vlakanaca i prašine.

Knjiga u svom I dijelu, odnosno u uvodu, općenito komentira eksplozionu zaštitu električnih uređaja opisujući metode koje se primjenjuju radi te zaštite. Nadalje, navode se plinovi i pare koje sa zrakom čine eksplozionu smjesu, a s tim u vezi je dana tablica o granici zapaljivosti raznih plinova i para u smjesi sa zrakom. Osim toga u tom poglavlju je i tablica najmanje energije paljenja za važnije smjese plinova i para sa zrakom. U smislu propisa Komentar svrstava eksplozivne i zapaljive plinove, odnosno pare, u eksplozione grupe i temperaturne klase. Objašnjava se i analizira električni uređaj kao uzročnik paljenja eksplozione smjese. Naročito su obrađeni razni načini kojima se sprečava paljenje i eksplozija, odnosno kakve i koje se vrste eksplozione zaštite danas koriste. Na kraju je opisana mehanička zaštita koja se primjenjuje kod niskonaponskih aparata i razvodnih uređaja od prodora stranih tijela, vode i prašine. U tablicama su navedene oznake za stupnjeve zaštite po IEC preporukama, DIN standardima i VDE propisima.

II dio sadrži Propise o električnim postrojenjima na nadzemnim mjestima ugroženima od eksplozivnih smjesa.

III dio sadrži Propise za električna postrojenja u rudnicima s podzemnom eksploatacijom.

IV dio sadrži Tehničke propise za konstrukciju i ispitivanje električnih uređaja za rad u atmosferi eksplozivnih smjesa.

V dio sadrži Komentar Propisa o električnim postrojenjima na nadzemnim mjestima ugroženim od eksplozivnih smjesa, i vrlo dobro objašnjava odnosno dopunjuje propise. Komentar se kao i Propisi ograničio na neposrednu zaštitu od eksplozivnih smjesa. Šteta je, što se Komentar nije bar općenito osvrnuo na problem statičkog elektriciteta. Naime, u mnogo slučajeva je eksploziona zaštita indirektno povezana sa zaštitnim mjerama od akumuliranja statičkog naboja, a izvori statičkog elektriciteta nisu manje upućenima dovoljno poznati.

U VI dijelu Komentar Propisa za električna postrojenja u rudnicima s podzemnom eksploatacijom obrađuje uz ostalo i mjere zaštite od previsokog dodirnog napona kao i razlike u provođenju tih mjera od onih koje predviđaju Tehnički propisi za izvođenje elektroenergetskih instalacija u zgradama. Na kraju je dodan usporedni pregled oznaka za energetske kabele prema propisima JUS i VDE kao i tablica boja vanjskog plašta kabela i izoliranog voda od gume ili polivinilklorida u ovisnosti o mjestu upotrebe.

U VII dijelu je komparacija domaćih i inozemnih propisa i standarda za eksploziono zaštićene električne uređaje.

Iz ovog kratkog osvrta može se zaključiti kako je obilan i koristan materijal sadržan u knjizi Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske o »Eksplozivnoj zaštiti električnih uređaja.« Zato se ta knjiga može preporučiti stručnjacima koji su specifičnošću svoga rada prisiljeni da takve probleme rješavaju povremeno, odnosno onima kod kojih takvi problemi još ne postoje ali se mogu pojaviti.

Božidar Ribić, dipl. ing.

H. D. Naumann: **Energie ohne Umwege,** Izdavač: VEB Fachbuchverlag Leipzig 1970, 227 strana, 101 slika, 17 tabela, format 12 cm × 19 cm, broširano, cijena 5,5 DM

Sve veća potrošnja energije u svijetu traži da se istražuju novi nosioci i izgrađuju novi izvori energije. Ova knjiga posebno obrađuje energetske uređaje u kojima se energija direktno pretvara. Pomoću tablica i slika prikazani su postupci primijenjeni u praksi.

Autor je najprije obradio solarne ćelije i fizikalnu stranu problema. Obuhvaćene su ćelije s bakrenim oksidulom, selenom i silicijem.

Zatim su opisane termoelektrične pretvorbe energije. Tu se govori o termoelementima, termoefektu i materijalima za termoelemente. Opisani su također termionik elementi i njihova fizikalna svojstva.

Također su razmatrani gorivi članci, različiti tipovi, komponente članaka i njihova upotreba. U ovom poglavlju spomenuti su i biokemički članci.

Na kraju se govori o magneto-hidro-dinamičkim generatorima. Iznesen je princip, fizikalne osnove, djelovanje i pojedini tipovi MHD generatora, a spomenuta je i primjena i tendencija daljnjeg razvoja.

Knjiga je pisana popularno, tako da je osim tehničara mogu razumjeti i zainteresirani nestručnjaci.

Izašla je u izdanju »Politehničke biblioteke« čiji je zadatak populariziranje znanja i znanstvenih dostignuća.

B. Markovčić

Prof. Dr Horst Löb i drugi, **Kerntechnik bei Satelliten und Raketen,** Nuclear engineering for satellites and rockets, 400 strana, 115 slika, 9 tabelica, format 11 × 17,5 cm, Verlag Karl Thiemig G. G., 8 München 90 (1970), 24,80 DM.

Razvoj raketne tehnike i umjetnih satelita je zahtijevao primjenu novih energetskih izvora za napajanje tih letilica. Također, duga međuplanetarna putovanja traže razvoj nuklearnog pogona svemirskih brodova. U knjizi, koja je pisana u saradnji s njemačkim stručnjacima, popularno su opisani nuklearni izvori energije za primjenu u satelitima i raketama. Potreba za energijom u satelitima naglo raste. U satelitima starijeg tipa (Lunik, Explorer, Telstar i dr.) instalirana snaga je bila reda desetak vata, a u svemirskim brodovima tapi Apolo ta snaga se penje na više kilovata. U knjizi su obrađena poglavlja o radioizotopima, koji su se primjenjivali pri izradi termoelektričnih baterija (PU 238, Am 241, Cm 244 i drugi), i osnovvne karakteristike takvih baterija. Opisuju se reaktori kombinirani sa direktnom konverzijom energije u termoionskim konvertorima (reaktori tipa SNAP, Romaška i dr.). Navode se i principi konverzije energije u MHD generatorima.

Posebno je opisan njemački projekt reaktora s termoinoskim konvertorom u jezgri električne snage oko 20 kW i televizijski satelit s takvim izvorom energije.

U drugom dijelu knjige navode se mogućnosti primjene nuklerane energije za pogon raketa.

Analiziraju se razlike između kemijske i nuklearne propulzije. Razmatrane su ionske rakete i rakete na magnetoplazma-dinamičkom principu. Opisani su eksperimentalni uređaji te vrste, s naročitim osvrtom na aktivnost u SR Njemačkoj, kao i neka eksperimentalna postrojenja u SAD, uz prognozu primjene nuklearnih raketa kod istraživanja dubljeg svemira.

Knjiga je pisana u popularnom stilu i korisno će poslužiti inženjerima fizičarima i studentima koji se zanimaju za ovu granu tehnike.

Knjiga je pisana dvojezično (njemački i engleski), što će znatno proširiti krug čitalaca.

D. Feretić

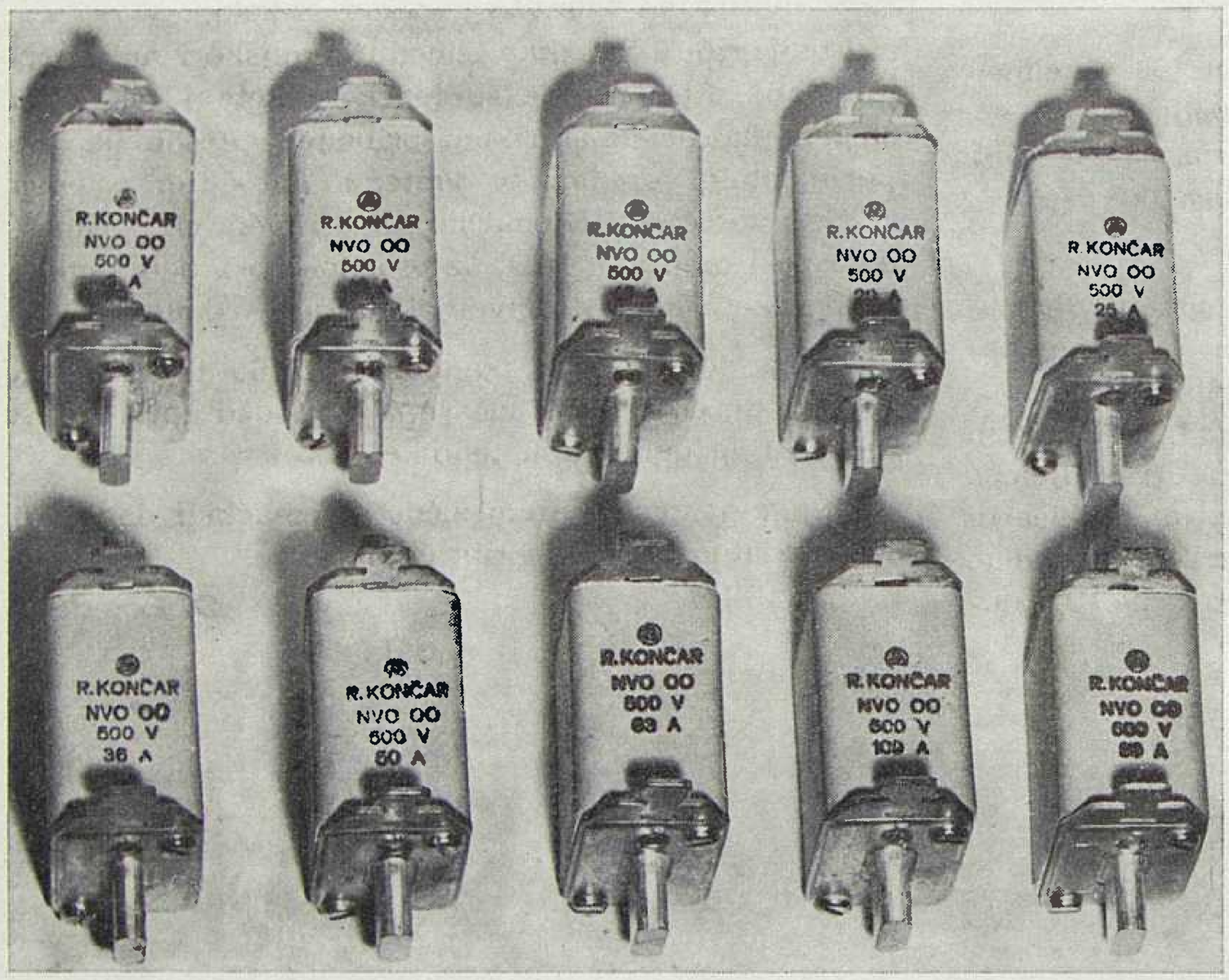
14—20. listopad 1971.

5. međunarodni Kongres s izložbom mjerne tehnike i automatike — međunarodno sastajalište na području mjerne tehnike i automatike za istraživanje, razvoj, industriju i privredu — na novom zemljištu sajma.

Obavijesti: Düsseldorfer Messegesellschaft mbH - NOWEA -, 4 Düsseldorf, Messegelände, Tel.: 4 40 41
Arbeitsgemeinschaft INTERKAMA, 4 Düsseldorf, Duisburger Str. 1a, Tel.: 48 88 60

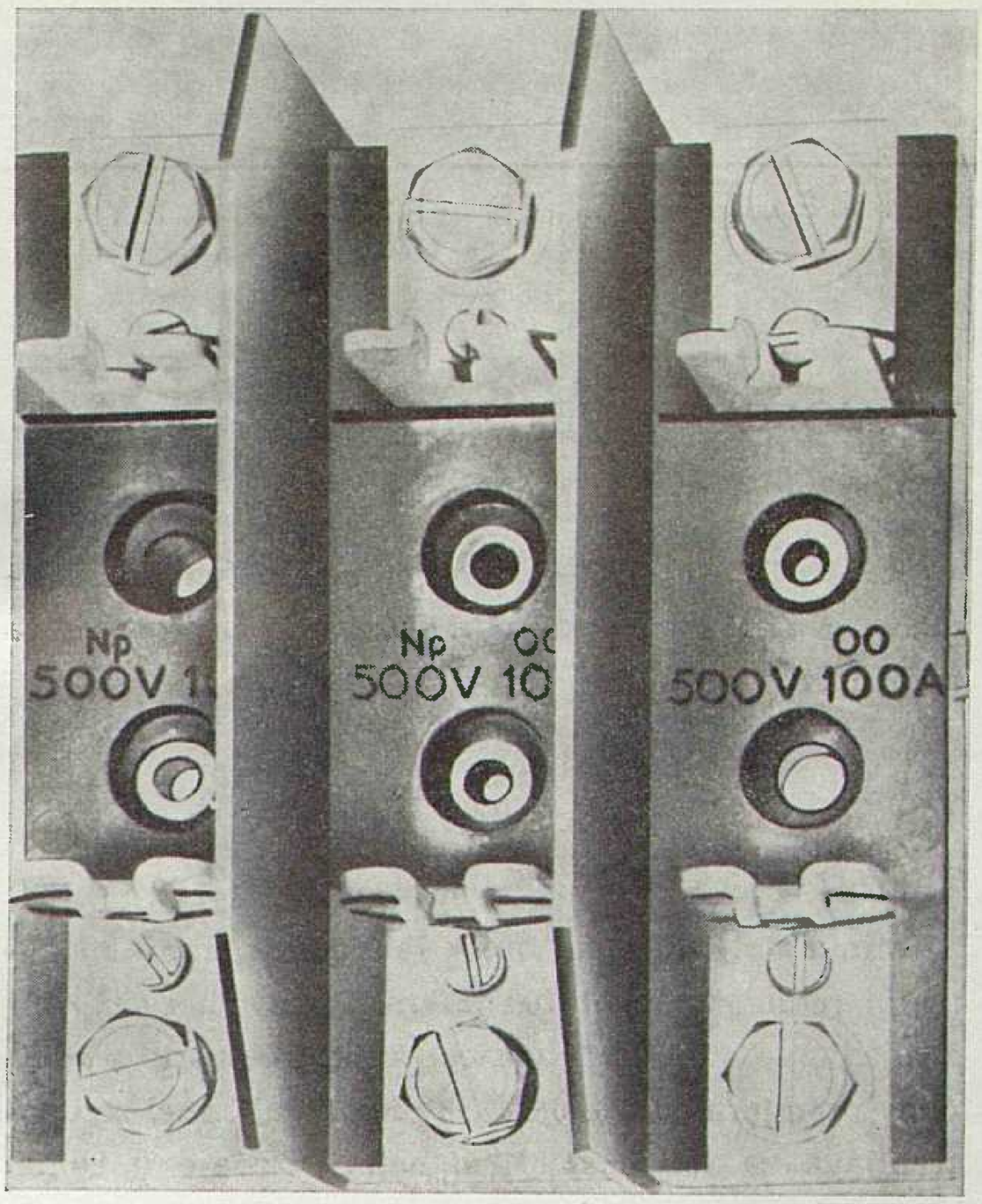
Interkama'71 Düsseldorf

MINIJATURNI NISKONAPONSKI OSIGURAČI VELIKE PREKIDNE MOĆI NVO 00



SERIJA ULOŽAKA NVO 00 6 DO 100 A

Niskonaponski osigurači tipa NVO 00 proizvodnje poduzeća »Rade Končar« spadaju u skupinu osigurača velike prekidne moći. Služe za zaštitu od kratkog spoja i nedozvoljenih preopterećenja vodova, kabela i različitih trošila do nazivne struje 100 A, a nazivnog napona 500 V. Zbog svoje velike prekidne moći mogu se upotrijebiti i u slučajevima ekstremno velikih struja kratkog spoja. Ovi osigurači omogućuju također pouzdanu selektivnu zaštitu vodova i mreže. Oni mogu štititi i potrošače s kratkotrajnim pogonskim preopterećenjima, kao što je npr. preopterećenje prigodom zaleta direktno priključenog trofaznog kaveznog motora. Osigurači podnose struje zaleta bez rastaljivanja, ali unatoč tome pružaju pouzdanu zaštitu od kratkog spoja. U većini slučajeva zadovoljava osigurač čija je nazivna struja 1,6 puta veća od nazivne struje motora. Da bi se motor zaštitio od preopterećenja treba uz osigurač dodati mehanički sklopni aparat (sklopku ili sklopnik) s nadstrujnim bimetalnim relejem. Osim u distribucionim i industrijskim mrežama osigurači tipa NVO 00 vrlo su prikladni s obzirom na svoje minimalne dimenzije npr. za priključne ormariće u kućnim instalacijama. Prema brzini djelovanja spadaju u kategoriju tromo-brzih osigurača, što znači, da u području preopterećenja prekidaju sporije, dozvoljavajući kratkotrajna jača preopterećenja, dok u području struja kratkog spoja djeluje brzo i time veoma ograničavaju elektrodinamička i termička naprezanja postrojenja.



TROPOLNO PODNOŽJE

Osigurači odgovaraju u svemu preporukama IEC (publikacija 269—1), propisima VDE (0660 4. dio/69), standardima DIN 43620 za veličinu 00, a također i mnogim drugim nacionalnim standardima. Osigurači tipa NVO 00 predviđeni su za primjenu za nazivni napon do 500 V, a proizvode se za nazivne napone struje 6, 10, 16, 20, 25, 36, 50, 63, 80, i 100 A. Ovako veliki niz osigurača stvara mogućnost velikog izbora za dobru i sigurnu zaštitu raznih aparata, motora i uređaja. Za osigurače poduzeće »Rade Končar« proizvodi podnožja jednopolna ili tropolna. Jednopolno podnožje je izvedeno od čvrste izolacione podloge od poliesterske mase sa staklenim vlaknima otporne na mehanička i termička naprezanja, te utjecaja tropske klime. Na podlozi su pričvršćeni posrebreni kontakti koji osiguravaju kontaktni pritisak.

Tropolno podnožje sastavljeno je od tri jednopolna, pričvršćeno na zajedničkoj limenoj ploči. Između srednjih i vanjskih polova umetnute su izolacione ploče, koje dozvoljavaju mali razmak među polovima.

»RADE KONČAR«

PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE OPREME, PROJEKTIRANJE I MONTAŽU POSTROJENJA — ZAGREB

ELKA

TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA ZAGREB — JUGOSLAVIJA

TELEFONSKI KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIČNIM MASAMA

»Elka je potpuno usvojila proizvodnju najkvalitetnijih telefonskih kabela za centrale, telefonskih razvodnih (instalacionih) kabela, telefonskih kabela za mjesne mreže, i telefonske montažne i instalacione žice.

KABELI I VODOVI IZOLIRANI PVC-OM

Za centrale i signalne uređaje izrađuje ove tipove kabela sa izolacijom i plaštem od PVC-a:

TC-40 i
TC-46 prema JUS M.C4.140

Osnovne izmjerene karakteristike izolacije ovih kabela su:

Relativna dielektričnost	$\varepsilon' = 4$
Dielektrični faktor gubitaka	$tg\delta = 0{,}08$
Specifični izolacioni otpor	$r = 10^{15}\Omega$ cm

Osnovne izmjerene karakteristike gotovog kabela su:

Izolacioni otpor min.	R = 500 MΩ km
Radni kapacitet max.	C = 90 nF/km
Srednja kapacitivna veza	C′ ≦ 150 pF/500 m
Gušenje preslušavanja	a = 8 nepera
Dozvoljena temperatura kabela u upotrebi	— 20° C do 70° C
Temperatura polaganja	— 5° C do 50° C.

Kabeli TC-40 i TC-41 proizvode se u konstrukcijama od 5 do 50 parica, trojki i četvorki s promjerima vodiča 0,5 i 0,6 mm.

Telefonski razvodni instalacioni kabeli

TR-40, prema JUS N. C4. 240.

Minimalni izolacioni otpor je 200 MΩ km, a maksimalni radni kapacitet 100 nF/km. Proizvodi se u konstrukcijama od 5 do 50 parica, trojki i četvorki s vodičima promjera od 0,5, 0,6 i 0,8 mm. Ovaj kabel se upotrebljava za telefonske i signalne uređaje u suhim prostorijama, za polaganje u cijev i zidove.

Telefonska montažna žica

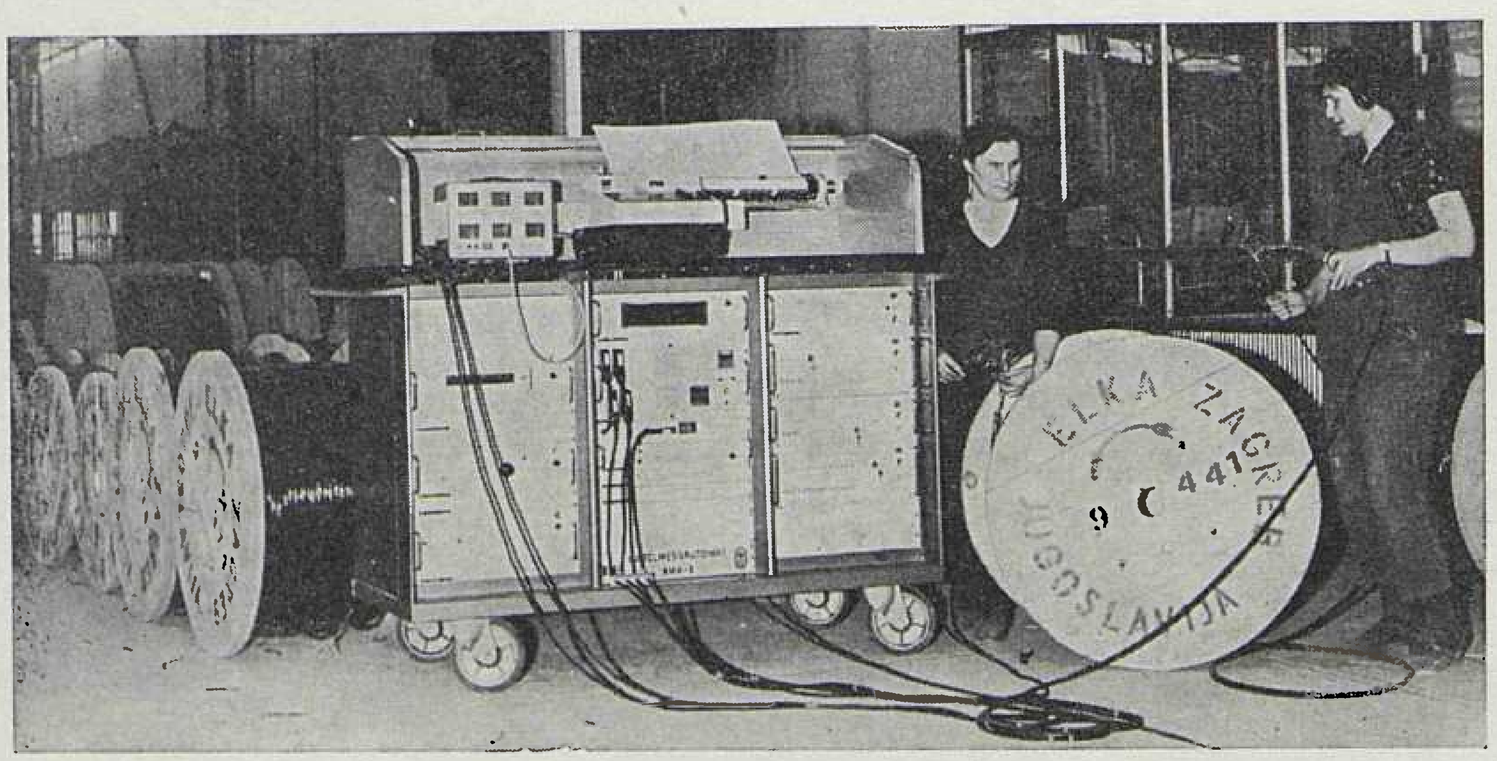
TM-20, jednobojna, dvobojna ili použena u snop od pet žica,

upotrebljava se za unutrašnje veze u telekomunikacionim uređajima i aparatima i za međusobno povezivanje telekomunikacijskih uređaja.

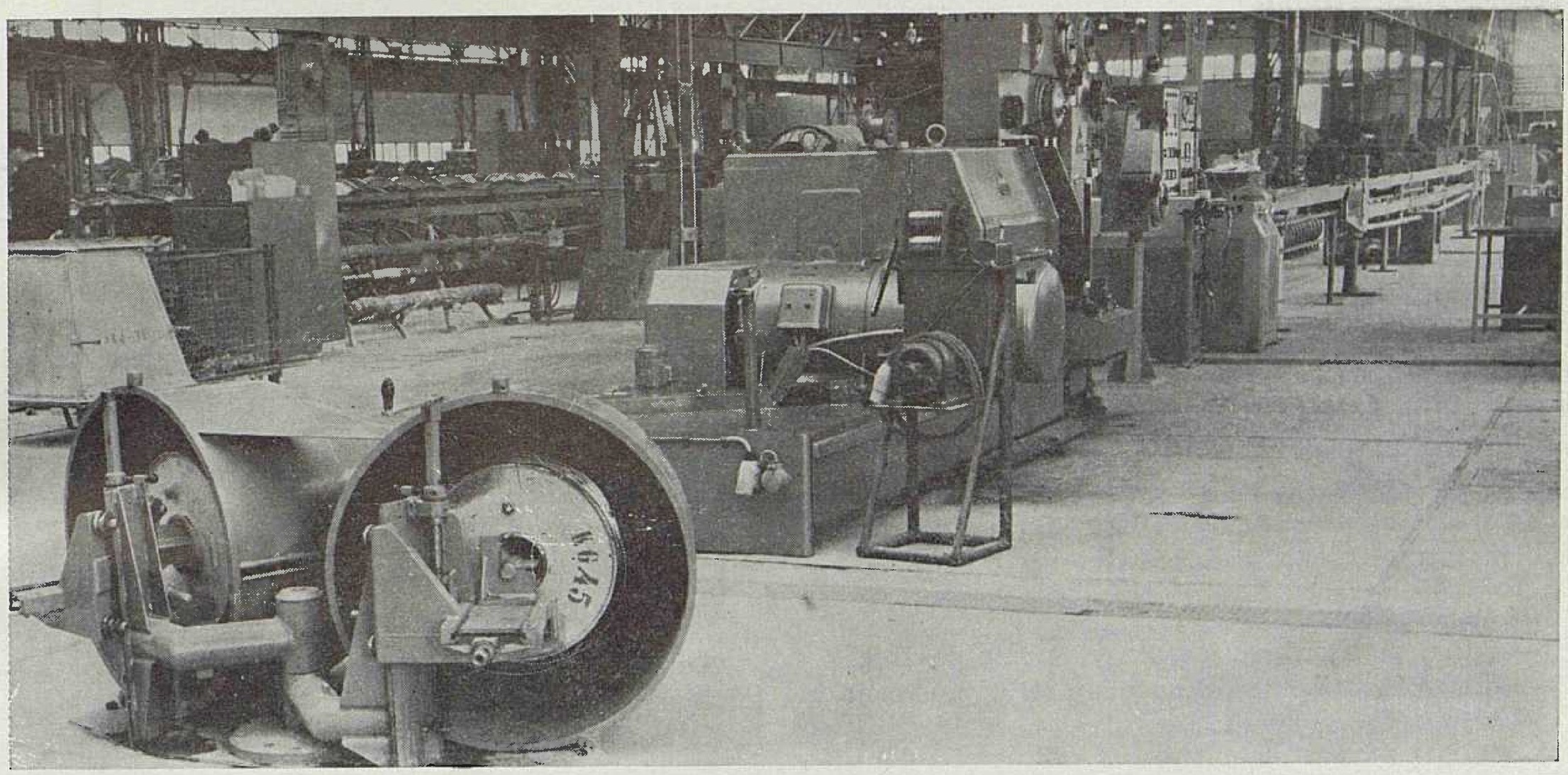
Telefonska instalaciona žica

TI 20,

upotrebljava se za telefonske kućne instalacije u cijevima i po zidu, za priključak zvučnika i signalnih uređaja, za ranžiranje glavnih kabelskih razdjelnika i međurazdjelnika.



Ispitivanje telefonskih kabela na najsuvremenijem uređaju tipa kabelmessautomat



Detalj iz pogona za proizvodnju telefonskih kabela

KABELI IZOLIRANI POLIETILENOM

Telefonski kabeli za mjerne telefonske mreže s izolacijom i plaštem od polietilena:

TK-30, TK-31 i TK-32, prema JUS N.C4.330
i TK-31, TK-32 i TK-33E, prema propisima JZPTT.

Osnovne izmjene karakteristike izolacije:

relativna dielektričnost	$\varepsilon' = 2{,}3$, kod 1000 Hz
dielektrički faktor gubitaka	$tg\delta = 0{,}003 \div 0{,}005$, kod 1000 Hz
dielektrična čvrstoća	F = 25 kV/mm kod 50 Hz

Osnovne izmjerene karakteristike gotovog kabela:

Radni kapacitet za zvijezda- četvorke
$C_{IV} \leqq 50$ nF/km
a za paricu
$C_{II} \leq 60$ nF/km.

Izolacioni otpor gotovog kabela:

$R = 10.000\ M\Omega\ km$

Kapacitivna veza maksimalna

$c' \leq 500$ pF/500 m

Dozvoljena temperatura u eksploataciji

$t_0 = -30°\,C$ do $50°\,C$

Dozvoljena temperatura pri pologanju

$t_p = 0°\,C$ do $40°\,C$

Primjena:

TK- 30 za polaganje u kabelske kanale mjesnih telefonskih mreža,

TK- 31 za polaganje u kabelske kanale mjesnih telefonskih mreža gdje se zahtjeva zaštita od smetnji,

TK- 32 za polaganje u zemlju, po zidovima, preko mostova i svagdje gdje je potrebna i povećana mehanička zaštita.

TK- 32* i TK- 33E su samonosivi telefonski kabeli za ovjesno polaganje na različita uporišta na zemlji, krovovima, stupovima, posebno u industrijskim centrima sa zagađenom atmosferom, selima, prigradskim, naseljima i primorskim mjestima.

Svi se ovi kabeli proizvode u konstrukcijama od 5 do 50 parica i četvorki.

---

* TK-33 razlikuje se od TK-33E samo po tome što mu je plašt od PVC-a.

PODNE INSTALACIJE JAKE I SLABE STRUJE

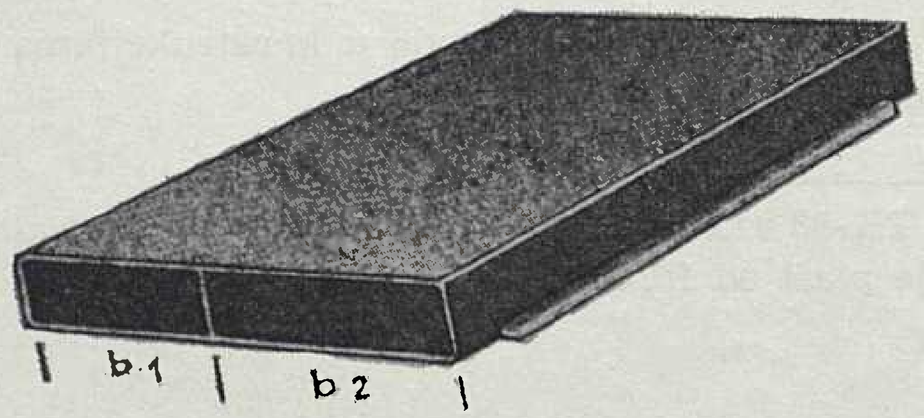
Moderna organizacija poslovanja u uredima, projektnim biroima, računskim centrima, laboratorijima, saobraćajnim i informativnim centrima, bankama, bolnicama, fakultetima i u drugim poslovnim objektima, zahtijevaju najsuvremenije sisteme električnih instalacija u tim objektima. Instalacije jake i slabe struje moraju ispunjavati slijedeće uvjete:

- zauzimati malo prostora,
- da su primjenljive u svim vidovima gradnje,
- omogućavati proizvoljnu adaptaciju prostorija u bilo kojem momentu,
- brzu i jeftinu montažu,
- sigurnu izvedbu u mehaničkom i električnom pogledu,
- kapacitet instalacije mora biti dovoljno dimenzioniran i za buduće potrebe,
- mreža priključnih mjesta mora biti fleksibilna, tj. mora postojati mogućnost da se broj i mjesto priključka može uvijek prilagoditi potrebama i željama korisnika instalacije,
- priključci instalacija jake i slabe struje terbaju biti, po mogućnosti koncentrirani na istim mjestima, da se mogu istovremeno koristiti,
- priključna mjesta moraju biti takva da se mogu proizvoljno kombinirati priključci za jaku struju i telefoniju, i da mogu biti zaštićeni zajedničkim ili odvojenim poklopcima.

Svi ovi zahtjevi mogu se danas postići isključivo i sigurno uz primjenu podnih instalacija koje se sastoje, uglavnom, od slijedećih elemenata:

A. Jednodjelnih ili dvodjelnih kanala iz čeličnog pocinčanog lima

Širina jednodjelnih kanala iznosi 90, 150 i 190 mm, a dvodjelnih ($b_1 + b_2$) : 90 (45 + 45) mm; 150 (60 + 90) mm; 190 (80 + 110) mm; 250 (110 + 140) mm i 350 (160 + + 190) mm. Visina kanala može biti 18 mm; 23 mm; 28 mm; 33 mm; 38 mm, 43 mm i 48 mm. Ovisno o visini kanala i izvedbi priključnih mjesta, vidi točku C, visina premaza ili izolacionog poda koji dolazi iznad betonske deke mora biti 50 do 80 mm.



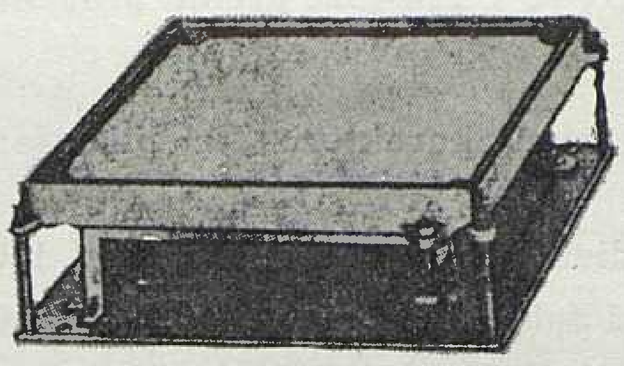
Sl. 1. Dvodjelni limeni kanal

Dvodjelni kanali su jednim svojim poljem predviđeni za vodove jake struje, a drugo polje za vodove slabe struje (telefoni, interfoni i sl.). U sastavu kanala se isporučuju pripadajući spojni elementi kao i koljena za priključak kanala na razvodne uređaje, odnosno na sistem zidnih-parapetnih instalacionih kanala.

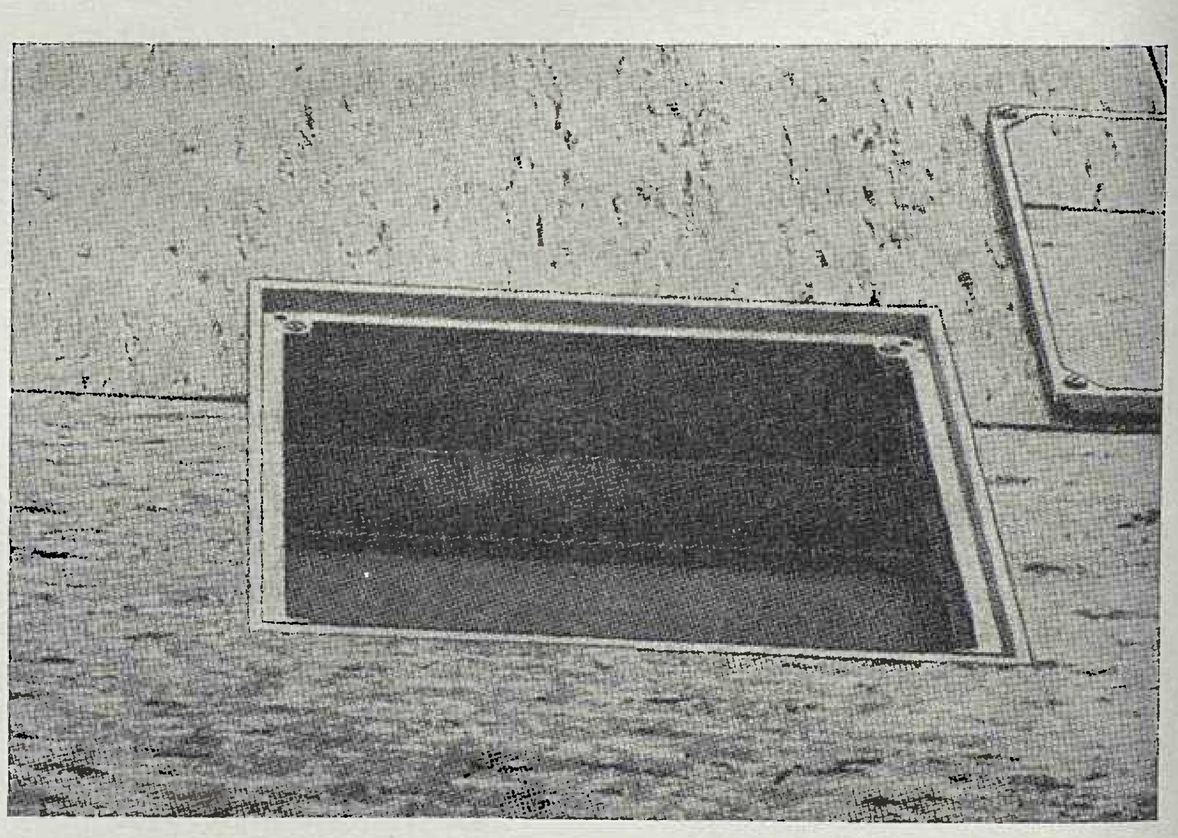
B. Razvodne kutije iz silumina

Kutije iz silumina su predviđene za nastavljanje, odvajanje i završavanje kanala i to ovisno o planu polaganja i spajanja vodova. Prema potrebi se u razvodne kutije mogu ugraditi priključne stezaljke za vodove jake struje, odnosno priključne letvice i reglete za vodove slabe struje i telefonije. U sastavu kutije se isporučuju posebni poklopci koji se isključivo koriste za potrebe transporta i monate, kao i pregradne pločice koje služe kao mehaničke pregrade na mjestu gdje se križaju vodovi jake struje s vodovima telefonskih instalacija.

Prema potrebi može se na poklopac razvodnih kutija ugraditi i priključni stupić, vidi točku C/c.



Sl. 2



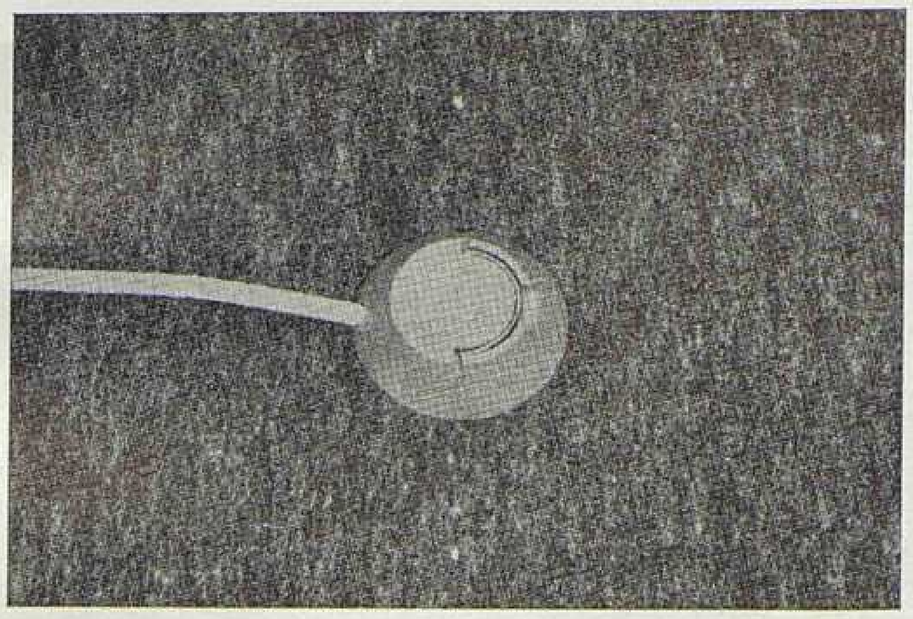
Sl. 3

Na sl. 2 i 3 — Razvodne kutije (dimenzije u skladu sa širinom i visinom kanala)

C. Priključna mjesta

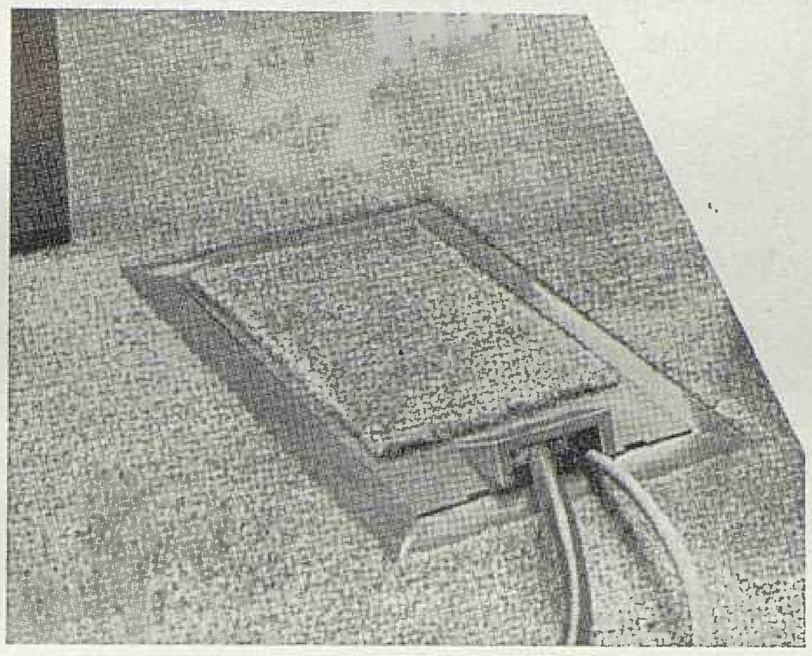
Podne instalacije predviđene su za tri različite izvedbe priključnih mjesta, s time da svaka izvedba omogućava mnogo kombinacija raznih izvedbi priključaka za instalacije jake i slabe struje.

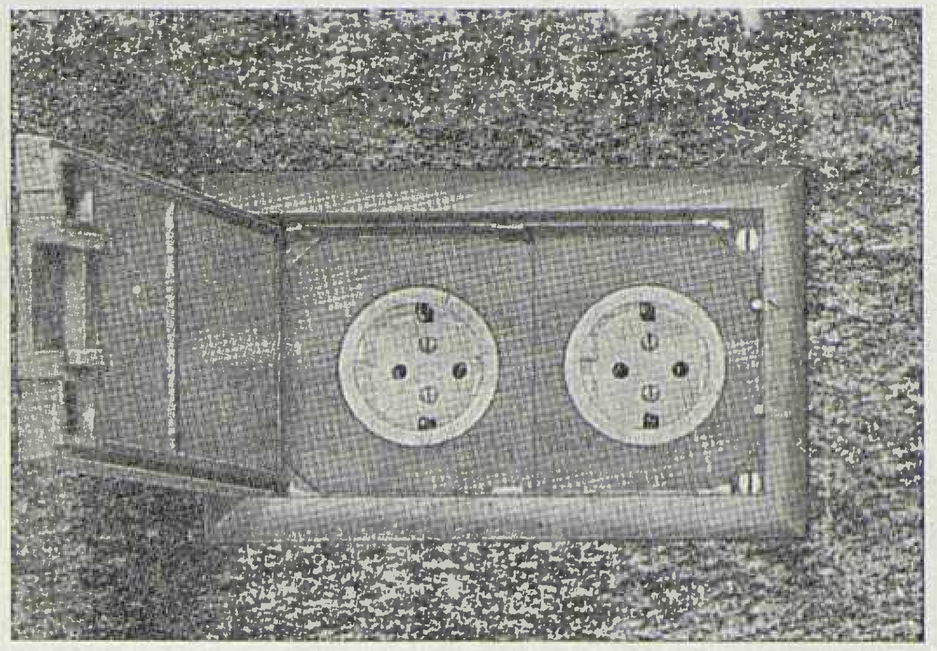
Pregled izvedbi priključnih mjesta:



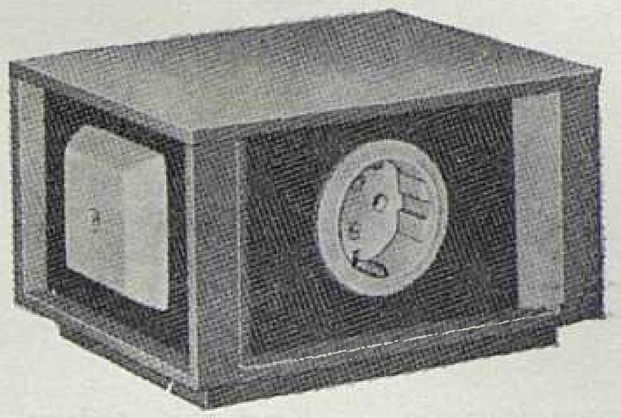
a) Priključno mjesto u visini poda, s jednim priključkom (za jaku ili slabu struju).

Mogu se i naknadno ugraditi. U tu svrhu se koristi odgovarajući alat za bušenje poda i limenih kanala.





b) Priključno mjesto u visini poda s dva ista ili različita priključna gnijezda.



c) Priključno mjesto iznad poda tzv. priključni stupić, u više izvedbi s mogućnosti 12 priključnih gnijezda.

Potpune tehničke podatke o sistemu podnih instalacija i pripadajućim razvodnih ormarima možete dobiti u prodajno-tehničkoj službi tvornice.

Tvornica TEP
Zagreb

Velika jugoslavenska špediterska kuća

JUGOTRANSPORT

Poduzeće za međunarodnu špediciju i skladišta

CENTRALA **ZAGREB** JUGOSLAVIJA

ZAGREB, Vodovodna 20a, Poštanski pretinac 786
Telefon: 572-722 serija, Telex: 21-127
Telegrafska adresa: Jugotrans
Uprava — telefon 571-477
Uvoz — telefon 571-243, 571-632, 572-939
571-529
Izvoz — telefon 571-411, 572-641
Tarifno konjunkturni sektor — telefon 571-518
Računovodstvo — telefon 571-066
Skladište — telefon 572-722
Loko odjel — telefon 572-722
Vozni park — telefon 572-722

Ispostave u Zagrebu

Zagrebački velesajam — telefon 511-493
Aerodrom Zagreb — telefon 511-422

FILIJALE:

BEOGRAD, Kneza Miloša 47
telefon 645-253, 645-860, 644-485
telex 11-319
Ispostava Zemun — telefon 608-153
Ispostava Aerodrom Beograd — telefon 601-444
Ispostava Beogradski sajam — telefon 51-080

RIJEKA, Rade Končara 7, telefon 25-641
telex 24-336

OSIJEK, Zrinjevac 12, telefon 57-37

SISAK, Vladimira Majdera, telefon 227-55
telex 21-305

ISPOSTAVE:

KOPRIVNICA, Đure Salaja br. 3, telefon 443
KOTORIBA, Željeznička stanica, telefon 12
VUKOVAR, I. L. Ribara, telefon 760
BELI MANASTIR, telefon 77-159
SPLIT, Tolstojeva 28, telefon 26-70
KOPER, Nabrežje SM 1a, telefon 21-677
KRALJEVO, Hajduk Veljkova b. b., telefon 760
NIŠ, Dimitrije Tucovića b. b., telefon 24-997
telex 16-146
VRŠAC, Maršala Tita br. 23, telefon 80-450
PANČEVO, ul. Oslobođenja 35, telefon 32-34

PREDSTAVNIŠTVA:

SEŽANA
NOVA GORICA
JESENICE
PREVALJE
MARIBOR
LJUBLJANA
ZADAR
NOVI SAD
SUBOTICA
DIMITROVGRAD
SKOPLJE
GEVGELIJA
BAR

Područje rada međunarodne špedicije

JUGOTRANSPORT ZAGREB

Uvozni, izvozni i tranzitni poslovi
Masovni transporti — Industrijska postrojenja — Strojevi — Specijalni tereti
Čarterovanje — Pomorski i zračni saobraćaj
Transporti živog i lakopokvarljive robe — Hranjenje — Pojenje — Doleđivanje
Zbirni saobraćaj
Riječna plovidba
Selidbe
Uskladištenje u vlastita skladišta
Pakovanje — Sortiranje — Vaganje
Carinsko posredovanje — Kontrola težine — Vađenje uzoraka
Sajamska roba
Osiguranje
Savjetovanje o transportnim pitanjima
Oferte — Informacije — Kalkulacije — Instradacije — Kontrola tovarnih dokumenata
Ispostave i predstavništva na svim graničnim prelazima, važnijim sajmovima i aerodromima

GOD. 20 (1971) energija BROJ 7—8

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

METODOLOGIJA ZA ODREĐIVANJE UTJECAJA PROMJENA CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA EKONOMSKI POLOŽAJ PRIVREDE I ŽIVOTNI STANDARD

Jadranko Bendeković, Zagreb

Autor raspravlja o ulozi elektroprivrede i o utjecaju direktnih i indirektnih troškova električne energije na cijene drugih proizvoda. Izlaže se i metoda za određivanje veličine utjecaja promjene cijena električne energije.

DK 621.311.003

1. Uvod

Zbog izrazitih infrastrukturnih obilježja elektroprivreda igra ulogu faktora, koji u mnogome određuje prirodu i intenzitet društveno-ekonomskog razvoja. Osnova tome je uska povezanost elektroprivrede s ostalim granama industrije i privrednim djelatnostima, te društvom u cjelini, što se manifestira na razne načine.

Osnovna uloga elektroprivrede se sastoji u isporučivanju električne energije određene kvalitete uz prihvatljive ekonomske uvjete dobave, na čemu se zasniva ne samo fizički rast privrede, već i njezin kvalitetan razvoj na osnovi sve intenzivnije primjene tehničkog progresa. Na taj način elektroprivreda stvara uvjete za veću tehničku opremljenost rada i podizanje produktivnosti rada, što je uvjet modernog razvoja cijele privrede i društva, a pogotovo industrije i saobraćaja. Time je razvoj moderne tehnologije rada doveo cjelokupnu privredu i društvo u ovisnost o električnoj energiji, za koju se s pravom može reći da je proizvod koji nailazi na najširu primjenu.

Uska veza između elektroprivrede s jedne strane, i ostale privrede i društva s druge, nameće potrebu da se značaj električne energije za društveno-ekonomski razvoj ne izražava samo kvalitativno, već da se on i mjeri u cilju donošenja što racionalnijih odluka ekonomske politike. Zadatak je ovog rada da prezentira metodologiju koja omogućuje mjerenje utjecaja promjena cijena električne energije. Pri tome se najprije polazi od preciznog određivanja prirode veza između elektroprivrede i korisnika električne energije. Zatim se daje metodološki pristup mjerenju utjecaja promjene cijena električne energije na osnovi međusektorske analize, i konačno se primjena metodologije ilustrira primjerom.

2. Značaj i uloga elektroprivrede u društveno-ekonomskom razvoju

2.1 Zavisnost pojedinih grana industrije o električnoj energiji možemo sagledati kroz tehničke koeficijente koji pokazuju direktan utrošak električne energije po jedinici proizvodnje pojedinih privrednih djelatnosti, koji su dani u Tablici 1.

Tehnički koeficijenti: odnos između direktnih troškova električne energije i vrijednosti proizvodnje u pojedinim privrednim djelatnostima

Tablica 1.

Šifra	Privredne djelatnosti (primaoci)	Tehnički koeficijenti
111	Proizvodnja i raspodjela električne energije	0,00000
112	Proizvodnja i prerada ugljena	0,03059
113	Proizvodnja i prerada nafte	0,01187
121	Crna metalurgija	0,02047
122	Obojena metalurgija	0,03509
131	Proizvodnja i prerada nemetala	0,02600
141	Metalna industrija	0,01403
142	Brodogradnja	0,00843
143	Elektroindusrija	0,00912
151	Kemijska industrija	0,03023
132	Industrija građevinskog materijala	0,03020
161	Drvna industrija	0,01291
152	Proizvodnja i prerada papira	0,05955
171	Tekstilna industrija	0,01133
172	Industrija kože i obuće	0,00480
173	Industrija gume	0,01526
181	Prehrambena industrija	0,01483
191	Grafička industrija	0,00577
183	Industrija duhana	0,00283
192	Filmska industrija	0,00226
193	Raznovrsna industrija	0,00691
200	Poljoprivreda	0,00096
300	Šumarstvo	0,00124
400	Građevinarstvo	0,00273
500	Saobraćaj i veze	0,00622
600	Trgovina i ugostiteljstvo	0,00676
700	Uslužno zanatstvo	0,00563
811	Komunalne djelatnosti	0,04677
812	Stari materijali i otpaci	0,00000

Izvor: »Međusobni odnosi privrednih delatnosti Jugoslavije u 1966.«, Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1969, tablica 3—2.

Tehnički koeficijenti[1] iz Tablice 1 ukazuju na to da je udio električne energije u vrijednosti proizvodnje pojedinih grana industrije i rudarstva različit. Te razlike u troškovima nisu karakteristične samo za usporedbu među granama; a ovi troškovi nisu jednaki niti u poduzećima iste grane. Oni ovise o prirodi tehnološkog procesa, tehničkoj opremljenosti rada, cijenama i obimu inputa, načinu korištenja električnih trošila u toku proizvodnog procesa. Zbog toga električna energija ima različit značaj za pojedine grane industrije, ali isto tako i za pojedina poduzeća unutar iste grane, što ovisi o tipu tehnološkog procesa i sposobnosti te grane da apsorbira tehnički progres, te o faktorima o kojima je bilo riječi.

Podaci iz Tablice 1 pokazuju da je udio električne energije u vrijednosti proizvodnje izrazitiji u industriji ugljena i koksa, obojenoj metalurgiji, industriji nemetala, kemijskoj industriji, industriji građevinskog materijala i industriji papira. U tim granama on se kreće od 2,6 % do 5,96 %, dok u ostalim ne prelazi 2 %. Na veći udio električne energije u proizvodnji spomenutih grana posebno utječu direktni potrošači koji imaju veliko učešće električne energije u svojim proizvodnim procesima i koji koriste električnu energiju direktno na mreži visokog napona. Tako na primjer učešće direktnih troškova električne energije u proizvodnji i preradi papira iznosi 5,96 %, dok udio ovih troškova u proizvodnji papira i celuloze, bez prerade papira, iznosi 8,04 %.

Ove razlike još su izrazitije unutar obojene metalurgije. Za čitavu obojenu metalurgiju direktni troškovi električne energije iznose 3,5 %, dok oni u proizvodnji glinice i aluminija dosižu čak 18,8 %.

Učešće direktnih troškova električne energije u čitavoj kemijskoj industriji iznosi 3,0 %, ali unutar te grane najveće učešće ovih troškova ima proizvodnja umjetnih masa i vlakana 6,2 %, zatim proizvodnja neorganskih i organskih kemikalija 4,9 %.

Učešće direktnih troškova električne energije u industriji građevinskog materijala iznosi 3,0 %, dok u proizvodnji cementa ono iznosi 5,4 %.

2.2 Navedeni podaci se odnose samo na električnu energiju koja se troši direktno u toku proizvodnog procesa određene industrijske grane. Međutim, u toku istog proizvodnog procesa upotrebljavaju se i sredstva za rad i predmeti rada, u čijoj se proizvodnji također trošila električna energija, pa ona predstavlja trošak koji je opredmećen u sredstvima za rad i predmetima rada koji se koriste u toku proizvodnog procesa. To je indirektan trošak električne energije. Ali, u proizvodnji sredstava za rad i predmeta rada, koji se koriste u toku proizvodnog procesa, koristila su se i druga sredstva za rad i predmeti rada, u čijoj je proizvodnji, pored ostalih inputa, učestvovala i električna energija, pa se i trošak te energije pojavljuje kao indirektan trošak električne energije u proizvodnom procesu koji je u toku. Nastavimo li tom logikom dalje i nastojimo li trasirati indirektne troškove električne energije sve dalje i dalje u prošlost, obuhvatit ćemo sve troškove električne energije u privredi, odnosno u našem slučaju u industriji. Takav postupak određivanja troškova električne energije ukazuje na multiplikativan karakter troška električne energije, koji proizlazi iz činjenice da se električna energija upotrebljava u svakom proizvodnom procesu.

Prema tome, trošak električne energije ima dva pojavna oblika: direktan i indirektan. Ukoliko želimo da ocijenimo udio električne energije u proizvodnji neke grane ili djelatnosti, potrebno je uzeti u obzir i direktan i indirektan trošak električne energije. Direktne i indirektne potrebe za električnom energijom po jedinici proizvodnje izražavaju koeficijenti u inverznoj matrici tehnologije. Ti koeficijenti, koji važe za Jugoslaviju u 1966. navedeni su u Tablici 2.

Direktne i indirektne isporuke električne energije po jedinici proizvodnje pojedinih privrednih djelatnosti

Tablica 2

Šifra	Privredne djelatnosti (primaoci)	Ukupni koeficijenti
111	Proizvodnja i raspodjela električne energije	1,00980
112	Proizvodnja i prerada ugljena	0,04239
113	Proizvodnja i prerada nafte	0,02864
121	Crna metalurgija	0,05986
122	Obojena metalurgija	0,08722
131	Proizvodnja i prerada nemetala	0,04286
141	Metalna industrija	0,04063
142	Brodogradnja	0,03588
143	Elektroindustrija	0,04175
151	Kemijska industrija	0,06264
132	Industrija građevinskog materijala	0,04474
161	Drvna industrija	0,02694
152	Proizvodnja i prerada papira	0,10089
171	Tekstilna industrija	0,02993
172	Industrija kože i obuće	0,01953
173	Industrija gume	0,04282
181	Prehrambena industrija	0,02641
191	Grafička industrija	0,03171
183	Industrija duhana	0,01805
192	Filmska industrija	0,01235
193	Raznovrsna industrija	0,02525
200	Poljoprivreda	0,00627
300	Šumarstvo	0,00410
400	Građevinarstvo	0,01841
500	Saobraćaj i veze	0,01640
600	Trgovina i ugostiteljstvo	0,00952
700	Uslužno zanatstvo	0,02128
811	Komunalna djelatnost	0,05577
812	Stari materijali i otpaci	0,00000

Izvor: »Međusobni odnosi privrednih delatnosti Jugoslavije u 1966.«, Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1969, tablice 3—3.

Koeficijenti inverzne matrice tehnologije[1] daju znatno realističniju sliku u pogledu učešća troško-

[1] Tehnički koeficijenti odražavaju direktnu proizvodnu povezanost svih sektora privrede, koja je uvjetovana njihovom tehnološkom međuzavisnosti. Tehnički koeficijent, koji se najčešće obilježava s a_{ij}, označava količinu proizvodnje sektora i potrebnu za ostvarenje jedinice proizvodnje sektora j.

[1] Pojedini koeficijenti inverzne matrice označavaju ukupne, dakle direktne i indirektne, isporuke proizvoda sektora i koja je potrebna za proizvodnju jedinice finalne proizvodnje sektora j.

va električne energije u vrijednosti proizvodnje pojedinih industrijskih grana. Već u Tablici 1, gdje smo uzeli samo direktne troškove električne energije u proizvodnom procesu, kod nekih grana je učešće električne energije bilo izrazitije. Međutim kada se u obzir uzmu i indirektni troškovi električne energije, to učešće je znatno veće. U Tablici 3 su navedeni direktni i indirektni troškovi električne energije po granama industrije, u kojima su oni najizrazitiji.

Direktni i ukupni (direktni + indirektni) troškovi električne energije u vrijednosti proizvodnje nekih industrijskih grana

Tablica 3.

Grana industrije	Direktan trošak u %	Indirektan i direktan trošak u %
Proizvodnja i prerada ugljena	3,06	4,2
Crna metalurgija	2,05	5,99
Obojena metalurgija	3,50	8,72
Proizvodnja i prerada nemetala	2,60	4,29
Kemijska industrija	3,02	6,26
Industrija građev. materijala	3,02	4,47
Proizvodnja i prerada papira	5,96	10,09

Usporedbom ovih podataka vidi se da je indirektan trošak električne energije znatan, i da ispuštanje tog troška iz razmatranja u velikoj mjeri iskrivljuje udio troškova električne energije u vrijednosti proizvodnje. Jedino uzimanje i direktnih i indirektnih troškova električne energije daje realnu sliku o udjelu električne energije u vrijednosti proizvodnje u pojedinim granama, a to znači i o ulozi elektroprivrede kao dobavljača. I u razmatranju ukupnih troškova korisno je analizirati njihovo kretanje po pojedinim vrstama proizvodnje u nekim industrijskim granama.

U obojenoj metalurgiji razlike u direktnim i indirektnim troškovima električne energije su značajne. Dok ukupni troškovi električne energije u obojenoj metalurgiji u prosjeku iznose 8,7 %, dotle u proizvodnji glinice i aluminija oni dosižu čak 25,0 %, a u ostalim proizvodnjama ove grane oni se kreću između 5,4 % i 9,1 %.

U proizvodnji i preradi papira ukupni troškovi električne energije iznose 10,1 %, ali samo u proizvodnji papira i celuloze oni iznose 12,0 %, a u preradi papira 7,6 %.

Za kemijsku industriju ukupni troškovi električne energije iznose prosječno 6,3 %, ali u proizvodnji umjetnih masa i vlakana oni iznose 11,1 %, a u proizvodnji neorganskih i organskih kemikalija 9,3 %, itd. U Tablici 4. dani su tehnički i ukupni koeficijenti za one proizvodnje unutar pojedinih industrijskih grana u kojima je učešće direktnih i ukupnih troškova električne energije najizrazitije.

Tehnički i ukupni koeficijenti inputa električne energije za neke proizvodnje u privrednim djelatnostima

Tablica 4

Šifra	Proizvodnja	Tehnički koeficijent	Ukupni koeficijent
1222	Glinica i aluminij	0,18789	0,25004
1521	Papir i celuloza	0,08044	0,12022
1512	Umjetne mase i vlakna	0,06190	0,11053
1511	Neorganske i organske kemikalije	0,04907	0,09268
1224	Valjaonice obojenih metala	0,01584	0,09108
1522	Prerađevine papira	0,00400	0,07612
1323	Cement	0,05443	0,07558
1433	Kabeli i provodnici	0,01400	0,06889
1515	Predmeti od plastične mase	0,01092	0,06318
1811	Mljevenje žitarica	0,05413	0,05870
1212	Crna metalurgija	0,02039	0,05838
1731	Guma	0,01526	0,05728
1315	Ostala prerada nemetala	0,02905	0,05692
8111	Komunalna djelatnost	0,04677	0,05622
1312	Staklo	0,03517	0,05363
1221	Rude obojenih metala	0,02717	0,05350
1432	Električni aparati za domaćinstva	0,01078	0,04785
1417	Nespomenuti metalni proizvodi	0,01770	0,04698
1314	Porculan i keramika	0,03163	0,04647
1516	Ostali kemijski proizvodi	0,00801	0,04576
1416	Cestovna vozila	0,01573	0,04527
1411	Metalni reprodukcioni materijal	0,01552	0,04452
1121	Ugljen	0,03544	0,04300
1322	Cigla i crijep	0,03203	0,04101
1435	Ostali proizvodi elektroindustrije	0,00964	0,04059

Izvor: »Međusobni odnosi privrednih delatnosti Jugoslavije u 1966.«, Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1969, Tablice 5—2, i 5—3.

Direktni i ukupni inputi iz pojedinih privrednih djelatnosti po jedinici proizvodnje električne energije

Tablica 5.

Šifra	Privredne djelatnosti (davaoci)	Tehnički koeficijenti	Ukupni koeficijenti
111	Proizvodnja i raspodjela električne energije	0,00000	1,00980
112	Proizvodnja i prerada ugljena	0,14279	0,16845
113	Proizvodnja i prerada nafte	0,01446	0,03179
121	Crna metalurgija	0,00354	0,03236
122	Obojena metalurgija	0,00101	0,01696
131	Proizvodnja i prerada nemetala	0,00282	0,00731
141	Metalna industrija	0,00812	0,03665
142	Brodogradnja	0,00001	0,00073
143	Elektroindustrija	0,01872	0,02924
151	Kemijska industrija	0,00179	0,01792
132	Industrija građevinskog materijala	0,00142	0,00431
161	Drvna industrija	0,00169	0,00640
152	Proizvodnja i prerada papira	0,00072	0,00426
171	Tekstilna industrija	0,00048	0,00537
172	Industrija kože i obuće	0,00004	0,00091
173	Industrija gume	0,00158	0,00393
181	Prehrambena industrija	0,00000	0,00046
191	Grafička industrija	0,00083	0,00175
183	Industrija duhana	0,00000	0,00000
192	Filmska industrija	0,00000	0,00000
193	Raznovrsna industrija	0,00012	0,00021
200	Poljoprivreda	0,00000	0,00220
300	Šumarstvo	0,00264	0,00953
400	Građevinarstvo	0,00602	0,01001
500	Saobraćaj i veze	0,03159	0,04852
600	Trgovina i ugostiteljstvo	0,01839	0,03347
700	Uslužno zanatstvo	0,02024	0,02505
811	Komunalne djelatnosti	0,00273	0,00375
812	Stari materijali i otpaci	0,00134	0,00340

Izvor: »Međusobni odnosi privrednih delatnotsi Jugoslavije u 1966.«, Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1969, Tablice 3—2. i 3—3.

2.3 Elektroprivreda se javlja i u ulozi potrošača, koji u svom proizvodnom procesu koristi proizvode drugih grana industrije. Za ocjenu uloge i značaja elektroprivrede u tom svojstvu poslužit ćemo se podacima koji su navedeni u Tablici 5.

Tehnički koeficijenti u ovom slučaju pokazuju veličinu inputa iz svake privredne djelatnosti, koji su direktno potrebni u proizvodnji jedinice električne energije. Ukupni koeficijenti pokazuju veličinu inputa koji su direktno i indirektno potrebni za proizvodnju jedinice električne energije.[1]

Indirektni i direktni inputi koji su potrebni za proizvodnju električne energije pokazuju da elektroprivreda predstavlja značajnog potrošača za grane i djelatnosti koje su navedene u Tablici 6. i da ona ima jak utjecaj na njihov rad i razvoj.

Udio direktnih i indirektnih inputa u proizvodnji električne energije u % od ukupne vrijednosti proizvodnje elektroprivrede

Tablica 6.

Privredne djelatnosti	Direktni inputi	Indirektni i direktni inputi
Proizvodnja i prerada ugljena	14,29	16,85
Proizvodnja i prerada nafte	1,45	3,18
Elektroindustrija	1,87	2,92
Metalna industrija	0,81	3,67
Građevinarstvo	0,60	1,00
Saobraćaj i veze	3,16	4,85
Uslužno zanatstvo	2,02	2,51

2.4 Iz prethodnih podataka se vidi da je značaj elektroprivrede za privredni i društveni razvoj ogroman. On proizlazi iz povezanosti elektroprivrede s ostalim granama industrije i privrednim djelatnostima i društvom u cjelini. Bez obzira na raznolikost formi kroz koje ta veza dolazi do izražaja, pojavne oblike utjecaja elektroprivrede na privredni razvoj možemo svrstati u pet osnovnih grupa.

Prvo, osnovna uloga elektroprivrede se sastoji u isporuci električne energije određene kvalitete uz ekonomski prihvatljive uvjete dobave, na čemu se zasniva ne samo fizički rast privrede, već i njen kvalitativan razvoj na osnovi sve intenzivnije primjene tehničkog progresa. U ovoj ulozi se elektroprivreda javlja kao dobavljač električne energije, i time utječe na produktivnost rada u ostaloj privredi, ali i na njenu konkurentsku sposobnost zavisno o cijeni električne energije.

Drugo, elektroprivreda se pojavljuje i kao važan faktor rasta onih proizvodnih grana i djelatnosti čiji se proizvodi koriste kao inputi u elektroprivredi. Ovdje se elektroprivreda javlja kao potrošač, čija priroda i tempo potrošnje ima snažan utjecaj na njene dobavljače.

Treće, električna energija predstavlja osnovu za eksploataciju čitavog niza aparata, kao što su elektromotori i razna električna trošila. Kroz to se ostvaruje i utjecaj elektroprivrede na one grane industrije koje proizvode te aparate, te njihov rad i razvoj u velikoj mjeri ovisi o kvaliteti, kvantiteti i uvjetima dobave električne energije, tj. o radu i razvoju elektroprivrede.

Četvrto, elektroprivreda svojim razvojem, a pogotovo radom, utječe na uvjete eksploatacije drugih djelatnosti. To su sekundarni efekti rada i razvoja elektroprivrede, koji najviše dolaze do izražaja u vodoprivredi i poljoprivredi, vodotoci melioracije, toplinskoj djelatnosti i drugim djelatnostima, koje su tehnološki vezane za elektroprivredu. Značenje sekundarnih efekata elektroprivrede je zbog njenog infrastrukturnog karaktera vrlo veliko, a često i veće od njenih primarnih efekata, koji se sastoje u proizvodnji električne energije da bi zadovoljili potrošnju.

Peto, elektroprivreda je i bitna komponenta općedruštvenog razvoja zbog njenog vitalnog značaja za podizanje životnog standarda ljudi i razvoja masovnih sredstava komunikacija, koja imaju veliku ulogu u podizanju kulturnog i političkog nivoa radnih ljudi.

Ukratko, o radu i razvoju elektroprivrede ovisi korištenje prirodnih resursa zemlje, modernizacija, efikasnost i razvoj privrede, njena konkurentska sposobnost, razvoj društva i nivo životnog standarda ljudi.

3. Metodološki pristup za određivanje utjecaja promjena cijena električne energije

3.1 U analizi efekata promjene cijena električne energije na cijene proizvoda ostalih sektora kao i na ekonomski položaj svih sektora koristit ćemo međusektorski model.

Polazna pretpostavka je da povećanje cijena u nekom sektoru, izazvano bilo kojim uzrocima pokreće lančanu reakciju, koja se širi na čitav proizvodni sistem jedne privrede.

Analitičkim pristupom koji ćemo ovdje iznijeti obuhvaćeni su efekti uvjetovani direktnim i indirektnim proizvodnim vezama, koje postoje u proizvodnom sistemu privrede.[1]

Ovdje nas interesiraju dva slučaja:

— kada sektori kod kojih je došlo do povećanja cijena inputa mogu poskupljenje prebaciti u cjelini na potrošača, to jest povećati cijenu svog outputa.
— kada sektori u kojima je došlo do poskupljenja inputa zbog povećanja cijena u nekim sektorima ne mogu efekte poskupljenja prebaciti na potrošače.

U međusektorskom modelu ugrađen je međutim samo jedan aspekt međuzavisnosti cijene i to onaj, koji je rezultat proizvodno-tehnološke međuzavisnosti proizvodnih sektora. Koristeći među-

[1] Pri tome se pod pojmom »proizvodnja« podrazumijeva proizvodnja u širem smislu tj. proizvodnja, prijenos i razdioba električne energije.

[1] Ovaj je pristup izložen u članku dr M. Sekulića »Utjecaj promjena cijena na ekonomski položaj proizvodnih sektora« objavljenom u Ekonomskom pregledu br. 9—10/1969.

sektorski model mogu se pratiti efekti promjena cijena u nekim sektorima. Rezultati takve analize odgovaraju slučaju kada je potražnja potpuno neelastična s obzirom na cijenu. Ovaj nedostatak međutim nije značajan kada ispitujemo utjecaj povećanja cijene električne energije zbog male mogućnosti supstitucije, pogotovo na kratki rok, tj. zbog male elastičnosti potražnje za električnom energijom.

Unatoč tome može se pomoću međusektorskog modela analizirati utjecaj cijena električne energije na cijene ostalih sektora i ekonomski položaj same elektroprivrede.

Analiza se zasniva na međusektorskoj tablici privrede, u kojoj su dane kvantifikacije međusobnih proizvodnih veza svih sektora privrede. Preko međusobnih veza se promjene cijena prenose poskupljenjem odgovarajućih inputa kroz reprodukcionu sferu privrede sve do oblasti finalne potrošnje.

Stupac međusektorske tablice pokazuje vrijednosnu strukturu bruto proizvoda određenog sektora, prema materijalnim inputima i elementima društvenog proizvoda.

Pretpostavimo da smo privredu raščlanili na n sektora. Bruto produkt j-tog sektora označit ćemo sa X_j, inpute iz sektora i X_{ij}, a društveni proizvod formiran u sektoru j D_j. Tada je

$$X_j = \sum_i X_{ij} + D_j \quad (i = 1,2, \dots, n) \tag{1}$$

Radi pojednostavljenja društveni proizvod prikazujemo sumarno sa D_j, jer nam ovdje nije značajna struktura društvenog proizvoda.

Ako dođe do promjena cijena u jednom sektoru, ta se promjena prenosi na sve sektore i u proizvodnom se sistemu uspostavlja nova ravnoteža, u kojoj elementi vrijednosne strukture bruto produkta j-tog sektora imaju slijedeće veličine:

$$X_j^{(1)} = \sum_i X_{ij}^{(1)} + D_j^{(1)} \quad (i = 1,3, \dots, n) \tag{2}$$

Pretpostavka je da se nije promijenio naturalni opseg proizvodnje sektora j i njegovih materijalnih inputa.

Promjenu u vrijednosnom izrazu koja je nastala možemo prikazati indeksom cijena ili indeksom promjene društvenog proizvoda.

$$\frac{X_i^{(1)}}{X_j} = c_j \tag{3}$$

$$\frac{D_j^{(1)}}{D_j} = z_j$$

Jednadžba (2) sada izgleda ovako:

$$X_j c_j = \sum_i X_{ij} c_i + D_j z_j \tag{4}$$

Ako (4) podijelimo sa X_j

$$c_j = \sum_i a_{ij} c_i + d_j z_j \tag{5}$$

gdje je a_{ij} = tehnički koeficijent, (utrošak proizvoda sektora i za jedinicu proizvodnje j), a $d_j = D_j/X_j$ je koeficijent društvenog proizvoda (veličina društvenog proizvoda (veličina društvenog proizvoda po jedinici proizvodnje sektora j).

Promjenu ekonomskog položaja elektroprivrede mjerit ćemo indeksom koji pokazuje promjenu d_j, koeficijenta društvenog proizvoda i označit ćemo ga sa z_j.

Pretpostavit ćemo da se proizvodni sistem sastoji od tri sektora i tada se razvijanjem jednadžbe (5) dobije slijedeći sistem jednadžbi:

$$c_1 = a_{11}c_1 + a_{21}c_2 + a_{31}c_3 + d_1 z^1$$

$$c_2 = a_{12}c_1 + a_{22}c_2 + a_{32}c_3 + d_2 z_2$$

$$c_3 = a_{13}c_1 + a_{23}c_2 + a_{33}c_3 + d_3 z_3$$

ili u matričnom obliku

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_1 & 0 & 0 \\ 0 & d_2 & 0 \\ 0 & 0 & d_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix}$$

ili skraćeno

$$c = A' c + \hat{d} z \tag{8}$$

gdje je A' transponirana matrica tehničkih koeficijenata, a $\hat{d}$ dijagonalna matrica koeficijenata društvenog proizvoda. Relacija (8) služit će nam kao osnova za analizu dva slučaja koja smo prethodno naveli.

3.2 *Prvi slučaj:* Poskupljenje električne energije je moguće prebaciti na potrošače proizvoda u kojima se električna energija javlja kao input.

Postavlja se pitanje kako će se povećanje cijena u elektroprivredi odraziti na cijene ostalih sektora, ako oni mogu poskupljenje svojih materijalnih inputa prebaciti na potrošače.

Pretpostavit ćemo da se povećala cijena električne energije, to jest do povećanja je došlo u jednom sektoru. Ovo se povećanje lančanom reakcijom prenosi na preostalih n-1 sektora (n-1 = = r).

Budući da ovi sektori imaju i dalje istu veličinu društvenog proizvoda indeksi promjene z_r jednaki su jedinici.

Odgovarajuće matrice i vektore iz (8) razbit ćemo na blokove na slijedeći način

$$\begin{bmatrix} c_r \\ \hline c_s \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{c|c} A'_{rr} & A'_{rs} \\ \hline A'_{sr} & A'_{ss} \end{array}\right] \begin{bmatrix} c_r \\ \hline c_s \end{bmatrix} + \left[\begin{array}{c|c} \hat{d}_r & 0 \\ \hline 0 & d_s \end{array}\right] \begin{bmatrix} z_r \\ \hline z_s \end{bmatrix} \tag{10}$$

Treba naći vektor stupac c_r, uz to da su elementi $z_r = 1$, jer u preostalih n-1 sektora ne dolazi do promjene u ostvarenom društvenom proizvodu.

Iz (10) slijedi

$$c_r = A'_{rr} c_r + A'_{rs} c_s + \hat{d}_r z_r ,$$

odnosno

$$c_r = (I - A'_{rr})^{-1} (A'_{rs} c_s + \hat{d}_r z_r) \tag{11}$$

a budući da je $z_r = [1]$ slijedi

$$c_r = (I - A'_{rr})^{-1} (A'_{rs} c_s + \hat{d}_r)$$

Drugi dio analize sastoji se u tome da se izračunavaju efekti promjene cijene u sektoru elektroprivrede na veličinu društvenog proizvoda u tom sektoru.

Polazi se od (10) i slijedi

$$c_r = A'_{rr} c_r + A'_{rs} c_s + \hat{d}_r z_r$$

a iz toga je

$$\hat{d}_r z_r = c_r - A'_{rr} c_r - A'_{rs} c_s$$

odnosno

$$\hat{d}_r z_r = (I - A'_{rr}) c_r - A'_{rs} c_s$$

te konačno

$$z_r = \hat{d}_r^{-1} \left[(I - A'_{rr}) c_r - A'_{rs} c_s \right].$$

z_j je promjena društvenog proizvoda koji se stvara u sekotru x elektroprivrede nakon povećanja cijene električne energije u situaciji kada ostali sektori mogu poskupljenje inputa, u ovom slučaju električne energije, prenijeti na potrošača.

3.2 *Drugi slučaj:* Poskupljenje električne energije je nemoguće prebaciti na potrošače proizvoda u kojima se električna energija pojavljuje kao input.

Zbog nemogućnosti povećanja cijena u ostalim sektorima dolazi do smanjenja veličine društvenog proizvoda. Prema tome traži se vektor z_r, vektor indeksa promjene društvenog proizvoda u sektorima r.

Iz sistema jednadžbi (10) slijedi:

$$c_r = A'_{rr} c_r + A'_{rs} c_s + \hat{d}_r z_r$$

pa je

$$z_r = \hat{d}_r^{-1} \left[(I - A'_{rr}) c_r - A'_{rs} c_s \right] \qquad (13)$$

4. Ilustracija primjene metodologije

4.1 *Pretpostavke*

Formirali smo input-output tablicu sa četiri sektora, u kojoj je prikazana struktura bruto proizvoda. Pretpostavimo da je četvrti sektor elektroprivreda, i da se cijena električne energije povećava za 12 %.

Tablica 7

		Sektor			
		I	II	III	IV
Inputi po jedinici proizvoda	I	—	0,1	0,2	0,1
	II	0,2	—	0,1	0,2
	III	0,2	0,3	—	0,2
	IV	0,3	0,2	0,3	—
Društveni proizvod	d	0,3	0,4	0,4	0,5
UKUPNO		1,0	1,0	1,0	1,0

4.2 *Prvi slučaj*

Analizirat ćemo kakvi su efekti povećanja te cijene na kretanje cijena u ostala tri sektora i na promjenu veličine društvenog proizvoda na elektroprivredu. Polazimo od sistema jednadžbi (11), koji sada izgleda ovako:

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -0{,}2 & -0{,}2 \\ -0{,}1 & 1 & -0{,}3 \\ -0{,}2 & -0{,}1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \left\{ \begin{bmatrix} 0{,}4 \\ 0{,}2 \\ 0{,}3 \end{bmatrix} \cdot 1{,}12 + \begin{bmatrix} 0{,}3 \\ 0{,}4 \\ 0{,}4 \end{bmatrix} \right\}$$

Nakon uređenja

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}07 & 0{,}24 & 0{,}29 \\ 0{,}18 & 1{,}06 & 0{,}35 \\ 0{,}23 & 0{,}15 & 1{,}08 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0{,}64 \\ 0{,}62 \\ 0{,}74 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}04 \\ 1{,}04 \\ 1{,}06 \end{bmatrix}$$

pa je

$$c_1 = 1{,}04$$

$$c_2 = 1{,}04$$

$$c_3 = 1{,}06$$

što znači da u prvom i drugom sektoru cijena raste za 4 %, a u trećem za 6 %.

Drugi dio analize sastoji se u tome da se vidi kako sada povećanje cijena u prva tri sektora, čiji su proizvodi inputi u elektroprivredu, utječu na njen društveni proizvod.

Polazimo od (12)

pa je

$$z_4 = \frac{1}{0{,}5} \left\{ 1 \cdot 1{,}12 - [0{,}1\ 0{,}2\ 0{,}2] \begin{bmatrix} 1{,}04 \\ 1{,}04 \\ 1{,}06 \end{bmatrix} \right\} = 1{,}192$$

Društveni proizvod će u četvrtom sektoru porasti za 19,2 %. Kad ne bi došlo do induciranog povećanja cijena njegovih inputa, taj bi porast iznosio 24 %, budući da je u četvrtom sektoru došlo do povećanja cijena za 12 % a društveni proizvod učestvuje u bruto proizvodu IV sektora sa 50 %.

4.3 *Drugi slučaj*

Ovdje nas zanima kako povećanje cijena u IV sektoru utječe na veličinu društvenog proizvoda u preostala tri sektora, kada oni ne mogu povećavati cijene svog outputa. Koristimo sistem jednadžbi (13), koje za naš slučaj izgledaju ovako:

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{0{,}3} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{0{,}4} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{0{,}4} \end{bmatrix}$$

$$\left\{ \begin{bmatrix} 1 & -0{,}2 & -0{,}2 \\ -0{,}1 & 1 & -0{,}3 \\ -0{,}2 & -0{,}1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0{,}3 \\ 0{,}2 \\ 0{,}3 \end{bmatrix} 1{,}12 \right\}$$

Slijedi da je

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3{,}3 & 0 & 0 \\ 0 & 2{,}5 & 0 \\ 0 & 0 & 2{,}5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0{,}26 \\ 0{,}38 \\ 0{,}36 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}86 \\ 0{,}95 \\ 0\ 90 \end{bmatrix}$$

Prema tome povećanje cijena električne energije za 12 % izazvalo je u prvom sektoru smanjenje društvenog proizvoda za 14 %, u drugom sektoru za 5 %, a u trećem za 10 %.

Literatura:

Gorupić - Bendeković - Pauković: »Ekonomski odnosi u elektroprivredi«, Ekonomski institut Zagreb, Zagreb 1969.

Rasmussen P. N.: »Studies in inter-sectoral relations«, North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1957.

Sekulić M.: »Utjecaj promjena cijena na ekonomski položaj proizvodnih sektora«, Ekonomski pregled, br. 9—10/1969.

Seraldson P.: »MODIS II — A macro-economic model for short-term analyssis and planning«, Statistik sentral birâ, Oslo 1968.

. . . . »Međusobni odnosi privrednih djelatnosti Jugoslavije u 1966.«, Savezni zavod za statistiku, Beograd 1969.

Naslov pisca: Jadranko Bendeković, dipl. ec. Ekonomski institut, Zagreb.

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA

KARLOVAC

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

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

EKONOMSKI ZNAČAJ REVALORIZACIJE OSNOVNIH SREDSTAVA U ELEKTRODISTRIBUCIJI

Jure Šimović, Zagreb

Raspravljaju se slabosti ranije revalorizacije sredstava elektrodistribucije a s tim u vezi i način formiranja cijena električne energije od reforme, kao i problemi predstojeće nove revalorizacije.

621.315/316

Uvod

Porast cijena pojedinih proizvoda, opreme i usluga od privredne reforme iz 1965. do danas, kao i efekti izvršene devalvacije dinara, utjecali su da vrijednosti osnovnih sredstava u poslovnim knjigama radnih organizacija znatno odstupaju od tekućih cijena tih sredstava. Zbog toga je Savezno izvršno vijeće već formiralo komisiju, koja treba još do kraja ove godine pripremiti metodologiju i predložiti mjere za provođenje nove revalorizacije osnovnih sredstava. Prema stavovima komisije SIV-a revalorizaciju bi trebalo provesti do kraja 1971. metodom koeficijenata uz primjenu nekih specifičnih rješenja za pojedine grane i grupacije, kao i za pojedine vrste osnovnih sredstava. Uz novi zakon o revalorizaciji osnovnih sredstava, očekuje se i prijedlog izmjena minimalnih amortizacionih stopa za neke vrste osnovnih sredstava, da bi se stope otpisa naših osnovnih sredstava približile kretanjima tih otpisa u svijetu.

Pošto će revalorizacija osnovnih sredstava, posebno u granama i grupacijama s vrlo velikim učešćem sredstava u proizvodnji, bitno utjecati na preraspodjelu ukupnog prihoda i dohotka radne organizacije, ovdje ćemo dati osvrt na neke ekonomske i društvene značajke revalorizacije osnovnih sredstava, kao i na preraspodjelu koju ona izaziva u ukupnom prihodu i dohotku radne organizacije. Isto tako pokušat ćemo ukazati na neke nedostatke kod provođenja revalorizacije osnovnih sredstava u 1966. kao i korake koje bi trebalo poduzeti kod nadležnih organa, kako se iste pogreške za elektroprivredu, a posebno za djelatnost razvoda i distribucije električne energije ne bi ponovile.

Osnovna sredstva — značaj u proizvodnom procesu i njihovo trošenje

Osnovna sredstva su jedan od tri osnovna faktora koji učestvuju u proizvodnom procesu. Njihove vrijednosti prenose se jednim dijelom na nove upotrebne vrijednosti, što nastaju kao rezultat proizvodnog procesa. To trošenje osnovnih sredstava izražava se kao otpis ili amortizacija. Stoga amortizacija predstavlja i poseban elemenat strukture cijene gotovih proizvoda, jer je i potrošak osnovnih sredstava izazvan tom proizvodnjom. Amortizacija, ili obračunsko obezvređenje osnovnih sredstava, treba da bude uvijek odraz stvarno izgubljene upotrebne vrijednosti osnovnog sredstva u proizvodnji. Jedino tako realno obračunavanje izgubljene vrijednosti osnovnih sredstava u proizvodnji daje garanciju njihove normalne reprodukcije.

Budući da su osnovna sredstva jedan od važnih faktora ukupne reprodukcije, ulaženje u reprodukciju s vrijednostima koje odstupaju od tekućih tržnih cijena, izaziva mnogo problema u unutrašnjoj ekonomici radne organizacije. Osnovna sredstva predstavljaju minuli rad i svoju vrijednost prenose se na nove proizvode u toku niza godina. Zbog toga je za realno utvrđivanje cijene koštanja pojedinih proizvoda i usluga, prodajnih cijena proizvoda, kao i za vođenje cjelokupne poslovne politike poduzeća od bitne važnosti da osnovna sredstva budu u poslovnim knjigama iskazana po stvarnim tržnim cijenama.

Osnovna sredstva predstavljaju važan elemenat ukupnog društvenog bogatstva. Stupanj ukupnog nacionalnog razvoja nemoguće je utvrditi bez realnih vrijednosti osnovnih sredstava. Osim toga, bez poznavanja realnih vrijednosti osnovnih sredstava nemoguće je voditi ispravnu ekonomsku politiku razvoja pojedinih grana i grupacija.

Osnovna sredstva su sastavni dio ukupnih sredstava radne organizacije i u pravilu njihov pretežni dio. Razvojem znanja i tehnologije proizvodnje njihov udio u ukupnim sredstvima radnih organizacija se sve više povećava. Imajući u vidu ulogu osnovnih sredstava u proizvodnji, osnovni ekonomski značaj realnog iskazivanja vrijednosti osnovnih sredstava bio bi u slijedećem:

1. realnost cijene koštanja proizvoda, kao osnovnog faktora ukupne poslovne politike poduzeća;
2. očuvanje vrijednosti osnovnih sredstava radne organizacije;
3. realnost utvrđivanja i raspodjele dohotka radne organizacije, i
4. analiza unutrašnje ekonomike poslovanja radne organizacije.

Realnost cijene koštanja pojedinih proizvoda i usluga jedan je od osnovnih elemenata kojeg treba poznavati pri vođenju ukupne poslovne politike poduzeća, a posebno politike prodajnih cijena. Udio troškova sredstava rada u strukturi cijene u pojedinim industrijskim granama kreće se i do 70 %. Ovako veliko učešće sredstava rada u strukturi cijene koštanja, stavlja osnovna sredstva i njihovo korištenje u centar ukupne poslovne politike poduzeća, jer će od njihovog korištenja u najvećoj mjeri zavisiti i veličina cijene koštanja.

U privrednim granama i grupacijama gdje se i danas, kao što je slučaj s elektroprivredom, cijene određuju normativima troškova i dohotka zavisno o vrijednosti osnovnih sredstava, od posebne važnosti je realno iskazivanje cijene koštanja. Nerealna cijena koštanja, izračunana na nerealnim vrijednostima osnovnih sredstava ima za posljedicu neadekvatnu politiku prodajnih cijena.

Očuvanje vrijednosti osnovnih sredstava, kao i puna reprodukcija svih društvenih sredstava, jedna je od osnovnih obaveza radnih organizacija. U uvjetima inflacionih pojava, ako se sredstva ne prikazuju po realnim — tržnim vrijednostima, dešava se, s obzirom na sistem amortizacije koji se kod nas primjenjuje, da se realizacijom proizvodnje ne osigura puna reprodukcija sredstava radne organizacije.

Zbog nerealnog iskazivanja vrijednosti osnovnih sredstava u poslovnim knjigama se javlja i razlika između dohotka, iskazanog u bilanci radne organizacije i ekonomski stvarnog dohotka. U vrijeme inflatornih kretanja u privredi, supstanca radne organizacije se prelijeva u dohodak i potrošnju. Ova prelijevanja su različita kod pojedinih radnih organizacija, zavisno o odstupanju knjigovodstvene od reprodukcijske vrijednosti osnovnog sredstva.

Revalorizacija i amortizacija osnovnih sredstava

Imajući u vidu važnost realnog prikazivanja vrijednosti osnovnih sredstava u poslovnim knjigama i realnog otpisa njihove izgubljene upotrebne vrijednosti, kao i ustavnu obvezu o očuvanju vrijednosti društvenih sredstava, potrebno je sagledati:

— da li dosadašnji način obračunavanja izgubljene upotrebne vrijednosti osnovnih sredstava — amortizacije — pomoću striktno određenih amortizacionih stopa osigurava njihovu punu reprodukciju, i
— problem koji nastaje zbog nerealnog prikazivanja vrijednosti osnovnih sredstava u poslovnim knjigama, odnosno zbog odstupanja sadašnjih tržnih vrijednosti tih sredstava od njihovih nabavnih vrijednosti po kojima su iskazana u poslovnim knjigama.

Obračunavanjem amortizacije pomoću amortizacionih stopa što su ih propisali savezni organi, nije se moglo voditi računa o specifičnostima i uvjetima pod kojima se koriste određena osnovna sredstva. Amortizacione stope utvrđivali su savezni organi na osnovi prosječnog radnog vijeka pojedinih grupa osnovnih sredstava. Tako određene amortizacione stope u najvećem broju slučajeva nisu mogle odražavati stvarnu otpisanost pojedinog osnovnog sredstva. Približno točno ocijeniti rok trajanja upotrebe nekog osnovnog sredstva moguće je samo uz dobro poznavanje kvalitete osnovnog sredstva i specifičnih uvjeta pod kojima ono učestvuje u proizvodnom procesu, dakle uzimajući u obzir sve subjektivne i objektivne faktore, koji će djelovati na rad tog osnovnog sredstva.

Ove činjenice ukazuju na potrebu da odluke o amortizacionim stopama osnovnih sredstava donose oni organi, koji se njima koriste i koji poznaju njihovo stvarno stanje. Dosadašnji način striktnog određivanja amortizacionih stopa nanosio je štetu i društvenoj zajednici i privrednim organizacijama, koja se ogledala u nerealno iskazanoj amortizaciji, troškovima proizvodnje i cijeni koštanja proizvoda, kao i u nedovoljno osiguranoj visini sredstva za reprodukciju. Amortizacija je bila nerealna, pa su s time u vezi nerealne bile i kalkulacije cijena proizvoda.

Uočavajući ove nedostatke, posljednji propisi o amortizaciji određuju samo minimalne amortizacione stope, kako bi unutar njih radne organizacije mogle pronaći najadekvatnije, one koje bi najbolje odgovarale njihovim uvjetima poslovanja i njihovoj poslovnoj politici. Prema novim prijedlozima, minimalne stope za pojedina osnovna sredstva trebale bi biti povećane. Svakako da radne organizacije, poznavajući uvjete pod kojima rade njihova pojedina osnovna sredstva, mogu najrealnije pronaći i odgovarajuće amortizacione stope po kojima će obračunavati i prenijeti dio vrijednosti na nove proizvode, a moći će i ocijeniti izgubljeni dio vrijednosti u slučaju ekonomske zastare. Druga, isto tako važna komponenta, pri obračunavanju amortizacije osnovnih sredstava je osnovica za obračun, odnosno nabavna vrijednost tih sredstava.

S tim u vezi postavlja se i pitanje, koju vrijednost treba reproducirati, da li:

— nabavnu vrijednost osnovnih sredstava,
— sadašnju tržnu vrijednost osnovnih sredstava, ili
— buduću reprodukcionu vrijednost osnovnih sredstava.

Sa stajališta osiguranja potpune reprodukcije osnovnih sredstava, buduća reprodukciona vrijednost osnovnih sredstava bila bi najispravnija veličina za obračun amortizacije. Međutim, zbog nemogućnosti utvrđivanja njene veličine, odnosno da li će ona biti veća ili manja od nabavne ili sadašnje vrijednosti, buduća reprodukciona vrijednost osnovnih sredstava ne može se uzeti kao osnovica za obračun.

Nabavna vrijednost osnovnih sredstava je u izvjesnom smislu povijesna kategorija, koja se po pravilu uvijek razlikuje od sadašnje tržne vrijednosti. Realizacijom proizvodnje reproducira se prenijeti dio vrijednosti osnovnih sredstava, koji može biti veći ili manji od njihove tržne cijene. U dosadašnjim uvjetima poslovanja prenijeti dio vrijednosti osnovnih sredstava bio je uvijek manji od njihove stvarne tržne vrijednosti.

Pri utvrđivanju reprodukcione vrijednosti treba nastojati reproducirati sadašnju tržnu vrijednost osnovnih sredstava. U našim uvjetima, u kojima se prema pozitivnim propisima amortizacija obračunava od nabavne vrijednosti osnovnih sred-

stava znači, da te vrijednosti treba revalorizacijom stalno približavati njihovim realnim tržnim vrijednostima.

Usklađivanje vrijednosti osnovnih sredstava (revalorizacija) s tekućim tržnim cijenama, može se vršiti na više načina:

— metodom koeficijenata,
— metodom permanentnog usklađivanja vrijednosti osnovnih sredstava s tekućim cijenama stvari tih sredstava,
— metodom ponovne procjene vrijednosti osnovnih sredstava.

Svaka od ovih metoda ima svojih prednosti i nedostataka. Najčešće je u primjeni metoda koeficijenata zbog svoje jednostavnosti. Međutim, ona ima i ozbiljnih nedostataka, jer računa obično s prosječnim koeficijentima, ne uvažujući pri tome specifičnosti u razvoju pojedinih privrednih grana i grupacija.

Metoda permanentnog usklađivanja vrijednosti osnovnih sredstava s tekućim cijenama sastoji se u tome, što se na osnovi indeksa kretanja cijena, svaka vrsta osnovnog sredstva usklađuje s tekućim cijenama. Ova metoda predpostavlja redovno praćenje kretanja cijena za pojedina sredstva, a primjenjuje se u kraćim razdobljima, obično za jednu godinu.

Metoda ponovne procjene sastoji se u tome što se osnovno sredstvo prilikom izvršenog otpisa ponovno procjenjuje i tako utvrđuje njegova nova vrijednost.

Revalorizacija osnovnih sredstava u elektrodistributivnim poduzećima SR Hrvatske u 1966. (Računska i ekonomska revalorizacija)

Zakonom o revalorizaciji i Zakonom o utvrđivanju koeficijenata i osnovica za revalorizaciju sredstava radnih organizacija iz 1966. bili su propisani koeficijenti po kojima je revalorizaciju trebalo provesti. Osnovicu za revalorizaciju činile su nabavne vrijednosti osnovnih sredstava po stanju iskazanom u poslovnim knjigama radnih organizacija na dan 30. lipnja 1966. i otpisane vrijednosti tih sredstava na dan 31. prosinca 1966. Primjenom koeficijenata na ove dvije vrijednosti dobivala se nova, neotpisana vrijednost.

Revalorizaciju u 1952. trebalo je provesti striktnom primjenom propisanih koeficijenata na zatečene vrijednosti osnovnih sredstava na dan 30. lipnja 1966. Jedino odstupanje predviđeno je povećanjem od 50 % onog dijela koeficijenata koji prelazi 1,0, odnosno smanjenjem od 20 %, ako je vrijednost sredstava u poslovnim knjigama nerealno visoko iskazana.

Zakonom o revalorizaciji iz 1966. riješen je i problem onih osnovnih sredstava, koja su nabavljena ili izgrađena na teret investicionog održavanja ili drugih troškova, a do revalorizacije nisu bila iskazana u statistici radnih organizacija.

Koeficijenti revalorizacije iz 1966. odražavali su opći porast cijena. Primjenom tih koeficijenata, nabavne vrijednosti osnovnih sredstava u najvećoj mjeri su približene njihovim realnim tržnim vrijednostima. Međutim, kod privrednih grana koje su u svom razvoju imale niz specifičnosti i vanekonomskih utjecaja, primjena propisanih koeficijenata nije dala željeni cilj. Kao primjer takvog razvoja može poslužiti djelatnost razvoda i distribucije električne energije.

Primjenom propisanih koeficijenata revalorizacije proračunati su efekti revalorizacije ove djelatnosti u dvije alternative:

— bez predviđenog povećanja koeficijenata i
— s povećanjem od 50 % onog dijela propisanih koeficijenata koji prelazi 1,0.

Proračuni efekata revalorizacije po jednoj i drugoj metodi rađeni su za sve djelatnosti elektrodistributivnih poduzeća, dakle za djelatnost razvoda i distribucije, sporedne djelatnosti i elektrane u sastavu elektrodistributivnih poduzeća, kako bi se što objektivnije sagledao ekonomski položaj elektrodistribucije u novim uvjetima privređivanja. Primjenom propisanih koeficijenata bez povećanja od 50 % onog dijela, koji prelazi 1,0 dobiven je prosječni koeficijent povećanja vrijednosti osnovnih sredstava od 1,42, dok taj koeficijent po drugoj alternativi, tj. s povećanjem od 50 % onog dijela koeficijenata koji prelaze 1,0 iznosi 1,63.

Međutim, za potpunu revalorizaciju sredstava radnih organizacija elektrodistribucije, potrebno je bilo izvršiti inventuru svih sredstava i vrednovati ih po cijenama na dan 30. VI 1966.

Time bi se:

— uskladile vrijednosti osnovnih sredstava evidentirane u poslovnim knjigama s tržnim cijenama tih sredstava,
— aktivirana bi bila sva ona sredstva koja učestvuju u proizvodnji, a nisu evidentirana u poslovnim knjigama,
— kompletirane bi bile vrijednosti onih energeskih mreža i drugih objekata, koji su preuzeti od drugih investitora i vlasnika tih sredstava, a koji su u poslovnim knjigama bili iskazani samo pod djelomičnim vrijednostima.

Koeficijent revalorizacije do koga se došlo opisanom inventurom sredstava iznosio je 2,06 za elektrodistribuciju Jugoslavije, a za elektrodistribuciju SR Hrvatske oko 1,88. Ovako velika razlika između revalorizacije osnovnih sredstava pomoću inventure i računske revalorizacije putem propisanih koeficijenata rezultat je specifičnih uvjeta razvoja proteklog niza godina u kojima se nalazila elektrodistribucija. Kao što je poznato, sredstva investicionog održavanja koja u elektrodistribuciji predstavljaju znatnu stavku, nalaze se u troškovima poslovanja. Ta sredstva mogla su se koristiti samo za pokriće troškova investicionog održavanja, tj. za one radove na osnovnim sredstvima, koji se vrše povremeno ali redovno i to u razdobljima dužim od jedne godine. Međutim, kako nema točnog razgraničenja između troškova te-

kućeg i investicionog održavanja s jedne, i između investicionog održavanja i zamjene osnovnih sredstava s druge strane, privredne organizacije su sredstva troškova poslovanja upotrebljavala i za nove investicije.

Pitanja tako izgrađenih sredstava rješava Zakon o revalorizaciji i ona su, ukoliko je bilo raspoloživog prostora u okviru propisane cijene električne energije, unijeta u poslovne knjige 1. I 1967. po tržnim vrijednostima. Međutim, pošto su cijene električne energije već 1965. bile određene za nove uvjete privređivanja o nerevaloriziranim vrijednostima osnovnih sredstava, mnoga elektrodistributivna poduzeća nisu bila u mogućnosti da u okvirima raspoloživog dohotka u potpunosti provedu revalorizaciju ovih sredstava.

Kod razmatranja ovog problema potrebno je naglasiti da posebnu stavku u elektrodistribuciji čine sredstva, koja su i prije revalorizacije bila u poslovnim knjigama, ali samo po djelomično iskazanim vrijednostima. Primjenom propisanih koeficijenata revalorizacije na tako djelomično iskazane vrijednosti, revalorizirao se je samo onaj dio vrijednosti, koji je i bio zapisan u poslovnim knjigama. Ostali dio do kompletne vrijednosti ostao je i dalje izvan evidencije. To je naročito slučaj kod onih niskonaponskih mreža i ostalih energetskih objekata koji su preuzeti od raznih odbora za elektrifikaciju. Nove mreže za elektrifikaciju podizane su tijekom niza godina društvenim akcijama, dobrovoljnim radom, besplatnim davanjem materijala i slično. U krajevima, gdje je najveći dio niskonaponske mreže građen takvim putem, sredstva ustanovljena redovnom inventurom valorizirana po vržnim cijenama, daju čak do četiri puta veće vrijednosti od onih, po kojima su one upisane u poslovnim knjigama.

Ima slučajeva da je neko osnovno sredstvo iskazano u poslovnim knjigama s 6 do 7 puta manjom vrijednosti, od njegove današnje tržne vrijednosti.

Prošla revalorizacija nije riješila problem ovih sredstava, koja u elektrodistribuciji zbog njenih specifičnih uvjeta razvoja, čine značajnu stavku. Revalorizacijom su takva sredstva ostala i dalje iskazana u nerealnim vrijednostima. Ona će i dalje učestvovati u proizvodnji, dok će se za njihovu reprodukciju moći osigurati samo onaj iznos sredstava kojim su ona iskazana u poslovnim knjigama.

Za rješenje ovih pitanja, trebalo je omogućiti privrednim organizacijama elektrodistribucije, da uz suglasnost organa upravljanja mogu bez ograničenja povećavati koeficijente revalorizacije za ovakva sredstva. S tim u vezi postavlja se svakako i pitanje pokrića efekata koji bi tom revalorizacijom bili izazvani.

Iz analiza je vidljivo da elektrodistributivna poduzeća nisu već 1966. provela potpunu revalorizaciju svojih osnovnih sredstava. Cijene repromaterijala, kojeg elektrodistributivna poduzeća upotrebljavaju u svojoj reprodukciji porasle su od posljednje revalorizacije do kraja 1970. između 20 i 80 %. Devalvacija dinara početkom 1971. još je više utjecala na zaostajanje vrijednosti osnovnih sredstava u poslovnim knjigama za njihovim tržnim vrijednostima. Sve to nameće nužnost nove revalorizacije osnovnih sredstava.

Posljedice nerealno iskazanih vrijednosti osnovnih sredstava i efekti njihove revalorizacije 1966. u elektrodistribuciji

Specifični uvjeti u kojima posluje elektrodistribucija (a i elektroprivreda u cjelini), kao i veliki udio minulog rada u proizvodnji, utjecali su da efekti revalorizacije iz 1966. znatno izmjene strukturu ukupnog prihoda, a posebno dohotka elektroprivrednih organizacija.

Cijena električne energije koja je za nove uvjete privređivanja u 1965. »zidana« primjenom normativa troškova i dohotka iz prijašnjeg privrednog sistema ovisno o nerevaloriziranim vrijednostima osnovnih i prosječno angažiranih sredstava, postala je u novim uvjetima nerealnom i deprecirano veličinom. Akumulacija elektrodistribucije koja je za nove uvjete privređivanja bila predviđena u visini od 10 % od prosječno angažiranih sredstava, iskazanim po starim neažurnim vrijednostima, utjecajem efekata revalorizacije njezina visina je smanjena na oko 3 do 4 %. Kod nekih poduzeća, kod kojih je koeficijent revalorizacije iznosio 1,86 ta akumulacija je već u 1967. smanjena na 1 do 1,5 %.

Otuda i pitanje, da li se efekti revalorizacije trebaju odraziti ili ne na povećanje cijena električne energije. U onim privrednim granama za čije su proizvode cijene stvorene na osnovi nekih međunarodnih tržnih cijena, efekti revalorizacije ne bi se smjeli odraziti na povećanje cijena, jer međunarodne tržne cijene sadrže u sebi ukalkuliranu realnu amortizaciju i realno izražene ostale troškove proizvodnje. Revalorizacijom sredstava tih privrednih grana izmijenit će se samo kvalitet proporcija okvira njihovih cijena.

Posve druga stvar javlja se kod onih privrednih grana za čije su proizvode cijene formirane na osnovi odluke nekog nadležnog organa. Za takve privredne grane, revalorizacija sredstava trebala je prethoditi fazi donošenja novih cijena.

Cijena električne energije za nove uvjete privređivanja »zidana« je primjenom normativa troškova i dohotka iz prijašnjeg privrednog sistema ovisno o nerevaloriziranim vrijednostima osnovnih sredstava, dok su cijene proizvoda većine drugih privrednih grana formirane na nekom prosjeku međunarodnih tržnih cijena. Elektrodistribucija nabavlja elemente svoje reprodukcije po takvim tržnim cijenama, prerađuje ih u električnu energiju i prodaje ih po administrativno određenim cijenama, koje su u ponderu daleko niže od pondera nabavnih vrijednosti njenih elemenata reprodukcije.

Kada je riječ o akumulaciji u elektrodistribuciji, onda se nameće i pitanje da li odmjerena akumulacija od 10 % za nove uvjete privređiva-

nja na prosječno angažirana sredstva po starim neažurnim vrijednostima sredstava predstavlja stvarnu ili samo prividnu akumulaciju.

Inventurni faktor revalorizacije pokazao je da u proizvodnji stvarno učestvuje dva puta veća vrijednost osnovnih sredstava (inventurni faktor revalorizacije 2,06) od one vrijednosti na kojoj su zidane cijene električne energije za nove uvjete. Drugim riječima stvarna akumulacija, bez utjecaja efekata revalorizacije na povećanje amortizacije i obveza s naslova na poslovni fond iznosila je negdje oko 5 %.

Povećanje iskazane vrijednosti osnovnih sredstava u poslovnim knjigama imalo je za rezultat i povećanje obveza elektrodistributivnih poduzeća s naslova kamata na poslovni fond i amortizacije.

Povećanje obveza za kamate na poslovni fond eliminirano je saveznim propisima u odnosu na ukupnu masu sredstava akomodiranjem kamatnih stopa, ali ne i raspodjela te mase po obveznicama.

Elektrodistribucija je imala kao rezultat revalorizacije veliko povećanje poslovnog fonda, a time i osjetno povećanje obveza s naslova kamata na poslovni fond. Akomodirana kamatna stopa nije mogla eliminirati to povećanje, nego samo donekle umanjiti.

Sve one privredne grane, među koje spada i elektrodistribucija, koje imaju veći individualni faktor revalorizacije od prosječnog jugoslavenskog faktora imat će kao rezultat revalorizacije povećanu masu kamata na poslovni fond. Npr.:

A. **Prije revalorizacije**

Privredne grupacije	Masa kamata	Nerevalorizirane osnovice	Stopa kamata
A	4	100	4 %
B	8	200	4 %
C	12	300	4 %
PROSJEK	24	600	4 %

B. **Poslije revalorizacije**

Privredne grupacije	Masa kamata	Koeficijent revalorizac.	Revaloriz. osnovice	Stopa kamata
A	4	1,52	152	2,6 %
B	8	1,74	348	2,3 %
C	12	2,00	600	2,0 %
PROSJEK	24	1,833	1.100	2,18 %

U elektrodistribuciji Hrvatske, gdje je koeficijent povećanja poslovnog fonda iznosio 1,52, akomodirana kamatna svota trebala bi iznositi 2,6 %, ako bi se htjelo u potpunosti eliminirati povećanje obveza s naslova kamata na poslovni fond.

Rezultat revalorizacije je i povećana osnovica za obračun sredstava amortizacije. Povećanje ovih obveza imalo je za rezultat daljnje smanjenje neto akumulacije elektrodistribucije, jer je sve te povećane obveze trebalo pokriti u okviru već odmjerenog dohotka.

Otvorena pitanja oko buduće revalorizacije osnovnih sredstava u elektrodistribuciji

Iz prethodno izloženih činjenica se vidi da ažuriranju vrijednosti osnovnih sredstava i njihovom permanentnom usaglašavanju s tržnim vrijednostima treba posvetiti punu pažnju. Revalorizacija osnovnih sredstava u elektrodistributivnim poduzećima SR Hrvatske u 1966. nije u potpunosti uskladila vrijednosti osnovnih sredstava u poslovnim knjigama s njihovim tržnim vrijednostima. Svi oni problemi koji nisu riješeni revalorizacijom osnovnih sredstava u 1966. prisutni su i danas u poslovanju elektrodistributivnih poduzeća.

Jedan od ograničavajućih faktora revalorizacije osnovnih sredstava u 1966. bio je taj što se je revalorizacija morala provesti u okvirima raspoloživog dohotka. Kod onih proizvoda i usluga čije cijene se slobodno formiraju, ili utvrđuju na osnovi nekih međunarodnih cijena, revalorizacijom osnovnih sredstava nije trebalo mijenjati nivo tih cijena. Revalorizacijom sredstava tih privrednih grana izmijenila se je samo struktura cijena tih proizvoda. Smanjila se masa dohotka, a povećala amortizacija i ostali troškovi sredstava rada u okviru istog nivoa cijena. Taj stav je ispravan, jer ove cijene i sadrže u sebi realnu amortizaciju i realne ostale troškove sredstava rada.

Međutim, cijene električne energije za elektrodistributivna poduzeća su »zidane« ovisno o nerevaloriziranim vrijednostima osnovnih sredstava. Time su i amortizacija i ostali troškovi sredstava rada ukalkulirani u nerealnim iznosima. Akumulacija, koja je za elektrodistributivna poduzeća odmjerena ovisno o prosječno angažiranim (nerevaloriziranim) sredstvima, također je nerealno iskazana. Sve je to rezultiralo u niskim kalkulativnim cijenama električne energije, koje u sebi nisu sadržavale realne troškove reprodukcije. Revalorizacija osnovnih sredstava trebala je zapravo prethoditi donošenju novih cijena električne energije ili je prilikom same revalorizacije trebalo izvršiti korekturu nivoa cijena za njene efekte.

I prilikom naredne revalorizacije poseban problem u elektrodistribuciji činit će ona osnovna sredstva koja su iskazana u poslovnim knjigama, ali samo po djelomičnim vrijednostima. Zakon o revalorizaciji iz 1966. nije omogućavao njihovu punu revolrizaciju. To je naročito slučaj s onim niskonaponskim energetskim objektima, koji su preuzeti od raznih odbora za elektrifikaciju. Mnoge mreže za elektrifikaciju podizane su raznim društvenim akcijama, dobrovoljnim radom, bespovratnim davanjem materijala i slično. Samom revalorizacijom, ova sredstva ostala su i dalje iskazana samo po djelomičnim vrijednostima. Za rješenje ovog pitanja trebalo bi omogućiti elektrodistributivnim poduzećima, da takva sredstva, uz suglasnost svojih organa upravljanja, unesu u svoje poslovne knjige po tržnim cijenama, bez obzira na veličinu koeficijenta, kojim će biti revalorizirane. Svakako, zajedno s tim potrebno bi bilo predložiti i način pokrića efekata, koji bi takvom revalorizacijom bili izazvani.

Radi sagledavanja veličine zaostajanja vrijednosti osnovnih sredstava u poslovnim knjigama elektrodistributivnih poduzeća SR Hrvatske za njihovim tržnim cijenama, mogu poslužiti podaci o novelaciji nabavnih vrijednosti osnovnih sredstava, koju su elektrodistributivna poduzeća SR Hrvatske radila za svoj srednjoročni plan razvoja za razdoblje od 1971. do 1975. Ova novelacija obuhvaća efekte neizvršene revalorizacije iz 1966. i efekte kretanja cijena do 31. XII 1970. Ako knjigovodstvene vrijednosti osnovnih sredstava na dan 31. XII 1970. u poslovnim knjigama elektrodistributivnih poduzeća SR Hrvatske označimo sa 1,00, onda bi te vrijednosti trebalo revalorizirati s koeficijentom 1,70, ako bi ih željeli dovesti na nivo njihovih tržnih vrijednosti. Međutim, raspoloživi dohodak elektrodistributivnih poduzeća SR Hrvatske za 1970. omogućava da se revalorizacija provede tek s koeficijentom od 1,36, uz pretpostavku da zakonske i ugovorne obveze ostanu na istom nivou. S tim provedenim koeficijentom cjelokupna izdvajanja u poslovni fond za 1970. prelila bi se u amortizaciju. Svakako da je koeficijent s kojim bi pojedina elektrodistributivna poduzeća SR Hrvatske mogla pokriti revalorizaciju svojih osnovnih sredstava veoma različit. Pojedina poduzeća bi to mogla učiniti samo s koeficijentom 1,02. To ujedno znači da se revalorizacija osnovnih sredstava elektrodistributivnih poduzeća SR Hrvatske uz postojeći ekonomski položaj ne može u potpunosti provesti. Nepokriveni koeficijent revalorizacije iznosio bi u sumaru 1,34 za 31. XII 1970. Kako bi se buduća revalorizacija trebala provesti s 31. XII 1971, tome koeficijentu treba dodati efekte kretanja cijena u 1971, kao i efekte izvršene devalvacije dinara.

Iz prethodnog se vidi da je pitanje buduće revalorizacije osnovnih sredstava u elektrodistributivnim poduzećima veoma složeno i istovremeno veoma značajno za buduće poslovanje elektrodistributivnih poduzeća, pa je ovom problemu potrebno posvetiti punu pažnju. Sa svim onim problemima, koji se javljaju u vezi s budućom revolorizacijom, a koji rezultiraju iz dosadašnjeg specifičnog razvoja ove djelatnosti, potrebno bi bilo upoznati organe zadužene za pripremu revalorizacije, kako bi se za ove probleme predložila i odgovarajuća rješenja.

Literatura:

1. Društvo ekonomista Srbije: *Problemi u vezi predstojeće revalorizacije osnovnih sredstava* (Materijali savjetovanja) Kragujevac, 1, 2, 3/IV 1971.
2. Hrvoje Šošić: *Prvi hrvatski zakon o dohotku* (Vjesnik, 12, 13, 14, 15/IV 1971.
3. Koordinacioni odbor elektrodistribucije Jugoslavije: *Problemi u vezi provođenja revalorizacije u elektrodistribuciji Jugoslavije*
4. Pavle Knežević: *Sistemi amortizacije u inozemstvu*, Beograd 1966.
5. Alija Vila: *»Obračun amortizacije i drugih troškova proizvodnih kapaciteta«*, Opatija 1967. — Simpozij
6. Drago Gorupić: *Formiranje poslovne politike radnih organizacija u uvjetima neposrednog radničkog samoupravljanja*, Opatija 1967 — Simpozij.

Naslov pisca: Jure Šimović, dipl. ec., »Elektra«, Zagreb

»DALEKOVOD«

ELEKTROPRIVREDNO PODUZEĆE ZA PROJEKTIRANJE, PROIZVODNJU, GRADNJU I MONTAŽU

ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 37

PROJEKTIRA

PROIZVODI

GRADI I MONTIRA

Raspolaže uređajem za polaganje podmorskog kabela smještenog na peniši (brod).
Tome pripadaju i pomoćni uređaji za utovar kabela u vagon i pretovar na brod.

IZVODI SVE RADOVE U ZEMLJI I INOZEMSTVU

EKONOMSKA OPTIMALIZACIJA ISKORIŠTENJA ELEKTROENERGETSKIH KAPACITETA

Tomislav Ždajić, Sarajevo

Autor komentira optimum elektroenergetskih kapaciteta sa stajališta ekonomičnosti i rentabilnosti. Tabličnim prikazom daje primjer načina za određivanje optimalnog stupnja zaposlenosti.

DK 621.31.004

U svojoj poslovnoj politici elektroprivredne organizacije dolaze u dilemu, koja je to proizvodnja koja omogućava maksimalno pozitivni financijski rezultat (on je usko povezan sa pitanjima optimalne proizvodnje električne energije, minimalnih troškova po kWh i odnosa između troškova i postignute prodajne cijene).

Ekonomski ili optimalni kapacitet postiže se pri onom stupnju iskorištenja kapaciteta, odnosno pri onoj proizvodnji električne energije pri kojoj su troškova po jedinici proizvodnje (kWh) najniži.

Tumačenje ekonomskog ili optimalnog kapaciteta dao je D. Perović u ovoj definiciji:

»Ekonomski ili optimalni kapacitet je onaj pri kome su troškovi po jedinici proizvodnje najniži, tj. pri kome je ostvaren najviši stepen ekonomičnosti u proizvodnji. Optimalni kapacitet manji je u kvantitativnom pogledu od maksimalnog kapaciteta. Kada obim proizvodnje prekorači optimalni kapacitet u pravcu maksimalnog kapaciteta, ekonomičnost se smanjuje, jer troškovi po jedinici proizvoda tada rastu«.*

Za razliku od kategorije tehničkog kapaciteta, koji se u literaturi i privrednoj praksi dijeli na: maksimalni ili instalirani kapacitet (predstavlja najveću moguću proizvodnju koja se na osnovi tehničke konstrukcije može ostvariti u određenom razdoblju), normalni ili realni kapacitet (predstavlja proizvodnju koja se ostvaruje pri redovnim, normalnim uvjetima) i minimalni kapacitet (nema tehničku određenost, jer smanji li se proizvodnja na nekom osnovnom sredstvu za duže razdoblje, znači da je to proizvodno sredstvo predimenzionirano pa ga treba zamijeniti novim osnovnim sredstvom manjeg kapaciteta), kategorija optimalnog kapaciteta stavlja ekonomičnost u prvi red. Pri optimalnom kapacitetu je najveći i tehnički stupanj korisnog djelovanja, a pojavljuje se u određenoj zoni optimalnosti, koja se prostire, za pojedine elektroenergetske kapacitete od 80 do 95 % korištenja maksimalnog kapaciteta.**

Ako bi se proizvodnja povećala iznad optimalnog kapaciteta, to bi znatno utjecalo na predviđeni vijek trajanja, a tehnički stupanj korisnog djelovanja postao bi nepovoljniji.

Na osnovi ponašanja troškova u odnosu na promjenu obima proizvodnje električne energije u određenom vremenskom razdoblju moguće je u danom slučaju utvrditi optimum sa stajališta ekonomičnosti, nezavisno o realizaciji i cijeni po kojoj će biti realizirana energija. Iznalaženje ovog optimuma je veoma značajno za vođenje politike cijena, ali ove cijene električne energije ne mogu neposredno utjecati na izmjenu ekonomskog kapaciteta.

Također postoji mišljenje da ekonomski ili optimalni kapacitet predstavlja onaj obim proizvodnje električne energije i realizacije pri kojem se ostvaruje maksimalni financijski rezultat sa stajališta *rentabilnosti*. Dakle, osim elemenata proizvodnje i troškova električne energije, uključujemo i elemenat prodajnih cijena. Ekonomski ili optimalni kapacitet ostvaruje se pri onom obimu proizvodnje i realizacije, pri kojem je ostvaren najveći raspon između ukupnih troškova i realizacije električne energije, a jedinični troškovi po kWh počinju rasti poprimajući progresivan razvojni tok. Ostvarenje ove veličine ne mora se poklapati s obimom proizvodnje električne energije pri kome se ostvaruje ekonomski optimum sa stajališta ekonomičnosti. Promatran s stajališta troškova i maksimaliziranja ukupnog financijskog rezultata on se ne mora nalaziti pri istoj količini ili obimu odgovarajuće proizvodnje električne energije. Ovi optimumi kod raznih elektroenergetskih kapaciteta nalaze se na raznim stupnjevima iskorištenja kapaciteta. Ekonomski ili optimalni kapacitet, odnosno optimalan stupanj zaposlenosti sa stajališta maksimiziranja financijskog rezultata, bit će postignut za onu količinu kWh, pri kojoj dolazi do izjednačavanja marginalnih troškova i jedinične prodajne cijene, tj. marginalnih troškova i prihoda.

Za određivanje optimalnog stupnja zaposlenosti odlučujuću ulogu imaju: tržišna potražnja za električnom energijom, koje količine može prodati i po kojim cijenama, naročito za neprodane instalirane elektroenergetske kapacitete, kao i veličina ukupnih troškova proizvedene električne energije. Ukoliko se na tržištu može prodati sva raspoloživa energija, po određenoj cijeni, većoj od prosječnih troškova, utvrđivanje optimalnog stupnja zaposlenosti dobit ćemo pri najpovoljnijem odnosu između ukupnih troškova i ukupnog prihoda.

Pojedini elektroenergetski kapaciteti ne mogu realizirati svu svoju proizvodnju električne energije, iako imaju instalirane kapacitete koji mogu proizvesti još veće količine.

---

* Dr Dimitrije Perović: Teorija troškova, Sarajevo, 1964, str. 81.

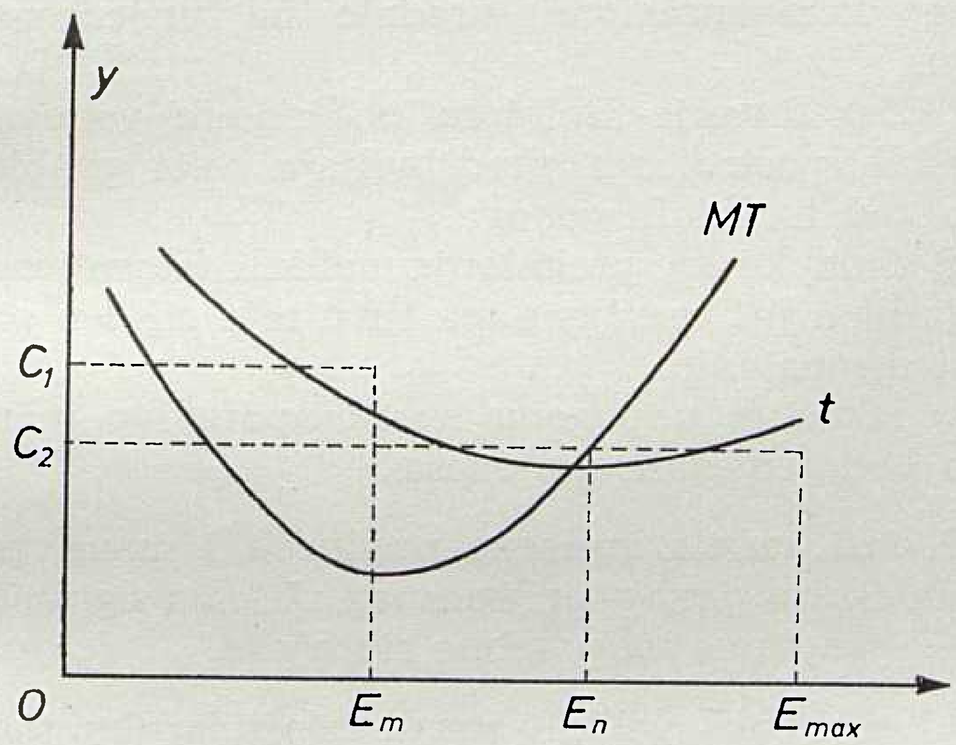
** Kod pojedinih termoelektrana koje raspolažu generatorima sa maksimalnim kapacitetom od po 60.000 kW, optimalni kapaciteti leže ispod maksimalnih kapaciteta. Ako je optimalni kapacitet pri opterećenju od 55.000 kW, to odgovara $\left(\frac{55.000 \times 100}{60.000}\right)$.

Što su veće i modernije elektroenergetske jedinice može se postići veći stupanj korištenja maksimalnog kapaciteta.

Količina q	Fiksni troškovi FT	Varijabilni troškovi VT	Ukupni troškovi UT	Marginalni troškovi MT	Prosječni troškovi po jed. PT	Prosječni FT po jed. PFT	Prosječni VT po jed. PVT
1	2	3	4	5	6	7	8
0	55	0	55	—	—	—	—
1	55	30	85	30	85	55	30
2	55	55	110	25	55	27,5	27.5
3	55	75	130	20	43,3	18,3	25
4	55	105	160	30	40	13,7	26,2
5	55	155	210	50	42	11	31
6	55	225	280	70	46,6	9,1	37,5
7	55	315	370	90	52,8	7,8	45
8	55	425	480	110	60	6,8	53,1
9	55	555	610	130	67,7	6,1	61,6
10	55	705	760	150	76	5,1	70,5

* Minimalni nivo prosječnih troškova.

Takav primjer smo ilustrirali u slijedećem dijagramu:



Slika 1

gdje su:

t = ukupni troškovi kWh
MT = marginalni troškovi
E_m = količina kWh koja se prodaje po cijeni C_1
E_n = stupanj zaposlenosti pri kome se javlja optimum sa stajališta maksimiziranja ukupnog financijskog rezultata za cijenu C_2.

U ovom primjeru električna energija od E_m se može prodati po cijeni C_1, ali ne i za slijedeći stupanj zaposlenosti E_n. Ova energija do E_{max} mogla bi se prodati pod uvjetom da se prodajna cijena snizi na C_2, a ujedno ostvari veći financijski rezultat. Ako se to ne bi učinilo, troškovi po kWh pri stupnju zaposlenosti E_m bili bi veći od minimalnih troškova, i ne bi bio ostvaren odgovarajući optimum, kojim se osigurava ostvarenje proizvodnje električne energije s najnižim troškovima.

U proizvodnji električne energije pri raznim stupnjevima zaposlenosti ostvaruju se različite visine troškova, kako ukupnih, tako i po jedinici proizvoda. Budući da se troškovi sastoje iz različitih vrsta s različitim intenzitetom reagiranja na oscilacije stupnja zaposlenosti, u praksi je teško pronaći onaj stupanj zaposlenosti pri kome su prosječni troškovi minimalni, odakle u stvari počinje zona optimalnog ponašanja poduzeća. Svako poduzeće za sebe mora pojedinačno pronaći onu količinu proizvedene električne energije, pri kojoj dolazi do najracionalnijeg ulaganja s jedne strane, i maksimiziranja financijskog rezultata s druge strane.

Budući da smo u radu aproksimirali integralni elektroenergetski sistem, potrebno je na osnovi pojedinačnih rezultata jedinica tog sistema naći za sistem, kao cjelinu, onu količinu proizvedene električne energije koja će omogućiti najracionalnije ulaganje, odnosno optimalni stupanj zaposlenosti i maksimiziranja financijskog rezultata. Slijedeća tablica nam pokazuje na koji način možemo odrediti optimalni stupanj zaposlenosti pri kome su prosječni troškovi minimalni za aproksimiranu jedinicu sistema, što se sukcesivno može primijeniti i za cjelokupan sistem.

Naslov pisca: Tomislav Ždajić, dipl. ec.
»Elektroprenos« — Sarajevo

RAZVOJ I TENEDENCIJE PRIJENOSA VELIKIH SNAGA

Boris Markovčić, Zagreb

(Nastavak iz prošlog broja)

2. Prijenos istosmjernom strujom

Nakon usavršenja trofaznog sistema i pronalaska transformatora (radovima Tesle, Ferarisa, Dobrovoljskog) istosmjerna je struja potisnuta i upotrebljavala se samo u posebne svrhe.

Međutim, zbog poteškoće u pogledu stabilnosti i ostalih efekata koji nastaju uslijed induktiviteta i kapaciteta dugih trofaznih vodova, ponovno se tridesetih godina počelo razmišljati o upotrebi istosmjerne struje u prijenosnoj tehnici.

Još se 1953. na konferenciji CIGRE govorilo o istosmjernom prijenosu po Thuryevom sistemu, tj. sistemu konstantne struje, gdje se proizvodnja vrši u serijski vezanim istosmjernim generatorima. No, ta je ideja zatim potpuno napuštena, pa je nakon razvoja živinih usmjerivača nadalje razmatrana samo shema prijenosa: proizvodnja u trofaznim generatorima — pretvorba u istosmjernu struju u usmjerivačima — istosmjerni prijenos — pretvorba u trofaznu struju u presmjerivačima — potrošnja u trofaznom sistemu.

Pred II svjetski rat, i za vrijeme rata, mnogo se radilo na problemima istosmjernog prijenosa u Švicarskoj, Švedskoj i Njemačkoj. U Švicarskoj je radilo nekoliko pokusnih uređaja, a glavna je pažnja posvećena usavršenju živinih usmjerivača. Kao rezultat istraživanja u Njemačkoj je bio pokusni istosmjerni prijenos Elbe — Berlin, pod naponom ± 200 kV, prijenosne snage 60 MW. Uređaj je bio spreman za pogon početkom 1945, no zbog ratnih operacija nije bio iskušan. Demontirale su ga sovjetske trupe.

U SSSR-u je 1950. stavljen u pogon pokusni vod Kašira—Moskva, ± 100 kV, za prijenos snage 30 MW na daljinu od 112 km.

U Švedskoj je 1954. stavljena u pogon kabelska istosmjerna podmorska veza 100 kV između otoka Gotland i švedskog kopna, dužine 110 km, za prijenos snage 20 MW. To je bio ujedno i prvi istosmjerni prijenos na svijetu primijenjen za napajanje nekog potrošačkog područja, tzv. komercijalni prijenos.

Istosmjerni prijenosni sistem ima prema trofaznom izvjesne prednosti, ali i mane. Uspoređujući ih međusobno može se reći:

a) Istosmjernim prijenosnim sistemom mogu se povezati dva elektroenergetska (trofazna) sistema bez obzira na njihove frekvencije. Regulacija prijenosa snage ne ovisi o naponu i frekvenciji.

b) Nema problema stabilnosti kod prijenosa na velike daljine.

c) Nadzemni istosmjerni vod jednostavnije je konstrukcije, a time i jeftiniji. Vodiči su potpuno iskorišteni, jer nema pojave skin-efekta. Ako se prekine jedan vodič moguć je pogon s drugim vodičem i zemljom s pola snage.

d) Kod istosmjernih kabelskih veza nema struja nabijanja, a i konstrukcija kabela može biti jednostavnija.

e) Krajnje stanice (usmjerivačke) znatno su skuplje od trofaznih (transformatorskih). One su najosjetljiviji elementi istosmjernog prijenosnog sistema.

f) Istosmjernim prijenosnim sistemom ne može se prenositi jalova snaga, čak što više, sami usmjerivači su njeni potrošači, pa treba predvidjeti posebne kompenzacione uređaje na prijenosnom kraju.

g) Zagađivanje izolatora nadzemnih vodova i vanjskih postrojenja predstavljaju veći problem nego kod trofaznih vodova.

h) Sklopke za prekidanje velikih istosmjernih snaga nisu još razvijene, pa time nije riješen problem međustanica.

k) Iskustva u pogonu su neusporedivo manja nego kod trofaznih prijenosa.

S obzirom na iznesene prednosti i mane, primjena istosmjernog prijenosnog sistema ograničena je ipak samo na posebne slučajeve.

2.1. Prijenos velikih snaga istosmjernim sistemom nadzemnim vodom dolazi u obzir samo za velike daljine, gdje je visoka cijena krajnjih usmjerivačkih stanica kompenzirana jeftinijim dalekovodom. Oko graničnih snaga i daljina od kojih postaje istosmjerni prijenos ekonomičniji od trofaznog, vodile su se poslije II svjetskog rata mnoge rasprave na najvišim stručnim nivoima.

U SSSR-u te su rasprave bile naročito burne 1958, kada je trebalo konačno odlučiti o gradnji budućih velikih istosmjernih prijenosa. Na zasjedanju CIGRE u Parizu 1956. dala je opširan izvještaj o ekonomičnosti istosmjernog prijenosa grupa britanskih i švedskih stručnjaka, koja je radila u okviru studijskog komiteta br. 10, CIGRE. Jedan od zaključaka bio je i taj, da kod direktnog prijenosa nadzemnim vodom između dva trofazna sistema granična daljina iznosi za snagu 750 MW, 700 do 750 km, a za snagu 1500 MW 580 do 630 km.

Za zasjedanje CIGRE 1968. ponovno je radna grupa istog studijskog komiteta pod vodstvom W. Cassona, izradila referat o usporedbi istosmjernog i trofaznog prijenosa s tehničkog i ekonomskog stajališta.

Kod takvih usporedbi, međutim, javljaju se poteškoće. S jedne se strane uvjeti i prilike u pojedinim zemljama znatno razlikuju, a s druge strane se također razlikuju i oba sistema u svojim karakteristikama, funkcioniranju i sigurnosti. Problem

je jednostavan, ako se promatra samo prijenos između dviju točaka, ali je teško naći optimum, kod promatranja sistema, u koji je uklopljena prijenosna linija u cjelini.

Daljnji problem predstavlja budući razvoj mreže i brz napredak tehnologija primijenjenih u oba uspoređivana prijenosna sistema. U pogledu ekonomičnosti prijenosa nadzemnim istosmjernim vodovima spomenuta komisija je zaključila da je istosmjerni sistem jeftiniji iznad 1000 km za snage 540 do 2160 MW. Ako bi cijena krajnjih stanica pala za 40 %, a to se u doglednoj budućnosti smatra mogućim, granična udaljenost bi bila 650 km.

Prema najnovijim podacima stručnjaci u SSSR-u danas smatraju da je za njihov prijenosni sistem ± 750 kV, koji planiraju za prijenos snage od 2500 MW, već kod daljina od 800 do 1000 km ekonomičniji od trofaznog.

U svijetu je već u pogonu nekoliko istosmjernih prijenosa koji imaju nadzemni vod bilo na cijeloj dužini, bilo da su djelomično u kabelu.

Pregled tih prijenosa daje tablica 4.

Tablica 4

Linija	U pogonu od	Napon	Snaga	Dužina km	
				vod	kabel
Volgograd — Donbas	1963.	± 400 kV	720 MW	470	—
Novi Zeland	1965.	± 250 kV	600 MW	575	40
Švedska — Danska	1965.	250 kV	250 MW	94	90
Sardinija — Italija	1966.	200 kV	200 MW	295	115
Vankuver	1967.	130 kV	78 MW	41	28
Pacifik I (USA)	1969.	± 400 kV	1440 MW	1330	—

Nekoliko prijenosa takvog tipa upravo je u gradnji. Njihove su karakteristike navedene u tablici 5.

Tablica 5

Linija		Predviđeno u pogonu	Napon kV	Snaga MW	Dužina km	
					vod	kabel
Nelson River (Kanada)	I	1971	+ 150 — 300	810	950	—
	II	?	± 450	3250	950	—
Cabora Bassa (Afrika)	I	1974.	± 266	960	1450	—
	II	1976.	± 400	1440	1450	—
	III	1978.	± 533	1920	1450	—
Sj. Kazakstan-Tambov		1975.	± 750	6000	2414	—

Interesantno je iznijeti rezultate opsežne tehničko-ekonomske usporedbene studije izrađene u Kanadi za konkretni slučaj u toj zemlji. Uspoređen je prijenos istosmjernim sistemom ± 500 kV i trofaznim 735 kV iz područja Chutes Churcill, gdje se mogu izgraditi hidroelektrane snage do 5000 MW, prema Montrealu. Udaljenost obiju točaka iznosi 1300 km. Studije su pokazale da su investicije za istosmjerni sistem doduše 9 % niže, ali su zato godišnji troškovi 15 % viši. Da istosmjerni sistem bude konkurentan trebalo bi ići na još više istosmjerne napone, no u slučaju ovog prijenosa nije se moglo ići preko odabranih ± 500 kV, a potrebno bi bilo uzeti i preko ± 600 kV.

2.2. Kod prijenosa kabelom istosmjerni sistem ima naročite prednosti. Budući da se kod prijenosa većih snaga moraju primijeniti i viši naponi, struja nabijanja toliko naraste da prijenos korisne snage postaje neekonomičan. Npr. kabel 345 kV kod dužine od 40 km potpuno je opterećen strujom nabijanja do termičke granice, a kabel 138 kV kod iste duljine već je 50 % pun. Prema tome kod kabelskih prijenosa, gdje nije moguća kompenzacija npr. kod podmorskih kabela, istosmjerni je sistem konkurentan trofaznom već kod razmjerno malih udaljenosti.

Kod toga treba dodati još i to da je istosmjerni kabel za isti nazivni napon jeftiniji od trofaznog, jer nema dielektričkih gubitaka, a gradijenti polja mogu biti veći.

Danas je osim kabelske veze na otok Gotland, koja je već spomenuta, u pogonu više podmorskih kabelskih istosmjernih prijenosa. O onima koji su izvedeni u kombinaciji s nadzemnim vodom govoreno je u prethodnoj točki. »Čisti« pak kabelski uređaji koji su danas u pogonu, odnosno izgradnji, navedeni su u tablici 6.

Tablica 6

Linija	U pogonu od	Napon kV	Snaga MW	Dužina kabela km
Francuska — Engleska	1961.	200	160	64
Alaska (Snethisham)	(1973)	?	80	72
Norveška — Jütland	(?)	300	500	140

Za povezivanje francuskog i engleskog elektroenergetskog sistema istosmjernim kabelom nije bila odlučujuća samo spomenuta prednost istosmjernog kabela, već je ovdje bilo bitno da se ovakvim sistemom mogu vezati dvije mreže čije frekvencije mogu biti različite. Osim toga, kod trofazne bi interkonekcije problem regulacije bio vrlo težak, jer bi prijenosna moć predviđene veze bila slaba u usporedbi sa snagama engleskog i francuskog sistema.

Prijenos između hidroelektrane Snetisham i mjesta Jurieau na Alasci mogao se izgraditi i kopnom sa samo 4,5 km podmorskog kabela. Odluka da se primijeni istosmjerni prijenos donijeta je stoga, što na području predviđene trase vladaju jaki vjetrovi, teren je težak bez putova, ugrožen od lavina. Vidi se da su na odluku djelovali sasvim specifični uvjeti.

Na kraju razmatranja istosmjernih kabelskih prijenosa treba spomenuti da je bilo prijedloga da se istomjernim kabelom povežu srednja Dalmacija sa srednjom Italijom. Na sastanku UNIPEDE 1958. u Lausanne-i Talijani su podnijeli posebni referat. Ideja se još poslije nekoliko puta pojavila, ali nije učinjeno ništa konkretnije.

2.3. Upravo mogućnost povezivanja dvaju sistema različitih frekvencija potakla je Japance da u Sakuni izgrade pomoću istosmjernog sistema vezu dviju trofaznih mreža frekvencije 50 i 60 Hz

bez ikakvog prijenosa. Između mreža se može izmjenjivati snaga od 300 MW, kod istosmjernog napona 125 kV.

2.4. Posebno je interesantan istosmjerni prijenosni sistem izgrađen kraj Londona koji je ušao u pogon 1970. To je istosmjerni uređaj velike snage u svijetu koji je uklopljen u trofaznu mrežu.

U termoelektrani Kingsnorth ugrađena su četiri agregata veličine 500 MW. Oni mogu napajati direktno mrežu 400 kV i usmjerivače, ukupne snage 640 MW, koji su vezani na podzemne istosmjerne kabele ± 266 kV. Istosmjernim kabelom je vezana stanica Beddington, a iz nje stanica Willesden na ukupnoj udaljenosti od 85 km. Opisanom istosmjernom vezom energija se direktno može dovesti u centar potrošnje, na sabirnice 132 kV, putem istosmjernog podzemnog kabela. Trofazna prijenosna i distributivna mreža može se pojačavati bez opasnosti poteškoća od kratkog spoja. Na kraju treba istaći, da će se ovim uređajem steći bogata iskustva u pogledu istosmjernog prijenosa za napajanje velikih potrošačkih centara u budućnosti. Kao što se iz iznijetih primjera vidi, kod svakog od opisanih uređaja bilo je još mnogo specifičnih momenata koji su u konkretnom slučaju utjecali na izbor istosmjernog prijenosa uz prednosti koje su općenito tipične za ovaj sistem.

2.5. Glavna istraživanja radi daljnjeg usavršenja istosmjernog prijenosa, usmjerena su na usavršenje usmjerivača i sniženje cijene krajnjih usmjerivačkih stanica. Još uvijek su živini usmjerivači najosjetljiviji elementi postrojenja. Danas još svi istosmjerni prijenosi rade sa živinim usmjerivačima, premda su tiristorski usmjerivači već toliko usavršeni da nije daleko dan kad će ih zamijeniti. Glavna zapreka za primjenu tiristora za ove svrhe jest u tome, što se oni ne mogu graditi za visoke napone, pa je potrebno spojiti mnogo elemenata u seriji uz potpuno jednoliku razdiobu zapornog napona. Uz to postoji i problem regulacije i zaštite, a i gubici kod visokih napona su znatni. Prednost im je prvenstveno u tome, što nema povratnog paljenja, održavanje je lagano, mogu se graditi na otvorenom, zauzimaju manje mjesta, a izgleda da bi se i cijena usmjerivačke stanice mogla u doglednoj budućnosti osjetno sniziti.

Radovi na usavršavanju istosmjernog prijenosa, naročito usmjerivača, vrlo su skupi, pa su se npr. u Njemačkoj ujedinile tvrtke AEG — Telefunken, BBC i Siemens i zajednički financiraju ispitivanja u ispitnoj stanici Mannheim — Rheinau. I druge velike tvrtke u svijetu čine značajne napore da usavrše tiristore za visoke istosmjerne napone.

Švedska tvornica ASEA već je toliko usavršila svoj tiristorski usmjerivač, da ga je mogla praktički iskušati u usmjerivačkoj stanici prijenosa na otok Gotland. Uređaj je pokazao vrlo dobre osobine.

Sistemi regulacije i zaštite vrlo su značajni elementi istosmjernog prijenosa pa se radi i na njihovu daljnjem usavršavanju. Kod vrlo visokih istosmjernih napona zagađivanje izolatora postaje sve veći problem, veći nego kod izmjeničnih napona, pa i to pitanje treba temeljito ispitati.

Trebalo bi spomenuti i problem sklopaka za velike istosmjerne snage. I tu se osjeća napredak, pa je nedavno Amerikanac Lee iznio podatke o vakuumskoj sklopki za istosmjernu struju od 5500 A kod 80 kV.

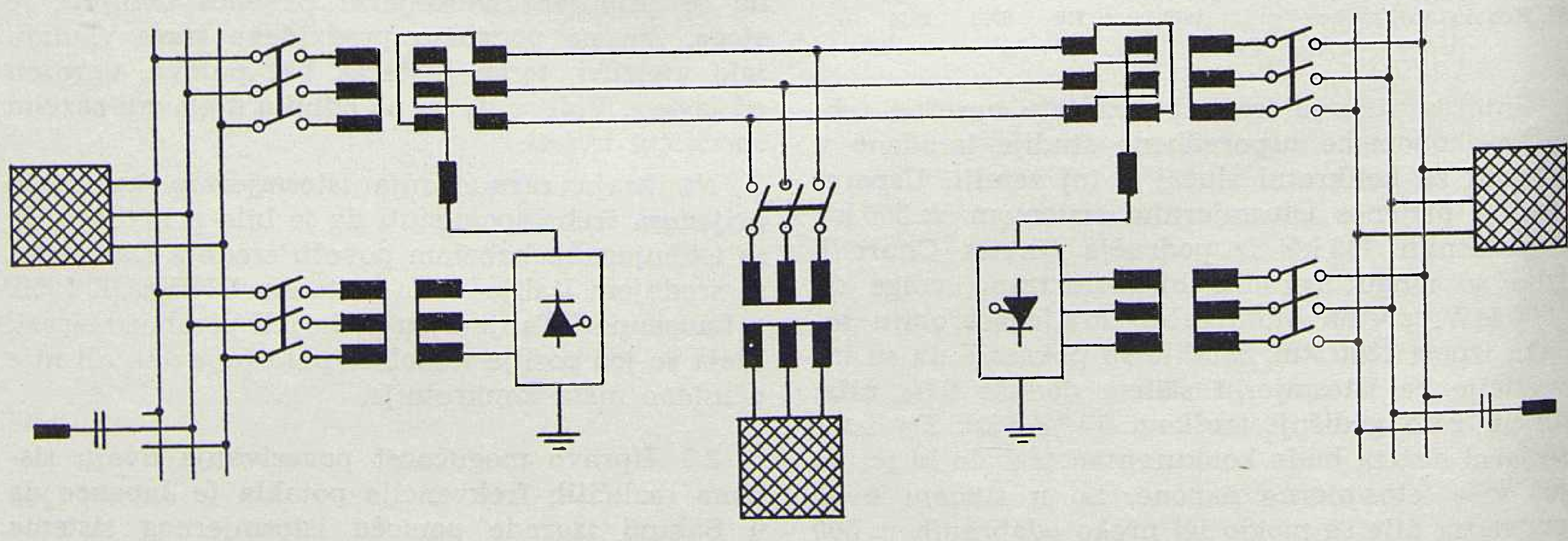
Osim već prije navedenih zemalja na sličnim se problemima intenzivno radi, u Britaniji, Francuskoj, USA, SSSR i Japanu.

3. Mješoviti (hibridni) prijenos

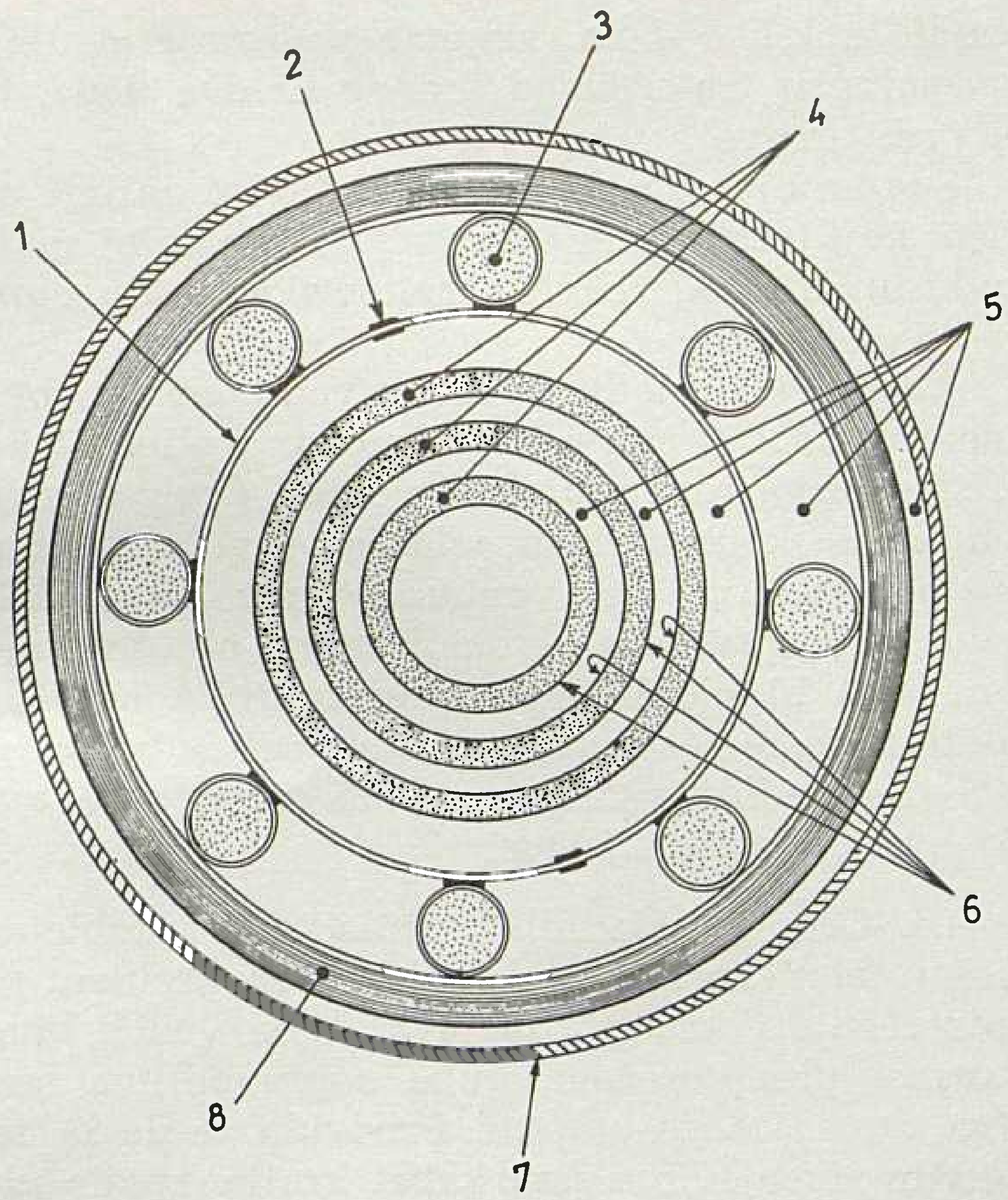
U namjeri da se poveća prijenosna moć trofaznih vodova predložen je kombinirani prijenos trofazne i istosmjerne struje istim vodom. Prednost takvog načina prijenosa je u tome što se istosmjerna struja I_0 i izmjenična I, po fazi zbrajaju vektorski, a ne algebarski.

Isti je slučaj i kod napona. Prema tome gubici su razmjerni sa $(I_0^2 + I_1^2)$, a ne $(I_0 + I_1)^2$. Slično je i kod napona gdje izolacija ne treba biti dimenzionirana za ukupni napon $U_0 + U_f$ već $\sqrt{U_0^2 + U_f^2}$.

Međutim, uz ove i neke druge prednosti, poteškoća je u kompliciranim vezama trofaznog i isto-



Slika 6



Slika 7

1 — toplinski štit
2 — toplinska izolacija
3 — kanal za tekući dušik
4 — kanali za tekući helij
5 — zrakoprazni prostori
6 — vodič od niobija 0,0025 cm s poleđinom od 99,999% aluminija 0,25 cm
7 — superizolacija

smjernog sistema. Potrebne su naročite mjere za smanjenje utjecaja istosmjerne struje na magnetiziranje transformatora, a kompletni transformatorski namoti su pod visokim istosmjernim naponom.

Problemi su, dakle, veliki i kad se uzmu u obzir sve potrebne mjere za uspješno funkcioniranje takvog uređaja, uz sigurnost pogona, postavlja se pitanje ekonomičnosti cijelog pothvata.

Uređaj ovog tipa nije još nigdje u svijetu izgrađen za praktične svrhe pa ni u SSSR-u, gdje se na tom problemu mnogo radilo (Denisienko). Slika 6 prikazuje shemu modela mješovitog prijenosa, gdje je usmjerivač koji daje istosmjernu struju vezan na zvjezdište transformatora. U sredini prijenosne linije ugrađena je normalna trofazna međustanica.

4. Vodiči kod vrlo niskih temperatura

4.1. U novije su vrijeme pri opsežnim laboratorijskim ispitivanjima za potrebe svemirskih lijetova razvijeni pogonski vrlo sigurni rashladni uređaji, kojima se mogu postići vrlo niske temperature do u blizini apsolutne nule (0^0 K odnosno — 273,15 ^{0}C).

Sa stajališta ekonomičnosti, međutim, situacija nije najpovoljnija, jer kod niskih temperatura treba za odvođenje topline upotrijebiti vrlo velike količine energije. Tako npr. da se kod — 268 ^{0}C odvede 1 W toplinskih gubitaka potrebno je utrošiti snagu od 500 W. Premda su ti odnosi tako nepovoljni ipak je pronalaskom superizolacionih materijala moguće održavanje niskih temperatura uz ne prevelike ekonomske žrtve.

Navedeni napredak rashladne tehnike potaknuo je stručnjake da pokušaju iskoristiti svojstva metala kod vrlo niskih temperatura, da im se električni otpor znatno smanjuje odnosno da se upotrijebe materijali koji blizu apsolutne nule pokazuju supravodljiva svojstva, što znači, da im električni otpor isčezava.

Otpor vodiča od vrlo čistog bakra ili aluminija 2000 puta je manji u blizini apsolutne nule od otpora u normalnim prilikama.

Pojava supravodljivosti određenih metala i njihovih legura javlja se onda kad se ohlade ispod neke kritične temperature. To svojstvo ostaje dotle, dok gustoća struje kroz supravodič ne pređe neku određenu vrijednost, a magnetsko polje ostane dovoljno nisko.

U pogledu ponašanja supravodiča u magnetskom polju, oni su podijeljeni na dva tipa. Kod oba tipa kod nižih magnetskih polja u unutrašnjosti vodiča nema polja ni struje. Kod tipa I (meki vodiči) takvo stanje ostaje do neke određene vrijednosti polja kad u skoku polje prodre u vodič, a vodič izgubi supravodljiva svojstva. Kod tipa II (tvrdi vodiči) pak, kod određene predkritičke vrijednosti magnetsko polje počinje prodirati u vodič, da zatim kod kritične vrijednosti prodre potpuno, a vodič tek tada gubi supravodljiva svojstva. Kritična vrijednost polja kod tipa II znatno je viša od one tipa I.

Kod tipa I sva struja ostaje na površini vodiča i prijenosna je moć razmjerna promjeru vodiča, dok je naprotiv kod tipa II struja jednoliko raspodijeljena po presjeku, pa je prijenosna moć razmjerna kvadratu promjera vodiča.

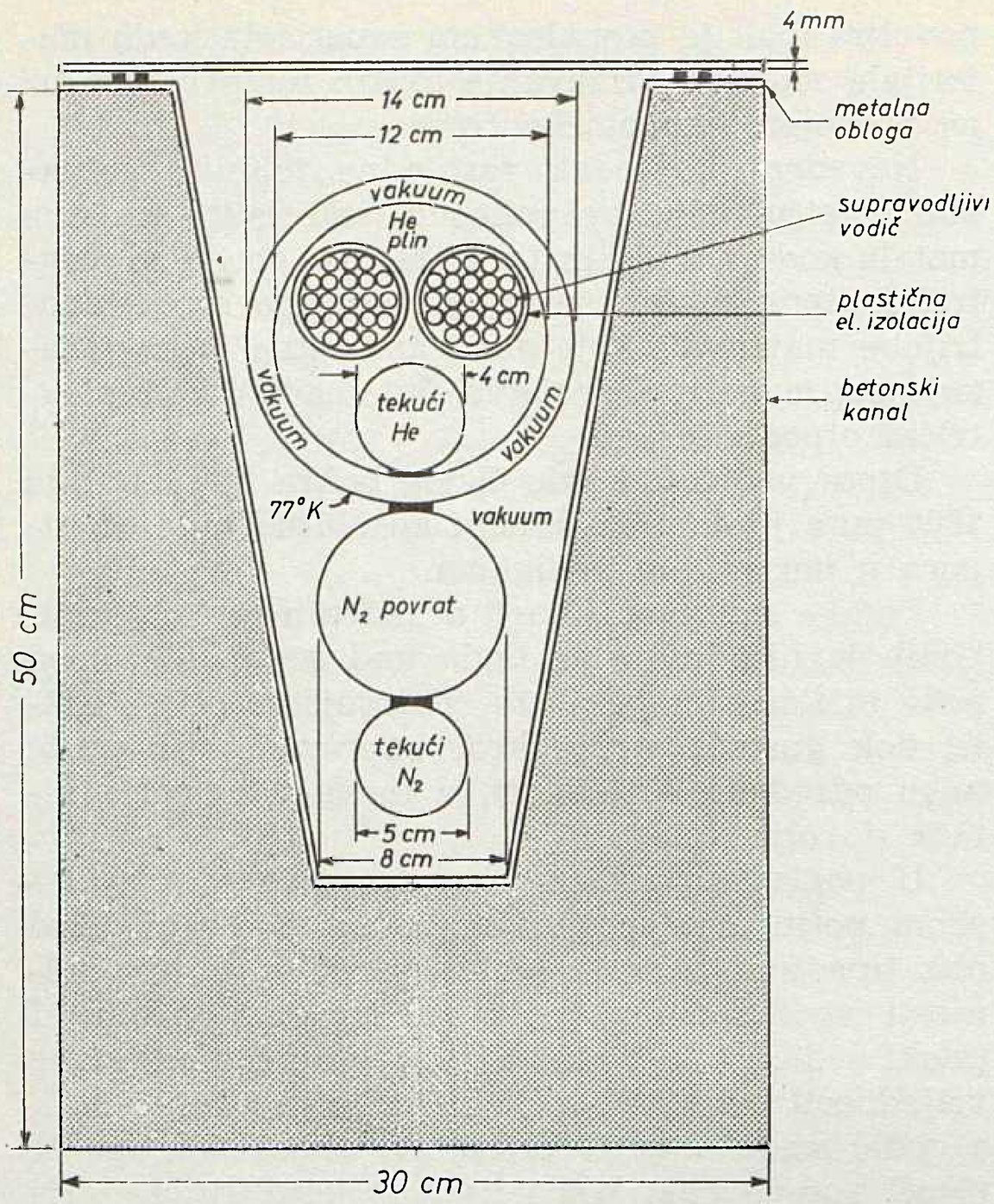
Supravodljivim vodičima može se voditi istosmjerna i izmjenična struja.

Za trofazni se supravodljivi kabel može upotrijebiti samo materijal tipa I (olovo ili niobij), jer bi kod tipa II promjenljivo polje izazvalo toplinske gubitke histereze. Zbog toga je gustoća struje daleko manja nego kod istosmjernog kabela.

Za istosmjerni supravodljivi kabel dolaze u obzir materijali tipa II (niobij-kositar, niobij-cirkonij itd). Npr. niobij — kositar (Nb_3Sn) kod kritičke temperature od 18 ^{0}K može biti opterećen graničnom istosmjernom strujom gustoće 200 kA/cm^2, kod maksimalnog polja od 10^5 G. Premda se u praksi tako velike gustoće ne bi mogle realizirati, supravodljivi vodiči ipak pružaju velike mogućnosti za prijenos velikih snaga.

Kako danas stručnjaci zamišljaju konstrukciju supravodljivih prijenosa neka pokažu slijedeća dva primjera kabela za izmjeničnu i istosmjernu struju.

4.2. U prosincu 1965. odjel za istraživanja engleske tvrtke CEGB naručio je studijski projekt o tehničkoj izvodljivosti supravodljivog trofaznog kabela napona 33 kV, za prijenos snage od 750 MVA. Normalna bi struja bila 13 kV, a u slučaju kvara tokom 1 sekunde 91 kA.



Slika 8

Vodiči bi bili formirani u obliku koncentričnih cijevi od vrlo čistog aluminija (99,999 %) na kojima bi bila folija niobija debljine 0,025 mm (sl. 7). Vodiči bi se hladili tekućim helijem (vrije kod 4,2 °K), a da se smanji prodiranje topline, kabel bi bio okružen sistemom cijevi kojima protječe tekoći dušik (vrije kod 77 °K). S vanjske strane kabelâ je superizolacija koja se sastoji od više glatkih metalnih slojeva koji reflektiraju toplinu. Da kabel bude mehanički zaštićen uvučen je u čeličnu cijev.

4.3. Drugi pak tip supravodljivog kabela, koji bi služio za istosmjerni prijenos razrađivali su u Americi. Istosmjerna struja, ima za prijenose na velike daljine, osim mogućnosti daleko veće gustoće struje u suprakabelu, još i tu prednost što nema gubitka napona uslijed induktiviteta.

Pretpostavljeno je da bi se kabelom prenosila snaga od 100.000 MW na daljinu od 1000 km. Napon između polova iznosio bi 200 kV, a struja u vodičima 500 kA. Vodiči bi bili sastavljeni od tankih žica (sl. 8) od već spomenutog materijala Nb_3Sn, ukupnog presjeka 500 mm² (10^5 A/cm²). Žice vodiča bi morale biti međusobno izolirane da se spriječi nastajanje vrtložnih struja prilikom stavljanja kabela u pogon. Stavljanje u pogon je, naime, poseban problem. Ako se kod kabela s punim presjekom vodiča podiže struja od nule do pune vrijednosti od 500 kA u vremenu od 1 sata nastaje gubitak u kabelu od 0,07 W/cm, ako to traje 1 dan onda samo 0,003 W/cm. Računa li se da bi hlađenje kabela, prije stavljanja pod napon trajalo nekih 5 dana, vrijeme podizanja struje do normalne u trajanju od jednog ili dva dana, bilo bi prihvatljivo.

Spajanje vodiča kabela predstavlja daljnji problem koji treba riješiti, budući da normalni spojevi ne bi imali, zbog veličina magnetskog polja, supravodljive osobine.

Kabel bi se hladio tekućim vodikom koji bi tekao u posebnoj cijevi kraj vodiča, a plinovit helij bi se vraćao u međuprostor vodiča. Cijev s vodičima bila bi koncentrično položena u veću cijev, a u međuprostoru bi bio vakuum. Cijev kabela bi se položila u zatvoreni betonski kanal obložen metalom, koji bi bio hlađen tekućim dušikom. Da se održe tražene niske temperature rashladne bi stanice trebale biti izgrađene svakih 20 km, a vakuumske pumpe svakih 500 m.

4.4. Osim rashladnih i izolacionih problema s elektrotehničke strane vrlo je važan problem preopterećenja i kratkih spojeva. Tada vodiči bivaju strujno preopterećeni, gube supravodljiva svojstva, što ih može uništiti. Predviđa se da bi se u takvim slučajevima sam kabel kratko spojio ultra brzom sklopkom, a nakon toga bi se normalno iskopčao. U već opisanom trofaznom kabelu, s niobijevom folijom na aluminijskoj cijevi, problem je riješen tako da kod kvara, kad folija izgubi supravodljivost, strujno preopterećenje preuzima aluminij u vremenu od 1 sek.

Dielektrična svojstva izolacije vodiča moraju također biti vrlo dobra da gubici, a time i proizvodnja topline, budu što manji. Vrlo je dobro rješenje, ako se uzme vakuum kao električni i termički izolator.

Današnje stanje tehnike omogućuje izvedbu supravodljivih kabela, to više nije fikcija, premda troškovi za ovu tehniku prijenosa još nisu konkurentni klasičnom prijenosu.

To međutim ne znači da se to neće ispuniti u doglednoj budućnosti.

Za prijenos vrlo velikih snaga ipak postoji mišljenje (npr. prema prof. Weeksu — USA), da bi se troškovi supravodljivog i konvencionalnog kabela izjednačili negdje kod prijenosa 10.000 MW i daljine od 70 km, već kod današnjih tehničkih mogućnosti.

5. Prijenos mikrovalovima

5.1. U nastojanju da se pronađu što efikasniji i ekonomičniji načini prijenosa velikih snaga, pokušavaju se također iskoristiti već danas bogata iskustva i visoki nivo tehnike ultrakratkih valova, razvijene za potrebe telekomunikacija. Premda do uspješne praktičke primjene u prijenosu električne energije treba još riješiti mnoge probleme, interesantno je razmotriti teoretske mogućnosti koje se pružaju i osnovnu problematiku koja ipak ne izgleda nerješiva.

U osnovi se radi o promjeni elektroenergetskih valova, nosilaca energije, koji se šire u glatkim bakrenim ili aluminijskim cijevima. Takve cijevi

sku energiju koja u velikoj koncentraciji struji kroz cijev. Pokazalo se, da za takvu svrhu najbolje postaju u neku ruku »pipeline« za elektromagnet- odgovaraju mikrovalovi 3 . . . 10 GHz (10 . . . 3 cm). Cijev u kojoj se valovi šire ne mora biti od masivnog bakra ili aluminija već je dovoljno da materijal cijevi, koja je dimenzionirana prema mehaničkim zahtjevima, bude samo obložena glatkim tankim folijama ovih metala, jer kod 10 GHz prodiranje iznosi samo 10^{-3} mm. Da se priječi gušenje valova potrebno je da promjer cijevi bude prilagođen odabranom vodu. Npr. za mikrovalove 6 . . . 10 GHz, promjer cijevi morao bi iznositi oko 1,5 m. Maksimalna snaga koja se prenosi definirana je kod dane frekvencije veličinom presjeka cijevi i maksimalnom veličinom električnog polja, koje pak ovisi o čvrstoći dielektrika u cijevi, tj. zraka.

Kod spomenutog promjera cijevi od 1,5 m mogla bi se teoretski prenositi snaga od nekih 9000 MW, što odgovara prijenosnoj snazi trofaznog voda 1500 kV. Kod valova 10 GHz i promjera cijevi 2 m prijenosna bi snaga iznosila čak 16.000 MW. To su goleme snage, za čiji prijenos u usporedbi s nadzemnim vodovima iste prijenosne snage, treba malo prostora, a i taj se može iskoristiti podzemno. Kao što se vidi, teoretske mogućnosti su vrlo privlačne, pa su razumljiva nastojanja i napori da se riješe još neriješeni problemi i uklone zapreke praktičnoj realizaciji takvog prijenosa.

5.2. Problemi koje treba riješiti vezani su i za sam prijenos putem cijevi i za krajnje stanice.

Kod dugih prijenosa postoji opasnost da se zbog malih neravnosti u cijevi odabrani val preobrazi u tipove valova koji imaju mnogo veće gušenje, što bi brzo snizilo faktor iskorištenja prijenosa. Stvaranje (generiranje) mikrovalova velikih snaga odnosno pretvaranje nosioca energije u elektromagnetsku energiju, kao i prihvaćanje te energije i njena preobrazba u energiju pogodnu za konzumenta, moguća je danas samo za razmjerno male snage.

Prema današnjem stanju tehnike, kao generatori mikrovalova došle bi u obzir cijevi tipa klistron i amplitron. Najveći klistron izgrađen do sada ima snagu 1 MW i stupanj iskorištenja oko 80 %. Neki stručnjaci procjenjuju da bi se mogla dostići snaga do 50 MW. Najveći izgrađeni amplitron ima snagu 0,4 MW. Sve su to još vrlo male snage prema potrebama.

Odgovarajući pretvarači za pretvorbu većih energija mikrovalova u električnu energiju 50 Hz, također još ne postoje i treba ih razviti.

5.3. Prema jednom američkom prijedlogu ipak bi već bio moguć prijenos snage do 200 MW, valovima 10 GHz. Klasični bi turbogenerator napajao mikrovalni oscilator i mikrovalno pojačalo od 200 klistrona, snage po 1 MW. Valovi bi se širili kroz cijev promjera 1,5 m. Predviđa se da bi gubitak energije na svakih 160 km iznosio oko 6 %. Na prijemnom kraju bi se preko usmjerenog sprežnika energija dovela do usmjerivača.

Kod dovođenja velikih snaga u jake konzumne centre postoje prijedlozi da bi se energija i trošila u obliku energije mikrovalova. Predlaže se npr. slijedeća shema. Nosilac energije davao bi mikrovalnom pretvaraču snagu od 4000 MW. Ona bi se putem šuplje cijevi prenosila na daljinu od 1000 km. Kako bi veliki dio prenesene energije i onako bio potreban za grijanje, kotlovi toplane grijali bi se direktno mikrovalovima, čime bi se dobivala para uz vrlo dobar korisni efekt. Za kemijsku energiju bi odgovarajući usmjerivači davali istosmjernu struju. Cijeli bi grad mogao imati sistem cijevi za vođenje mikrovalova do pojedinih kućanstava. U određenoj točki u gradu pretvarao bi se tip prijenosnog mikrovala (tip H_{01}) u mikroval pogodan za širenje u cijevima promjera 4 . . . 6 cm (tip H_{11}). S energijom mikrovalova moglo bi se direktno kuhati na mikrovalnom štednjaku, a za mala trošila kao npr. za usisač, hladnjak, radio itd. upotrijebili bi se mali usmjerivači.

Ovo je za sada samo vizija moguće upotrebe mikrovalova u opskrbi električnom energijom. Ona, međutim, ne izgleda neostvariva i predstavlja jednu od mogućnosti daljnjeg razvoja prijenosa velikih snaga.

Interesantno je na kraju spomenuti i tzv. reflektorske vodove, gdje bi se mikrovalna energija reflektirala u metalnim zrcalima dimenzija 10 × 10 m, na udaljenostima po 300 m. Takvim bi se sistemom mogla prenositi snaga od 168.000 MW.

Literatura:

1. — Referati CIGRE — Pariz 1966, 1968, 1970.
2. — *Highest Voltage Commercial Transmission in the World.* IEE Trans. June 1966 (Vol. PAS 85) No. 6.
3. B. Stauch: *Energieübertragung mit hochgespanntem Drehstrom.* ETZ-A, Bd. 91 (1970), Str. 1, str. 37.
4. L. Paris: *Die Zukunft der Ultra- Hochspannungsleistungen,* Elektrizitätswirtschaft, Jg. 69 (1970), No. 19, str. 514.
5. A. Fischer: *Hochspannungslaboratorien im In- und Ausland.* ETZ-A, Bd. 90 (1969), H. 25, str. 656.
6. K. H. Schneider: *Durchschlag grosser Funkenstrecken in Luft bei Schaltspannungsbeanspruchung.* ETZ-A, Bd. 90 (1969), H. 25, str. 671.
7. Oeding: *Prinzipien und Grenzen der elektrischen Energieübertragung.* ETZ-A, Bd. 91 (1970), H. 1, str. 29.

H. C. Barnes, T. Nagel: *AEP 765 kV System: General Backround*

C. S. Vessell, R. Maliszewski: *AEP 765 kV System: System Planning Considerations.* IEEE Trans. September 1969. Vol. Pass-88, No. 9.

R. L. Garwin, I. Matisoo: *Superconducting Lines for the Transmission of Large Amounts of Electrical Power over great Distances.* Proc. IEEE, april 1967, str. 538.

Naslov pisca: Boris Markovčić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

PRINCIPI STRUJNOG I NAPONSKOG DIMENZIONIRANJA TIRISTORSKOG UZBUDNIKA ZA GENERATORE HIDROELEKTRANE ĐERDAP

Antonije Brajder, Zagreb

Navedeni su osnovni principi strujnog i naponskog dimenzioniranja tiristorskog uzbudnika za generatore 190 MVA u HE Đerdap. Prikazan je način proračuna virtuelne temperature silicijske pločice za režime kvarova generatora, kao kritične točke kruga za strujno dimenzioniranje. Naponsko dimenzioniranje tiristora usklađeno je s prenaponskom zaštitom. Dobiveni faktori sigurnosti mogu poslužiti kao prvo približenje pri proračunu drugih sličnih uzbudnih sistema.

DK 621.313.2

Uvod

Sistem uzbude generatora 190 MVA za hidroelektranu Đerdap je nezavisan i izveden s tiristorskim usmjerivačem. Statički uzbudnik napaja se iz pomoćnog sinhronog generatora koji je smješten na zajedničku osovinu s glavnim generatorom. Zbog posebnog spoja ventila uzbudnika pomoćni je generator izveden s otcjepima na polovini namota svake faze. Tiristorski uzbudnik sastoji se iz dviju usmjerivačkih grupa, tzv. radne i forsirne, čije su istosmjerne sabirnice spojene paralelno (sl. 1).

Forsirna je grupa priključena na krajeve faznih namota pomoćnog generatora, dok je radna grupa priključena na otcjepe na polovini namota svake faze. Pri tom prva osigurava (kad je usmjerivač potpuno otvoren) forsirni napon, a druga radni napon. Usmjerivač svake grupe sastoji se od po šest paralelno spojenih trofaznih mostova s tiristorima (sl. 2).

Uzbudnik za đerdapske generatore treba osigurati u nazivnom radu struju $I_n = 1518$ A i napon praznog hoda $U_n = 530$ V.

Budući da je faktor natuzbude 2, u režimu forsiranja koji traje najviše 50 sek, struja je $I_{nf} = 3036$ A i napon praznog hoda $U_{nf} = 1060$ V.

Polazne veličine za strujno i naponsko dimenzioniranje tiristorskog usmjerivača su nazivne vrijednosti struje i napona. One daju orijentaciju za izbor komponenata i spojeva. Stvarno dimenzioniranje temelji se na režimima kvara koje uzbudnik mora izdržati.

Strujno dimenzioniranje

Strujno opterećenje tiristora

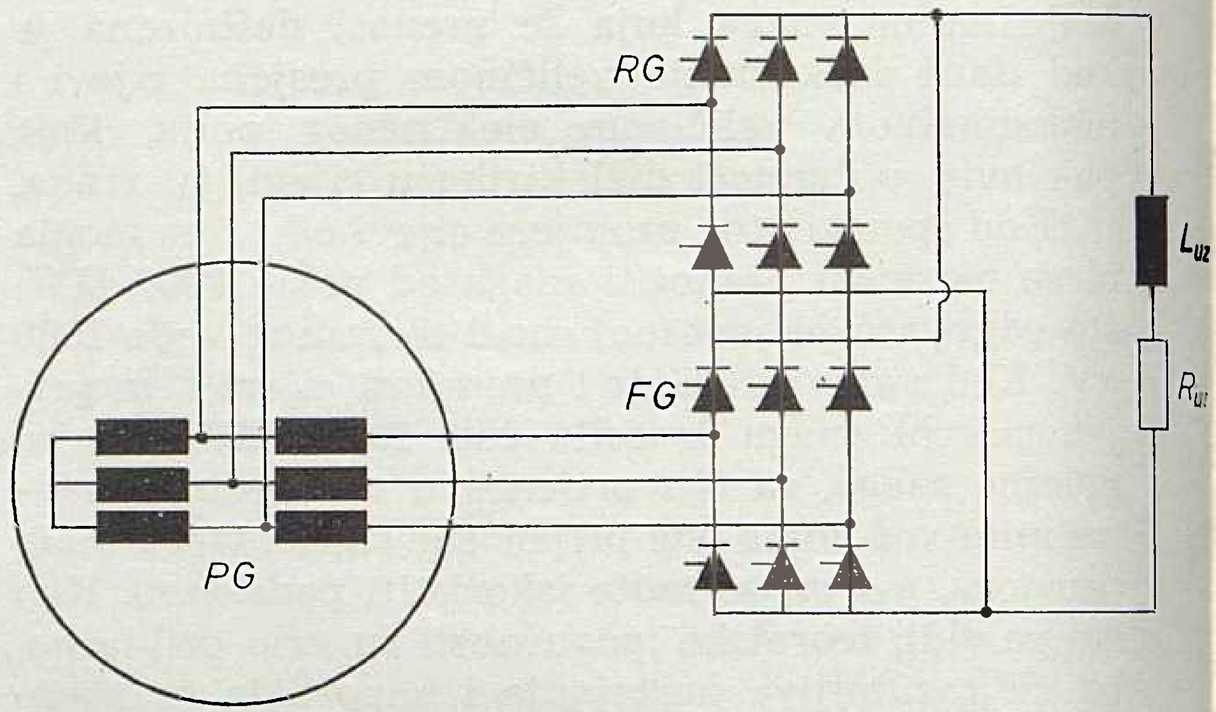
U trofaznom mosnom spoju svaka tiristorska grana vodi struju kroz 120° el. Ako imamo šest paralelnih grana, kao u slučaju Đerdapa, u nazivnom će režimu srednja vrijednost struje po tiristoru iznositi

$$\bar{I}_t = \frac{I_{uz}}{3 \cdot 6} = \frac{I_{uz}}{18}$$

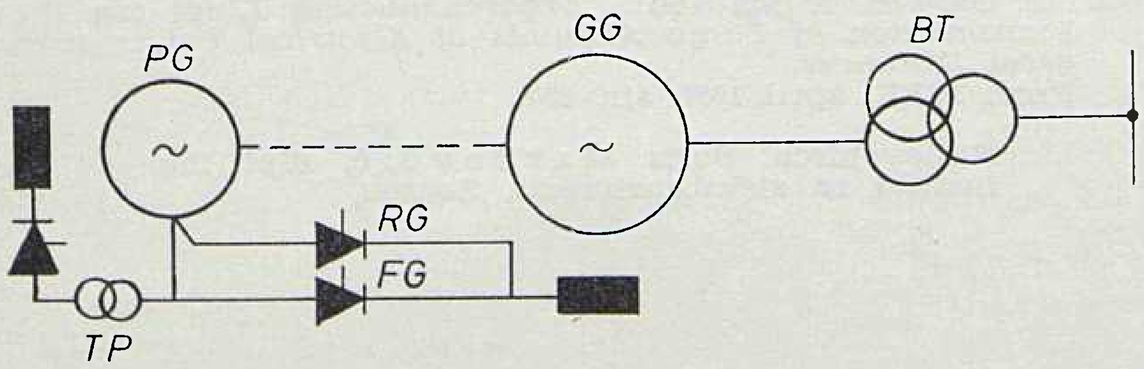
Ova struja međutim nije odlučna za maksimalno moguće opterećenje tiristora u nazivnom režimu. Od sistema uzbude se zahtijeva takva rezerva da u slučaju ispada jedne grane (npr. zbog proboja tiristora u toj grani i pregaranja korespondentnog osigurača) usmjerivač može i dalje nesmetano raditi — tek ako ispadnu dvije grane dolazi do prorade zaštite. Osim toga, struja nije jednoliko raspoređena po paralelnim granama uslijed različitih reaktancija grana i rasipanja u karakteristikama tiristora. Ispitivanja su pokazala da je opterećenje jedne grane u tiristorskom sklopu za Đerdap, uvijek za najviše 10 % veće od prosječne vrijednosti struje. Sasvim općenito, ako je p broj paralelnih grana, srednja vrijednost struje po tiristoru u najnepovoljnijem slučaju iznosi:

$$\bar{I}_{t_{ma}} = 1{,}1 \cdot \frac{I_{uz}}{3\,(p-1)}$$

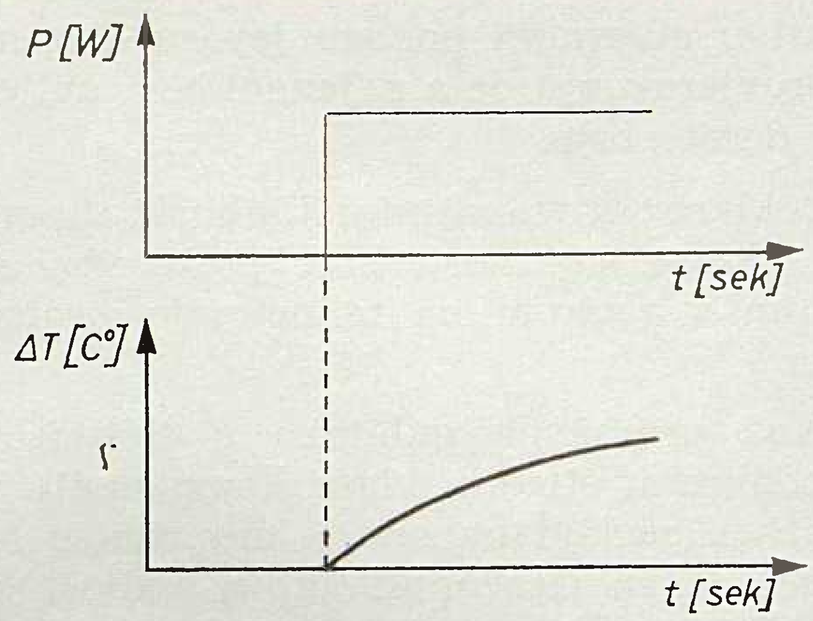
Za struju uzbude u gornji izraz treba uvrstiti, ne nazivnu uzbudu, već najveću struju uzbude koja se pojavljuje u trajnim garantiranim režimima rada generatora. Kod generatora za Đerdap nazivna struja uzbude je 1518 A, dok struja uzbude uz garantirani režim rada generatora koji zahtijeva



Sl. 2. Shema spoja tiristorskog usmjerivača uzbude — prikazan je samo po jedan tiristorski most u svakoj grupi. U stvarnosti se svaka grupa sastoji od po šest paralelnih mostova.



Sl. 1. Temeljna shema uzbude generatora za hidroelektranu Đerdap (PG — pomoćni generator, GG — glavni generator, RG — radna grupa, FG — forsirna grupa, BT — blok transformator, TP — transformator napajanja uzbude pomoćnog generatora).



Sl. 3. Porast temperature silicija u tiristoru kao posljedica narinutog impulsa stalnih gubitaka.

najveću trajnu snagu uzbude (90 % S_n, 110 % U_n) iznosi 1615 A. Prema tome je:

$$\bar{I}_{t_{max}} = 1{,}1 \cdot \frac{1615}{3\,(6-1)} \approx 120\ \mathrm{A}$$

Izračunata struja je osnovna orijentaciona vrijednost za izbor broja paralelnih grana tiristorskog ispravljača. Stvarno strujno dimenzioniranje treba, međutim, provesti tako da preopterećenja koja mogu nastupiti nikad ne dovedu do zagrijavanja tiristora iznad dozvoljenog. Takva su preopterećenja npr. kratki spojevi na generatorskim sabirnicama ili u bliskoj mreži, kvar na regulatoru, nepravilna sinhronizacija na mrežu itd.

U uspoređenju s ostalim komponentama strujnog kruga uzbude tiristori imaju vrlo malen toplinski kapacitet, što uzrokuje naglo zagrijavanje silicijske pločice nakon što se ona optereti. Za strujno dimenzioniranje tiristori će dakle biti kritična točka kruga.

Deklarirana strujna opteretivost tiristora određuje dozvoljeno trajno opterećenje. Granice preopterećenja ograničenog trajanja određuju se računanjem zagrijavanja silicijske pločice što ga to preopterećenje uzrokuje, jer bi bilo ekonomski neopravdano dimenzionirati tiristor na preopterećenje pomoću deklarirane trajne struje.

O proračunu temperature silicija

Struja koja teče kroz tiristor uzrokuje u njemu određene gubitke. Većina tih gubitaka nastaje u silicijskoj pločici prijelaza i uzrokuje njeno zagrijavanje. Ako pretpostavimo da je narinut impuls konstantnih gubitaka, temperatura silicija rast će kao na sl. 3.

Nakon dovoljno dugog vremena nadtemperatura će se ustaliti na određenoj vrijednosti ΔT koja ovisi o visini impulsa gubitka P i toplinskih svojstava tiristora te njegovih rashladnih uređaja. Ta svojstva možemo karakterizirati jednom jedinom brojčanom veličinom — toplinskim otporom za stacionarno stanje R_T. Prema tome je

$$\Delta T = PR_T$$

Ovako dobivenu nadtemperaturu nazivamo virtuelnom nadtemperaturom silicija. Sličan se izraz može postaviti za nadtemperaturu u bilo kojem trenutku prije no što se temperatura ustali, samo što moramo umjesto toplinskog otpora za stacionarno stanje uvesti tranzientni toplinski otpor r_T. Ovaj posljednji dobivamo tako da podijelimo trenutni porast temperature (npr. u sl. 3) sa snagom gubitaka koje uzrokuje taj porast. Tranzientni toplinski otpor jedna je od osnovnih značajki koju mora deklarirati svaki proizvođač tiristora. Na sl. 4 prikazan je taj otpor za tiristore uzbude hidrogeneratora Đerdap.

Ako imamo impulsno opterećenje tiristora, temperatura silicija računa se superpozicijom. Pretpostavimo opterećenje prema sl. 5.

Nadtemperatura silicija bit će u trenutku t_3:

$$\Delta T = P_1 r_{(t_3-t_1)} + P_2 r_{(t_3-t_2)}$$

Ako se radi o opterećenju strujama proizvoljnog a ne pravokutnog oblika, onda se taj impuls gubitaka aproksimira pravokutnim impulsom amplitude jednake maksimalnoj vrijednosti struje u cijelom intervalu a trajanje takvog, da srednja vrijednost bude jednaka srednjoj vrijednosti stvarnog impulsa gubitaka. Time je osigurana konzervativnost proračuna jer su tako dobivene temperature sigurno više od stvarnih.

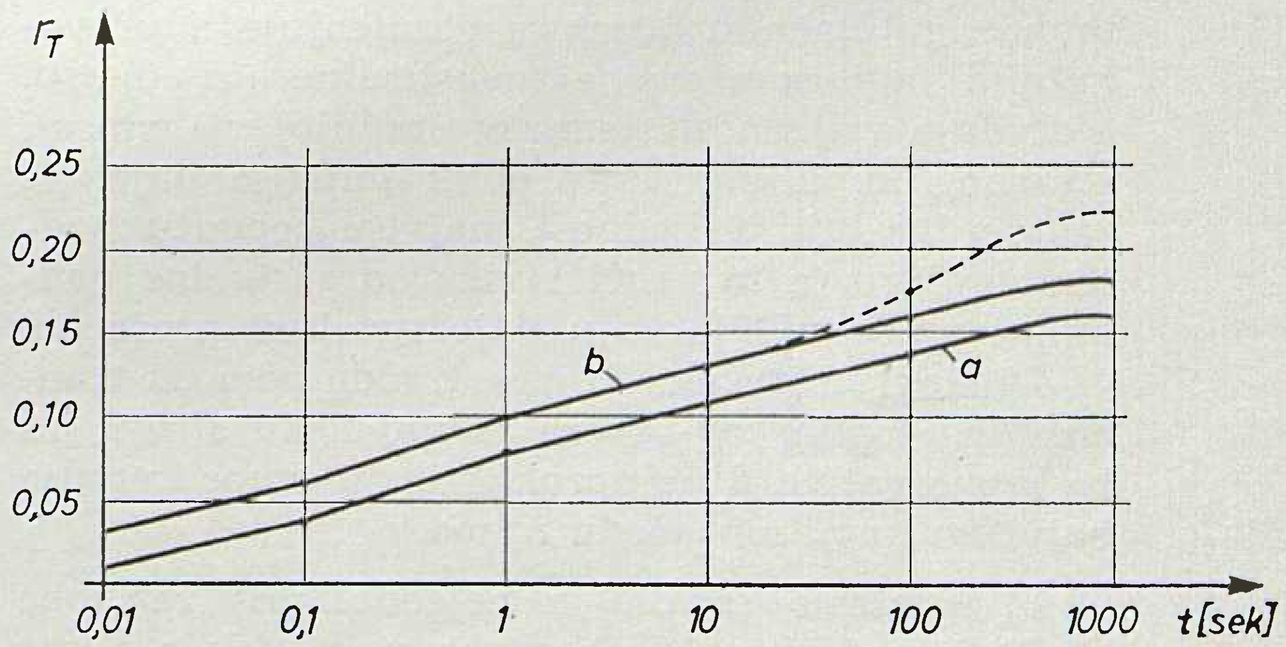
Kao što će se u slijedećem odjeljku vidjeti, opisanim proračunom korektno se dimenzionira uzbudni usmjerivač.

Opterećenje usmjerivača u prijelaznim režimima kvara

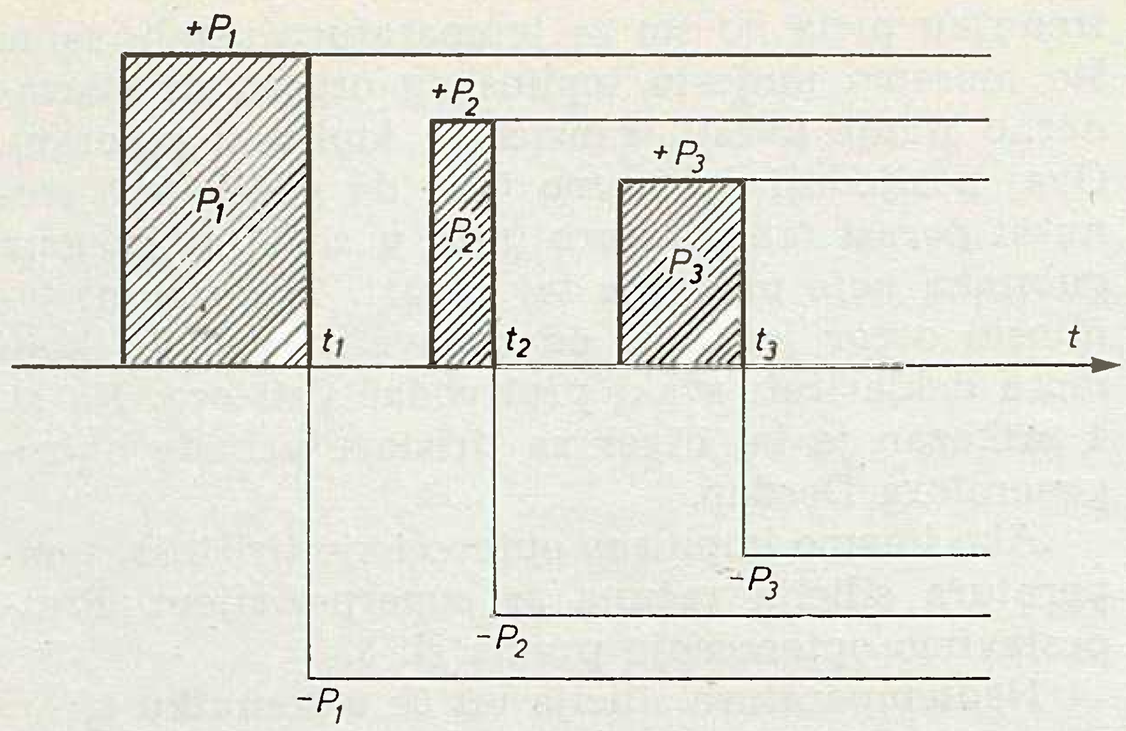
Kriteriji opteretivosti za strujno dimenzioniranje određuju se posebno za radnu a posebno za forsirnu grupu usmjerivača.

Usmjerivač radne grupe mora biti dimenzioniran na najveću garantiranu struju uzbude, trajno. Osim toga on mora izdržati strujni udarac uslijed nastupa tropolnog kratkog spoja na izmjeničnim sabirnicama generatora uz pretpostavku da je prethodno radio s najvećom garantiranom strujom uzbude i da nakon nastupa smetnje nije nastupilo forsiranje (ako bi nastupilo forsiranje, veći dio opterećenja preuzela bi forsirna grupa pa taj režim sa stajališta radne grupe ne bi bio najnepovoljniji).

Usmjerivač forsirne grupe mora izdržati forsiranje strujom 3036 A trajanja 50 sekundi uz pret-



Sl. 4. Tranzientni toplinski otpor tiristora koji su ugrađeni u uzbudu hidrogeneratora Đerdap, a) za stalnu struju, b) za impulsnu struju (pravokutni impuls 120° el). Tiristori su TY 500 proizvodnje tvrtke ASEA.



Sl. 5. Proračun virtuelne nadtemperature silicijske pločice pomoću superpozicije.

postavku da je prije forsiranja uzbudnik radio bez radne grupe (npr. zbog kvara na radnoj grupi), tj. da je forsirna grupa sama radila u režimu najveće garantirane struje uzbude.

Usmjerivač forsirne grupe treba nadalje izdržati strujni udarac uslijed nastupa tropolnog kratkog spoja, ukoliko je forsirana grupa radila kao u prethodnom slučaju, a nakon nastupa smetnje dolazi do punog forsiranja.

Napokon, usmjerivač forsirne grupe mora izdržati u vrijeme potrebno za proradu zaštita (oko 300 msek) strujni udarac uslijed ukapčanja generatora na mrežu u protufazi uz pretpostavku da je pred kvar forsirna grupa radila kao u prethodna dva režima a da je nakon nastupa kvara došlo do punog forsiranja.

Konzervativnost proračuna

Dimenzioniranje tiristorskog usmjerivača na temelju egzaktnog proračuna virtuelne temperature bilo bi vrlo složemo i ekonomski neopravdano. Zbog toga su uvedene mnoge aproksimacije i pretpostavke. Važno je pri tom da one osiguravaju konzervativnost proračuna. Sam proračun konzervativan je iz više razloga:

a) Metoda proračuna virtuelne nadtemperature silicija sama je po sebi konzervativna jer stvarni impuls gubitaka u tiristoru zamjenjuje s pravokutnim impulsom visine maksimalne vrijednosti, a srednje vrijednosti jednake srednjoj vrijednosti stvarnog impulsa. Takav oblik impulsa daje, za zadanu srednju vrijednost, najvišu moguću nadtemperaturu, a to znači i višu od virtuelne nadtemperature silicija koju daje egzaktni proračun.

Dijelovi proračuna koji se izvode pomoću tranzientnog toplinskog otpora za impulsnu struju još su konzervativniji jer aproksimiraju grupe impulsa najvišim impulsom među njima.

b) Smatralo se da je nejednolikost razdiobe struje između paralelnih grana usmjerivača takva da najopterećenija grana daje 20 % odnosno 10 % veću struju od prosječne. Ova nejednolikost razdiobe struje sigurno je veća od one koja se može očekivati u stvarnom pogonu jer su eksperimentalna provjeravanja dala nejednolikost uvijek manju od deset posto.

c) Deklarirani tranzientni toplinski otpor sadrži sve faktore sigurnosti koje proizvođač smatra potrebnim s obzirom na tehnologiju proizvodnje tiristora.

d) Kod proračuna gubitaka u tiristoru uzeti su za odabranu strujnu klasu komponente najviši deklarativni padovi napona u propusnom smjeru, što znači da su izračunati gubici najviši koji se mogu pojaviti.

e) Virtuelna nadtemperatura silicija računata je uvijek uz koincidenciju najtežih okolnosti koje se mogu pojaviti. Npr. kod tropolnog spoja na izmjeničnim sabirnicama generatora uz istovremeno forsiranje uzbude, uzeto je da imamo u tom času temperaturu okoline 40° C, da je prethodno sama forsirna grupa davala garantiranu struju uzbude, da tiristor koji vodi struju 20 % veću od prosječne ima istovremeno i najviše gubitke u svojoj strujnoj klasi i da se nalazi na gornjoj poziciji u rashladnom kanalu (gdje je rashladni zrak najtopliji), te da prekostrujna zaštita nije iskopčala generator.

Slično se postupalo i za ostale slučajeve.

Takav način računanja osigurava veliku pogonsku sigurnost a da istovremeno ne vodi na nepotrebno predimenzioniranje tiristorskog sklopa.

Dimenzioniranje radne grupe

Kod nastupa tropolnog kratkog spoja na izmjeničnim sabirnicama generatora struja u uzbudnom krugu izgleda kao na sl. 6a i 6b.

Za proračun virtuelne nadtemperature silicija možemo se poslužiti konzervativnom aproksimacijom prema sl. 7 koja je dobivena na osnovi sl. 6b. Ova aproksimacija omogućuje nam da računamo s tranzientnim toplinskim otporom za impulsnu struju što uvelike olakšava račun.

Gubici u tiristoru za struju 120 A (koliko imamo za slučaj najveće garantirane struje uzbude) iznose na osnovi dijagrama gubitaka sl. 8 $P = 180$ W. Virtuelna nadtemperatura silicija u stacionarnom pogonu koji je prethodio kvaru iznosi (ukoliko se uzme posebna korekcija toplinskog otpora, zbog konstruktivne dispozicije tiristora) $\Delta T_{st} = 180 \cdot 0{,}218 \approx 40°$ C.

Za intervale vremena prema Sl. 7 imamo za struje i odnosne gubitke po tiristoru:

I_{uz} (0,3 sek) = 270 A $P = 500$ W $\Delta P = 320$ W

I_{uz} (0,6 sek) = 245 A $P = 450$ W $\Delta P = 270$ W

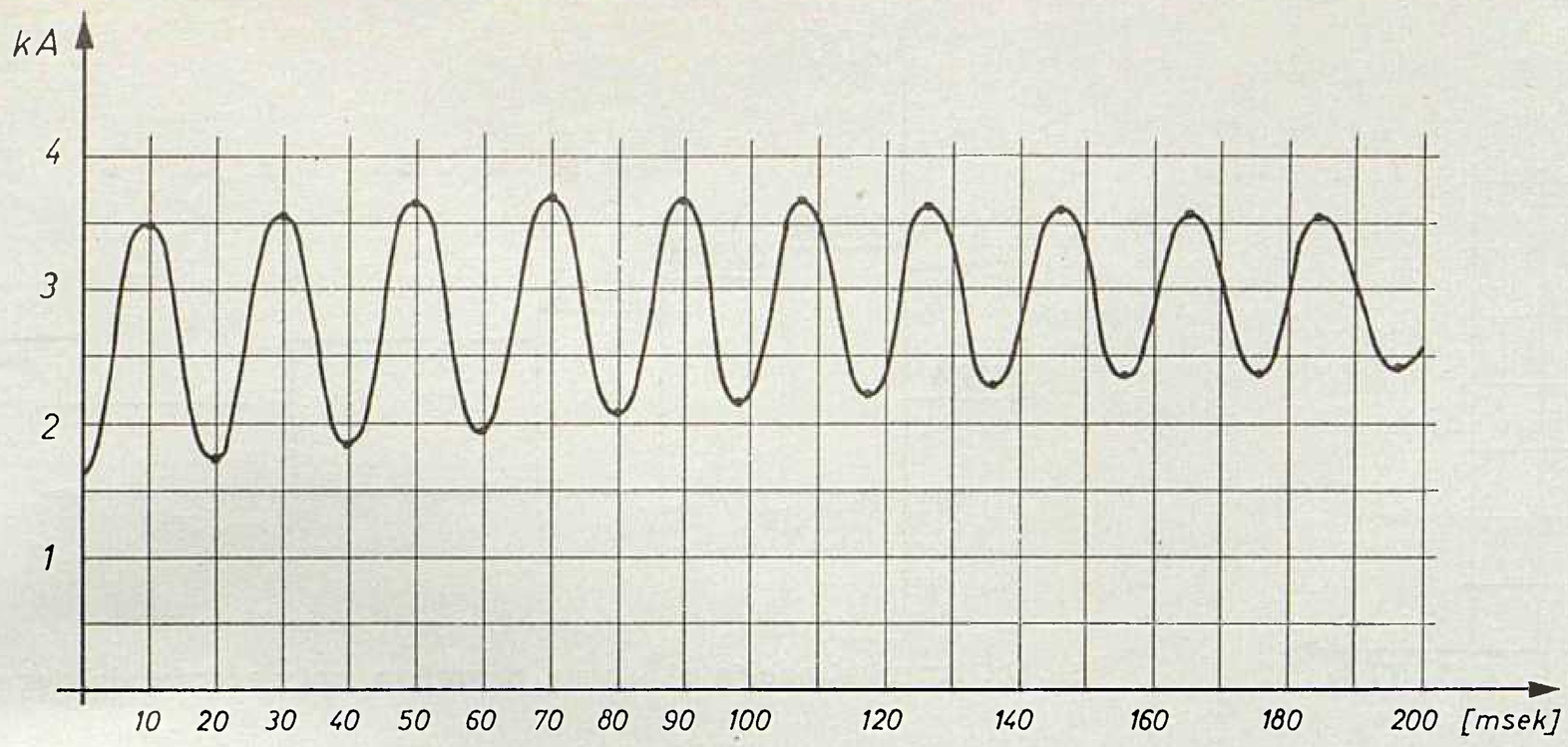
I_{uz} (6 sek) = 206 A $P = 340$ W $\Delta P = 160$ W

U pojedinim trenucima prelazne pojave imamo slijedeće nadtemperature:

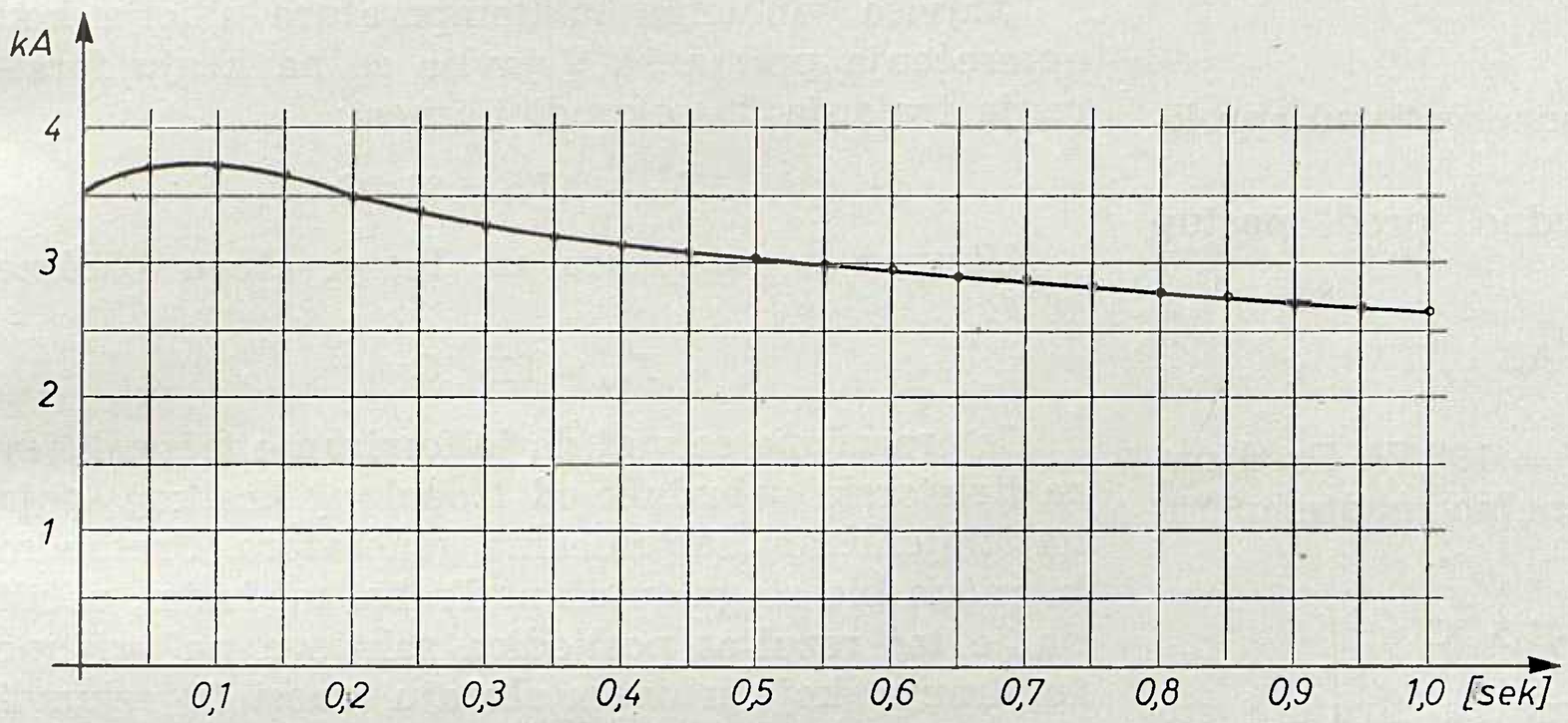
$$\Delta T_{0,3} = \Delta T_{st} + 320 \cdot 0{,}08 = 65{,}6\ °C$$

$$\Delta T_{0,6} = \Delta T_{st} + 50 \cdot 0{,}01 + 270 \cdot 0{,}09 = 65\ °C$$

$$\Delta T_{6} = \Delta T_{s} + 110 \cdot 0{,}03 + 160 \cdot 0{,}123 = 63\ °C$$



Sl. 6a. Struja uzbude kod nastupa tropolnog kratkog spoja bez forsiranja — prikazano je prvih nekoliko perioda.



Sl. 6b. Vršne vrijednosti struje uzbude kod tropolnog kratkog spoja na izmjeničnim sabirnicama generatora bez forsiranja.

Najviša virtuelna temperatura silicija u našoj aproksimaciji javlja se 300 msek nakon početka kvara i iznosi, ako se za temperaturu okoline uzme 40° C, 105,6° C, što je niže od dopuštene vrijednosti 125° C.

Dimenzioniranje forsirne grupe

Forsirna grupa izvedena je sa šest paralelnih grana. U slučaju ispada radne grupe forsirna grupa preuzima nazivni teret uz duboko upravljanje.

a) *Forsiranje kroz 50 sekundi*

Proračun forsiranja izveden je uz pretpostavku da je radna grupa izvan pogona i da forsirna grupa daje najveću garantiranu struju uzbude 1615 A. Iz tog režima prelazi se u forsiranje tokom 50 sek.

Budući da se tu radi o većim strujnim opterećenjima dužeg trajanja, zbog sigurnosti uzimamo faktor neravnomjerne razdiobe struje 20 %. Prema tome za struju po tiristoru u stacionarnom forsiranju imamo:

$$\bar{I}_{t_{fmax}} = \frac{1,2}{3.5} 3036 = 240 \text{ A}$$

Za tu struju gubici u tiristoru su $P_F = 440$ W. Virtuelna nadtemperatura silicija nakon 50 sek forsiranja iznosi:

$$\Delta T_t = 190 \cdot 0,213 + (440 - 180) \cdot 0,16 = 81,5 \text{ el}$$

Ukupna temperatura silicija uz temperaturu okoline 40° C

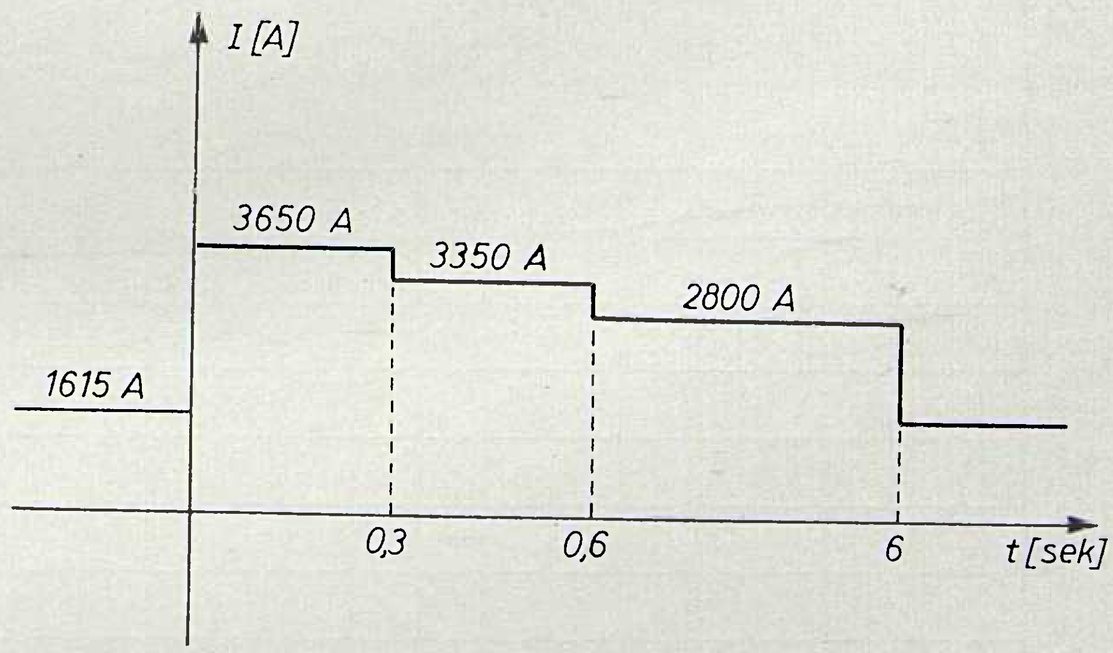
$$T_t = 121,5 \text{ el.}$$

što je ispod dopuštenih 125° C.

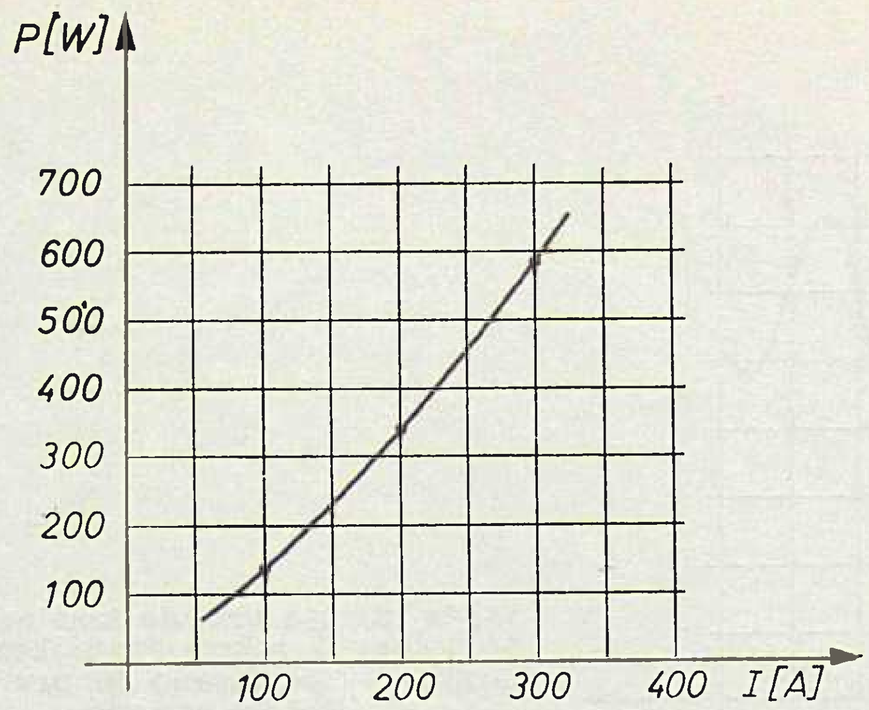
b) *Tropolni kratki spoj*

Forsirna grupa radi sama u režimu garantirane struje uzbude (radna grupa je izvan pogona). Nastupa tropolni kratki spoj na sabirnicama generatora, zaštita ne proradi i usmjerivač mora izdržati čitavu prelaznu pojavu kratkog spoja uz puno forsiranje uzbude tokom 50 sekundi.

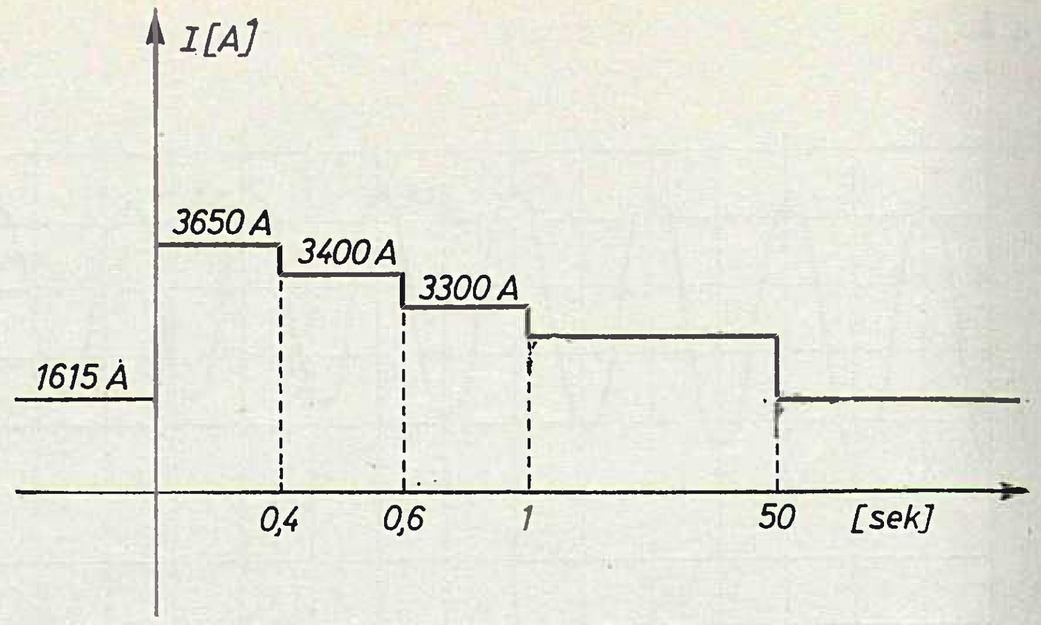
Kao u slučaju računa za radnu grupu možemo na temelju slike 9a za proračun virtuelne nad-



Sl. 7. Aproksimacija slike 6b za proračun opterećenja tiristora.



Sl. 8. Dijagram gubitaka u tiristoru u zavisnosti od srednje vrijednosti struje.



Sl. 9b. Aproksimacija sl. 9a za proračun opterećenja tiristora

temperature silicija postaviti konzervativnu aproksimaciju prema slici 9b.

Struja po tiristoru neposredno pred nastup kvara iznosi

$$1{,}2 \cdot \frac{1615}{3 \cdot 5} = 130 \text{ A}$$

Za tu struju gubici iznose $P = 190$ W. Pred nastup smetnje stacionarna virtuelna nadtemperatura slicija iznosi:

$$\Delta T_{st} = 190 \cdot 0.218 = 41{,}5 \text{ °C}$$

Za navedene intervale imamo za struju i gubitke po tiristoru:

$$I_{uz(0,4\,sek)} = 290 \text{ A} \quad P = 560 \text{ W} \quad \Delta P = 370$$

$$I_{uz(0,6\,sek)} = 270 \text{ A} \quad P = 530 \text{ W} \quad \Delta P = 340$$

$$I_{uz(1\,sek)} = 265 \text{ A} \quad P = 490 \text{ W} \quad \Delta P = 300$$

$$I_{uz(50\,sek)} = 250 \text{ A} \quad P = 450 \text{ W} \quad \Delta P = 260$$

Za nadtemperaturu silicija u karakterističkim točkama imamo:

$$\Delta T_{0,4} = 370 \cdot 0{,}084 = 31 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{0,6} = 320 \cdot 0{,}090 + 50 \cdot 0{,}018 = 31 \text{ °C}$$

$$\Delta T_1 = 300 \cdot 0{,}1 + 20 \cdot 0{,}016 + 50 \cdot 0{,}01 = 31 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{59} = 260 \cdot 0{,}16 = 41{,}5 \text{ °C}$$

Najviša virtuelna nadtemperatura silicija kod opterećenja prema sl. 9 javlja se na kraju forsiranja trajanja 50 sekundi i iznosi:

$$\Delta T_{50} + \Delta T_{st} = 83 \text{ °C}$$

Ukupna temperatura uz temperaturu okoline 40° C

$$T_{pn} = 123 \text{ °C}$$

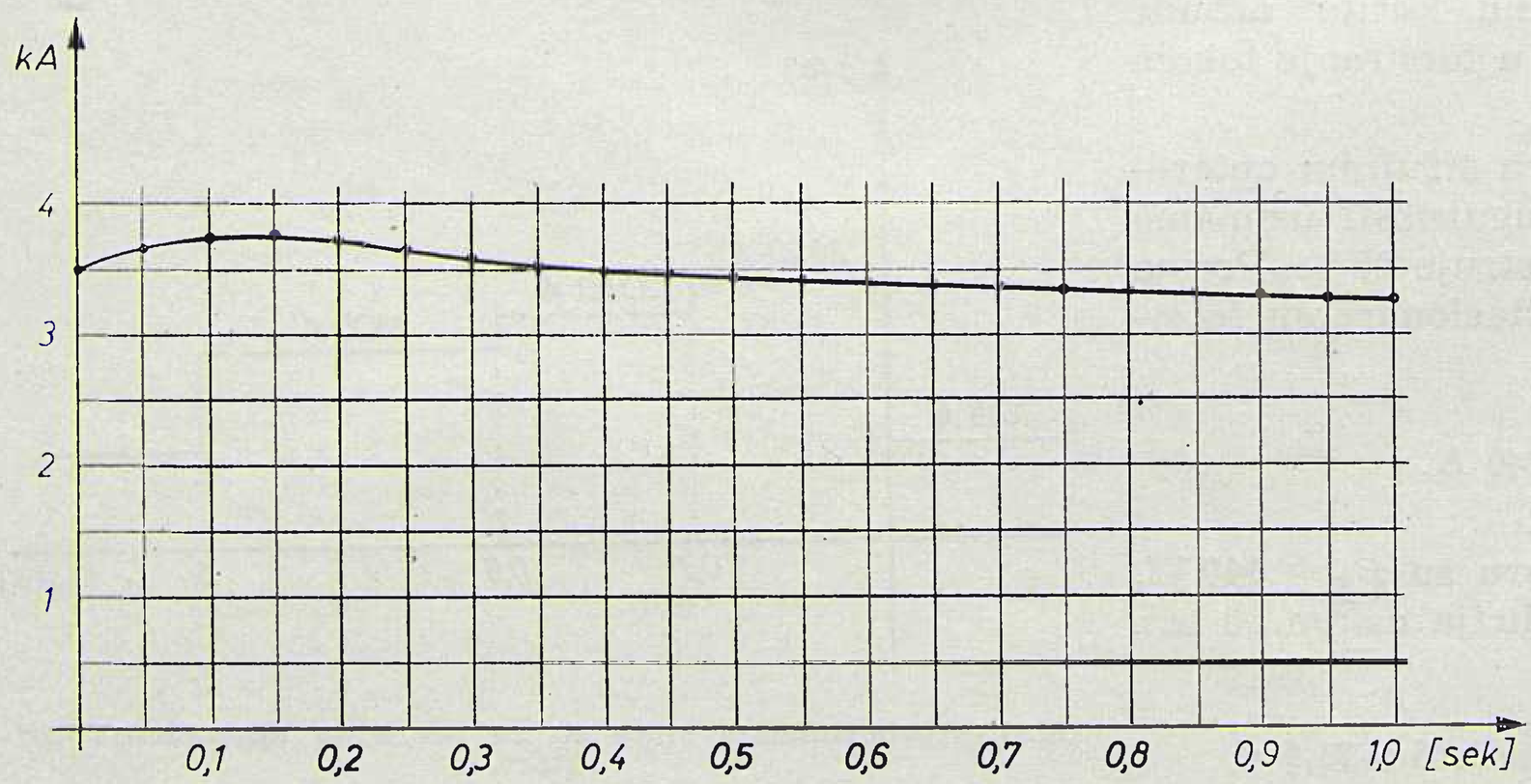
Iz proračuna se vidi da je forsiranje teži zahtjev za tiristorski uzbudnik od tropolnog kratkog spoja na izmjeničnim sabirnicama generatora. Prethodni bi račun bio stoga suvišan. Treba, međutim, uočiti da je taj rezultat posljedica zahtjeva na vrijeme forsiranja, koje u ovom slučaju iznosi 50 sekundi — uobičajena vremena forsiranja obično su manja, a tada se i gornje relacije mijenjaju.

c) *Uklapanje generatora na mrežu u protufazi*

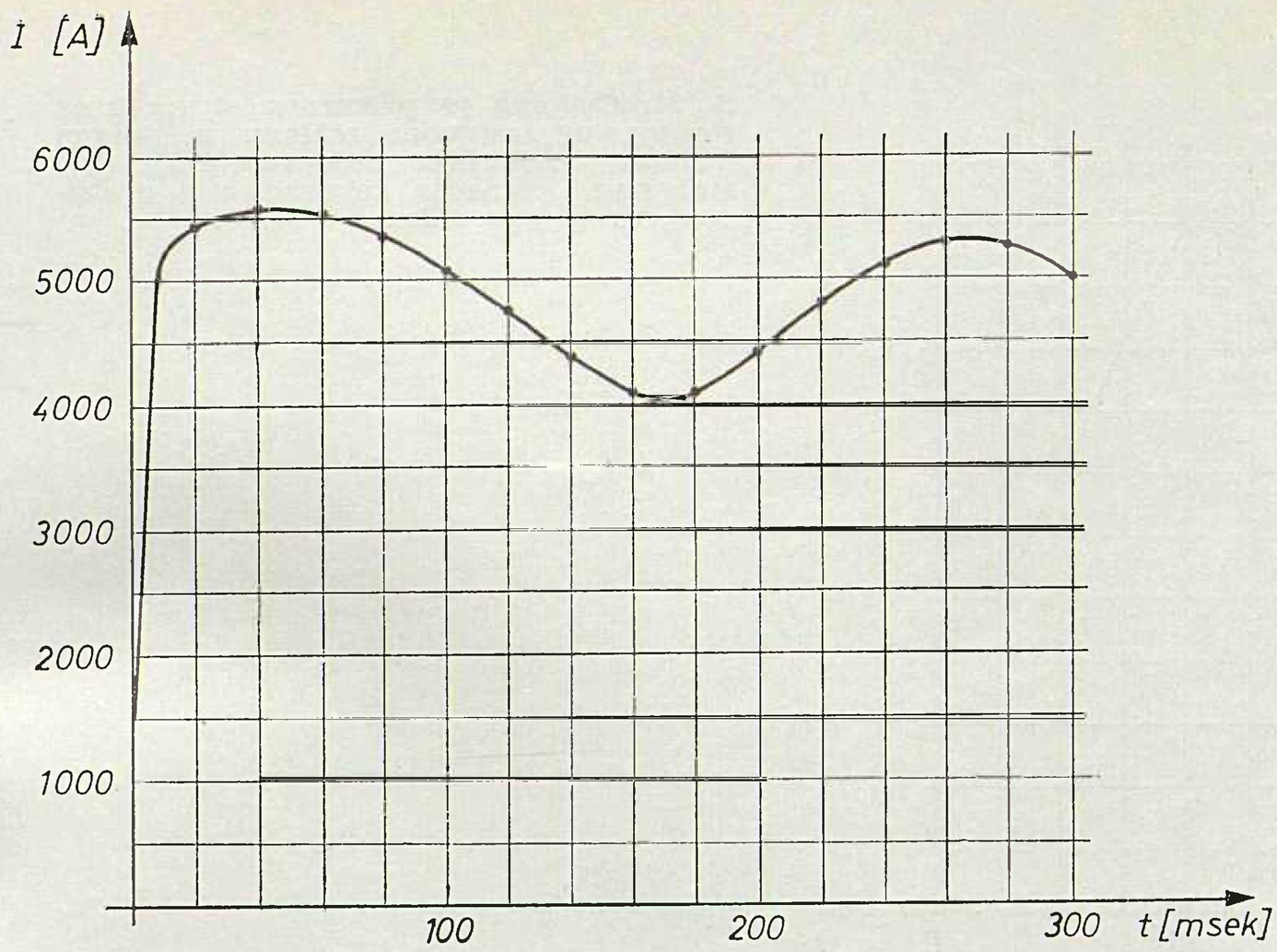
Generator se uklapa na mrežu preko blok-transformatora s nadsinhronim klizanjem 4 % i u protufazi s mrežom. Nakon nastupa smetnje odmah nastupa puno forsiranje uzbude.

Uzbudna struja za taj režim prikazana je na slici 10.

Zbog vrlo visokog strujnog udarca i valovitosti struje u uzbudi pristup ovom proračunu je egzaktniji nego u prethodnim slučajevima. Na osnovi slike 10 proračunati su padovi napona na rasipnim induktivitetima pomoćnog generatora i pro-



Sl. 9a. Struja uzbude kod nastupa tropolnog kratkog spoja uz forsiranje — vršne vrijednosti.



Sl. 10. Vršne vrijednosti struje uzbude kod uklapanja generatora u protufazu.

mjene koje oni uvjetuju. U vremenima komutacije pojedinih ventila, struju kroz tiristor prikazujemo s tri izraza (sl. 11)

1. komutacija

$$I_{t_1} = 1{,}2 \cdot \frac{ik}{3 \cdot 5} \text{ (A)}$$

2. vođenje

$$I_{t_2} = 1{,}2 \cdot \frac{I(t)}{3 \cdot 5} \text{ (A)}$$

3. komutacija

$$I_{t_3} = 1{,}2 \cdot \frac{I(t) - ik}{3 \cdot 5} \text{ (A)}$$

gdje je ik struja komutacije a $I(t)$ trenutna vrijednost struje uzbude za vrijeme trajanja kvara.

Za svaki impuls struje kroz tiristor proračunavaju se na elektroničkom računalu gubici u tiristoru. Temelj proračuna je u pamćenju maksimalne snage gubitaka kod svakog impulsa i pretvaranju stvarnog impulsa u pravokutni visine maksimalne snage gubitaka, a srednje vrijednosti jednake srednjoj vrijednosti stvarnog impulsa. Kao što smo vidjeli, ova pretvorba vodi na konzervativni proračun.

Forsirna grupa mora izdržati uklapanje u protufazu tokom 300 msek, nakon kojeg vremena treba proraditi zaštita i isklopiti generator.

Superpozicijom dobivamo za virtuelnu nadtemperaturu silicija nakon 300 msek $\Delta T_{0,3\,\text{sek}} = 57^\circ$ C. Budući da je forsirna grupa prethodno vodila garantiranu struju uzbude za ukupnu virtuelnu temperaturu silicija $T = 114{,}3^\circ$ C, kako vidimo ukupna virtuelna temperatura ne prelazi za tiristore dopuštenih 125° C.

Naponsko dimenzioniranje

Potrebni napon praznog hoda tiristorskog usmjerivača dobiva se prema izrazu

$$\bar{U}_{dio} = \frac{\bar{U}_{dk} + \Delta U}{\cos \alpha_0 - dx1 - dr_1}$$

$dx1$ — relativni pad napona uslijed induktivnih otpora u usmjerivačkom postrojenju

dr_1 — relativni pad napona uslijed radnih otpora u usmjerivačkom postrojenju

α_0 — minimalni kut upravljanja

ΔU — pad napona na ventilima

U_{dao} — formalni napon praznog hoda uz $\alpha = \alpha_0$

U_{dio} — srednja vrijednost ispravljenog napona idealnog usmjerivača u neopterećenom stanju pri kutu upravljanja $\alpha = 0$.

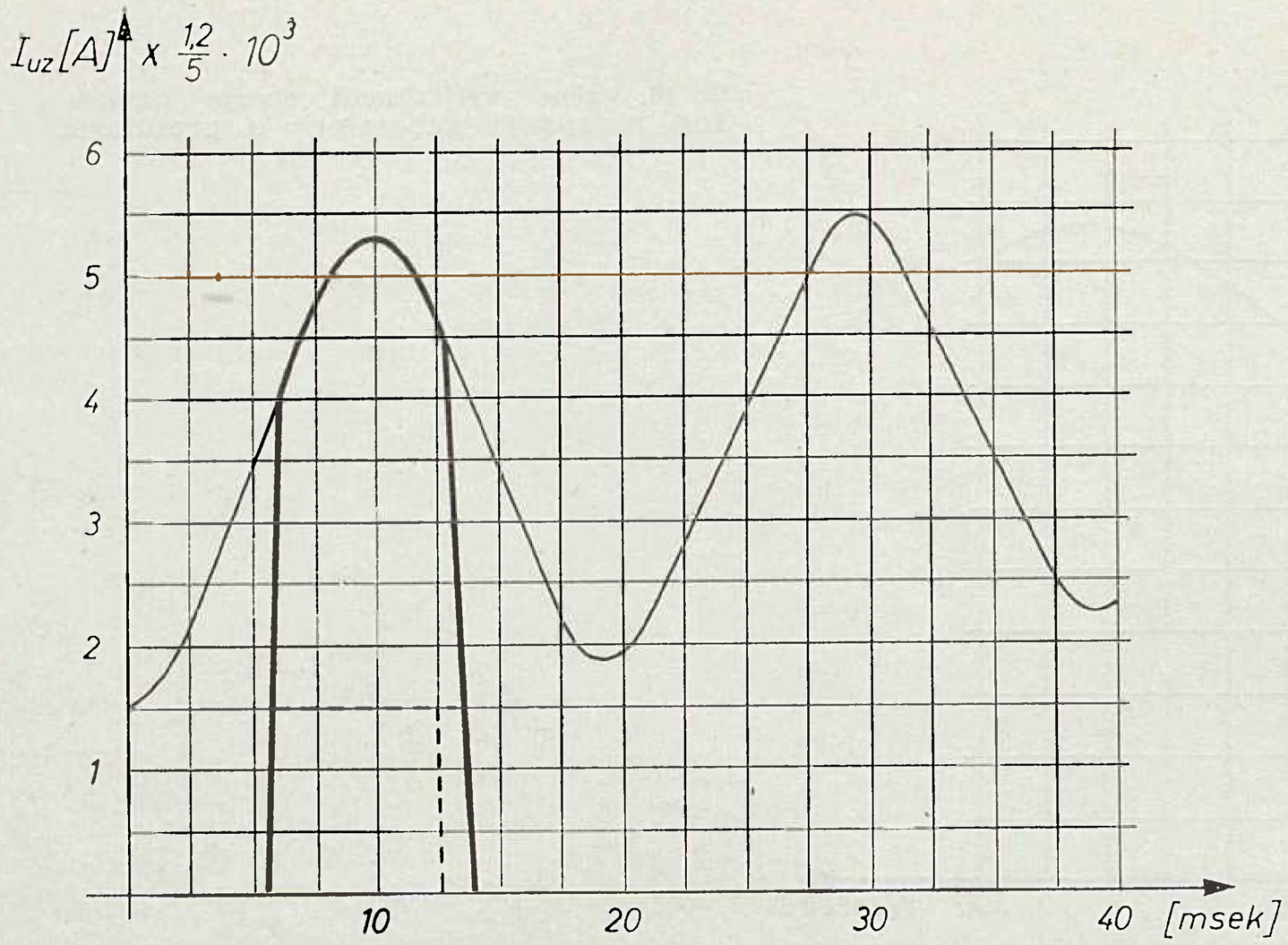
Na temelju potrebnog napona hoda dobiva se napon napajanja usmjerivača.

Usmjerivač uzbude hidrogeneratora Đerdap napaja se iz pomoćnog trofaznog generatora s otcjepima kojem je puni linijski napon 790 V a napon na otcjepima (na koje se priključuje radna grupa) 395 V. To daje istosmjerni napon $\bar{U}_{dao} \approx 1050$ V (uz $\alpha_0 \approx 10^\circ$ el).

Za odabiranje naponske klase tiristora odlučna je dozvoljena nerepetitivna vršna vrijednost napona na tiristoru. Dobivamo je iz izraza (ako se radi o spoju usmjerivača u trofaznom mostu):

$$U_{SM} = 1{,}05\, k\, U_{dio}$$

k je faktor sigurnosti koji je obično računski i iskustveno određen za različite primjene pa umnogome zavisi o koncepciji postrojenja. Za slučaj uzbude generatora literatura preporuča vrlo različite vrijednosti za k koje se kreću od 2 do 5. Budući da je tiristorska uzbuda đerdapskih generatora prvo takvo postrojenje koje se projektiralo u nas, moralo se taj faktor odrediti analizom prenapona koji se u postrojenju mogu pojaviti. U nekim režimima rada (npr. asinhroni rad) uzbudni namot postaje izvorom tako visokih prenapona da je neophodno predvidjeti zaštitne uređaje. Nivo prorade ovih zaštita mora biti podešen tako visoko da ne dođe do njihovog aktiviranja kod po-



Sl. 11. Crtkano je prikazana struja kroz tiristor u nazivnom režimu, a punom linijom struja kroz najopterećeniji tiristor kod uklapanja generatora u protufazu.

jave izvjesnih unutrašnjih prenapona kao što su komutacioni ili oni uslijed pregaranja osigurača. Očito je da tiristori moraju biti naponski dimenzionirani na temelju baš tih unutrašnjih prenapona. Da bi se oni mogli izračunati, potrebno je poznavati karakteristike osigurača koji su upotrebljeni za zaštitu od unutrašnjih i vanjskih kratkih spojeva, reaktancije u krugu u kojem se zatvara struja kratkog spoja, te elemente zaštite od komutacionih prenapona i komutacioni krug tiristora.

Analizom je ustanovljeno da je najviši prenapon koji se na nekom tiristoru pojavljuje uzrokovan pregaranjem osigurača kod unutrašnjeg kratkog spoja i iznosi 2 200 V. Budući da nema odgovarajućih tiristora s tako visokom vrijednošću nerepetitivnog napona, moraju se u svaku granu staviti dva tiristora u seriju. Kod serijskog spajanja tiristora treba računati na nejednoliku razdiobu napona (u statici i dinamici) između pojedinih tiristora. Iz toga proizlazi da nerepetitivna vršna vrijednost blokiranog napona pojedinog tiristora mora biti 1 350 V što daje ukupno 2 400 V. Nerepetitivni zaporni napon tog tiristora je 1 600 V koja veličina definira njegovu naponsku klasu.

Prema tome faktor sigurnosti iznosi 2,6. Treba napomenuti da se to odnosi na nezavisnu uzbudu gdje su izvori vanjskih prenapona sa strane napajanja ograničeni. Sasvim bi druga situacija bila kod samouzbudnog sistema gdje se napajanje vrši preko mreže i gdje bi se moralo obratiti pažnju na moguće vanjske prenapone.

Zaključak

Tiristori uzbudnog usmjerivača deklarirani su za najveću trajnu srednju vrijednost struje (u trofaznom mostu) od 270 A. Kao što smo vidjeli u prvom odjeljku, trajno opterećenje po tiristoru iznosi 120 A. Faktor sigurnosti za strujno dimenzioniranje iznosi, dakle, oko 2,3. Oba faktora, za strujno i naponsko dimenzioniranje, daju osnovnu orijentaciju pri koncipiranju tiristorskog sklopa za uzbudnik. Opravdano je, međutim, s obzirom na veliku investicionu vrijednost uređaja i zahtjeve za njegovu pouzdanost, provesti detaljniji račun najtežih prijelaznih režima kako bi dimenzioniranje bilo korektno. Izbor kriterija za dimenzioniranje bit će različit od slučaja do slučaja. Važan je faktor pri tom koncepcija zaštitâ s kojom proračun sklopa treba biti usklađen.

Literatura:

(1) B. Frančić, *Proračun na digitalnom računalu uzbudne struje HG Đerdap u režimima kvara,* neobjavljeno (Uvid u način proračuna može se dobiti na temelju (2)).
(2) B. Frančić, M. Kajari, V. Šantek: *Analiza dinamike reguliranog sinhronog generatora pomoću digitalnog računala,* Informacije RK, 47—48/1969, str. 23.
(3) —, *Resumé des discussions sur excitation et regulation des machines synchrones de grande puissance,* R. G. E., Tome 79, No 5, 1970, p. 413.

Naslov pisca: Antonio Brajder, dipl. ing. Elektrotehnički institut »Rade Končar«, Zagreb

OPRAVDANOST UVOĐENJA KOMPJUTORSKOG UPRAVLJANJA U TERMOELEKTRANE U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU JUGOSLAVIJE

Duško Čorak, Zagreb,

Prikazan je razvoj termoenergetskih objekata i s time vezani porast broja kontrolnih uređaja i informacija, koje rukovalac postrojenja mora primati i obrađivati. Zbog toga je kod velikih jedinica skoro nemoguć kvalitetan nadzor ljudskim snagama, pa autor upozorava na svjetska iskustva o uvođenju kompjutora za nadzor i upravljanje energtskim blokovima.

DK 621.311.22

Razdoblje od pojave prvih turbogeneratorskih jedinica, nekoliko godina prije 1900. god. pa do danas, može se podijeliti u dva karakteristična dijela:

Prvo razdoblje se proteže sve do završetka II svjetskog rata i karakteristično je po intenzivnom istraživanju i sporom napretku u tehnologiji i izgradnji kotlovskih i turbogeneratorskih jedinica. Ovo razdoblje je također karakteristično i veoma konzervativnim shvaćanjima u pogledu razvoja kotlovskih i turbogeneratorskih jedinica, kako u pogledu snaga, tako i u pogledu termodinamičkih parametara pare na ulazu u turbinu. Trend razvoja u toku ovog razdoblja može se slikovito prikazati tabličnim pregledom maksimalnih instaliranih snaga, za određene godine, tablica 1.

Tablica 1

Godina	Maksimalno instalirana jedinična snaga MW
1900.	2
1905.	5
1920.	20
1939/40.	50

Nakon II svjetskog rata nastupa drugo razdoblje u razvoju jedinica za proizvodnju električne energije. Nagli porast potrošnje električne energije imao je kao posljedicu intenzivni razvoj postrojenja za proizvodnju.

Ranija konzervativna shvaćanja u pogledu razvoja proizvodnih jedinica morala su biti napuštena. Može se reći da se u predratnom razdoblju parametri pare na ulazu u turbinu dostizali maksimalnu vrijednost od 30 ata i 400° C, da bi bili nakon 1945. godine povećani na 60 ata i 480° C. Korist visokih tlakova i temperatura pare uočeni su već pri pojavi prvih parnih strojeva, no njihovo korištenje je moralo izostati zbog neadekvatnog razvoja tehnologije, koja nije bila u stanju pružiti odgovarajuće materijale.

Sve tehničke i tehnološke mogućnosti su zapravo bile omogućene nakon II svjetskog rata, i to u prvom redu zahvaljujući vidnom napretku metalurgije koja je stavila na raspolaganje proizvođačima turbina i kotlova legirane feritne čelike, otporne na puzanje, a nakon toga i austenitne čelike, koji omogućavaju korištenje termodinamičkih parametara od 160 ata i 550° C.

Može se također konstatirati, da su do 1950. u postrojenjima termoelektrana prevladavale horizontalne sheme veza kotlovskih i turbinskih jedinica, da bi nakon toga općenito bila usvojena blok shema.

Izbor optimalnog tipa termoelektrana s najracionalnijim korištenjem goriva i sa smanjenjem termodinamičkih gubitaka radi povećanja ekonomičnosti proizvodnje električne energije, bio je predmet istraživanja u cijelom svijetu. Rezultati istraživanja su stalna povećanja snage blokova termoelektrana.

Današnja opća karakteristika razvoja termoelektrana je stalno povećanje jediničnih snaga blokova. U SAD danas imamo u pogonu blokovske jedinice snage 700 MW s jednoosovinskom turbinom, a od 1965. godine dvoosovinske agregate u termoelektrani Ravenswood snage 1000 MW. Od 1966. godine agregat u termoelektrani Bul-Run snage 950 MW. U 1965. godini započela je gradnja dvoosovinskog agregata za termoelektranu Paradise, snage 1150 MW, dok se danas rade blokovi snage 1300 MW — termoelektrana Camberland.

Maksimalna snaga turboagregata koji rade u Evropi su 600 MW (u Francuskoj i Italiji), 500 MW u Engleskoj, 345 MW u SR Njemačkoj, 320 MW u Španjolskoj i 800 MW u SSSR-u. Svi blokovi su s jednoosovinskim turbogeneratorom izuzimajući blok 800 MW u SSSR-u, koji ima dvoosovinsku turbinu.

U programu izgradnje termoelektrana do 1973. godine, tendencija je da se koriste monoblokovske jedinice visokih jediničnih snaga. Prema podacima 21. kongresa OESR, evropski dio ove organizacije imao je u planu od 1968—1971. godine izgraditi termoelektrane ukupne snage 58.500 MW, od toga su više od 80 % blokovi iznad 200 MW i većih snaga, 45 % su blokovi od 500 MW i više, a samo u Engleskoj planiralo se za ovo razdoblje izgraditi i pustiti u pogon ukupno snage 29.900 MW, od toga će najveći broj agregata — 48, biti snage iznad 200 MW.

Za razdoblje od 1968. do 1971. godine, SAD su planirale izgradnju termoelektrana ukupne snage 67.000 MW. Blokovi, koji se projektiraju poslije 1968. godine su: 92 % s jedinicama iznad 200 MW, 75 % su blokovi s jedinicama iznad 500 MW, a 16 % iznad 1000 MW.

U najskorije vrijeme u SAD će biti projektirani blokovi snage 1500 MW, a do 1980. godine predviđa se izgradnja blokova snage 2000 do 2500 MW. Odgovarajuće povećanje snage uslijedit će i u ukupnim snagama termoelektrana se pretpostavlja, da

će uskoro prevladavati termoelektrane snage 1000 do 3000 MW, sa dva do četiri bloka. Snaga nekih termoelektrana dosizat će 4000 MW, dok će ekonomska veličina snage termoelektrana po mišljenju američkih stručnjaka iznositi 5000 do 6000 MW, a u određenim uvjetima i do 10.000 MW. Pretpostavlja se dalje, da će srednja snaga blokova u 1980. godini iznositi između 600 i 800 MW, dok će se većina blokova graditi sa natkritičnim parametrima pare. Granica nivoa snage blokova nalazi se danas na strani kotlova više nego na strani turbogeneratorskih jedinica, tako da kotlovi za blokovske jedinice od 1000 MW dostižu i visine katedrala od 80 do 100 m, a njihove pomoćne jedinice dostižu snage preko 30 MW.

Prethodna predviđanja se svakako odnose na zemlje koje su dostigle veoma visoki nivo proizvodnje električne energije, pa ova tendencija visokih nivoa snaga ima svoje opravdanje.

Za zemlje koje nisu postigle ovako visoki nivo potrošnje električne energije, to su razvijene zemlje i zemlje u razvoju među kojima se nalazi i Jugoslavija, budući instalirani nivoi blokovskih jedinica kretat će se između 100 i 500 MW. Može se također pretpostaviti, da će blokovske jedinice iznad 500 MW predstavljati najmanje 70 do 80 % instaliranih blokovskih jedinica u svijetu do 1982. godine.

Razvoj postrojenja za proizvodnju električne energije nije mogao dostići svoj današnji stupanj razvoja bez odgovarajućeg razvoja sistema upravljanja postrojenjem za proizvodnju, zatim sistema za prijenos i distribuciju električne energije.

Ranije su se termoelektrane gradile tako, da su imale gotovo odvojena postrojenja, kotlovski, turbinski, rashladni itd. Rad poslužioca postrojenja i operatera bio je u istom smislu podijeljen tako, da je operater postrojenja nadzirao isključivo rad kotlova, njihovo posluživanje i vrijednosti parametara pare na izlazu iz kotla. Sasvim na istom principu zasnivali su se zadaci operatera turbinskog dijela postrojenja, koji je imao zadatak da održava turbinu na određenom broju okretaja i održava rad rashladnog sistema. Osoblje za nadzor proizvodnje električne energije imalo je zadatak, da osigura odgovarajuću proizvodnju za potrebnu potrošnju, i da održi određen napon uz odgovarajuću sigurnost opskrbe potrošača. Zadaci ostalog dijela pogonskog osoblja, bili su: kontrola opskrbljivanja ugljenom, njegovim transportom, odvozom šljake i pepela, itd. Svaka od ovih odvojenih radnji posjedovala je svoj vlastiti kontrolni centar, s osnovnim instrumentima za pomaganje operateru u radu.

Instalirani instrumentarij se sastojao uglavnom od direktno čitanih manometara, termometara, ampermetara itd. Regulacija termoelektrane, bila je uglavnom lokalna, s ručnim pokretanjem zapornih organa i prekidača.

Primijenjeni način regulacije i kontrole, nije mogao zadovoljiti permanentne nove zahtjeve u stalno rastućim proizvodnim jedinicama. Razvoj daljinskog oblika instrumentarija i stvorenom mogućnosti odvajanja detekcionog dijela mjernog sistema od indikatorskog, te mogućnosti zapisivanja mjernih veličina na velikim udaljenostima, omogućilo je sjedinjavanje mjerne i regulacione opreme na jednom centralnom mjestu za cijelo postrojenje termoelektrane.

Kontinuirani razvoj termoenergetskih postrojenja i neprekidan rast blokovskih jedinica, s povećanjem početnih parametara pare i odgovarajuća složenost osnovnih i pomoćnih uređaja i toplinskih shema rada, postavlja i niz novih problema u automatizaciji termoelektrana. Mogućnost vođenja postrojenja s komandnog pulta, koji sadrži kompletan instrumentarij, pisače, regulatore, alarmne pokazivače potrebne za uspješno vođenje postrojenja termoelektrane, s povećanjem jediničnih blokovskih snaga, postajala je sve manja.

U tablici 2 je upravo prikazano kako s rastom snage kotlovskog agregata raste količina kontrolnih točaka, daljinsko upravljanih regulacionih i zapornih organa, te broj automatskih regulatora, dok je u tablici 3 prikazan obim informacija i količina daljinsko-upravljanih organa na suvremenim velikim blokovima.

Jedan panel za jednu blokovsku jedinicu 200—300 MW dostizao je veličinu 15 do 20 m dužine i sadržavao 500—600 indikatora, pisača, oko 500—600 alarmnih signala.

Stalni zahtjevi za povećanjem ekonomičnosti vođenja postrojenja termoelektrane kod novih velikih blokovskih jedinica, postavilo je pred operatera niz novih zahtjeva. Da bi se operator mogao kritički osvrnuti na tok vođenja postrojenja, on mora dobivati veliki broj podataka. Kako je prikazano u tablici 3 operator bloka 1 × 200 MW mora istovremeno slijediti oko 560 procesnih podataka (procesnih parametara, položaja regulacionih i zapornih organa, te različitih mehanizama i releja). Sve ovo govori da su se pred pogonsko osoblje termoelektrane postavljeni veoma teški i delikatni zadaci.

Sve što je do sada iznijeto o načinu upravljanja u termoelektranama, govori da nova postrojenja termoelektrana danas zahtijevaju jedan integrirani sistem upravljanja, koji će koordinirati cjelokupnom opremom postrojenja termoelektrane. Potreba za formuliranjem u osnovi novog prilaza regulaciji je ustvari zahtjev za mogućnosti široke fluktuacije u radu postrojenja termoelektrane.

Regulacioni sistem postrojenja u osnovi mora osigurati ekonomičan rad kod punog opterećenja, ali isto tako i potpunu ekonomičnost i efikasnost rada kod smanjenog opterećenja, koje može biti ispod 40 % punog opterećenja. Na taj način može se stvoriti potrebna rotirajuća rezerva u elektroenergetskom sistemu, pa se kvar, ili ispad neke velike jedinice, može veoma brzo i efikasno nadoknaditi.

Poznato je, da blokovske jedinice voze osnovna opterećenja samo neko vrijeme u svom razdoblju rada, a da najveći dio svog životnog razdoblja voze promjenljivim opterećenjem, koje je povezano s

Tablica 2

Pokazatelji	1950. god.	1952. god.	1964. god.
Maksimalna snaga parne turbine MW	50	100	300
Maksimalna proizvodnja kotla t/h	150	230	950
Količina kontroliranih točaka na jednom kotlovskom agregatu	80—120	150—170	300—400
Količina daljinski upravljanih regulacionih i zapornih organa na 1 kotlovskom agregatu	15—30	70—100	200—250
Količina regulatora na jednom kotlovskom agregatu	1—5	20—25	60—80
Automatska regulacija/proizvedeni automatizirani kotlovi prema broju proizvedenih kotlova u %.			
— Sistem za izgaranje	6	59	95
— Napojna voda	28	79	100
— Temperatura pregrijane pare	0	12	57

čestim zaustavljanjem i ponovnim startanjem postrojenja. Može se procijeniti da takva blokovska jedinica ima oko 200 zaustavljanja u jednoj godini, što za rad od 30 godina iznosi ukpno 6000 zaustavljanja, pa je logična inicijativa, da se potrebno vrijeme startanja i zaustavljanja smanji na minimum. Dalje je poznato da rutine startanja i zaustavljanja pričinjavaju i velike probleme pognoskom osoblju. Najčešće pogreške u radu pogonskog osoblja se pojavljuju upravo pri spomenutim rutinama, što ima za posljedicu produženje jalovog rada termoelektrane i smanjenje pouzdanosti čitavog sistema.

Kompleks rada regulacije postrojenja termoelektrane zahtijeva složenu studiju aktivnosti rukovodećeg pogonskog osoblja. Veoma se lako može konstatirati, da se granica broja podataka koju operator može svladati brzo postiže, ako su u vođenju pogonom primijenjene konvencionalne metode za prikupljanje informacija i regulacije. Kako je prikazano u tablici 3, operator bloka snage 1 × 200 WM mora istovremeno slijediti oko 560 procesnih podataka (procesnih parametara, položaja regulacionih i zapornih organa, različitih mehanizama i releja). Neosporno je, da svi podaci nisu jednaki po značenju, no isto tako ako snizimo količinu pokazatelja, i tada operator neće biti u stanju temeljito proanalizirati dobivene informacije i primijeniti pravilna rješenja u kratkom roku, a posebno u slučaju havarija. Prema podacima objavljenim u SAD u 1959. značajan dio krupnih havarija na blokovima termoelektrana je prouzrokovan pogreškama pogonskog osoblja. Nepredviđeni ispad jednog krupnog agregata dovodi do zaustavljanja rada velikih poduzeća s tisućama radnika, pa indirektni gubici mogu biti neprocijenjivih razmjera. Prema istim podacima jedan jednodnevni prekid rada bloka od 200 MW stoji oko 8.000 $, dok veličina gubitaka od krupnih havarija na takvom bloku stoji prosječno 1—2,000.000 $.

Neosporno se može konstatirati, da sigurnost, odnosno pouzdanost rada postrojenja umnogome ovisi o pravilnim i pravovremenim akcijama pogonskog osoblja. Suočeni s ovim problemom brzo se došlo do zaključka, da nove blokovske jedinice koje danas ulaze u eksploataciju, moraju napustiti klasične načine upravljanja, i primijeniti novu koncepciju, koja mora omogućavati slijedeće:

1. Kontinuirani nadzor postrojenja termoelektrane sa sistemom, koji je uvijek budan i sposoban za brzu akciju.
2. Eliminaciju rutinskih zadataka, što ih obavlja operator, ostavljajući ga tako slobodnim da se koncentrira na optimizaciju rada termoelektrane u cjelini, i da korigira abnormalnosti i greške.
3. Eliminaciju obavljanja ručnih operacija i bolje korištenje pogonskog osoblja tokom kritičnih operacija, upuštanja i zaustavljanja, te otklanjanja kvarova.

Tablica 3

Informacija	Blok 50 MW s protočnim koltom	Blok 50 MW kotao s bubnjem	Blok 200 MW kotao s bubnjem	Blok 200 MW 2 kotla, 2 turbine po 100 MW	Blok 500 MW s protočnim kotlom
Temperatura	22	26	155	212	265
Pritisak	13	25	51	127	115
Protok	9	19	29	59	50
Nivo	1	4	13	17	15
Kemijska kontrola	5	1	25	42	16
Električni parametri	3	2	37	62	45
Mreža	2		10	18	30
Dvopoložajni kontakti i regulaciona armatura	59	57	240	632	689
Ukupna količina informacija	114	134	560	1169	1125
Ukupna količina daljinski upravljanih organa	70	75	270	650	443

4. Precizno upravljanje i nadzor radnih operacija, koje će eliminirati mogućnost ljudske pogreške ili propusta.
5. Upotreba odgovarajućih operacija za upuštanje i zaustavljanje, koje daju minimalno termička naprezanja i udare na osjetljive dijelove postrojenja termoelektrane, što ima za posljedicu smanjenje broja ispada i smanjenje troškova održavanja.
6. Analizu radnih stanja da bi se operatoru mogli davati potrebni savjeti o stanju postrojenja termoelektrane i akcijama koje treba provesti.

Prethodni kriteriji su svakako nazvažniji za izbor regulacionog sistema, no sasvim je razumljivo, da se konačnom cilju treba približiti na logičan način, jer se neke revolucionarne promjene ne mogu postići preko noći. Potrebno je svakako nekoliko stepenica savladati u postizanju krajnjeg cilja na ispravan način.

U posljednjim godinama, posebno u SAD, velike termoelektrane se opremaju sistemom automatskog upravljanja s primjenom elektroničkih računala (computora). Prve termoelektrane sa computorskim upravljanjem pojavile su se u SAD 1957. i 1958. godine. Te termoelektrane su bile eksperimentalne u pogledu primjene automatskog sistema upravljanja. Instalirani sistem je izvršavao samo funkcije periodičke registracije i signalizacije i imao je ukupno 50 analognih ulaza. Već 1964. godine prema podacima iz literature, nalazilo se u eksploataciji više od 80 informacionih i upravljačkih strojeva.

Svrsishodnost primjene sistema upravljanja u termoelektranama se danas ne dovodi u sumnju, ni kod proizvođača i projektanata opreme, ni kod vlasnika termoelektrana.

Pomoć koja se dobije centraliziranim sistemom obrade informacija sa priključenjem računskih strojeva (sistem on-line) pružaju mogućnost efikasnog korištenja velikog broja informacija, koje dolaze sa mjernih mjesta postrojenja. Prednost koje korisnik dobiva primjenom ovakvog sistema obrade informacija mogu se uglavnom svesti na:

a) Povećanje sigurnosti pogona
b) Poboljšanje ekonomije
c) Dobivanje kompletnijih točnih i preciznih podataka stanja pogona
d) Bolje iskorištenje osoblja, eliminiranjem mnogobrojnih zadataka rutinskog karaktera
e) Bolje upoznavanje procesa rada.

Glavne funkcije, koje sistem obrade informacija može uzeti u zadatak u nekoj termoelektrani, prikazane su u prvoj koloni tablice 4, a odgovarajuće prednosti prikazane su u zaglavlju tablice.

Jedna od karakterističnih osobina brojčanog sistema obrade informacija je ta, što može izvršavati razno-razne funkcije, uspostavljajući između njih hijerarhijski prioritet, već prema kriteriju sigurnosti. Ove funkcije se mogu uvoditi postepeno u etapama već prema potrebama, koje se ukazuju u radu postrojenja termoelektrane.

Opća karakteristika primjene procesnih računala u postrojenjima termoelektrana u pojedinim zemljama, obično je praćena polarizacijom »za« i »protiv«. Rasprave, koje bi se danas mogle voditi na temu: opravdanost uvođenja procesnih računala u postrojenjima termoelektrana, teško da mogu biti izgubljene. One uglavnom imaju smisla ukoliko trebaju pokazati gdje se nalazi tehnička i ekonomska opravdanost za pojedino rješenje.

Ekonomičnost primjene procesnog računala u postrojenju termoelektrane, mora svaki korisnik učiniti za sebe i to zbog različitih faktora:

a) načina rada
b) nivoa dohodaka
c) troškova goriva
d) troškova financiranja (uvjeti kredita)
e) tarifnih ugovora
f) veličine bloka
g) metoda obračuna
h) iskustva u primjeni procesnih računala

Različiti stupnjevi automatizacije na jednom postrojenju termoelektrane, mogu dovesti do slijedećih ušteda:

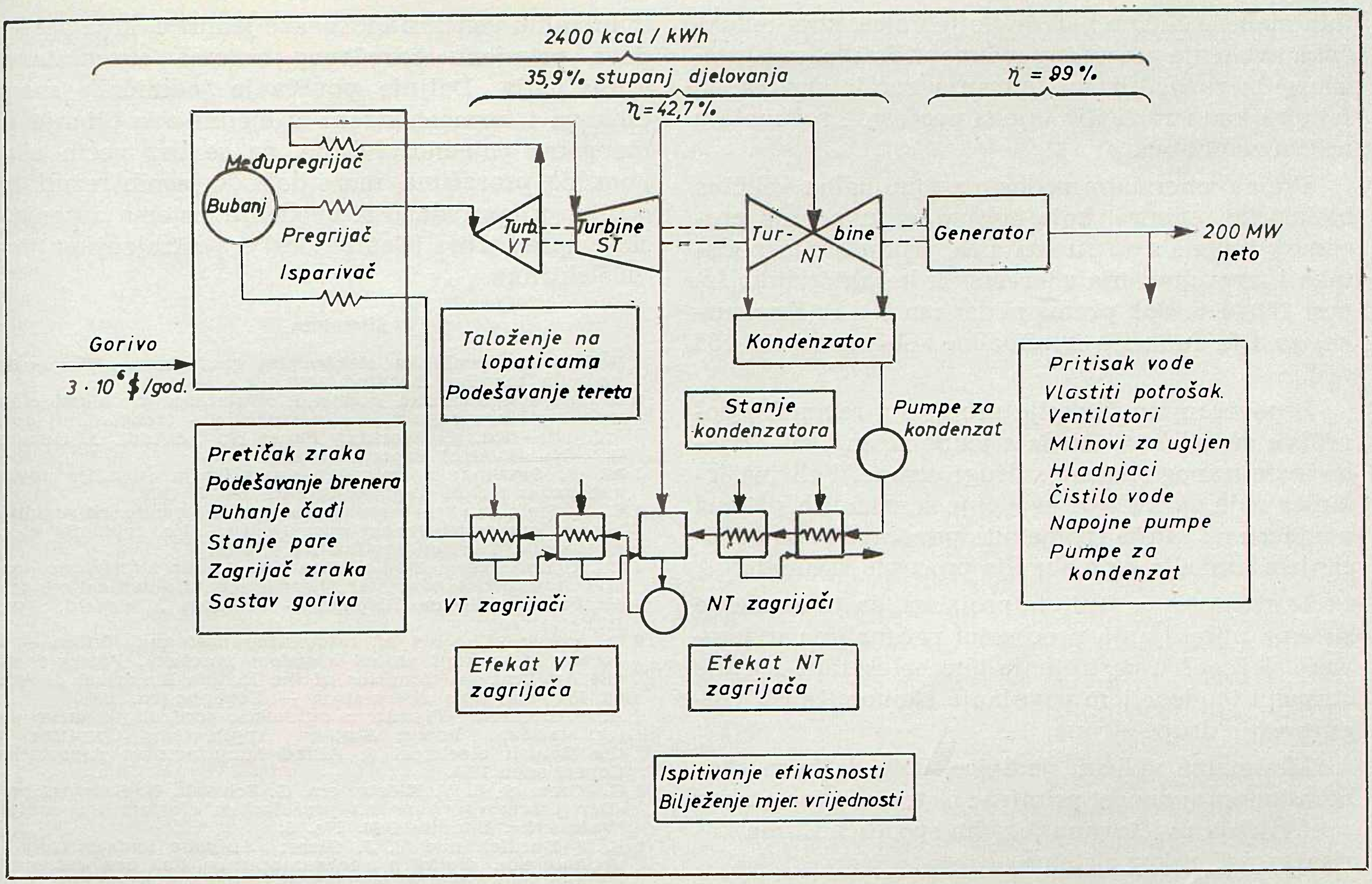
1. ušteda na osoblju za posluživanje i upravi
2. ušteda na gorivu
3. ušteda zbog smanjenja opasnosti od većih šteta
4. ušteda zbog skraćenja vremena ispada i popravaka
5. ušteda zbog smanjenog obrazovanja osoblja
6. ušteda zbog povećane sigurnosti

Veličinu pojedinih ušteda je najčešće veoma teško iskazati u ovisnosti o primijenjenom sistemu automatizacije, stoga će se samo ukazati na mjesto na postrojenju termoelektrane, gdje se mogu ostvariti određene uštede primjenom procesnog računala — vidi sliku 1. (osjenčana polja pokazuju mjesto mogućih ušteda).

Ukoliko se provede detaljna analiza mogućih ušteda, koje su navedene od 1 do 6 za neko postrojenje, uvažavajući sve specifičnosti nekog korisnika, koje su navedene od a do h, tada se može doći

Tablica 4

	Sigurnost	Ekonomičnost	Registriranje	Osoblje	Poznavanje procesa
Kontrola mjerenja	×				
Sistematsko registriranje			×	×	×
Proračun ekonomske bilance		×		×	×
Obrada signalizacija i pogonski dnevnik	×		×	×	
Automatizacija, upuštanje i zaustavljanja	×			×	



Slika 1

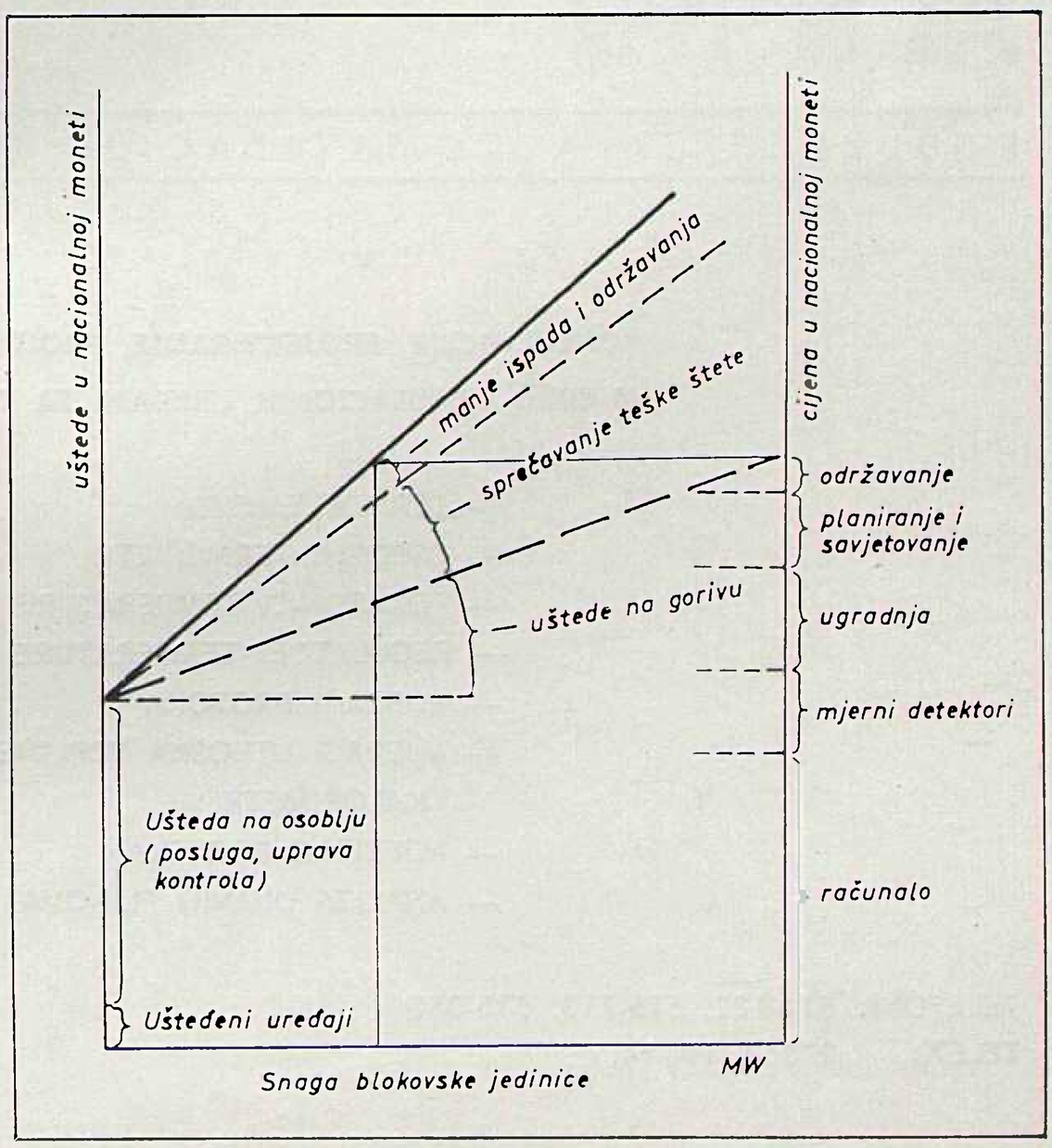
do određenih veličina ušteda. Ostvarljive uštede na postrojenju termoelektrane su u funkcionalnoj ovisnosti o primijenjenom sistemu automatizacije i veličine blokovske jedinice. Za svaki sistem automatizacije u ovisnosti funkcije koju obavlja na postrojenju termoelektrane, može se izračunati veličina ostvarljivih ušteda.

Izračunavanje vrijednosti mogućih ušteda s jedne strane, i izračunavanje dodatnih troškova uslijed uvođenja sistema sa procesnim računalom (Computorom), moguće je iznaći minimalnu veličinu blokovske jedinice, koja opravdava primjenu određenog sistema automatizacije, za uvjete koji su postavljeni pri ovakvoj analizi.

Primjer ovakove analize je dijagramski prikazan na slici 2 i pokazuje principijelno vrednovanje pojedinih utjecajnih faktora. Na osnovi toga moguće je odrediti minimalnu veličinu blokovske jedinice koja opravdava uvođenje analiziraniog sistema sa procesnim računalom.

Prethodna analiza je tretirala samo slučaj primjene procesnog računala na jednoj blokovskoj jedinici, no moguća je primjena procesnog računala i na više blokovskih jedinica u jednoj termoelektrani. Funkcijama ovako primijenjenog procesnog računala moguće je još pridodati i funkciju proračuna ekonomske raspodjele među blokovima. Na taj način primijenjeno procesno računalo može pokazati opravdanost uvođenja i kod nižih jediničnih snaga blokovskih jedinica.

Do sada su napravljene ekonomske analize opravdanosti uvođenja procesnih računala u postrojenjima termoelektrana u mnogim zemljama. Ove analize su pokazale da postoji razilaženje u pogledu



Slika 2

minimalne veličine blokovske jedinice, koja opravdava uvođenje procesnog računala. Razilaženja proizlaze iz različitih vrednovanja ranije navedenih faktora kao i različitih cijena procesnih računala u nekim zemljama.

Prema američkim podacima minimalna veličina blokovske jedinice, koja opravdava uvođenje procesnog računala sa funkcijama prikupljanja podataka i izračunavanje energetskih karakteristika iznosi 150 MW, dok prema podacima E d F (Francuska) za iste funkcije minimalna veličina iznosi 135 MW.

S povećanjem funkcije procesnog računala, povećava se veličina ušteda s jedne strane, ali i cijena instaliranog sistema s druge strane. Veličina jedinice koja opravdava uvođenje savršenijih sistema u odnosu na ranije spomenuti, povećava se sa povećanjem funkcija koje obavlja procesno računalo.

Iz svega što je iznijeto proizlazi, da je uvođenje sistema upravljanja procesnim računalima uvjetovano složenošću postrojenja termoelektrane s jedne strane, i tendencijom povećanja ekonomičnosti i sigurnosti s druge strane.

Minimalna veličina jedinice, koja definira ekonomsku opravdanost primjene sistema automatskog upravljanja uvjetovana je svim specifičnostima korisnika računskog sistema.

Prema tendencijama u izgradnji blokovskih jedinica u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije, njihovoj veličini i složenosti postrojenja, teško je, a da se ne postavi pitanje nismo li već davno prešli minimalnu veličinu blokovske jedinice, koja opravdava primjenu određenog sistema automatskog upravljanja. Daljnje povećanje jediničnih snaga blokova i termoelektrana u cjelini ovo pitanje umnogome pojednostavljuje, pa se bez većih ekonomskih proračuna, može doći do jasnih rezultata, o pitanju opravdanosti uvođenja sistema automatskog upravljanja (Computora) u postrojenjima termoelektrana.

Literatura

1 Pellet: *»O termičkim električnim centralama«*, Francuska nedjelja tehnike, Beograd 1970.
2 Evropska ekonomska komisija: *»Palaženie v oblasti elektroenergii v evrope i jevo perspektivi - trehgodičnii doklad,* 1966—1968. g.« Working Paper No 366/AddL 1. October 1969. No 366/Add4 September 1969.
3 M. P. Savvina: *»Asnovnie napravljenija razvitija teploenergetiki S Š A,* Teploenergetika No 7. 1970.
4 E. P. Stefani: *»Savremenoe sastajanije i tendencii razvitija sistem avtomatičeskava upravljenija dlja teplovih elektrostancii«,* Teploenergetika No 4. 1965.
5 Ch. Grünberger: *»Emploi d'un calculateur numérique dans la conduite des centrales thermiques«,* Comunication preséntée au colloque Hispano — Francais á Madrid, April 1964.
6 C. Ayers: *»The art of automating unit and station — A review of current united kingdom practice«,* Power Stations Applications Comittee of the British Electrical & Allied Manufactures Association — Copenhagen, 1968.
7 A. S. Holland: *»Trends in automatic control for large power stations«,* Power Stations Applications Comittee of the British electrical & Allied Manufactures Association Copenhagen 1968.
8 G. Kimmich R. V. Klösterlein, G. Schwab, G. Schwerdtner: *»Der prozess rechner im praktischen einstatz im dampfkraftwerk«,* Energie 1966. No. 5.
9 E. J. Burdick und T. J. Glass: *»Aufgabe und wirtschaftlichkeit von digitalen rechenmashinen bei der automatisierung von dampfkraftwerken«,* Regelungstechnik, 1964. No. 1.
10 K. G. Hilton and I. M. Reeve: *»Digital computers for monitoring and performance calculation«,* I. E. E., March 1966.

Naslov pisca: Duško Čorak, dipl. ing., »Elektroprivreda« Zagreb

ATM

PODUZEĆE ZA AUTOMATIZACIJU I TEHNIKU MJERENJA U INDUSTRIJI

ZAGREB, HEINZELOVA 70 A

KONZULTACIJE, PROJEKTIRANJE, PROIZVODNJA, MONTAŽA, SERVIS I ODRŽAVANJE MJERNO REGULACIONIH UREĐAJA ZA TERMOENERGETSKA POSTROJENJA I RAZVOD ENERGETSKIH FLUIDA

— TERMOELEMENTI
— OTPORNI TERMOMETRI
— POKAZIVAČI TEMPERATURE
— REGULATORI TEMPERATURE
— MJERAČI PROTOKA
— MJERAČI UTROŠKA TOPLINE (KALORIMETRI)
— MJERENJE PRITISKA
— ANALIZA DIMNIH PLINOVA
— AUTOMATSKE STANICE ZA REDUKCIJU PRITISKA I TEMPERATURE PARE
— AUTOMATSKA REGULACIJA NIVOA, TEMPERATURE, PRITISKA, PODTLAKA, PROTOKA
— DALJINSKA KOMANDA (SERVOMOTORI I REGULACIONI VENTILI)
— SIGNALIZACIJA

TELEFONI: 514-122, 515-713, 515-050
TELEX: 21364, PP 14

ELEKTRIČNO GRIJANJE PROSTORIJA

Na Simpoziju »NOR-POWER' 70« u Oslu (19—24. svibnja 1970) održano je, između ostalog, nekoliko predavanja o problemu električnog grijanja u Norveškoj. S obzirom na interesantnost održanih tema, u ovom su prikazu izneseni kratki sadržaji i izvodi iz predavanja što su ih održali:

H. Hagen (Norwegian Building Research Institute Oslo) i
O. Todnem (Norwegian Electricity Supply Research Institute-Trondheim)

U predavanju g. Hagena izneseni su ukratko rezultati višegodišnjih istraživanja u odnosu na udobnosti, potrošnju energije i ukupne troškove različitih sistema grijanja koji se sada upotrebljavaju u pojedinim vrstama zgrada.

Na osnovi tražene udobnosti navedeni su i zahtjevi koje »idealni« sistem grijanja mora zadovoljiti, zatim su opisani razni sistemi grijanja, njihova efikasnost, potrošnja, ekonomska razmatranja i na kraju uvjeti (klimatski i energetski) koji postoje u Norveškoj.

G. Todnem je iznio podatke o proizvodnji i potrošnji električne energije s posebnim osvrtom na razvoj potrošnje i cijenu energije, te tarife primijenjene za domaćinstva. Također je iznesen primjer krivulja opterećenja jugoistočnog područja Norveške radi razmatranja široke potrošnje sa stajališta upotrebe električne energije za grijanje.

Proizvodnja i potrošnja električne energije

Prije prikaza električnog grijanja prostorija u Norveškoj, daju se neki opći podaci o proizvodnji i potrošnji električne energije u Skandinavskim zemljama, zbog opće usporedbe.

Danska:

Proizvodnja 1968. g. 12 TWh ili 2,5 MWh per capita.
Sva proizvodnja u termoelektranama.
Električki grijano 1000 stanova.

Finska:

Proizvodnja 1968. g. 18 TWh ili 3,8 MWh per capita.
60 % hidroproizvodnje.
Električki grijano 20.000 stanova.

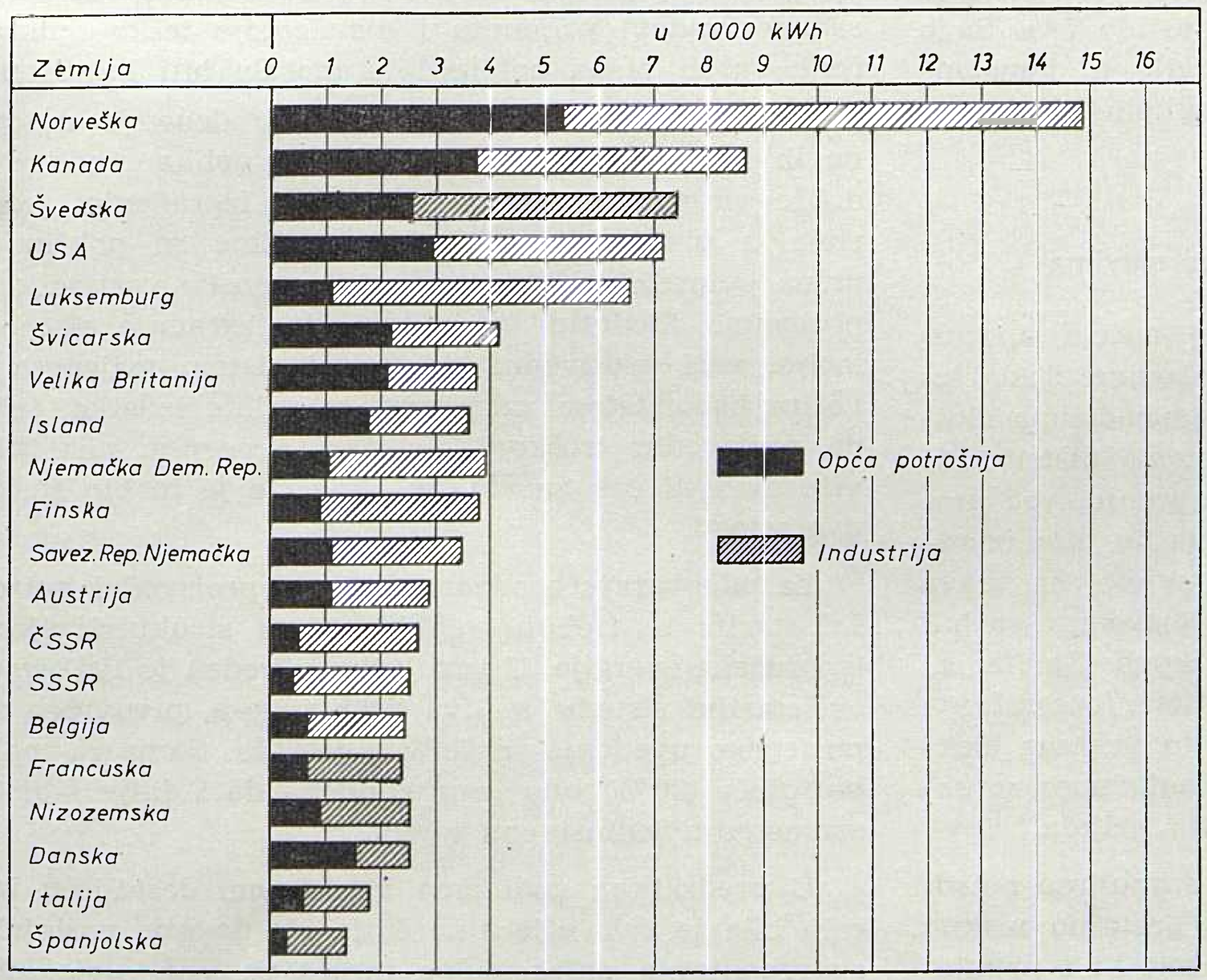
Švedska:

Proizvodnja 1968. g. 62 TWh ili 7,8 MWh per capita.
15 % termo proizvodnje.
Najveća hidro postrojenja su na sjeveru zemlje.
Karakterističan je jak prijenos električne energije od sjevera prema jugu zemlje, brojnim vodovima.
110.000 stanova je opremljeno isključivo električnim grijanjem, i posljednjih 6—7 godina zanimanje za takvu vrstu grijanja prostorija osjetno raste.

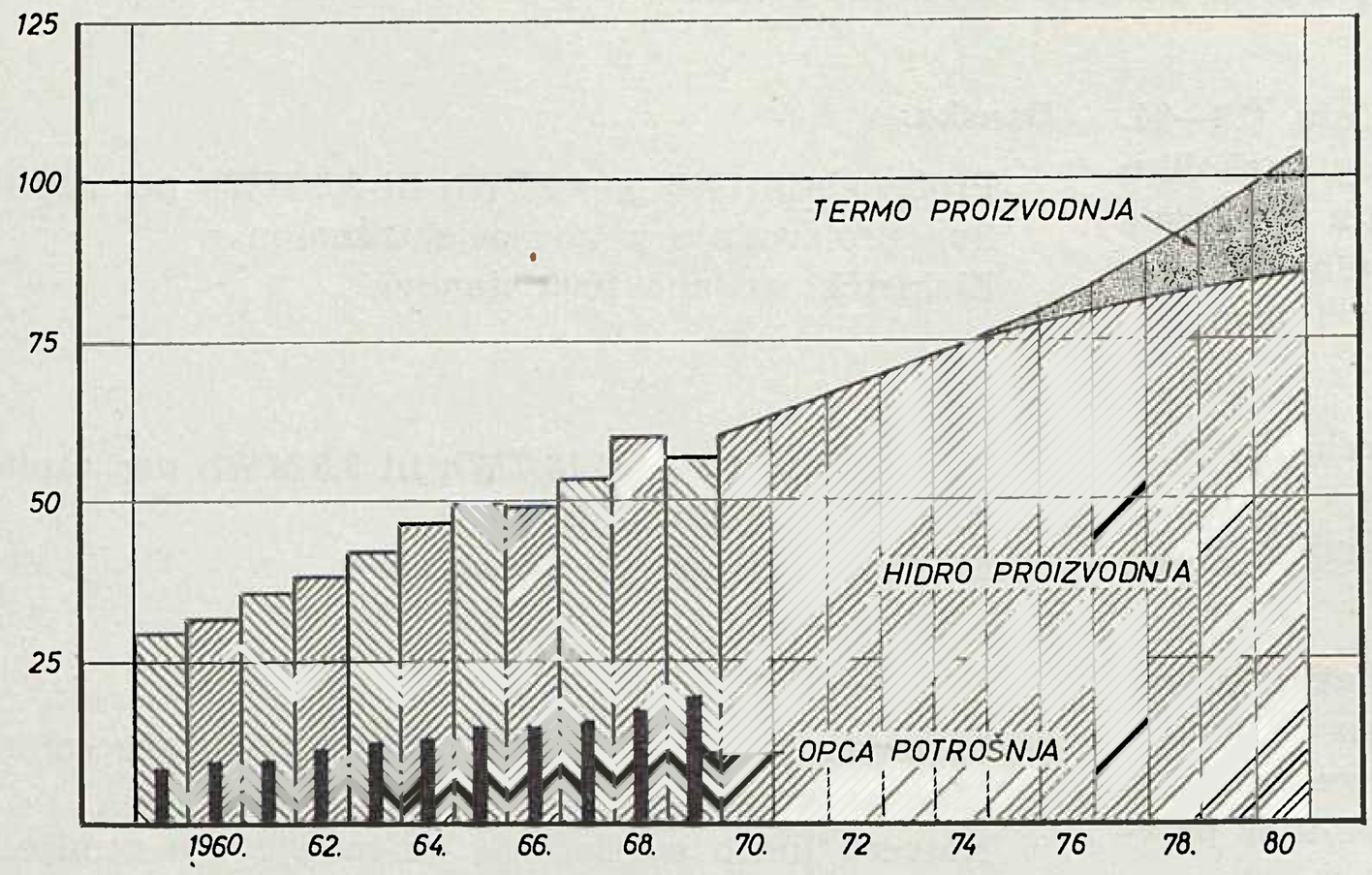
Norveška:

Proizvodnja 1968. g. 61 TWh ili 16 MWh per capita.
Termo proizvodnja samo 0,2 %.
Mogućnost proizvodnje izgradnjom novih hidropostrojenja je 150 TWh, no svi objekti koji se mogu izgraditi nisu ekonomski opravdani. (Sl. 2).
Za razliku od Švedske, vodni potencijali u Norveškoj su rasprostranjeni po cijeloj zemlji.
Postoje dvije glavne grupe potrošača i to:

— elektrokemija i elektrometalurgija s potrošnjom od oko 23 TWh i opća potrošnja s 17,8 TWh godišnje.



Sl. 1. Bruto potrošnja električne energije 1968. »per capita« u zemljama Evrope, u USA i Kanadi



Sl. 2. Proizvodnja električne energije i opća potrošnja u Norveškoj

Grupe potrošača:

	TWh
— kemijska i bazična metalna industrija	23,20
— industrija papira	3,75
— rudarstvo i druga proizvodnja	4,40
— transport	0,53
— kućanstva, agrikultura, komercijalna i javna rasvjeta	17,80
— elektrokotlovska postrojenja	0,45
Ukupna neto potrošnja u 1969. g.	50,13

Osim komercijalne i javne rasvjete dolazi u 1969. g. na kućanstva potrošnja od 14,5 TWh ili 11,0 MWh godišnje za tročlanu obitelj, tj. oko 920 kWh mjesečno, ili više od 300 kWh mjesečno po članu obitelji.

Električno grijanje u Norveškoj je postojalo i prije drugog svjetskog rata, no najveći porast je uslijedio iza 1945. godine. Prosječan godišnji porast el. energije u domaćinstvima u ovom razdoblju je bio 7 %. Sada je oko 60 % ukupne potrošnje energije u domaćinstvima pokriveno električnom energijom. Za nove zgrade to je u 90 % slučajeva.

Razvoj potrošnje energije u kućanstvima

Može se reći da se u Norveškoj počela upotrebljavati električna energija prije 50 godina. Tada izgrađene hidroelekrane bile su, po mogućnostima akumulacija zaista skromne. Veličina sistema distribucije nije bila dimenzionirana prema opterećenju, već prema mehaničkim naprezanjima, kojima je bila izvrgnuta mreža u odnosu na klimatske uvjete. Za takva postrojenja kakva su bila, troškovi proizvodnje su bili zanemarivi u odnosu na fiksne troškove. Tarife, su bile fiksne za kW godišnje i »limitatori« opterećenja (struje) su kontrolirali potrošnju. U to vrijeme električna energija se je upotrebljavala uglavnom za rasvjetu, radio aparate, glačanje i mala grijala.

U takvom sistemu tarifa, koji je stimulirao potrošače da traže električnu energiju s pretežno niskim ali kontinuiranim opterećenjem, započelo se s primjenom akumulatora topline u malim pokretnim (prijenosnim) vodnim radijatorima. Propaganda za primjenu »električnog kuhanja«, dovela je 1930. g. do uvođenja »tarifa za prekoračenje-preopterećenja« i to postavljanjem kWh brojila koje je mirovalo tako dugo, dok nije pređeno ugovoreno opterećenje. Potrošač je plaćao relativno veliki iznos za svaki kWh prekoračenja.

S ovom tarifom je električno grijanje prostorija postalo popularno kao fleksibilni i jeftini sistem grijanja, da bi se ispunilo ugovoreno opterećenje, ali uglavnom kao dodatak osnovnom-klasičnom načinu grijanja.

Za vrijeme drugog svjetskog rata, i prvih godina iza njega, bio je razumljiv porast cijena i nadnica, kao i pomanjkanja svih vrsta energije, naročito fosilnih goriva. Porast cijene električne energije bio je manji od porasta cjena ostalih vrsta energije, pa je električna energija postala pristupačnija za grijanje. Zbog takve potrošnje su proizvodne jedinice bile iskorištene, vodovi prijenosa i distribucije teško opterećeni, pa su vršna opterećenja morala biti limitirana.

U toku poslijeratnih godina izgrađeno je mnogo novih hidroelektrana, koje imaju velike padove i dobre akumulacije u prirodnim ili izgrađenim jezerima u planinskim područjima. Time se pokrivaju vršna opterećenja i izravnavaju sezonske varijacije u protocima. Međutim ovi zahvati, tj. izgradnja akumulacija, veći proizvodni agregati i sistem prijenosa s većim kapacitetom zahtijevao je velike izdatke, tako da proizvodni troškovi električne energije nisu bili više mali ili čak zanemarivi, kao što je to bio slučaj u prošlosti.

Za odgovarajuće odnose na liniji proizvođač-potrošač, tarife se trebaju reflektrati na strukturi cijene isporučene energije. U vezi s time uveden je 1947. god. »višetarifni sistem« sa dva kWh nivo-a, predviđen za postepeno uvođenje za 70 % potrošača. Samo za male potrošače (30 %) bilo je predviđeno da i dalje koriste spomenutu, jedinstvenu tarifu.

U predratnim godinama i u prvom desetljeću iza rata bila je vrlo utjecajna činjenica da nije postojala superponirana dalekovodna mreža za vezu pojedinih

regija. Svaka regija sa svojim elektranama i distributivnom mrežom, bila je isključivo ovisna o vlastitim mogućnostima proizvodnje. Drugim riječima, potrošačima nije bila garantirana snaga za grijanje pri sniženoj proizvodnji. Zato su potrošači trebali u takvim slučajevima pokrivati svoje potrebe grijanja drugim sredstvima, koristeći drvo i fosilna goriva. Dakle, u to su vrijeme potrošači bili prisiljeni da imaju rezervno, »stand-by« grijanje.

U toku posljednjih 15 godina izgradnjom 300 kV superponirane mreže, koja povezuje sve dijelove ove slabo naseljene, dugačke, planinske zemlje s područjima različitih hidroloških uvjeta, omogućeno je da se restrikcije na porošnju ukinu. U većini slučajeva zgrade se opremaju za potpuno elektrificirano domaćinstvo, dakle i s grijanjem bez potrebe »stand-by« instalacija druge vrste.

Ilustracije radi, daje se u postocima prikaz za nove apartmane izgrađene u Norveškoj od 1958—1966. g. opskrbljene raznim vrstama grijanja:

Godina	centralno grijanje %	električno grijanje %	druge vrste grijanja (uključivši topli zrak) %
1958.	22	18	60
1959.	19	22	59
1960.	18	26	56
1961.	17	29	54
1962.	16	38	46
1963.	16	48	36
1964.	15	48	37
1965.	12	57	31
1966.	15	61	24

Ne postoje podaci za druge tipove zgrada, za škole, urede, bolnice itd., no može se reći da je električno grijanje manje primjenljivo u takvim objektima, nego u stanovima.

Klimatski uvjeti

Klimatski uvjeti u Norveškoj znatno variraju od područja do područja. Uzduž vanjskog dijela zapadne obale sistemi grijanja su izgrađeni na osnovi vanjske temperature od —10° C, dok se u izvjesnim unutrašnjim područjma ide čak do —40 °C. Sezona grijanja je relativno duga; prosjek za cijelu zemlju je oko 250 dana.

Električno grijanje sa svojim niskim cijenama instalacije i relativno skupim kalorijama je najprikladnije za područja s blagim, umjerenim zimama. Zbog tih razloga moglo bi se zaključiti da električno grijanje nije naročito pogodno za uvjete u Norveškoj, međutim od presudnog značenja je duga sezona grijanja što predstavlja pogodan faktor u opterećenju.

U toplijim zemljama, gdje postoje energetski uvjeti, također se može postići jednako dugo razdoblje iskorištenja upotrebom električne energije za grijanje u zimi, i za hlađenje u toku ljeta.

Cijene i tarife za upotrebu električne energije u domaćinstvima

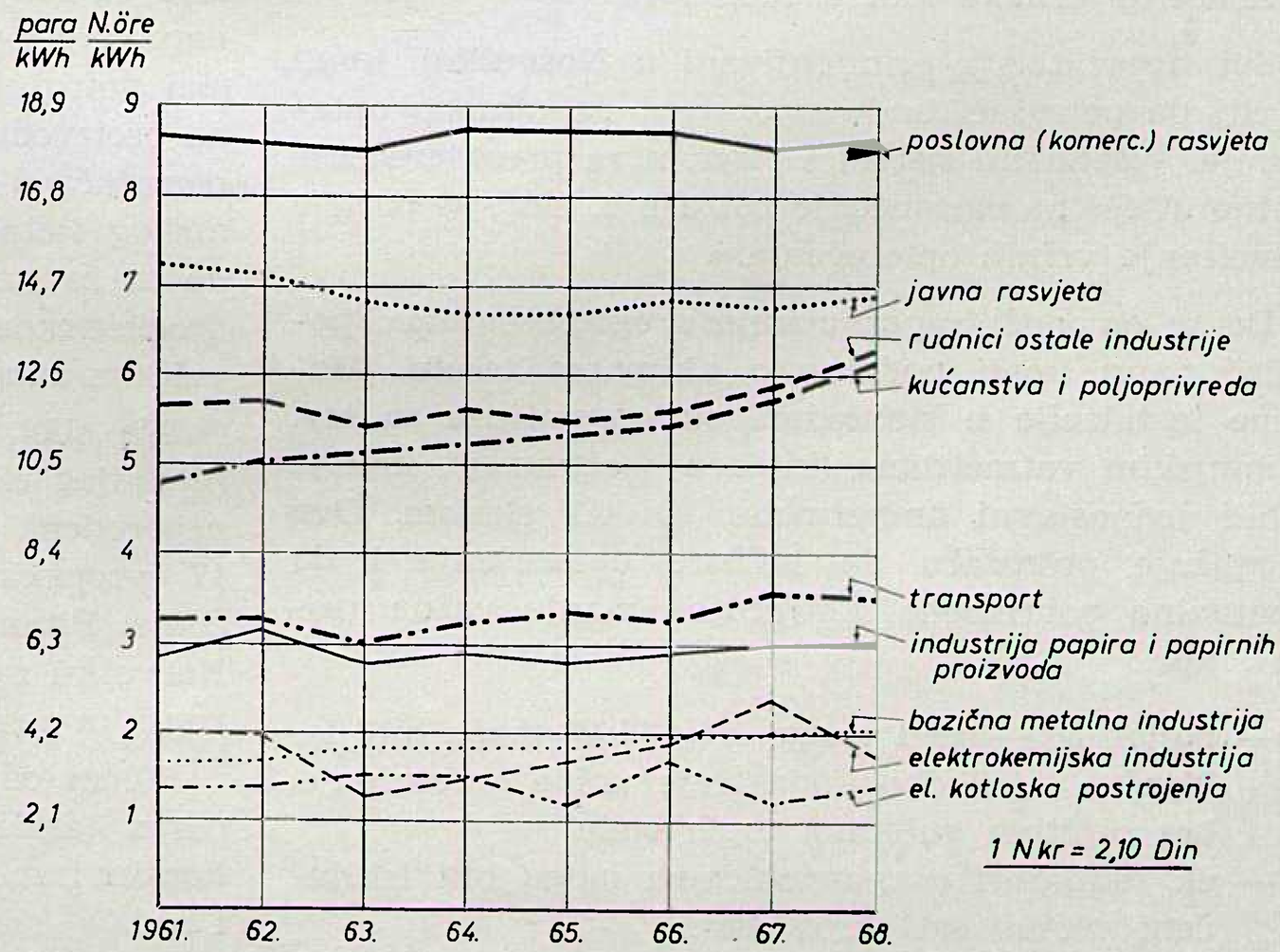
Na dijagramu sl. 3 se vidi prosječna cijena električne energije za potrošače u Norveškoj u razdoblju 1961. do 1968. god., prema službenim statistikama.

Prosječna cijena u domaćinstvima u 1969. g. iznosila je 0,8 US centa odnosno 12 p/kWh, dok je u 1970. god. taj iznos veći, jer su uvedene takse (opća i kupovna).

Električna energija je dugo vrijeme bila »dobro prodana roba« i nije bilo problema da se proda za potrebe grijanja. Danas međutim dobavljači energije moraju pronalaziti najbolji način za kvalitetno i sigurno napajanje svojih potrošača, kao i interes da pronađu ispravne elemente za uvrštavanje u tarifni sistem, koji će prikazati potrošačima karakter cijena proizvodnje, prijenosa i distribucije. To je bio jedan od ciljeva pri postavljanju tarife.

Tarifa za potrošače u domaćinstvima, kao što je već spomenuto u osnovi uključuje snagu sa dvije cijene za kWh. Ona se sastoji iz:

— fiksnog iznosa za ugovorenu snagu Din/kW
— cijene za sveukupnu utrošenu energiju Din/kWh



Sl. 3. Prosječne cijene konzuma električne energije u Norveškoj u razdoblju 1961/1963.

Tarife za kućanstva za 6 distrib. područja u Norveškoj (od 1. siječnja 1970) Tablica 1

Distributivno područje		A	B	C	D	E	F (1)		
		Trošak potražnje snage	Cijena energije p/kWh		p/kWh	%	Prosječna cijena energije p/kWh za različiti T_u		
		Din / kW ugovoren	Za ukupnu potrošnju	Dodatak za potražnju iznad ugovorene potražnje	Opća taksa	Kupovna taksa	4000 h	5000 h	6000 h
Gradska	Oslo	17,85	4,725	21,0	0,525	21	11,76	10,71	9,95
	Bergen	19,95	5,46	21,0	0,462	22	13,44	12,18	11,28
	Trondheim	27,72	5,25	31,5	0,525	19	15,12	13,44	12,37
Seoska područja	Jaeren	18,90	4,20	42,0	0,525	22	11,55	10,29	9,61
	Nord-Tröndelac	29,40/23,10	7,35	25,2	uključ.	15	16,80/15,20	15,12/13,86	14,09/12,88
	Hadeland	28,56/20,16	8,40	21,0	uključ.	15	17,85/15,44	16,17/14,28	15,14/13,52

(1) $F = \left(\frac{A}{T_u} + B + D\right)\left(1 + \frac{E}{100}\right)$

$T_u = \frac{\text{utrošena energija ispod kW ugovorenih}}{\text{kW ugovoreni}}$

1 N. K. r = 2,10 d.

1 US $ = 15,00 d.

— dodatne cijene za energiju utrošenu preko ugovorene potražnje (preopterećenje) Din/kWh
— opće i kupovne takse od 1. I 1970.

U tablici 1 je prikaz elemenata tarife. za domaćinstva, za 3 najveća grada u Norveškoj i za 3 seoska (poljoprivredna) područja. Iz posebnih razloga postoje 2 nivoa cijena u području Nord-Tröndelag i Hadeland. Oslo i Bergen imaju niže cijene promatrajući na nacionalnom planu, a Trondheim ima cijenu iznad prosjeka. Cijene za preopterećenje (prekoračenje ugovorene snage) su najčešće 4—6 puta veće od cijene za ukupno utrošenu energiju.

Formula za tarifu:

$$F = \left(\frac{A}{T_u} + B + D\right) \cdot \left(1 + \frac{E}{100}\right)$$

Značenje oznaka vidi u tablici 1!

Svi tipovi tarifa primjenjivani u Norveškoj, imali su cilj da potrošači budu upozoreni na ukupno opterećenje. Višetarifni sistem s tarifom za preopterećenje znatno utječe na ograničenje potražnje, čime se postiže reduciranje vršnih opterećenja.

Da se omogući »upoznavanje s opterećenjem«, potrošač mora imati podatke o ukupnom teretu. Moderne instalacije u stanovima su opremljene sa tzv. »kuhinjskim vatmetrom« (kitchen wattmeter), koji je u biti jednostavni ampermetar sa kW skalom. Ovo omogućuje potrošaču da nadzire opterećenje i da eventualno povremeno isključuje »manje važna trošila«, npr.:

— bojler 300—500 l snage 1,5—3 kW može biti isključen cijeli dan kada traje vršno opterećenje, bez osjetnih gubitaka tople vode,
— el. radijatori u spavaonicama mogu biti isključeni većinu sati kroz dan,
— podni grijači sistem, s pretežno dugim vremenom ohlađivanja, može biti isključen nekoliko sati, bez osjetnih temperaturnih padova.

Ovo može biti jednostavno provedeno ugradnjom dodatnih prekidača smještenih uz kuhinjski W-metar.

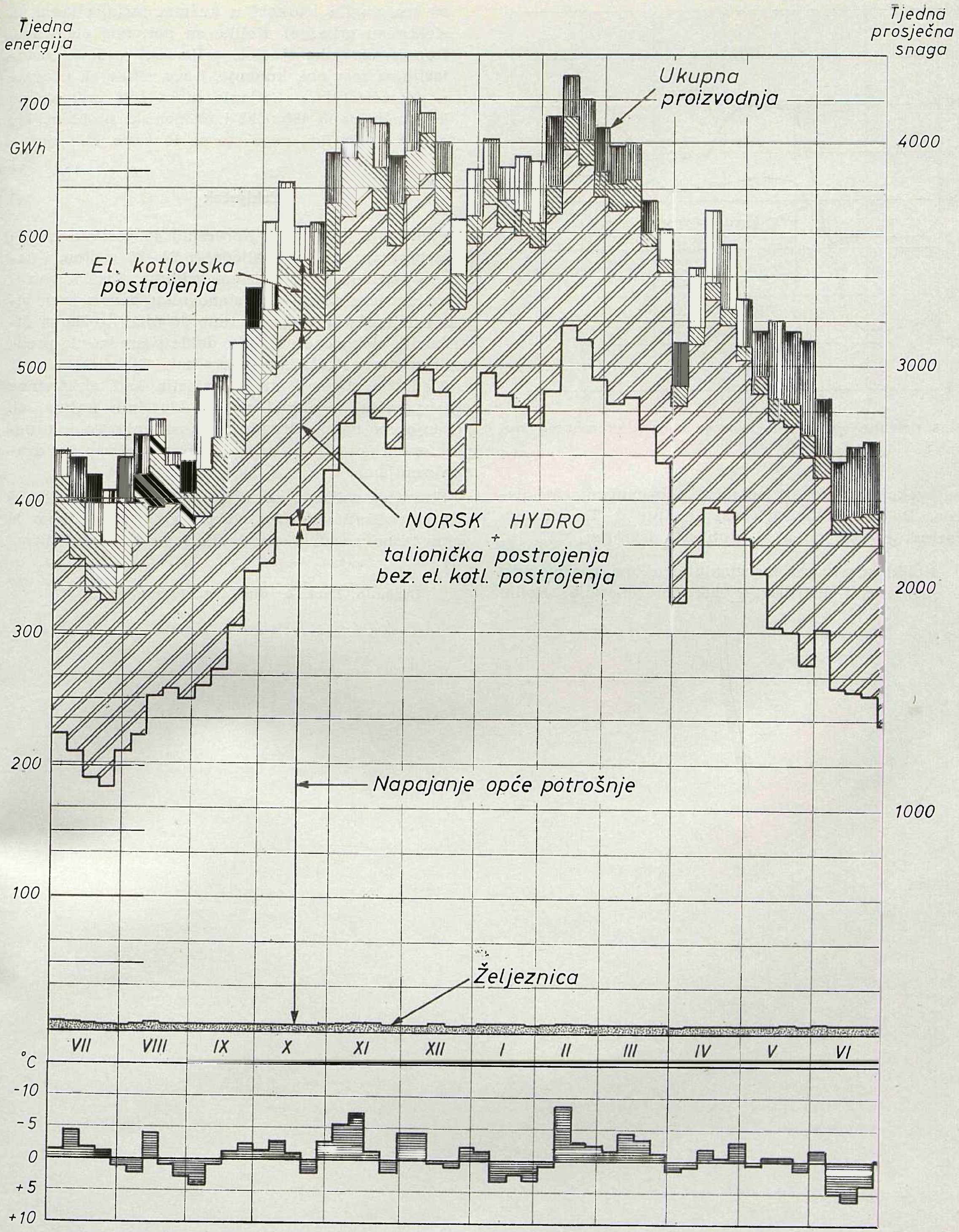
U Norveškoj nema posebnih tarifa za »izvan vršno opterećenje« i nema tržišta za druge uređaje akumulacije topline osim spomenutih.

Krivulje opterećenja

Iz prethodno navedenih podataka slijedi da je 65 % cjelokupne energije proizvedene u Norveškoj konzumirano u industriji, uglavnom za potrebe talionica aluminija, i za elektrokemijska i elektrometalurgijska postrojenja. Ovi konzumenti predstavljaju jednoliki teret kroz dan i noć. Krivulje, općenito najinteresantnije sa stajališta zagrijavanja prostorija su krivulje napajanja opće potrošnje, koje ne uključuju industrijsku potrošnju. Na dijagramu sl. 4 prikazana je tjedna proizvodnja el. energije raspodjeljena na kategorije potrošača u 1968/69. godini, koja pokazuje da je odnos niskog ljetnog i zimskog vršnog opterećenja 1 : 2,5, i da su za vršna opterećenja nalik ovima potrebne hidroelektrane s dobrim mogućnostima akumulacija i velikim snagama generatora.

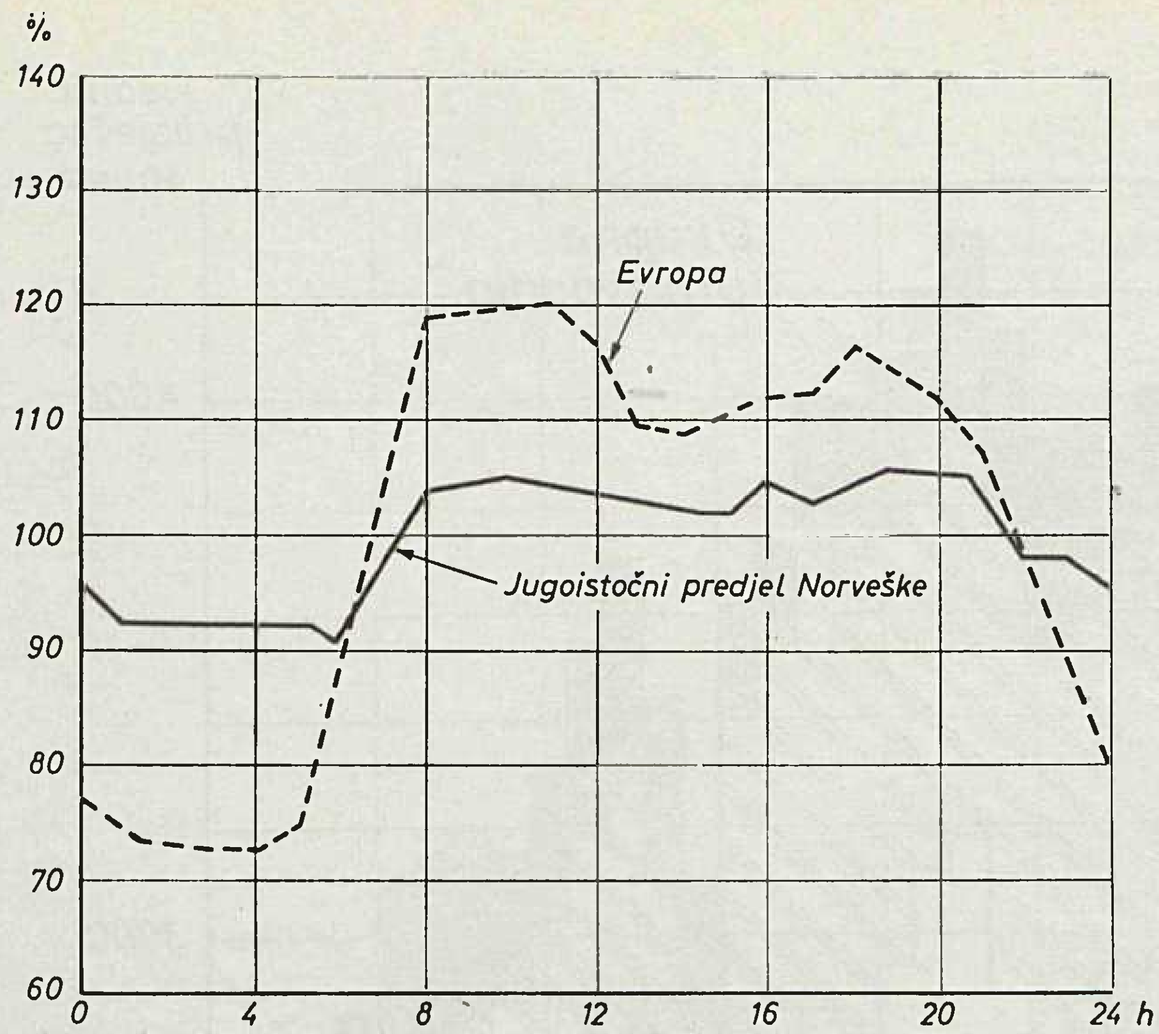
Na slici 5 prikazana je krivulja opterećenja najhladnijeg zimskog dana za isto područje. Krivulja je uspoređena s odgovarajućom krivuljom opterećenja za 17 evropskim zemalja u postocima prosječnog opterećenja. Pitanje je, koji su razlozi da su odstupanja za Norvešku razmjerno mala, prema odstupanjima u evropskim zemljama.

Točni odgovor se ne može dati, no to je svakako odraz tarife uz korištenje »kuhinjskog W-metra« uz kontinuirano uključenje uređaja za grijanja kroz dan i noć.



Sl. 4. Tjedna proizvodnja električne energije raspodijeljena na kategorije potrošača 1968/69. godine u jugoistočnom predjelu Norveške. Odstupanja od normalne tjedne temperature u Oslu.

Postignuti uspjesi koji su vidljivi iz prikaza ne mogu se smatrati konačnim. Postoji čak bojazan da sadašnje tarife u Norveškoj nisu pogodne za daljnje uvođenje električnog grijanja. Najvažnije je za daljnji napredak da postoji mogućnost upotrebe velikih količina jeftine el. energije transformirane u toplinu



Sl. 5 Krivulje opterećenja zimskog dana u procentima prosječnog opterećenja

u svakoj prostoriji pomoću ekonomičnih instalacija. Radi toga Istraživački institut u Trondheimu razrađuje ponovno cijeli problem i ispituje:

Koliki su stvarni marginalni troškovi proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije? Koliki su marginalni troškovi u kućnim instalacijama za električno grijanje? Kolike su potrebne elektrane, transformatorske stanice, prijenosni vodovi, instalacije za rasvjetu, kuhanje, i sve ostale el. uređaje u domaćinstvima. Grijanje mora biti promatrano kao marginalni tehnički i ekonomski problem, što ga čini važnijim, nego što se to često očekuje.

Zaključak

Električno grijanje u Norveškoj je postiglo rapidnu ekspanziju u toku posljednjih 20—30 godina, i danas je postalo najčešći sistem grijanja. Visoka potrošnja električne energije po stanovniku, dovela je do visokog opterećenja mreža, i time do nižih troškova distribucije električne energije, dakle posredno do prednosti za sve potrošače u Norveškoj.

Mada je stvarna cijena kalorija kod električnog grijanja viša nego kod ostalih klasičnih načina, el. grijanje ima mnogo drugih prednosti, tako da je u neprekidnom porastu ne samo u Norveškoj već i u drugim zemljama.

Sutrašnji zahtjevi za viši standard sigurno će još više stimulirati upotrebu električnog grijanja koje je jednostavno u radu i održavanju i pruža najveći komfor.

Dragutin Ružić, dipl. ing., Rijeka

»ELEKTROSLAVONIJA« IZ OSIJEKA NEDAVNO OTVORILA NOVI POGON POMOĆNIH DJELATNOSTI

Umjesto dosadašnjih starih i nefunkcionalnih radionica koje su bile smještene u šupama i adaptiranim zgradama, izgrađen je moderan pogon koji omogućuje uspješno održavanje i izgradnju energetskih postrojenja i objekata na čitavom području Slavonije i Baranje.

Područje Slavonije i Baranje bilo je u energetskom pogledu dugo prigušivano tako da sada iz godine u godinu bilježi vrlo visok porast potrošnje. Godine 1966. nabavljeno je 388.888 MWh a 1970. 592.794 MWh. Ovakav porast, je zahtijevao izgradnju prijenosnih postrojenja i uspješno održavanje postojećih objekata. Međutim volumen postrojenja prerastao je uvjete održavanja za dvadeset puta, tako da je bilo neophodno poduzeti odgovarajuće mjere radi rekonstrukcije radioničkih prostorija i skladišta, odnosno izgradnje Pogona pomoćnih djelatnosti u Osijeku.

Područje »Elektroslavonije« je u ovom vremenskom razdoblju doživjelo nagli porast elektrifikacije neelektrificiranih naselja i postiglo relativno visok postotak elektrificiranosti Slavonije i Baranje od 94 % (u 1961. godini 40 %, a u 1966. godini 74 %). Bez obzira na negativne ekonomske efekte široke elektrifikacije, »Elektroslavonija« prihvaća politiku elektrifikacije cijelog područja.

Ekspanzija elektroenergetskog postrojenja kao zahtjev razvoja konzuma omogućila je najvećim dijelom pomoćna djelatnost poduzeća, koja je sa svojim organizacionim jedinicama realizirala najveći dio elektroenergetskih objekata pod relativno teškim radnim uvjetima. Poduzeće je pravovremeno uočilo opseg pomoćnih djelatnosti posebno vodeći računa o narednom razvoju i prišlo realizaciji programa rekonstrukcije objekata pomoćnih djelatnosti — odnosno izgradnji pogona na Zelenom polju — prema zacrtanom srednjoročnom planu od 1966—1970. g.

Izgradnjom ovoga pogona »Elektroslavonija« može bez straha dočekati nove radne zadatke, koji rezultiraju iz ekspanzije našeg postrojenja i industrije na terenu poduzeća. Pri projektiranju i izgradnji vodilo se računa da kapacitet radionica bude dovoljan i za održavanje 220 i 110 kV postrojenja koja se nalaze na području Slavonije.

Bivše radionice bile su razbacane, nefunkcionalne, smještene u bivšem skladišnom prostoru, starim garažama, nadstrešnicama i slično, bez ikakvih higijenskih uvjeta rada. Tako je npr. radionica za popravak transformatora bila u tornju transformatorske stanice 110 kV u Brijestu, bravarija i stolarija u bivšoj nadstrešnici za ugljen, a mehanička radionica više u dvorištu a manje u dograđenoj prostoriji. Pod sličnim uvjetima radilo se i u radionicama svih distributivnih područja.

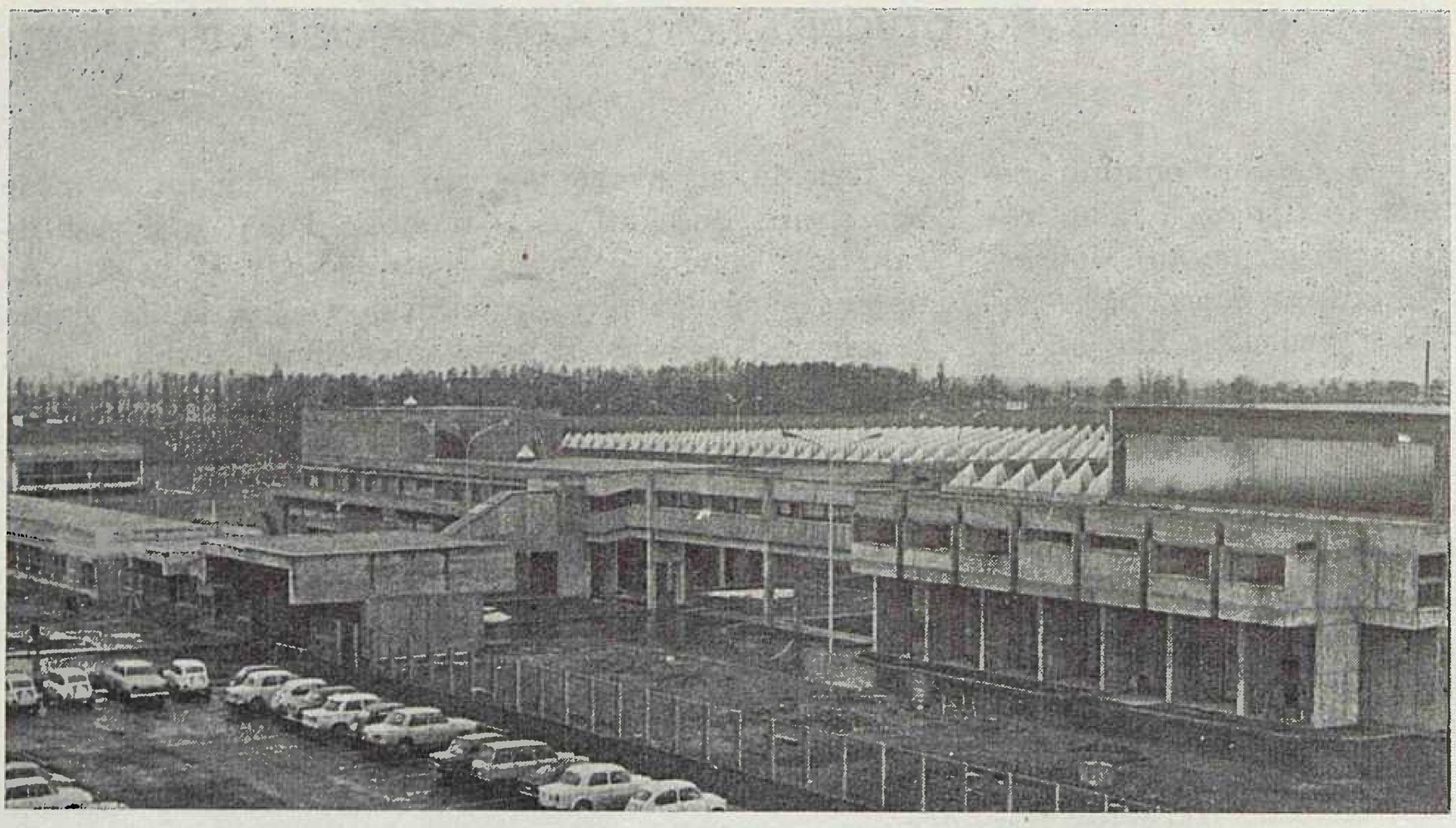
Pogon pomoćnih djelatnosti

Pogon pomoćnih djelatnosti »Elektroslavonije« Osijek smješten je u industrijskoj zoni na istočnoj periferiji grada.

Pripremni radovi za realizaciju ovog objekta, što se uglavnom odnosi na studije oko izrade projektnog zadatka i investicionog programa, započeli su 1965. godine da bi se 1967. godine ugovorila izrada idejnih rješenja od kojih je odabrano najbolje u ekonomsko-tehničkom pogledu. Na temelju odabranog idejnog rješenja izvedena je tehnička dokumentacija na nivou glavnih projekata, a u rujnu 1968. godine ugovorena sama realizacija.

Ukupna izgrađena ili uređena površina terena iznosi 54.420 m² od čega radno-proizvodna obuhvaća 10.520 m²; poslovna i društvenog standarda 3.640 m²;

Sl. 1. svečano otvorenje



Sl. 2. Pogon pomoćnih djelatnosti, Osijek

saobraćajnice, otvorena skladišta i parkiralište 19.830 m² te 22.260 m² zelenih površina i sportskih igrališta.

Realizacija objekta ostvarena je na osnovi projektne dokumentacije koju je izveo »Tehnološko-ekonomski i novinsko-izdavački zavod Narodne novine« Zagreb, koji je ujedno bio izvođač, odnosno nosilac usluga inženjeringa, a u poslovnoj suradnji s građevinskim poduzećem »Tehnogradnja« Zagreb kao osnovnim izvođačem svih radova.

Objekt Pogona pomoćnih djelatnosti »Elektroslavonije« — elektroprivrednog poduzeća Slavonije i Baranje čine slijedeće ekonomsko-tehničke cjeline:

- Automehanička radionica i garaža
- Baždarnica za baždarenje električnih brojila i mjernih garnitura
- Zajedničke radionice u čijem sastavu su bravarija, strojna obrada, elektromontaža, stolarija i centralna alatnica
- Radionica za popravak i remont transformatora i ostale opreme za električna postrojenja
- Lakirnica
- Skladište
- Zajedničke potrebe pogona u čijem sastavu su kuhinja, restoran, projekciona dvorana i prostor za rekreaciju radnika
- Prateći objekti: kotlovnica, pumpna stanica za mazut i trafo ulje, stanica za smještaj boca za kisik i transformatorska stanica.

Kao opće karakteristike za izvedeni objekat moglo bi se navesti slijedeće: Arhitektonsko građevinski dio predstavlja moderno i estetski dotjerano rješenje. Objekti su izvedeni u rasteru 12 × 12 m što omogućuje jednostavno proširenje, pa čak i međusobno spajanje pojedinih objekata.

Objekti zadržavaju prirodni izgled materijala od kojeg su izvedeni što olakšava održavanje.

Prekriveni su polesterskim kupolama što osigurava jednolično svjetlo u svim prostorima bez obzira na pregradne zidove. U aneksu objekata izvedeni galerijski trakt sa kancelarijama, garderobama i sanitarijama te sa spojnim hodnicima između galerija, osigurava tehnološko logičan raspored pogonskih prostorija i kancelarija, povezanost objekata, te udoban dolazak i odlazak s rada i za vrijeme lošeg vremena. Posvećena je potrebna pažnja društvenom standardu i rekreaciji radnika.

Strojarsko-termoenergetski dio maksimalno prati tehnološke potrebe i zahtjeve za dobrim radnim uvjetima. Izveden je centralni razvod kisika, disu-plina, komprimiranog zraka, i sanitarne tople vode na svim potrebnim mjestima. Grijanje se vrši vrelom vodom maksimalne temperature 140 °C i to kaloriferima u radioničkom i skladišnom prostoru a konvektorima u poslovnom i prostoru društvenog standarda. Para za tehnološke potrebe ujedno služi i za grijanje sanitarne tople vode.

Elektroenergetski dio pored pogonskih i rasvjetnih elektroinstalacija ima rješenu protupožarnu zaštitu, dojavu točnog vremena, signalnu i dojavnu mrežu.

Tehnologija pojedinih radioničkih objekata tako je koncipirana da je maksimalno suvremena, a dovoljno adaptibilna za širok raspon radova i proizvoda.

Radionica za popravak transformatora i centralna lakirnica

Radionica ima ukupnu radnu površinu od 1200 m². Montažnu halu površine 720 m² u cijelosti prekriva dizalica 32/5 t što omogučuje optimalnu manipulaciju sa transformatorima i transformatorskim jezgrama.

U aneksu montaže hale smješteni su prostori za:

- izradu namotaja i izolacije
- prostor za manipulaciju transformatorskog ulja sa centrifugiranjem i filtriranjem
- manipulaciju i obradu transformatorskog ulja
- necirkulacione sušare za sušenje transformatorskih jezgri i
- ispitna stanica za sva standardna ispitivanja visonaponskih i niskonaponskih aparata i mjernih

transformatora, karodnih odvodnika, ali prvenstveno energetskih transformatora do maksimalno 8 MVA, 35/10 kV.

Pomoćnim kolosijecima omogućena je, koristeći snagu dizalice, laka manipulacija prilikom uvlačenja transformatora u npr. necirkulacione sušare ili ispitnu stanicu kao i prijevoz transformatora u centralnu lakirnicu koja je smještena uz transformatorsku radionicu. Transformatorska radionica spojena je i na industrijski kolosijek.

U centralnoj lakirnici obavljaju se sva ličenja i služi za potrebe svih radionica.

Zajedničke radionice

Zajedničke radionice su smještene u halu sa ukupno 2100 m² i sastoje se od:

1. Bravarske radionice sa strojnom obradom, kovačnicom i pripremom materijala.
   Radionica je opremljena za izradu proizvoda od profilnog čelika i lima. U njoj su postavljene dvije linije strojeva — jedna za profile, a druga za limove (strojevi za rezanje, urezivanje i savijanje), koje se sastaju na odjelu za varenje, odnosno ručnoj obradi.

   Takva oprema omogućuje izradu:

   — kompletne opreme za postavljanje niskonaponske mreže i dalekovoda
   — željezne opreme za trafostanice
   — željeznih stupova za javnu rasvjetu
   — građevne bravarije
   — kabelskih ormarića
   — razvodnih ploča
   — stupnih transformatorskih stanica itd.

   Centralnu halu površine 720 m² pokriva portalna dizalica 3 t.

2. Radionice za elektromontažu i prostor za smještaj i pripremu radilišta za terenske elektromotore.
   Ova radionica je tehnološki povezana s bravarskom radionicom i u njoj se proizvode signalne ploče, razvodne ploče visokog i niskog napona, i opremaju kabelski ormarići električnom opremom.

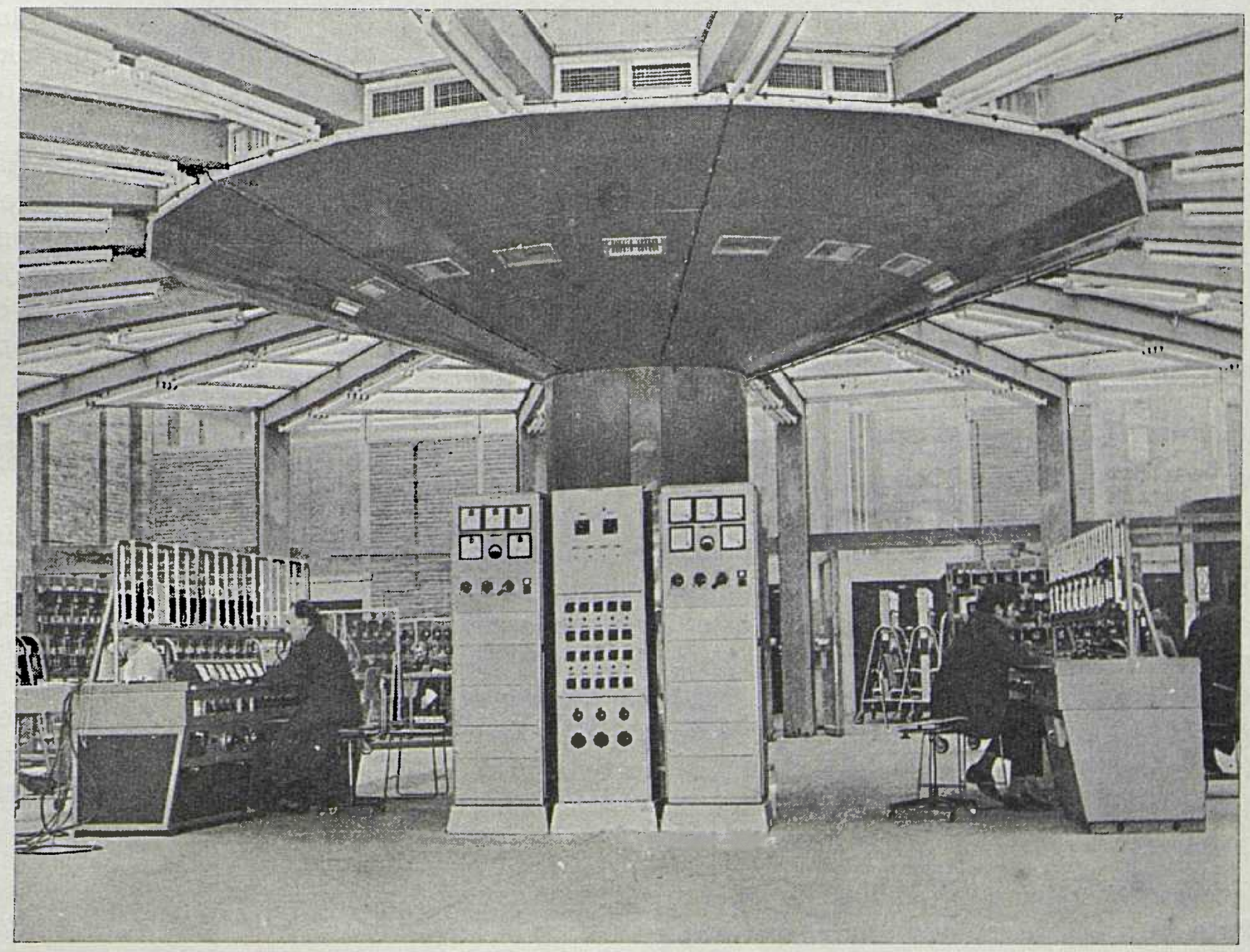
3. Prateće radionice koje imaju u svom sastavu građevinsku grupu i stolariju namijenjene su održavanju elektroenergetskih radioničkih i poslovnih objekata.

Automehanička radionica s garažom

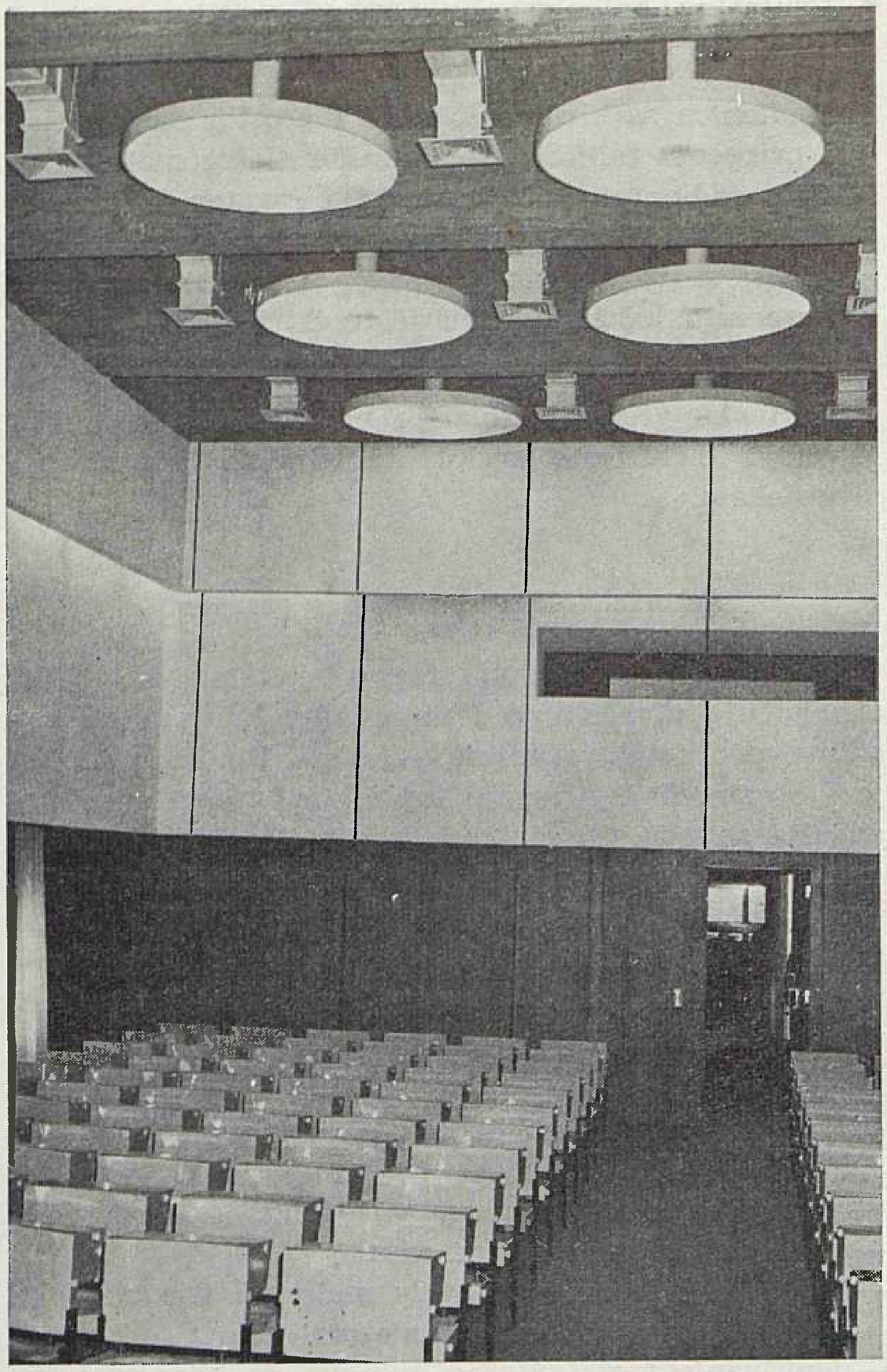
Radionica ima ukupnu radnu površinu od 316 m². Omogućuje utvrđivanje i uklanjanje kvarova na vozilima pod najpovoljnijim uvjetima i s najmodernijom opremom. Ispitivanje ispravnosti motora i vozila obavlja se pomoću elektronskog motorstera, optičkog uređaja za određivanje traga kotača, uređaja za ispitivanje kočnica, uređaje za balansiranje kotača itd., a rad na popravku vozila se obavlja na dizalicama, umjesto na kanalima, što omogućuje brže i kvalitetnije popravke uz bolje radne uvjete.

Radionica je sposobna i za obavljanje radova na putničkim, terenskim i teretnim vozilima:

— pranje toplom i hladnom vodom
— podmazivanje i zamjena ulja
— ispitivanje ispravnosti rada motora i uređaja
— srednji popravci vozila i motora
— ispitivanje i otklanjanje kvarova na klipnim i rotacionim pumpama za disel motore.



Sl. 3. Prostorije baždarnice



Sl. 4 Dvorana za projekcije

Pod istim krovom s automehaničkom radionicom nalazi se i garaža od 1440 m² za smještaj 50 vozila. Osim za vozila garaža je namijenjena za smještaj mehanizacije, koje ima sve više, tehnički je sve savršenija i zahtijeva brižljiv smještaj.

Kotlovnica, skladište zapaljivog materijala i skladište mazuta

U kotlovnici su smještena dva vrelovodna kotla za zagrijavanje cijelog objekta. Pored ovih postavljen je i jedan parni za potrebe tehnološke pare u sušarama transformatora i zagrijavanje sanitarne vode. U sklopu kotlovnice nalazi se kompresorska stanica od koje se razvodi komprimirani zrak na sva radna mjesta gdje to radni postupak zahtijeva. Uz kotlovnicu je smješten rezervoar za uskladištenje mazuta, i tri rezervoara za transformatorsko ulje koja se pune preko za to posebno izgrađene pretovarne stanice locirane uz industrijski kolosjek. U skladištu zapaljivog materijala osim njega, također su postavljene baterije za centralni razvod disuplina i kisika, što omogućuje varenje po cijelom pogonu gdje to tehnologija zahtijeva.

Ovim razvodom spriječeno je opasno manevriranje boca za varenje po radnim prostorima.

Baždarnica

Radionica je smještena na ukupnoj površini od 1176 m².

Baždarenje i precizno podešavanje brojila i drugih mjernih instrumenata obavlja se u staklom ograđenom prostoru okruglog oblika površine 360 m² za tu svrhu posebno klimatiziranog.

Prostori za ostale faze rada u tehnologiji baždarenja brojila raspoređeni su oko staklom ograđenog prostora za samo baždarenje, tako da je manipulacija s brojilima najkraća i logična, što osigurava organizaciju i optimalan rad.

Centralno skladište materijala i opreme

S obzirom na karakter materijala i opreme koja se drži na skladištu, skladište je podijeljeno na:

— zatvoreno skladište površine 1728 m²
— poluotvoreno ili natkrito skladište površine 1216 m²
— otvoreno skladište površine 228 m².

Skladišni prostori su opremljeni policama, regalima i paletama prikladnim za laku manipulaciju s materijalom i opremom pri čemu se koriste sredstva unutrašnjeg transporta. Otvoreno skladište prekriveno je portalnom dizalicom 2 t, što omogućava brz i lak utovar, odnosno istovar na rasponu od 24 m i po cijeloj dužini skladišta od 85 m.

Društveni standard

U okviru izgrađenog prostora društvenog standarda nalazi se:

— Kuhinja sa restoranom povezana u funkcionalnu cjelinu, što s ugrađenim fiksnim namještajem definira strogo određeni prostor.
— Ambulanta opremljena za preglede i hitne intervencije zaposlenog osoblja.
— Automatska dvostazna kuglana, osim što će služiti za rekreaciju što je i glavna namjera, omogućava održavanje kuglaških takmičenja.
— U prostoru čitaonice unutrašnje rješenje omogućuje šahovsko takmičenje.
— Tu je smještena i sala za stolni tenis.
— Uz terene sportskih igrališta (odbojka, tenis, košarka i mali rukomet) smještene su sportske garderobe i sanitarni uređaji.
— Dvorana za predavanja opremljena je ozvučenjem i kabinom za filmske projekcije, što omogućuje održavanje znanstvenog ili nekog drugog predavanja na tehnički kvalitetnijem nivou.

Svečano otvorenje Pogona pomoćnih djelatnosti održano je krajem svibnja u prisutnosti republičkog sekretara za privredu SR Hrvatske, predsjednika Općinskih skupština Slavonije i Baranje, predstavnika Osnovne privredne komore, Poslovnog udruženja ELDIH, radnih i društveno-političkih organizacija iz cijele zemlje.

Tom prilikom održana je i svečana sjednica Radničkog savjeta s koje je upućen pozdravni brzojav drugu Titu, i upriličeni poslovni razgovori s elektroprivrednim stručnjacima i predstavnicima elektroindustrije.

Vladimir Stanić
Elektroslavonija, Osijek

Njemački hidroagregati za Brazil . . .

Zapadnonjemačko poduzeće Siemens gradi za Brazil četiri velika hidroagregata. Oni će biti montirani u hidroelektrani Volta Grande na rijeci Rio Grande. Generatori su vertikalni, snage 115 MVA svaki, sa 85,7 okretaja u minuti. Ovo će biti treća hidroelektrana u Brazilu sa Siemensovim agregatima. Naime, ova firma je isporučila 6 agregata od 68 MVA za hidroelektranu Tres Marias i 4 agregata od 122 MVA za hidroelektranu Jaguara.

(Prema: Elektrizitätswirtschaft, 70 (1971) H. 1.)

J. M.

. . . I za SAD

Siemens ima ugovor i s američkim elektroprivrednim poduzećem Tennessee Valey Authority o isporuci četiri sinhrona stroja za pumpno postrojenje Raccoon. Ovi će strojevi imati snagu 425 MVA i 300 okretaja u minuti i napon 23 kV. Imat će direktno vodeno hlađenje namotaja i ležajeva. Ovo će postrojenje moći u toku motornog rada isporučivati jalovu snagu u mrežu.

(Prema Elektrizitätswirtschaft, 70 (1971) H. 1.)

J. M.

U pogonu najveći evropski reaktor na običnu vodu

Najveći reaktor u Evropi koji kao sredstvo za odvođenje topline koristi običnu vodu, pušten je u pogon. To je reaktor snage 440 MW u nuklearnoj elektrani Oskarsham u Švedskoj. Ovu elektranu gradi švedska tvrtka Asea-Atom, ne koristeći pri tom ni jednu stranu licencu.

(Prema Elektrizitätswirtschaft, 70 (1971) H. 1.)

J. M.

Elektronika u službi sporta

Za olimpijske igre u Münchenu 1972. već sada se govori da će biti »elektroničke igre«. Naime, gledaocima, novinarima, službi radio i TV prijenosa, stajat će na raspolaganju vrlo brza i pouzdana informaciona služba, čiji će glavni dio biti elektronički računski centar. Taj centar će imati 5 elektroničkih računala, 400 televizijskih ekrana kao izlazne jedinice, 50 brzih štampača podataka, 100 elektroničkih semafora i 50 elektroničkih mjerača vremena. Centar tehnički i organizaciono oprema poduzeće Siemens.

(Prema: Elektrotechnik 53, od 20. 1. 71)

J. M.

Nova moskovska toplana u izgradnji

Započela je izgradnja nove termoelektrane-toplane u moskovskom predgrađu Kuncevo. Ona će imati snagu od 870 MW i proizvodit će električnu energiju i vrelu vodu za industrijske i kućanske potrebe Moskve. Lokacija elektrane na periferiji Moskve je takva da zadovoljava oba zahtjeva proizvodnje: električne energije i topline.

U ovom trenutku u većini sovjetskih termoelektrana instaliraju se turbine snage 100 MW. U toplani Kuncevo bit će instalirane turbine od 250 MW proizvedene u tvornici turbina na Uralu, za koje je ova tvornica dobila orden Lenjina. Električna energija i toplina koju će proizvoditi toplana predviđena je po projektu za grad od 15 milijuna stanovnika.

(Prema: EI, 3, 1971)

J. M.

Statistički podaci elektroprivrede USA za 1970. godinu

Proizvodnja električne energije svih proizvođača u USA povećala se u 1970. za 5,9 % u odnosu na 1969. Ukupno je 1970. godine proizvedeno 1527 TWh električne energije.

Kapacitet svih proizvodnih postrojenja u svih 50 država USA dostigao je krajem 1970. iznos od 361,2 GW i za 9,5 % je veći nego krajem 1969. godine. Oko 77 % svih kapaciteta je u rukama privatnih kompanija, dok je ostatak vlasništvo državnih agencija.

Vršno opterećenje u ljetu 1970. iznosilo je 275,3 GW, i za 6,9 % je veće nego 1969. godine. Vršno opterećenje u prosincu 1970. je iznosilo 264,7 GW.

Tokom 1971. se očekuje da će proizvodnja svih proizvođača iznositi 1634 TWh. Istodobno privatne kompanije završavaju izgradnju objekata ukupne snage 30,9 GW. Očekuje se da će se kapacitet svih objekata povećati na 392,1 GW, a to znači porast od 10,5 % prema 1970. godini. U toku 1971. bit će uloženo u izgradnju novih objekata 9,9 milijardi dolara.

(Prema: EI, 3, 1971)

J. M.

U Grčkoj se planira veliki porast potrošnje električne energije

Prema planovima grčke vlade u razdoblju od 1969. do 1974. godine trebalo bi doći do velikog porasta potrošnje električne energije, po prosječnoj godišnjoj stopi porasta od 11,6 %. Prema ovim planovima potrošnja električne energije u Grčkoj porast će sa 7433,5 GWh u 1969. na 14796 u 1974. godini. Predviđaju se slijedeći iznosi i godišnje stope porasta:

	GHh u 1974 god.	God. stopa u %
Teška industrija	6 173	18,3 %
Ostala industrija	3 016	11,8 %
Kućanstvo	3 359	13,6 %
Trgovina i obrt	1 483	11,7 %
Poljoprivreda	810	16,1 %

Proizvodnja 1974. godine bi iznosila 16 330 GWh i bit će pokrivena radom elektrana ukupne snage 3 812 GW. To znači da će krajem 1974. godine biti 80 % više instalirane snage nego 1969. godine. Izgrađeno će biti elektrana na lignit 949 MW, hidroelektrana 1269 MW, na loživo ulje 1144 MW i 450 MW iz nuklearnih elektrana.

(Prema: EI, 3, 1971)

J. M.

Elektroprivreda Togoa

U afričkoj državi Togo električnu energiju proizvodi i distribuira poduzeće Compagnie d'Energie Electrique du Togo. Ovo poduzeće proizvelo je u 1969. godini ukupno 23,36 GWh, a od toga u mjestu Kpémé 4,5 GWh, dok je 18,86 GWh proizvedeno u glavnom gradu Loméu. Za prvih devet mjeseci 1970. proizvedeno je 20,5 GWh i to u Kpéméu 1,4 GWh a u Loméu 19,1 GWh.

Osim ovog poduzeća, proizvodnjom električne energije se bavi i rudarsko poduzeće Compagnie Togolaise des Mines du Benin, koje je za svoje potrebe u 1969. proizvelo 32,8 GWh i to u Kpéméu 18,3 GWh i 14,5 GWh u Hahatoéu, a za prvih devet mjeseci 1970. godine proizvedeno je 24,22 GWh i to u Kpéméu 13,4 GWh, a u Hahatoéu 10,8 GWh.

Togo je tijekom 1970. dobio od međunarodne banke za obnovu i razvoj, Bank of America, 330 milijuna francuskih franaka kredita za razvoj svoje distributivne mreže.

(Prema: EI, 3, 1971)

J. M.

Mreža 500 kV u Sovjetskom Savezu

U časopisu »Električestvo«, No. 2, 1971, dan je pregled mreže 500 kV u SSSR-u, pa ovdje iznosimo nekoliko najinteresantnijih podataka.

Mreža 500 kV razvija se vrlo brzo i predstavlja sistem iz kojeg se napajaju mreže 220 i 110 kV. Do kraja 1969. godine izgrađeno je ukupno 9017 km ove mreže. Neki najosnovniji podaci o broju vodova i njihovoj duljini prikazani su u slijedećoj tablici:

	Evropski dio	Ural	Sibir	Ukupno SSSR	
Broj vodova	24	9	12	45	
Ukupna duljina vodova	4337	1851	2829	9017	km
Prosječna duljina vodova	181	206	218	200	km
Minimalna duljina vodova	36	72	115	35	km
Maksimalna duljina vodova	297	414	340	414	km

Istodobno postoji još 910 km vodova 500 kV koji su u pogonu s naponom 220 kV. Veći dio mreže 500 kV izveden je sa dvostrukim vodovima (60 %). Oko 60 % 500 kV vodova izvedeno je sa spojem na transformatorske stanice 500/220 kV, dok je ostatak spojen na 500/110 kV.

Interesantni su iznosi reaktancija vodova 500 kV. Srednja vrijednost reaktancije X u omima kreće se oko 45 oma, a u 87 % svih slučajeva ne prelazi 50 oma. Dapače u evropskom dijelu SSSR-a taj iznos ne prelazi u 98 % slučajeva. U slijedećoj tablici mogu se usporediti srednje, minimalne i maksimalne reaktancije:

Reaktancija u omima	Evropski dio	Sibir	Ukupno
srednja vrijednost	34	36	35
minimalna vrijednost	17	16	16
maksimalna vrijednost	230	108	230

Što se tiče mogućnosti prijenosa vodovima 500 kV, ona je različita. U evropskom dijelu SSSR-a maksimalna prijenosna moć se kreće od 300 do 920 MW, a u Sibiru od 200 do 720 MW. Srednja vrijednost prijenosnih moći svih vodova u evropskom dijelu SSSR-a iznosi 640 MW, a u Sibiru 480 MW. Karakteristično je da maksimalna gustoća struje u vodovima u evropskom dijelu iznosi 0,8 A/mm², dok je u Sibiru upola manja 0,4 A/mm². Srednja vrijednost broja sati iskorištenja maksimalnog opterećenja jednaka je za oba ova dijela SSSR-a i iznosi 4300 sati.

Prema podacima iz eksploatacije na svakih 100 km bilo je kvarova:

Evropski dio SSSR-a	0,61	po 100 km/god.
Ural	0,65	,,
Sibir	0,35	,,
Sveukupno SSSR	0,56	,,

Interesantno je promotriti strukturu kratkih spojeva koji su nastali u mreži 500 kV evropskog dijela SSSR-a:

Vrsta kratkog spoja	Udio u %
Jednofazni	91,5
Dvofazni	1,8
Dvofazni sa zemljospojem	2,2
Trofazni	4,5

J. M.

IZ POSLOVNOG UDRUŽENJA PODUZEĆA ZA PROIZVODNJU I PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE SR HRVATSKE

XXXIV. sjednica Upravnog odbora održana 24. XII. 1970. u Zagrebu

Ova sjednica bila je 14. XII. 1970. sazvana za 23. XII. 1970. s ovim dnevnim redom:

1. Informacija o izvještaju »Problematika proširene reprodukcije elektroprivrede SR Hrvatske 1971—1975. godine«.
2. Informacija o izradi elektroenergetske bilance za 1971. godinu.
3. Zahtjev »Elektroprivrede« Zagreb za izmjenu i dopunu ugovora o osnivanju Poslovnog udruženja.
4. Zahtjev za učlanjenje poduzeća »Elektroslavonija«, Osijek, u Poslovno udruženje.
5. Razno.

Kako je u tom razdoblju došlo do naglog pogoršanja energetske situacije, to je na prijedlog predsjednika Upravnog odbora rasprava o predloženom dnevnom redu odgođena, a za ovu sjednicu je ostalo samo

Razmatranje elektroenergetske situacije

Nakon izvještaja o teškoj elektroenergetskoj situaciji, što je prouzrokovalo drastičnu redukciju potrošnje posljednjih nekoliko dana, razvila se opširna diskusija iz koje se moglo zaključiti da je u SR Hrvatskoj do ove izuzetno teške situacije došlo uslijed problema snabdijevanja gorivom termoelektrana, te malih protoka vodovoda i lošeg stanja akumulacija hidroelektrana.

Na sjednici je izabrana grupa u sastavu: Božin Ivo, Novak Vjekoslav, Plander Zdravko i Nadović Henrik, sa zadatkom da Upravnom odboru dade prijedlog zaključaka o ovom problemu.

Nakon što je grupa dovršila svoj rad, i nakon diskusije o iznesenim prijedlozima, Upravni odbor je donio slijedeći

ZAKLJUČAK:

1. Osigurati potrebne količine goriva za puni rad termoelektrana (Sisak, Jertovec, TE Zagreb, TE-TO Zagreb i TE Rijeka), kako bi mogle maksimalno proizvoditi električnu energiju.
2. Maksimalno koristiti sve raspoložive industrijske termoelektrane.
3. Obezbijediti što veći uvoz električne energije iz susjednih republika, kao i iz inozemstva.
4. Pristupiti ograničenju potrošnje električne energije u potpunosti, tvornicama:

   a) karbida — Dugi Rat,
   b) ferolegura — Šibenik,
   c) aluminija — Lozovac,
   d) INA — Kutina.

5. Do kraja ove godine ne treba reducirati distributivnu i ostalu potrošnju, a ako se elektroenergetska situacija ne poboljša (povećanje protoka) početkom nove godine treba pristupiti — pored redukcija navedenih u toč. 4. — redukcijama ostale potrošnje za 10 % na čitavom području SR Hrvatske.
6. Potpisivanje ugovora o međusobnim isporukama električne energije za 1971. godinu, između elektroprivrednih poduzeća u SR Hrvatskoj, i ovih sa »Elektroprenosom« Sarajevo, treba ponovno razmotriti nakon sjednice SIV-a koja će se održati 30. XII. 1970. godine.
   O prethodnim zaključcima izvijestit će se Izvršno vijeće Sabora SR Hrvatske.
7. Osniva se štab pri Birou Poslovnog udruženja, koji će svakodnevno pratiti elektroenergetsku situaciju SR Hrvatske, s tim da svako združeno poduzeće naknadno imenuje svoga predstavnika.

XXXV. sjednica Upravnog odbora održana 24. II. 1971. u Zagrebu

Budući da je rasprava o predloženom dnevnom redu za XXXIV. sjednicu bila odgođena, za ovu sjednicu je predložen slijedeći dnevni red:

1. Rasprava o zahtjevu »Elektroslavonije« Osijek za učlanjenje u Poslovno udruženje poduzeća za proizvodnju i prijenos električne energije. (Referent: direktor Biroa).
2. Informacija o izvještaju »Problematika proširene reprodukcije elektroprivrede SR Hrvatske 1971—1975. godine.« (Referent: Božin Ivo, dipl. ing.).
3. Informacija o izradi elektroenergetske bilance za 1971. godinu. (referent: Hasanbegović Hakija, dipl. ing.).
4. Zahtjev »Elektroprivrede« Zagreb da se izmjeni i dopuni ugovor o osnivanju Poslovnog udruženja poduzeća za proizvodnju i prenos električne energije.
5. Završni račun Biroa Poslovnog udruženja za 1970. godinu. (Referent: Milonja Zvonimir, dipl. eec.).
6. Prijedlog odluke o privremenom financiranju Biroa Poslovnog udruženja za 1971. godinu.

7. Adaptacija dijela kotlovnice poslovne zgrade »Udružene elektroprivrede SRH« u poslovne prostorije. (Referent: Sinković Đuro).
8. Razno.

Prilikom utvrđivanja dnevnog reda predložili su predstavnici »Elektroprivrede« Zagreb, da se točka 1. i 4. skinu sa dnevnog reda, s obrazloženjem da se u elaboratu »Prijedlog za utvrđivanje društvenog položaja i tretmana, te utvrđivanje odnosa i organizacije elektroprivrede u SR Hrvatskoj«, koji je u završnoj fazi izrade, predlažu rješenja odnosa u elektroprivredi Republike, pa da u takvoj situaciji nema potrebe ni smisla raspravljati i odlučivati o pitanjima koja će biti obuhvaćena tim prijedlogom, a izolirano rješavanje moglo bi biti preuranjeno i štetno. S obzirom da je »Elektroslavonija« Osijek kod nadležnog suda provela novu registraciju svog poslovanja, proširivši ga pored dosadašnjih djelatnosti još i na prijenos, razmjenu i kupoprodaju električne energije, predstavnici »Elektroprivrede« Zagreb misle, da je »Elektroslavonija« nepravilno registrirana kao proizvodno-prijenosno poduzeće koje se bavi kupoprodajom električne energije, pa izjavljuju da je njihovo poduzeće stavilo sudu prigovor na ovu registraciju, ali još nije dobilo rješenje.

U vezi s ovim prijedlogom razvila se dulja rasprava u kojoj je bilo ukazano na to, da se zahtjev »Elektroslavonije« može skinuti s dnevnog reda samo onda, ako ga ona sama povuče, jer bi u protivnom, skidanje s dnevnog reda značilo odbijanje zahtjeva.

Pitanje pravilnosti ili nepravilnosti registracije ne može se povezati sa zahtjevom za učlanjenje u Poslovno udruženje, jer se prema postojećim zakonskim propisima u Poslovno udruženje može učlaniti i neka druga privredna organizacija koja to želi. U raspravi je posebno istaknuto da se u prvoj točki dnevnog reda radi samo o primanju ili ne primanju poduzeća »Elektroslavonija« Osijek u Poslovno udruženje, a ne i o stvaranju slavonsko-baranjske elektroprivredne regije. Isto tako se time ne dira u status onih prijenosnih postrojenja na tom području, koja se nalaze u osnovnim sredstvima »Elektroprivrede« Zagreb.

Nakon rasprave, prijedlog o skidanju s dnevnog reda točke 1 odbijen je sa 10 glasova »protiv« i 5 glasova »za«.

Prijedlog o skidanju točke 4 s dnevnog reda prihvaćen je jednoglasno.

Nakon toga prešlo se na raspravu.

Rasprava o zahtjevu »Elektroslavonije« Osijek za učlanjenje u poslovno udruženje poduzeća za proizvodnju i prijenos električne energije

Poduzeće »Elektroslavonija« Osijek, saopćilo je dopisom od 9. XII. 1970. ovom Poslovnom udruženju, da je u skladu sa svojim statutom, odlukama organa upravljanja i zaključcima Osnovne privredne komore Osijek i stavovima i zaključcima ostalih društveno-političkih faktora na području Slavonije i Baranje, o energetsko-ekonomskom objedinjavanju elektroprivrede Slavonije i Baranje, proširilo predmet poslovanja, pa sada pored proizvodnje, distribucije i kupoprodaje električne energije, obavlja još i prijenos i razdiobu električne energije.

Na temelju toga Poslovni odbor poduzeća donio je zaključak da se »Elektroslavonija« Osijek, elektroprivredno poduzeće Slavonije i Baranje učlani u Poslovno udruženje poduzeća za proizvodnju i prijenos električne energije SR Hrvatske.

Istim dopisom zamolilo je da se na idućoj sjednici Upravnog odbora Poslovnog udruženja razmotri zahtjev o učlanjenju i donese odluka.

S obzirom na to da je o ovoj točki vođena opširna rasprava prilikom utvrđivanja dnevnog reda, odmah se prešlo na glasanje o podnesenom zahtjevu. Budući da u raspravi i glasanju o ovoj točki dnevnog reda nisu učestvovali predstavnici »Elektroprivrede« Zagreb, zahtjev »Elektroslavonije« Osijek za primanje u članstvo Poslovnog udruženja usvojen je jednoglasno glasovima preostalih članova Upravnog odbora.

Birou Poslovnog udruženja stavljeno je u zadatak, da provede sve što je potrebno da se realizira ovaj zaključak.

Informacija o izvještaju »Problematika proširene reprodukcije u elektroprivredi SR Hrvatske u razdoblju 1971—1975.«

Ovaj izvještaj izrađen je na osnovi materijala Biroa Poslovnog udruženja: »Osnovni elementi plana razvoja elektroprivrede SR Hrvatske u razdoblju 1971 — 1975. godine«, koji je izrađen na temelju zaključka ovog Upravnog odbora donijetog na XXXIII. sjednici 3. VII. 1970. Kako planovi razvoja udruženih poduzeća još nisu izrađeni nije se mogao izraditi zajednički, usaglašeni plan razvoja proizvodno-prijenosne djelatnosti za razdoblje 1971—1975. godine. Izvještaj je dostavljen svim članovima Poslovnog udruženja a podnijet je i odgovarajućim forumima, tj. Komisiji za energetiku Izvršnog vijeća Sabora SRH, Republičkom sekretarijatu za privredu i Privrednoj komori SRH, a poslužit će i kao osnova za raspravu u Odboru za privredu Izvršnog vijeća Sabora i Izvršnom Vijeću Sabora SRH radi zauzimanja stavova o proširenoj reprodukciji elektroprivrede Hrvatske u budućem planskom razdoblju.

Iz izvještaja proizlazi da su u planskom razdoblju 1966—1970. dovršene elektrane HE Senj, HE Rijeka, TE Plomin, HE Sklope, TE Sisak i rekonstruirana TE Zagreb. Prekoračenja predviđenih ulaganja bila su kod HE Sklope (13 %), TE Plomin (12 %) i TE Sisak (7 %), a rok stavljanja u redovan pogon prekoračen je kod TE Sisak za 10 mjeseci, a kod TE Plomin za 9 mjeseci.

U prijenosne objekte uloženo je 391,3 mln dinara ili za 52 % više od planiranih, dijelom radi određenog proširenja programa izgradnje objekata, a dobrim dijelom radi povećanih troškova izgradnje.

Ukupni priliv sredstava za financiranje izgradnje ostvaren je sa 1.546,5 mln dinara, tj. za 4 % više od planiranog, no unatoč toga pokazao se manjak sredstava u iznosu od 118,5 mln dinara, što će se pokriti kratkoročnim zajmovima i korištenjem garancije banaka.

Potrošnja električne energije u SRH u godini 1970. iznosila je 5.650 mln kWh, a za 1975. godinu planira

se potrošnja od 10.534 mln kWh, koja se temelji na predvidivom trendu porasta potrošnje.

Postojećim elektranama, i onim u izgradnji (HE Orlovac u pogonu početkom 1973. i HE Varaždin u pogonu početkom 1975), ne može se zadovoljiti potrošnja ni u jednoj godini ovog razdoblja, tako da neki potrošači trebaju računati s povremenim ograničenjem potrošnje, a manjak snage i energije treba nabaviti u republikama koje imaju viška snage i energije. No, i viškovi susjednih republika neće potrajati duže, tako da treba do 1980. godine u SR Hrvatskoj izgraditi nove kapacitete i to 320 MW sa ulaskom u pogon početkom 1975., 250 MW početkom 1976. i 300 MW sa ulaskom u pogon početkom 1980. godine. To će biti pretežno termoelektrane i akumulacione hidroelektrane, odnosno nuklearne elektrane. Postoji također mogućnost da se za potrebe SR Hrvatske izgrade termoelektrane na ugljenim bazenima SR BiH i SR Srbije, koje bi pokrivale manjak u SR Hrvatskoj do izgradnje nuklearne elektrane.

Uz pretpostavku da će biti sklopljeni dugoročni ugovori o razmjeni energije i zakupu elektroenergetskih kapaciteta, i ugovori o zajedničkom ulaganju u nove optimalne objekte, predviđa se da će investiciona ulaganja u razdoblju 1971—1975. iznositi oko 3.650 mln dinara.

U izvještaju je, nadalje, iznesen sistem financiranja izgradnje, pri čemu je predviđeno da se osigura tzv. trotrećinski sistem učešća i to podjednako elektroprivreda, zainteresirana ostala privreda i društveno političke zajednice. Za trećinu učešća elektroprivrede treba sredstva osigurati kroz odgovarajući nivo cijene električne energije. Potrošači distribucije i direktni potrošači osigurali bi drugu trećinu kao bespovratno ulaganje, a treću trećinu sačinjavala bi sredstva iz kredita.

Budući da preduvjeti za izneseni sistem financiranja zasada još ne postoje, treba za 1971. godinu utvrditi poseban način financiranja npr. prikupljanjem namjenskog doprinosa po utrošenom kWh. Zakonska osnova za takav doprinos danas ne postoji, no postoji prijedlog za donošenje odgovarajućeg saveznog zakona. Osim toga trebalo bi povesti dogovore s potrošačima o odgađanju vraćanja, ili zajedničkom ulaganju sredstava iz 2 i 2,5 % oročavanja, čime bi se osiguralo daljnjih 100 mln dinara u 1971. godini. Na taj način bi se moglo realizirati ukupno oko 438 mln dinara što bi osiguralo financiranje kontinuiteta izgradnje u 1971. godini do konačnog rješenja sistema financiranja izgradnje elektroenergetskih kapaciteta.

Izvještaj obuhvaća i djelatnost razvoda i distribucije električne energije. Na području SR Hrvatske 7 distributivnih poduzeća snabdijeva oko 1,150.000 potrošača, koji troše oko 73 % ukupne električne energije.

U razdoblju 1965—1970. predviđena potrebna ulaganja u distribuciju iznosila su 1.824 mln dinara, a ostvareno je bilo samo 987 mln dinara, tako da je zaostalo investicija u vrijednosti od 837 mln dinara. Takvo zaostajanje investicija vrlo negativno se odrazuje na kvalitet opskrbe potrošača, što je u izvještaju opširnije prikazano.

Za razdoblje 1971—1975. predviđaju se potrebne investicije u elektroenergetsku opskrbnu mrežu u visini od 2.434 mln dinara pri čemu nisu obuhvaćene zaostale investicije iz ranijeg razdoblja.

Prikupljanje ovih sredstava moguće je jedino povećanjem cijene električne energije za oko 45 %, oslobađanjem distributivnih poduzeća obaveza plaćanja kamata na poslovni fond, osiguranjem kreditnih sredstava prikladnim stimuliranjem kreditora i uvođenjem doprinosa za nove priključke, ili povećanjem priključne snage postojećih.

Povećanje cijena električne energije za potrošače osobito je aktuelno, jer su cijene znatno zaostale za tzv. zavisnim cijenama, što je uzrokovalo zaostajanje elektroprivrednog razvoja za razvojem ostale privrede i onemogućilo da se udovolji potrebama koje uzrokuju stalan porast potrošnje električne energije.

Iznesen je primjer da su naše domicilne cijene za oko 67 % do 104 % niže od inozemnih domicilnih cijena, već prema tome koji se tečaj dolara uzima za osnovu pri uspoređivanju.

Upravni odbor je prihvatio informaciju o izvještaju »Problematika proširene reprodukcije u elektroprivredi SR Hrvatske u razdoblju 1971—1975. godine«, i zaključio:

1. Da se, s obzirom na postojeće teškoće, zadužuju najodgovornije osobe (direktori) poduzeća, da u što kraćem roku izrade, i u okviru Poslovnog udruženja usklade, svoje planove razvoja za razdoblje 1971—1975. godine.
2. Potrebno je ubrzati rad na usklađivanju plana i započimanju izgradnje termoelektrane snage oko 250 MW, koja treba, s obzirom na potrebu konzuma, ući u pogon početkom 1975. godine.
3. U vezi s prethodnim zaključcima, zadužuju se direktori poduzeća da, zajedno sa svojim planerima, prisustvuju sastanku koji se zakazuje za 5. III. 1971. u Rijeci, na kojem će se raspravljati o planu razvoja za razdoblje 1971—1975. godine. Plan za 1971. godinu treba da bude gotov do sastanka, tj. do 5. III. o. g. Na istom sastanku treba usklađivati plan izgradnje za 1971. godinu, jer je to preduvjet za donošenje zakona o sakupljanju sredstava za izgradnju elektroenergetskih objekata.

Informacija o izradi elektroenergetske bilance za 1971. g.

Neka udružena poduzeća izradila su svoje godišnje elektroenergetske bilance na temelju sporazuma o osnovnim kriterijima za donašanje elektroenergetske bilance jugoslavenske elektroprivrede.

Iz tih bilanci proizlaze:

Potrebe električne energije u 1971. godini: GWh

	Rijeka	Split	Zagreb	S R H
Distribucija	911	933	2.918	4.762
Direktni potrošači	44	643	448	1.135
Gubici prijenosa	56	102	174	332
Ukupne potrebe	1.011	1.678	3.540	6.229

U odnosu na 1970. godinu u SR Hrvatskoj se planira ovakav porast potrošnje:

— distribucija	11,2 %
— direktni potrošači	1,0 %
— gubici prijenosa	12,8 %

Proizvodnja električne energije u 1971. godini: GWh

	Rijeka	Split	Zagreb	S R H
Proizvodnja HE	1.000	1.687	647	3.334
Proizvodnja TE	532	—	1.377	1.909
Ukupno HE + TE	1.532	1.687	2.024	5.243

Izrađene su i posebne tablice sa mjesečnom dinamikom za potrebe i proizvodnju u poduzećima i objektima.

Iz utvrđenih potreba i proizvodnje, bilanca udružene elektroprivrede Hrvatske nakon usklađivanja energetskih veličina na sastanku udruženih poduzeća od 15. XII. 1970. u Zagrebu, izgleda ovako:

GWh

	Rijeka	Split	Zagreb	S R H
Ukupne potrebe	1.047	1.691	3.497	6.235
Ukupna proizvodnja	1.532	1.687	2.024	5.243
Manjak	23	125	1.473	992
Višak	508	121	—	—

Iz zbirne bilance poduzeća u posebnoj tablici se vide manjkovi i viškovi po mjesecima. Uočljivi su veliki manjkovi u prvim mjesecima godine, tako da treba očekivati kritične energetske prilike.

Upravni odbor je nakon diskusije i potrebnih objašnjenja prihvatio predloženu informaciju o izradi energetske bilance SR Hrvatske za 1971. godinu.

Završni račun Biro Poslovnog udruženja za 1970. god.

Podnesen je izvještaj o radu i poslovanju, kao i završni račun Biroa Poslovnog udruženja za 1970. godinu, pa je nakon saslušanja potrebnih dopunskih objašnjenja i obrazloženja Upravni odbor jednoglasno prihvatio izvještaj i završni račun Biroa i Uprave poslovne zgrade.

O podnesenom izvještaju o radu Komisije upravnog odbora za studije i unapređenje proizvodnje u 1970. godini, budući da su članovi Upravnog odbora izvještaj primili na samoj sjednici, nije bilo moguće raspravljati, pa je zaključeno da će se na slijedećoj sjednici taj izvještaj razmatrati i tom prilikom utvrditi potrebna sredstva za nove studije u 1971. godini.

Prijedlog odluke o privremenom financiranju Biroa Poslovnog udruženja za 1971. godinu

S obzirom na određene zahtjeve udruženih poduzeća o promjeni načina financiranja nekih službi Biroa Poslovnog udruženja kao i zahtjeva o proširenju broja udruženih članova, što utječe na način sastavljanja financijskog plana Biroa Poslovnog udruženja za 1971. godinu, smatra se da do konačnih rješenja tih pitanja treba osigurati privremeno financiranje poslovanja.

Upravni odbor je nakon rasprave donio slijedeći zaključak:

1. Financiranje poslovanja Biroa Poslovnog udruženja u 1970. godini, do konačnog usvajanja financijskog plana za ovu godinu, obavljat će u mjesečnim akontacijama udruženi članovi, uz obavezu Biroa da do kraja III. 1971. predloži definitivan plan i da se za slijedeću sjednicu članovima Upravnog odbora pravovremeno dostavi.
2. Financiranje rada stručnih službi Biroa Poslovnog udruženja (bez finaciranja studija) omogućit će se na taj način da se utvrđuje mjesečna akontacija u iznosu od 255.000.— dinara, koji će se ravnomjerno raspodijeliti na udružene članove.

Adaptacija dijela kotlovnice poslovne zgrade udružene elektroprivrede SR Hrvatske u poslovne prostorije

Radi potrebe povećanja poslovnog prostora predlaže se preuređenje jednog dijela kotlovnice poslovne zgrade u poslovni prostor, čime bi se dobilo ukupno oko 200 m² poslovnog prostora i to: četiri sobe sa oko 100 m² u suterenu i oko 100 m² u podrumu ispod tih soba za arhivu. Trošak radova oko 250.000.- din.

Upravni odbor je odobrio predloženo preuređenje uz predloženi predračunski iznos od oko 250.000.— dinara. Financiranje će se izvršiti iz sredstava amortizacije poslovne zgrade.

Razno

Pod ovom točkom doneseni su slijedeći zaključci:

1. U komisiju za narodnu obranu Udružene elektroprivrede SR Hrvatske, imenuje se umjesto dosadašnjeg člana Šegvić Mire — novi direktor »Elektroprivrede Dalmacije« Split, ADORIĆ ANTUN, dipl. ing.
2. Na osnovi pisma Savezne privredne komore o ugovaranju transformatora snage iznad 20 MVA iz uvoznih robnih lista, određuje se za predstavnika elektroprivrede Hrvatske CVETKOVIĆ ZORKO, dipl. ing., a za našeg uvoznika poduzeće »Elektroopskrba« Zagreb.

V. Horvat

PROGRAMI RADOVA ENERGETSKIH KOMITETA EKONOMSKE KOMISIJE ZA EVROPU — OUN, ZA RAZDOBLJA 1971/1972. i 1971/1976.

Programe radova[1] Komiteta za ugljen (04), Komiteta za električnu energiju (05) i Komiteta za plin (06), za razdoblja 1970/1971. i 1970/1975, usvojila, je Ekonomska komisija za Evropu na svojem XXV zasjedanju u travnju 1970. Na tom zasjedanju Komisija je donijela i rezoluciju o prioritetnim radovima, što su ih pomoćni organi Komisije trebali preispitati.

U nastavku se prikazuju novi programi radova i prioriteti samo po dijelu programa »specijalnog karaktera« (04.2; 05.2 i 06.2) za razdoblja 1971/1972. i 1971/1976, jer su programi radova »permanentnog karaktera« (04.1. i 05.1.) ostali uglavnom neizmijenjeni.

Komitet za ugljen

04.2. Projekti i aktivnosti specijalnog karaktera. *Program rada za razdoblje 1971/1972.*

Iz područja »tržište ugljena« (04.2.1.) studirat će se tržište koksa i ugljena za koksiranje (prioritet A).

Iz područja »statistike« (04.2.2.- razmatrat će se —Sakupljanje statističkih podataka što se objavljuju u godišnjim i tromjesečnim biltenima (prioritet A); — Formiranje kapitala i troškova proizvodnje u industriji ugljena (prioritet A); — Potrošnja materijala i energije (prioritet B); — Nove ili poboljšane mjere produktivnosti, međunarodno usporedive (prioritet B); — Primjena statističkih metoda koje se upotrebljavaju za kontrolu pripreme ugljena i smjesa određenih za trgovinu (prioritet A); — Usporedba statističkih operacija u raznim industrijama ugljenarstva, osobito što se tiče korištenja elektronske obrade podataka (prioritet A); — Statističke metode mjerenja utjecaja temperature na potrošnju ugljena (prioritet B).

Iz područja »rudarstvo« (04.2.3.)) razmatrat će se slijedeći predmeti: — Tehnološki i ekonomski problemi rekonstrukcije rudnika (o tome će biti riječi na kolokviju što će se održati u Poljskoj, 1971. ili 1972.) (prioritet A); — Optimalizacija cjeline koju predstavljaju termoelektrana, rudnik što je opskrbljuje ugljenom i sredstva za transport ugljena i proizvedene električne energije (prioritet A).

Iz područja produktivnosti i upravljanja (04.2.3./a) razmatrat će se slijedeće: — Sadašnje stanje i perspektive povećanja produktivnosti u industriji ugljena (prioritet A); — Struktura upravljanja u industriji ugljena, njezina efikasnost i razvoj (prioritet A); — Indeksi koncentracije u industriji ugljena (prioritet A); — Podzemna montaža, demontaža i transport mehanizirane opreme radi što efekasnijeg i ekonomičnijeg korištenja (prioritet B); — Korištenje uklinjavanja za potpore (prioritet B).

Iz područja znanstvenog istraživanja u ugljenarstvu (04.2.3./b) predviđeno je da se na slijedećem redovitom sastanku direktora nacionalnih instituta za rudarstvo (ovi se sastanci održavaju svake druge ili treće godine) što će se odžati u Rumunjskoj razmatraju slijedeća pitanja: Aktivnosti nacionalnih znanstvenih rudarskih instituta (prioritet A); — Načela raspravljanja u znanstvenim rudarskim institutima Rumunjske (prioritet A); — Razmjena podataka o znanstvenim, tehničkim i ekonomskim aktivnostima (prioritet A); — Mehanika tla u eksploataciji dnevnih kopova ugljena (prioritet B).

Iz područja »korištenje i priprema čvrstih goriva« (04.2.4.) razmatrat će se: — Korištenje lignita i pokrovnog materijala oslobođenog njegovim iskopom (prioritet A); — Redukcija sadržine sumpora čvrstih goriva (prioritet A); — Sredstva za povećanje produktivnosti koksnih peći (prioritet A); — Priprema ugljena određenog za koksiranje (prioritet A); — Tehnički i ekonomski aspekti novih metoda izrade metalurškog koksa (prioritet B); — Razni aspekti korištenja ugljena (kameni ugljen i lignit) u kemijskoj industriji (prioritet B).

Program rada za razdoblje 1971/1976.[2]

Iz područja »tržište ugljena« (04.2.1.) studirat će se tržište ugljena za koksiranje i koksa (prioritet A).

Iz područja »rudarstvo« (04.2.3.), u vezi s podzemnom eksploatacijom (04.2.3./a), razmatrat će se: — Koncentracija u, i na površini rudnika (prioritet A); — Mehanizacija i automatizacija u rovu (prioritet B), kao i: — Sistemi transporta (prioritet A); — Korištena tehnika za restauraciju izrovanih terena (prioritet B). Iz područja »znanstvena istraživanja u ugljenarstvu« (04.2.3./c), koje se razmatra na Sastanku direktora nacionalnih instituta za rudarstvo, pored uobičajenih razmatrat će se i posebni predmeti.

Iz područja »produktivnost i upravljanje« (04.2.3/d) razmatrat će se: — Indeksi koncentracije u industrijama ugljena (prioritet A); — Sadašnje stanje i perspektive povećanja produktivnosti u industrijama ugljena (prioritet A); — Razvoj produktivnosti transporta u rudniku (osobnog, opreme i proizvoda) (prioritet A); — Mehanizacija i automatizacija bušenja okna (prioritet A); — Postignuti uspjesi u mehaniziranom pokretnom podupiranju (prioritet B); — Sistemi eksploatacije ugljenih naslaga debljine (od 1—2 m) (prioritet B); — Sistemi eksploatacije ugljenih naslaga velike debljine (više od oko 2 m) (prioritet B); — Izbor sistema eksploatacije ugljenih naslaga u funkciji

[1] Ovi programi radova objavljeni su u časopisu »Energija« 7—8/1970.

[2] Program rada iz područja statistike ostaje neizmijenjen tj. onakav kakav je prikazan u Energiji, 7—8/1970.

prirodnih, tehničkih i ekonomskih uvjeta (prioritet B); — Faktori produktivnosti u rudniku velikog proizvodnog kapaciteta (prioritet C); — Struktura upravljanja u industriji ugljena, njezin razvoj i efikasnost (prioritet A); — Metode izrade i sredstva uvođenja integriranog sistema obrade podataka za potrebe upravljanja rudnika i udruženih poduzeća (prioritet A); — Organizacija, metode i kriteriji optimalizacije aktivnosti koja sjedinjuje proizvodnju ugljena i njegovo korištenje (prioritet A); — Metoda i tehnika planiranja računarima, vodeći osobito računa o metodama pred viđanja proizvodnih troškova i cijena prodaje ugljena te izbor kriterija i upotrebljivih metoda u kratkoročnoj i dugoročnoj optimizaciji (prioritet A); — Svrha, efikasnost i metode optimizacije centraliziranih službi unajmljivanja i popravaka rudarske opreme kao i regionalnih skladišta opreme, koji opskrbljuju rudnike i udružena poduzeća (prioritet B); — Kvalifikacije, postojeće i predviđene za budućnost rudara i članova tehničko-znanstvene direkcije industrije ugljena, mogućnost i sredstva za podsticanje ljudi da rade u industriji ugljena (prioritet B).

Iz područja »korištenje i priprema čvrstih goriva« (04.2.4.) razmatrat će se: Razni aspekti korištenja ugljena (kameni ugljen i lignit) u kemijskoj industriji (prioritet A); — Sredstva za povećanje produktivnosti koksnih peći (prioritet A); — Priprema ugljena određenog za koksiranje (prioritet A); — Tehnički i ekonomski aspekti novih metoda izrade metalurškog koksa (prioritet A); — Korištenje ugljena za daljinsko grijanje urbanih aglomeracija (prioritet A); — Priprema ugljena određenog za domaćinstva (prioritet B); — Problemi mehanizacije i automatizacije tvornica za pripremu ugljena (prioritet B); — Priprema lignita prema raznim vrstama njegovog korištenja (prioritet B); — Korištenje otpadaka iz ekstrakcije i potrošnje ugljena (prioritet B); — Perspektive korištenja ugljena za proizvodnju tekućeg ugljikovodika (prioritet B); — Perspektive korištenja ugljena za proizvodnju plina (prioritet B); — Stanje fundamentalnih i primijenjenih istraživanja u vezi s korištenjem ugljena u raznim sektorima ekonomske aktivnosti.

Komitet za električnu energiju

05.2. Projekti i aktivnosti specijalnog karaktera

Program rada za razdoblje 1971/1972.

Iz područja »planiranja i eksploatacija velikih električnih mreža« (05.2.1) razmatrat će se: Dugoročna perspektiva elektroprivrede Evrope (prioritet A); — (o ovom će biti održan kolokvij u proljeće 1972. vjerojatno u Finskoj ili Švedskoj); — Interkonekcija između mreže prijenosa električne energije zemalja istoka i zapada Evrope (prioritet A); — Ekonomski problemi integracije elektrana i jedinica velikih snaga u elektroenergetskim sistemima (prioritet A); — Analiza faktora u vezi s proizvodnjom i transportom koji djeluju na kontinuitet opskrbe električnom energijom velikih električnim mreža (prioritet A); — Stvaranje opterećenja za vrijeme male potražnje električne energije (prioritet A); — Automatizacija dispečerskih centara (prioritet A); — (o ovom će se održati kolokvij 1971. godine u Francuskoj).

Iz područja »elektrane« (05.2.2.), za termoelektrane (05.2.2.A), razmatrat će se: Stečeno iskustvo u eksploataciji termoelektrana s blokovima (kotao-turbina-generator-transformator) nominalne snage 200 MW i više (prioritet A); — Studija problema zagađivanja zraka i vode, buke itd. djelovanjem termoelektrana (prioritet A); — Kombinirana proizvodnja topline i elekritične energije za velike industrijske komplekse i velike urbane aglomeracije (prioritet A); — Studija problema vezanih na transport i odlaganje šljake i pepela iz termoelektrana na ugljen (prioritet B); — Korištenje otpadaka u termoelektranama iz postrojenja za ispiranje ugljena (prioritet B); — Tehnička i ekonomska studija stupnja djelovanja termoelektrana prema različitim ciklusima para-plin (prioritet B).

Za područje »hidroelektrična postrojenja« (05.2.2. B) razmatrat će se: — Poboljšanje metoda projektiranja, izgradnje i eksploatacije hidroelektrana i modernizacija postojećih hodroelektrana vodeći računa o njihovoj ulozi u opskrbljivanju elektroenergetskih sistema (prioritet A); — Stečena iskustva u eksploataciji crpno-akumulacionih sistema (prioritet B); — Metode procjene vršne energije iz hidrauličnih izvora, raspoložive snage, kapaciteta regulacije, itd. radi optimiziranja eksploatacije hidroelektrana (prioritet B); — Bitni faktori koji djeluju na ekonomiku crpne akumulacije (prioritet B).

Iz područja »distribucija električne energije i seoska elektrifikacija« (05.2.3.) razmatrat će se: — Problemi što ih izaziva razvoj instalacija na električni pogon za irigaciju putem raspršivanja (prioritet B); — Tehnička i ekonomska efikasnost korištenja energije u industrijskoj proizvodnji mladica (prioritet B); — Usporedba sigurnosnih propisa, kao i administrativnih propisa za mrežu instalacije, što se primijenjuju u raznim zemljama (prioritet B); Ispitivanje raznih metoda planiraranja, donošenje odluke o financiranju i izvođenju radova za pojačanje distributivnih mreža (prioritet B).

U programu rada predviđeno je da Komitet aktivno učestvuje u rješavanju problema iz područja električne energije što traži međunarodna standardizacija (05.2.4.)

Program rada za razdoblje 1971/1976.

Iz područja »planiranja i eksploatacija velikih električnim mreža« (05.2.1.) prva tri predmeta su ista kao i za razdoblje 1971/1972. Ostali predmeti su: — Ekonomski problemi koji nastaju integracijom nuklearnih elektrana u elektroenergetski sistem (prioritet A); — Stvaranje opterećenja za vrijeme male potražnje električne energije (prioritet A); — Predvidiva rješenja za opskrbu velikih gradova i industrijskih centara električnom energijom (prioritet C).

Iz područja »elektrane« (05.2.2.) predviđa se obrada onih metoda koje se koriste za pokrivanje vršnih opterećenja (prioritet A); — Za »termoelektrane« (05.2.2.-A) razmatrat će se: — Studija problema zagađivanja zraka i vode, buke itd. djelovanjem termoelektrana (prioritet A); — Problemi koji nastaju u vezi s korištenjem pepela (prioritet B); — Automatizacija eksploa-

tacije termoelektrana (prioritet B); — tehničke i ekonomske studije stupnja djelovanja termoelektrana koje djeluju prema različitim ciklusima para-plin (prioritet C); — Kombinirana proizvodnja topline i električne energije za velike industrijske komplekse i velike urbane aglomeracije (prioritet C).

U program rada uvodi se i područje »nuklearne elektrane« (05.2.2.B) i razmatranje predmeta: — Iskustva stečena u eksploataciji nuklearnih elektrana (prioritet A). Za »hidroelektrična postrojenja« (05.2.2.C) razmatrat će se: — Tendencije u planiranju korištenja (za proizvodnju energije) postojećih i novih hidroelektrana s višestrukom namjenom, te korištenje metoda i usvojenih uputa za poboljšanje eksploatacije ovih elektrana (prioritet B); — Razvoj crpno-akumulacionih elektrana (prioritet B); — Mogućnost povećanja hidroelektričnog potencijala sadašnjih i budućih akumulacionih elektrana (prioritet C); — Globalno povećanje efikasnosti hidroelektrana najboljim korištenjem neredovitosti protoka (prioritet C).

Iz područja »distribucija električne energije i seoska elektrifikacija« (05.2.3.) razmatrat će se: — Utjecaj razvoja električnog grijanja u seoskim domaćinstvima, osobito na farmama, na potrošnju električne energije i opterećenje seoskih električnih mreža (prioritet B); — Komparativna analiza primijenjenih metoda za predviđanje potražnje snage i električne energije u seoskom području (prioritet B); — Stupanj sposobnosti opskrbe seoskih mreža i njegov utjecaj na troškove modernizacije i pojačanje ovih mreža (prioritet B); — Najznačajnije elektro instalacije i naprave za termičke procese u poljoprivrednoj eksploataciji (prioritet C); — Definicija stupnja rentabilnosti, s ekonomskog stajališta, zamjene električne energije s ostalim izvorima energije u domaćinstvima i poljoprivredi u sesokom području (prioritet C); — Analiza rentabilnosti, sa stajališta distribucije električne energije, korištenja električne energije za povećanje poljoprivredne proizvodnje, osobito pri elekrifikaciji nekih grana poljoprivredne proizvodnje (prioritet C); — Problemi vezani na korištenje eksploziva u izgradnji seoskih mreža za prijenos električne energije (prioritet C).

Komitet za plin

06.2. Projekti i aktivnosti specijalnog karaktera

Program rada za razdoblje 1971/1972.

Iz područja »korištenje i distribucija plina« (06.2.1.) razmatrat će se: — Korištenje plina za grijanje velikih stambenih cjelina (prioritet A); — Korištenje plina u kemijskoj industriji za proizvodnju čađe, klornih derivata, propilena i bitadijena (prioritet A); — Politika korištenja plina iskorištavanjem vrlo značajnih nalazišta ili ulaskom u pogon jednog plinovoda velikog kapaciteta (prioritet A); — Načini određivanja efikasnosti korištenja plina što se upotrebljava u raznim granama aktivnosti (prioritet A); — Studij problema koji proizlaze konverzijom prirodnom plinu u distributivnim mrežama koje su najprije bile izgrađene za distribuciju gradskog plina (prioritet A); — Direktna redukcija željezne rudače pomoću prirodnog plina (prioritet A); — Korištenje prirodnog plina za žarenje i peletizaciju željezne rudače (prioritet A); — Korištenje plina u pećima za pregrijavanje u siderurgiji (prioritet A); — Tehničke i ekonomske prednosti upotrebe plina u vezi s čovjekovom okolinom (prioritet B); — Ekonomski aspekti sistema distribucije gradskog plina (prioritet B); — Korištenje plina u poljoprivredi (prioritet B).

Iz područja »transporta i stokiranja plina« (06.2.2.) razmatrat će se: — Optimalni stupanj automatizacije i telekomande što se preporučuje u eksploataciji glavnih plinovoda (prioritet A); — Ekonomika transporta plina u interkonektiranim sistemima za distribuciju plina (prioritet B); — Utvrđivanje ekonomskog pritiska za transport plina na velikim udaljenostima (prioritet A); — Ekonomski aspekti transporta plina na velikim udaljenostima putem plinovoda (prioritet A); — Izrada karte mreže za transport plina u Evropi (prioritet A); — Ekonomski aspekti lanca utekućinjenja prirodnog plina i njegovog transporta morem, željeznicom i putom, te njegovog stokiranja u tekućem stanju i njegovog transporta plinovodima (prioritet A).

Iz područja »statistika« (06.2.3.) razmatrat će se: — Harmonizacija statistika plina i općih energetskih statistika (prioritet A); — Uniformizacija upotrebljenih jedinica i objavljenih statistika po sektoru za energiju (prioritet B); — Sakupljanje podataka o podzemnom stokiranju plina radi objavljivanja u Statističkom biltenu za plin (prioritet A).

Iz područja »procjena i eksploatacija rezervi prirodnog plina« (06.2.4.) razmatrat će se: — Izrada međunarodne karte o nalazištima prirodnog plina u Evropi (prioritet A); — Metode za procjenu koeficijenta rekuperacije plina (prioritet A); — Procjena pogrešaka u ocjenjivanju rezervi prirodnog plina (prioritet A); — Ekonomski aspekti eksploatacije nalazišta plina i kondenzata plina (prioritet A); — Sakupljanje i godišnje objavljivanje statističkih i geoloških podataka o rezervama prirodnog plina (prioritet B).

Iz područja »produktivnost u industriji plina« (06.2.5.) razmatrat će se: — Produktivnost rada u sektorima transporta i distribucije u industriji plina (prioritet A).

Program rada za razdoblje 1972/1976.

Iz područja »korištenje i distribucija plina« (06.2.1.) razmatrat će se: — Upotreba plina u mehaničkoj industriji (prioritet A); — Završni procesi u siderurgiji (prioritet B); — Ekonomska korištenja prirodnog plina s velikim postotkom azota (prioritet C); — Upotreba plina u raznim operacijama grijanja opće upotrebe, kao npr. proizvodnja pare s močnim kotlovima, operacije termičke obrade u metalurgiji i mehaničkoj industriji (prioritet A); — Pribjegavanje plinu za pokrivanje ukupnih potreba za energijom u centrima potrošnje (prioritet C); — Ekonomski i tehnički problemi nastali primjenom automatizacije i telekomande u sistemima za opskrbu gradskih centara plinom (prioritet B); — Traženje najboljeg rješenja- s ekonomskog i tehničkog stajališta, u koncepciji i izgradnji mreža za distribujicu plina (prioritet B); — Razne upotrebe plina utekućinjene nafte (prioritet A); — Ekonomski aspekti

korištenja proizvoda za zamjenu prirodnog plina, posebno prirodnog sintetičkog plina (prioritet C).

Iz područja »transporta i stokiranja plina« (06.2.2.) razmatrat će se: — Upotreba nemetalnih cijevi i cijevi iz aluminija za transport i distribuciju plina (prioritet B)[3]; — Problemi koje postavlja unutrašnje oblaganje plinovoda i ekonomski utjecaj ove operacije (prioritet B); — Ekonomski aspekti propisa za materijale koji se upotrebljavaju u izgradnji plinovoda (prioritet A); — Tendencije u vezi s rekompresijom plina (prioritet C); — Podzemno stokiranje plina (prioritet A); — Ekonomski aspekti transporta plina na velike udaljenosti putem plinovoda (prioritet A); — Ispitivanje ekonomskih aspekata korištenja utekućinjenog prirodnog plina (GNL) (prioritet A); — Podmorski plinovi za transport plina (prioritet B).

Iz područja »statistika« (06.2.3.) razmatrat će se: — Analiza međunarodne usporedbe karakterističnih odnosa industrije plina (prioritet B); — Utjecaj klimatskih uvjeta na potrošnju plina, osobito za grijanje stanooa (prioritet B).

Iz područja »procjena i eksploatacija rezervi prirodnog plina« (06.2.4.) razmatrat će se: — Tehnički i ekonomski aspekti rekuperacije plina u nalazištima priobalnog područja (prioritet A); — Odnosi između tehnike produkcije i koeficijenta rekuperacije u rezervoarima za plin (prioritet B); — Odnosi između stupnja optimalizacije jednog rezervoara za plin (prema tehničkim i ekonomskim kriterijima) i rezerve plina (prioritet B).

Iz područja »predviđanja potražnje plina« (06.2.5.) razmatrat će se: — Upotreba računala za predviđanje potražnje plina (prioritet A); — Predviđanje potražnje plina i mjesto koje ona zauzima u općem okviru planiranja opskrbe plinom (prioritet B).

Iz područja »produktivnost u industriji plina« (06.2.6.) razmatrat će se: — Studij produktivnosti rada u nekim područjima koja su usporediva s onima u industriji plina (prioritet A).

Iz područja »pravni aspekti« (06.2.7.) izradit će se: — Studija pravnih aspekata međunarodnog transporta plina (prioritet C).

Iz područja »ostali projekti« (06.2.8.) razmatrat će se: — Dispozitivi daljinskog očitavanja brojila koji se upotrebljavaju u industriji plina (prioritet C); — Razvoj normalizacije u industriji plina (prioritet C); — Primjena tehnike za obradu informacija u području plina i funkcioniranja industrije plina (prioritet C).

Drago Mijić, dipl. ing.

[3] Ispitivanje situacije obavlja se svake treće godine. Prva studija o ovom predmetu objavljena je 1967. pod oznakom: ST/ECE/GAS/23.

TREĆE SAVJETOVANJE O ENERGETSKIM KABELIMA

(Novi Sad od 17. do 19. studenog 1971.)

U Zaključcima donesenim na II savjetovanju o energetskim kabelima i izoliranim vodovima Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRE, koje je održano u Vrnjačkoj Banji mjeseca studenog 1969. godine, prihvaćeno je da se III savjetovanje održi, na osnovi dogovora s »Novosadskom fabrikom kabela«, od 17. do 19. studenoga 1971. u Novom Sadu.

1. Problematika savjetovanja

Problematika energetskih kabela i izoliranih vodova razmatrat će se kao i na ranijim savjetovanjima u okviru šest stručnih grupa i to:

Grupa I — Konstrukcioni problemi kabela

U ovoj grupi obrađuje se problematika vodiča od bakra, aluminija i drugih vodljivih materija, materijal za izolaciju, oblogu, armaturu i plašt kabela. Nadalje se razmatraju konstrukcioni problemi specijalnih kabela kao što su podmorski, rudarski, brodski i sl., kao i mogućnost domaće proizvodnje 110 kV i 220 kV kabela, te primjena novih tipova za gradske distributivne mreže. U ovoj grupi razmatra se, također problematika strujnog opterećenja, korozije i nulte impedance kabela.

Grupa II — Polaganje i spajanje kabela

Iz područja polaganja kabela iznose se iskustva distributivnih i montažnih poduzeća o palaganju u zemlju naročito kod niskih temperatura, mehaničkoj zaštiti podzemnih kabela, polaganju podmorskih kabela i sl.

U vezi sa spajanjem kabela obrađuju se razne metode, alat i pribor. Posebno se razmatraju razni načini spajanja kabela s aluminijskim vodičem.

Grupa III — Eksploatacija kabela

Ova grupa obuhvaća probleme ispitivanja, profilakse i održavanja; toplinske probleme u eksploataciji; probleme kvarova na kabelima; naponske probleme u pogonu i atmosferske prenapone; utjecaje parametara mreže na kabel; iskustva u eksploataciji podmorskih, brodskih, rudarskih i drugih kabela za specijalne namjene.

Grupa IV — Standardizacija i propisi

U ovoj grupi razmatraju se prijedlozi za donošenje standarda i propisa, kako za kabele i izolirane vodove, tako i za spojne elemente, materijal i pribor. Jedno od važnih pitanja je i kontrola kvaliteta.

Grupa V — Ekonomski problemi u proizvodnji i korištenju kabela

S ekonomskog aspekta razmatraju se razni problemi, od izbora tipa kabela, izbora izvedbe trase, pitanje primjene aluminija umjesto bakra, primjena novih izolacionih masa, nove metode spajanja, brzo lociranje i otklanjanje kvarova i sl.

Grupa VI — Problematika izoliranih vodova

U ovoj grupi razmatra se primjena aluminijskog vodiča, novih vrsti izolacije i novih tipova izoliranih vodava i instalacionog materijala kako za vanjsku, tako i unutrašnju montažu u zgradama. Posebno su interesantni novi materijali i pribori vodova za suvremene instalacije u montažnim objektima.

Za ovo predstojeće treće savjetovanje prijavljeno je iz oblasti navedenih grupa preko dvadeset referata naših poznatih stručnjaka iz industrije i eksploatacije. Sa posebnim referatima učestvovat će i nekoliko inozemnih eksperata

2. Učesnici

Interes za do sada održana savjetovanja bio je, u krugu stručnjaka, koji se bave ovom problematikom, vrlo velik. U prosjeku je na svakom do sada održanom savjetovanju, iako razmatra relativno usku problematiku, prisustvovalo preko 300 stručnjaka. Poseban interes su pokazali stručnjaci iz proizvodnje kabela, izoliranih vodova i pribora, a među korisnicima elektrodistribucija, elektroinstalaterska i montažna poduzeća, industrijski, metalurški, rudarski i ostali pogoni, željeznički i pomorski saobraćaj, luke, skladišta i sl.

Upisnina za ovo savjetovanje iznosi po učesniku d 800.— (osamstotina), a uplaćuje se na žiro račun JUNAKO CIGRE, Zagreb, Berislavićeva 6/I. br. 301-8-2049 sa naznakom »za III. savjetovanje«.

Uplatom upisnine učesnik stječe pravo na prisustvovanje i učestvovanje u radu stručnih sekcija, na jedan komplet referata, kao i na ostale materijale o stručnom radu savjetovanja.

Sve daljnje informacije zainteresiranima daje JUGOSLAVENSKI, NACIONALNI KOMITET CIGRE ZAGREB, Berislavićeva 6/I., telefon 423-002.

Generalni sekretar:
Dipl. ing. Herman Mattes

MEĐUNARODNA SURADNJA NA IZRADI EKONOMETRIJSKIH MODELA ZA PODRUČJE ENERGIJE

Na XXV. zasjedanju Ekonomske komisije za Evropu — OUN, travnja 1970, zaključeno je da se pristupi razmatranju cjelovite energetske situacije u Evropi pomoću ekonometrijskog modela evropske energetske ekonomike.

Na temelju ovog zaključka Sekretarijat je kao prvu studiju o ovom predmetu izradio izvještaj (naslov izvještaja je: *»Ekonometrijski modeli iz područja energije«*, a oznaka izvještaja je: Energy/12, odnosno, najnovije izdanje: Energy/12/Rev. 1.) i podnio ga na razmatranje pomoćnim organima Komisije koji se bave energetikom tj. Komitetu za ugljen, Komitetu za električnu energiju i Komitetu za plin. Spomenuti Komiteti povoljno su ocijenili i preporučili da se kompletira sa monografijama iz pojedinih zemalja, te izrazili potrebu međunarodne suradnje između specijalista u ovom području o raznim »tehničkim« pitanjima koja predstavljaju poteškoće u izradi ekonometrijskih modela uopće, a posebno u izradi jednog ekonometrijskog modela evropske energetske ekonomike kod postojanja heterogenih nacionalnih energetskih ekonomika. S tim u vezi sve su delegacije u energetskim komitetima pozdravile izjavu delegacije SSSR-a u Komitetu za ugljen, da je Vlada SSSR-a spremna organizirati u 1972. godini kolokvij o ekonometrijskim modelima u području energije.

Ekonometrijski modeli za područje energije relativno su novijeg datuma. Oni su se počeli izrađivati spoznajom pomoći koju nudi ekonometrija, ta posebna kombinacija prilagođene ekonomike, statistike i matematike, i primjera računala. Prethodni uvjeti za izradu kompleksnih ekonometrijskih modela energetske ekonomike bili su definirani u nekim evropskim zemljama krajem pedesetih godina ali je realizacija izrade tih modela bila zakočena teškim prihvaćanjem nove metodologije a i zbog samih troškova. Novi su poticaji bili potrebni i oni su dani u nekim zemljama sredinom šezdesetih godina. Ovi su poticaji bili u principu različiti u istočnoj Evropi i u zapadnoj Evropi. Pojednostavljeno iznijeto, za neke zemlje zapadne Evrope poticaji su se sastojali u reakciji protiv nesposobnosti tradicionalnih metoda da predvide značajne promjene u kompoziciji ponude energije (nafta prema ugljenu) počevši od 1958. godine, a za neke zemlje zapadne Evrope poticaj je bila nesposobnost ekonomskih analiza da se definiraju efekti raznih mjera politike. U zemljama istočne Evrope poticaj je došao spoznajom da dugoročno planiranje treba obuhvatiti optimizaciju cjelovitog energetskog sistema a ne samo pojedine uređaje, nosioce energije ili tehnike.

Modeli za razne vidove energije, ili za razne energetske probleme, bili su postavljeni ranije, ali prvi ekonometrijski modeli cjelokupne energetske ekonomike pojavili su se oko 1968. godine. Već 1962. godine izrađen je model za područje energije u Nizozemskoj (*Een sectormodel van het energie verbruik«* od A. I. Middelhoek-a). U SSSR-u je od 1962. godine započelo studiranje problema utvrđivanja matematskih modela za sektor energije. Prvi model izgrađen je 1963. godine a usavršena verzija koja je dovršena 1964. godine, predmet je sistematskog korištenja, kako na polju istraživanja, tako i u praksi. Radovi o izrađenim modelima u SSSR-u bili su objavljeni u raznim monografijama i člancima (*Metode upotrebe računara za energetske proračune«*, izdanje »Nauka«, 1964., »Određivanje, na računaru, buduće strukture energetske bilance«, časopis »Teploenergetika« br. 5, 1962.; *»Matematski model za planiranje razvoja energetske ekonomike«*, časopis »Izvjestija« Akademija nauka SSSR, Energija i transport br. 3, 1964.).

U 1970. godini, dovršavaju se, pa i koriste, modeli u Kanadi (*»Regional model of the energy sector of the canadian economy«* J. C. Debonné-a i E. R. Peterson-a, Ottawa); u ČSSR-u (*Problemi predviđanja po-*

trošnje energije u ČSSR-u, D. Vaverke i V. Simuneka); u SR Njemačkoj *(Eine langfristige projektion des energieverbrauchs in BRD«,* Vierteljahreshefte zum Wirtschaftsforschung, Heft 3/1970); u Francuskoj *(»La prévision de la demande dans le secteur de l'energie«* C. Destival-a, J. Brell-a, N. Cojan-a, J. Lepid-a, J. Lacoste-a, objavljeno u izvještaju — VII svjetske konferencije za energiju, Moskva 1968); u DR Njemačkoj *(»Das modell der planung und leitung zur verwirklichung des ökonomischen systems des socialismus in der energiewirtschaft* H. J. Beckmann-a KDT i *»Das mehrjahresmodell zur optimierung der strukture der energiewirtschaft und seine anwendung in permanentem prognoseprozess«* P. Hedrich-a KDT, Leipzig, Energietechnik, 19 Ig. Heft 6, 1969.); u Švedskoj *(»Energy requirements and resources in sweden* 1955—1985« BO Aler-a, L. Hanson-a, L. Lingstrand-a, A. Lönnquist-a, objavljeno u izvještaju — VII svjetske konferencije za energiju i *»Long-term planning in ece countries,* Econ. advisers 1969/Conf. 19) i u Ujedinjenom Kraljevstvu *(The statistical basis to national fuel policy«* C. i K. Forster-a, Aldon Press, Oxford 1969. i *»An integrated mathematical model of the fuel economy«* C. i K. Forster-a i I. J. Whitting-a, Ministry of Power — Statistical News, br. 3, 1968).

U Rumunjskoj su neki radovi započeti 1966. godine *(»Metode za prethodnu procjenu energije potrebne industriji upotrebom matričnog računa«* A. D. Dimitrescu, M. Elefterescu i S. Kovacs-a, časopis Elektrotehnika i energetika, svezak 12, br. 4, Bukurest 1967), a u Bugarskoj su trebali započeti u 1970. ili 1971. godini *(Direktive u vezi razvoja energetske industrije i usavršavanja energetske bilance NR Bugarske* i *»III. razrada optimalne energetske bilance i najracionalnije korištenje pojedinih vidova energije).* U Poljskoj, formiranjem Istraživačkog instituta za energetska pitanja u 1969. godini, postavljen je kao primarni zadatak izrada projekcije modela energetske ekonomike do 1985. godine.

Napokon, izgleda da se i u Jugoslaviji pokrenuo ovaj predmet izradom idejnog projekta *»Studije kompleksne energetike Jugoslavije«.*

Sovjetski i kanadski modeli, te model Vlade Ujedinjenog Kraljevstva, globalnog su karaktera, detaljno su obrađeni i određeni su da služe za donošenje odluka i izradu dugoročnih projekcija vodeći računa o ponudi i potražnji raznih vidova energije.

Modeli izrađeni u SR Njemačkoj, u Nizozemskoj i u Engleskoj(tzv. Kembridžski model) vode računa samo o potražnji i nisu detaljno obrađeni.

Švedski model zapravo i nije model, već prije studija faktora koji dugoročno djeluju na potrošnju energije.

Drago Mijić, dipl. ing.

40 GODINA ELEKTROTEHNIČKOG VJESNIKA

U listopadu 1931. počeo je u Ljubljani izlaziti Elektrotehnički vjesnik, a izdavala ga je Stručna zadruga koncesioniranih elektrotehničara. Treba se diviti smjelosti osnivača, koji su u tadašnjim skromnim prilikama i usred velike privredne krize našli sredstva i smisao za svoj stručni časopis. Ispravno su zaključivali da je uspjeh u elektrotehnici moguć jedino stalnim prosvjećivanjem i usavršavanjem, što najbolje omogućava dobro, stručno glasilo.

Vjesnik je manje-više redovno izlazio, doduše u skromnom formatu i obimu, no njegov sadržaj bio je iz godine u godinu bolji. Za vrijeme rata, zbog okupacije naše domovine, revija je prestala izlaziti, a to je uzrok da prigodom 40-godišnjice izlaženja nemamo također 40. godište.

Neposredno poslije Oslobođenja, kao zamjena za godine za vrijeme rata, izašao je u obliku knjige Elektrotehnički zbornik. Tada je također nastupio kao novi urednik pokojni profesor Roman Poniž, pa je godine 1946. revija ponovo počela redovno izlaziti, ali u većem opsegu i u formatu, koji ima još i danas. Pod rukovodstvom novog, veoma agilnog urednika revija se je brzo afirmirala u Jugoslaviji i u inozemstvu. Godine 1947. počelo je izlaziti također usporedno hrvatskosrpsko izdanje, pa je Elektrotehnički vjesnik postao glasilo jugoslavenskih inženjera i tehničara.

Posebnost Elektrotehničkog vjesnika su brojne zamjene s domaćim, i, naročito, inozemnim stručnim revijama, kojih je sada skoro 400, to jest gotovo sve elektrotehničke revije svijeta. Ova zamjena je imala veliku vrijednost osobito u onim poslijeratnim godinama, kada su devize za stranu naučnu i stručnu periodiku bile nedostižne.

U pedesetim godinama Elektrotehnički vjesnik se je odlikovao izvrsnim teoretskim člancima profesora Koželja, koji su kao inozemni prilog obično bili prevedeni na jedan strani jezik i u svijetu izazivali pažnju. Na žalost, taj je razvoj bio 1968. teško pogođen smrću urednika profesora Poniža i uskoro zatim smrću stalnog suradnika profesora Koželja.

Novom uredniku je uspjelo održati reviju na njenom tradicionalnom nivou, a pomoću novih suradnika nastoji reviji dati više praktičnog sadržaja, direktno upotrebljivog i zanimljivog za elektrotehničare u industriji i elektroprivredi. Od 1968. izdavač Elektrotehničkog vjesnika je Elektrotehniška zveza Slovenije.

40 godina je lijep jubilej za stručnu elektrotehničku reviju i u svjetskom mjerilu. U Jugoslaviji je Elektrotehnički vjesnik najstarije elektrotehničko glasilo.

U listopadu ove godine, prigodom 40- godišnjice, izaći će posebni broj, u kome će biti prikazan razvoj revije od 1931. do danas. Tom prilikom će se održati svečana sjednica uredničkog odbora, kao i više drugih javnih manifestacija.

»ELEKTRA« – ZADAR

Pogon poduzeća za distribuciju električne energije »ELEKTRODALMACIJE«

DISTRIBUIRA I PRODAJE:

električnu energiju:

IZRAĐUJE:

osnovne projekte za elektrifikaciju svojeg područja, programe investicione izgradnje, projekte dalekovoda, transformatorskih stanica i mreže niskog napona.

IZGRAĐUJE:

trafo-stanice, dalekovode i električne mreže

POPRAVLJA I ISPITUJE:

transformatore, rasklopne aparate i mjerne uređaje visokog i niskog napona.

»ELEKTRA« — ZADAR

JUGOSLAVENSKE ARMIJE 8
TELEFON 21-83

PREFABRICIRANA BETONSKA TRANSFORMATORSKA STANICA 10/0,4 kV do 630 kVA

Tvornica el. uređaja u Sesvetskom Kraljevcu poduzeća »Rade Končar«, isporučuje prefabricirane transformatorske betonske stanice koje su se pokazale veoma pogodne i naišle na vrlo veliki interes. Stoga u kratkim crtama iznosimo njezina svojstva.

Kućište transformatorske stanice izrađeno je iz laganog betona s povećanom toplotnom izolacijom. Na mjesto ugradnje doprema se u elementima i tu se jednostavnim postupkom sastavlja.

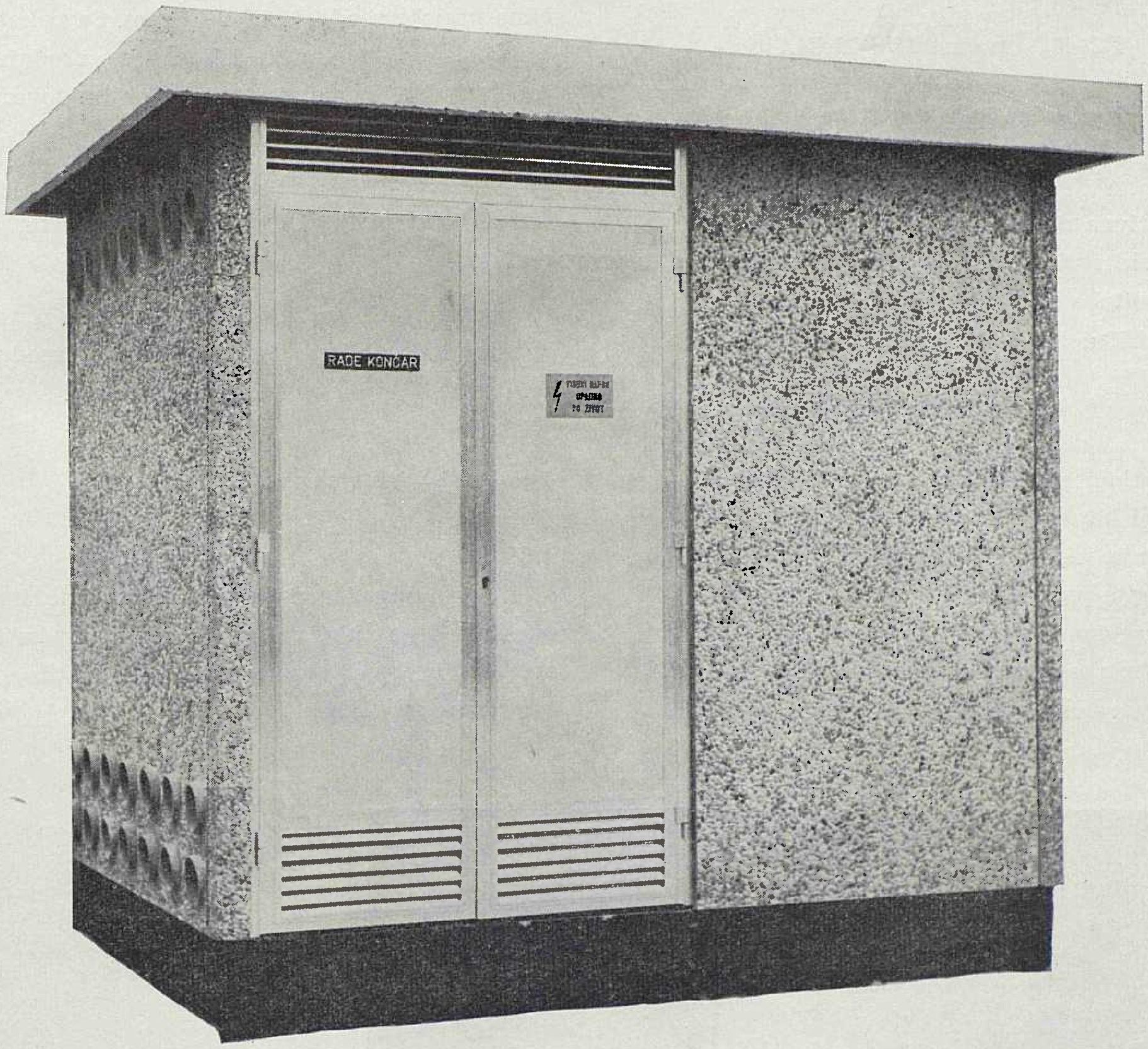
Zidovi su pojačani čeličnom armaturom koja je međusobno zavarena i spojena za zaštitno uzemljenje.

Sklapanje na visokonaponskoj strani vrši se sklopnim blokom Magnefix. Standardni sklopni blok sastoji se od dvije rastavne sklopke za vodna polja i od jedne rastavne sklopke s osiguračima za transformatorsko polje. Na zahtjev se sklopni blok može proširiti. Priključci su kabelski s maksimalnim presjekom 3×150 mm². U transformatorsku stanicu se ugrađuju standardni serijski transformatori proizvodnje »Rade Končar« tipa Tn 12, snaga od 315 do 630 kVA.

Stanica ima sedam kabelskih odvoda do 400 A i dva odvoda za javnu rasvjetu. Struja se mjeri s tri maksigraf ampermetra, a napon jednim voltmetrom s voltmetarskom preklopkom. Ugrađeni strujni transformatori omogućuju mjerenje ukupne energije kao i potrošak javne rasvjete. Na zahtjev se mogu isporučiti i druge izvedbe niskonaponskog sklopnog bloka.

Transformatorska stanica ima slijedeće karakteristike:

— Stanica je potpuno prefabricirana, tako da su radovi na mjestu postavljanja minimalni. Primjenom laganog betona, aluminijskih vrata, te hladnim cinčanjem unutarnjih čeličnih nosača, postigla se visoka klimatska postojanost, čime je održavanje svedeno na najmanju mjeru.
— Smanjenjem dimenzija visokonaponskog i niskonaponskog sklopnog bloka dobila se stanica malih dimenzija. Mala tlocrtna površina od 6 m² olakšava pronalaženje lokacije za smještaj u gusto naseljenim područjima.
— Koncepcija zgrade i opreme je takva da se mogu ugraditi transformatori snage od 315 do 630 kVA, što omogućuje povećanje snage transformacije u skladu s porastom potrošnje.
— Lijepi vanjski izgled omogućuje lako uklapanje transformatorske stanice u različite ambijente.



»RADE KONČAR«
PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE OPREME,
PROJEKTIRANJE I MONTAŽU POSTROJENJA — ZAGREB

ELKA

TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA ZAGREB — JUGOSLAVIJA

TELEFONSKI KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIČNIM MASAMA

»Elka je potpuno usvojila proizvodnju najkvalitetnijih telefonskih kabela za centrale, telefonskih razvodnih (instalacionih) kabela, telefonskih kabela za mjesne mreže, i telefonske montažne i instalacione žice.

KABELI I VODOVI IZOLIRANI PVC-OM

Za centrale i signalne uređaje izrađuje ove tipove kabela sa izolacijom i plaštem od PVC-a:

TC-40 i
TC-46 prema JUS M.C4.140

Osnovne izmjerene karakteristike izolacije ovih kabela su:

Relativna dielektričnost	$\varepsilon' = 4$
Dielektrični faktor gubitaka	$tg\delta = 0{,}08$
Specifični izolacioni otpor	$r = 10^{15}\Omega$ cm

Osnovne izmjerene karakteristike gotovog kabela su:

Izolacioni otpor min.	R = 500 MΩ km
Radni kapacitet max.	C = 90 nF/km
Srednja kapacitivna veza	$C' \leqq 150$ pF/500 m
Gušenje preslušavanja	a = 8 nepera
Dozvoljena temperatura kabela u upotrebi	— 20° C do 70° C
Temperatura polaganja	— 5° C do 50° C.

Kabeli TC-40 i TC-41 proizvode se u konstrukcijama od 5 do 50 parica, trojki i četvorki s promjerima vodiča 0,5 i 0,6 mm.

Telefonski razvodni instalacioni kabeli

TR-40, prema JUS N. C4. 240.

Minimalni izolacioni otpor je 200 MΩ km, a maksimalni radni kapacitet 100 nF/km. Proizvodi se u konstrukcijama od 5 do 50 parica, trojki i četvorki s vodičima promjera od 0,5, 0,6 i 0,8 mm. Ovaj kabel se upotrebljava za telefonske i signalne uređaje u suhim prostorijama, za polaganje u cijev i zidove.

Telefonska montažna žica

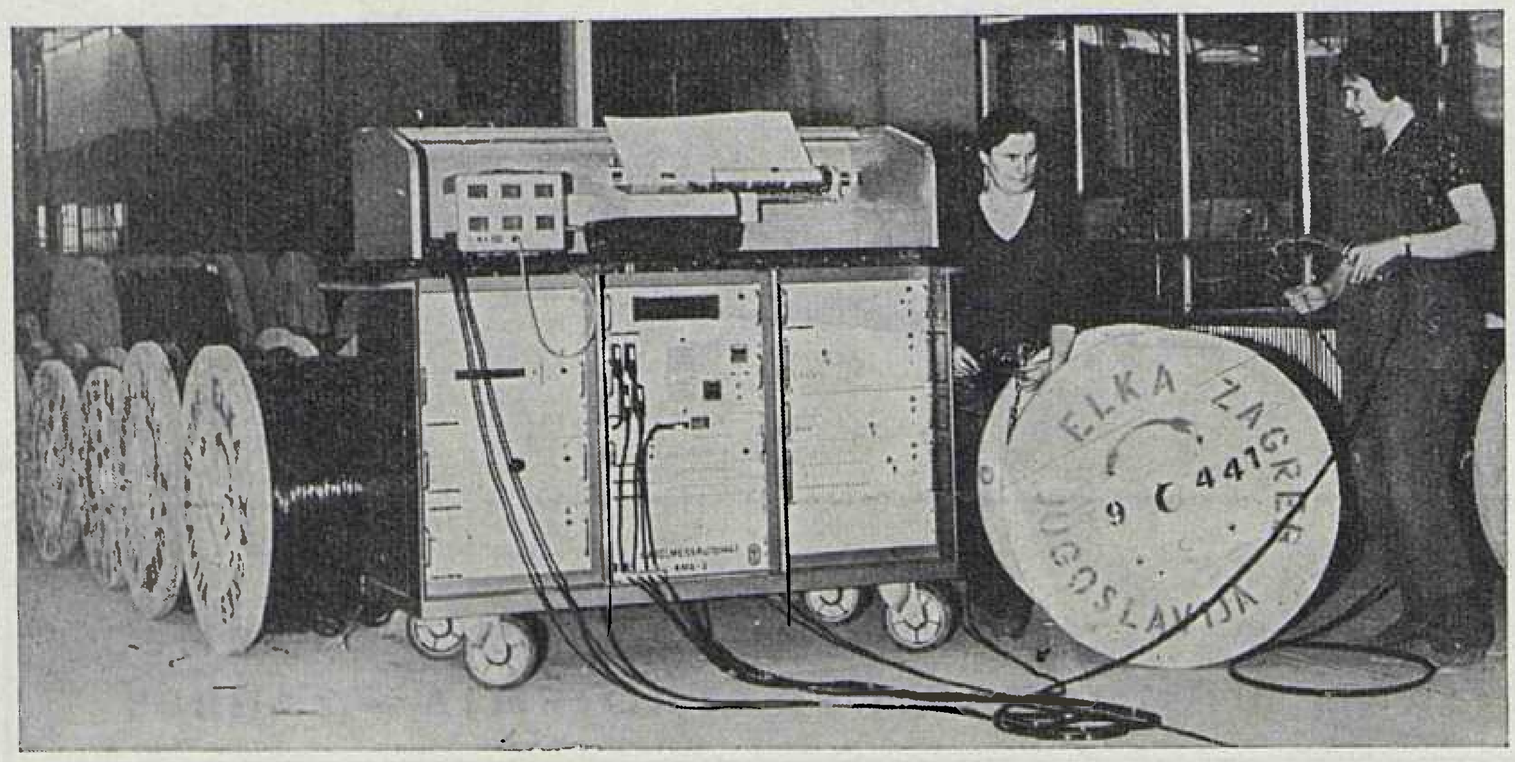
TM-20, jednobojna, dvobojna ili použena u snop od pet žica,

upotrebljava se za unutrašnje veze u telekomunikacionim uređajima i aparatima i za međusobno povezivanje telekomunikacijskih uređaja.

Telefonska instalaciona žica

TI 20,

upotrebljava se za telefonske kućne instalacije u cijevima i po zidu, za priključak zvučnika i signalnih uređaja, za ranžiranje glavnih kabelskih razdjelnika i međurazdjelnika.



Ispitivanje telefonskih kabela na najsuvremenijem uređaju tipa kabelmessautomat

GOD. 20 (1971) energija BROJ 9—10

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

NUKLEARNA ELEKTRANA KRŠKO

Danilo Feretić, Zagreb

Na temelju analize elektroenergetskih prilika u zapadnom dijelu Jugoslavije do 1982. obrazložen je izbor lokacije i veličine buduće nuklearne elektrane u Kršku. Izneseni su problemi u vezi s izgradnjom i pogonom, kao i preliminarna ocjena ekonomičnosti.

DK 621.311.25

Uvod

Sjeverozapadno područje Jugoslavije je energetski deficitarno. Mogućnosti izgradnje većih i rentabilnih kapaciteta na osnovi klasičnih energetskih izvora su vrlo ograničene. Nalazišta ugljena u SR Sloveniji omogućavaju daljnju izgradnju termoelektrana od nekoliko stotina MW, a u SR Hrvatskoj daleko manje. Nalazišta nafte i plina su također, sa stajališta upotrebe u energetici, veoma skromna. Daljnja mogućnost izgradnje povoljnih hidroizvora na području SR Hrvatske i SR Slovenije ne može osigurati pokriće konzuma. U takvoj situaciji elektroprivredne organizacije obih republika odlučile su se, da bi podmirile sve veće potrebe za energijom, za ove pravce razvoja:

— izgradnju vlastitih vršnih elektrana (akumulacione HE, plinska TE)
— prijenos energije i izgradnju termoelektrana na području SR BiH i SR Srbije
— izgradnju nuklearnih elektrana za pokriće temeljnog opterećenja.

Nuklearne elektrane s lakovodnim reaktorima u pogonu i izgradnji:

Reaktori za NE u svijetu (stanje 1970)

Vrsta reaktora	Ukupno		U pogonu		U gradnji ili naručeno	
	Broj	MW_{el}	Broj	MW_{el}	Broj	MW_{el}
Lakovodni reaktori (LWR)						
— tlačni (PWR)	91	63.100	12	3.100	79	60.000
— ključajući (BWR)	71	46.150	19	4.150	52	42.000
Teškovodni reaktori (HWR)						
D_2O/D_2O	13	3.335	4	285	9	3.050

Razvoj nuklearnih elektrana u svijetu pokazuje da takvi objekti po svojoj ekonomičnosti i pogonskoj pouzdanosti ne zaostaju za klasičnim energetskim izvorima. Naprotiv, proračuni rentabilnosti redovito ukazuju na kompetitivnosti nuklearnih elektrana kada se radi o većim snagama.

Energetska osnova izgradnje NE

Predviđeni konzum u SR Hrvatskoj i SR Sloveniji za 1975, 1978. i 1982. god.:

	Ukupna energija GWh	Konstantna energija GWh	Maksimalna snaga MW
1975. godine			
SR Slovenija	7.701	5.902	1.238
SR Hrvatska	8.700	6.620	1.476
SR Slovenija + SR Hrvatska	16.401	12.522	2.714
1978. godine			
SR Slovenija	9.535	7.249	1.546
SR Hrvatska	10.800	8.039	1.875
SR Slovenija + SR Hrvatska	20.335	15.288	3.421
1982. godine			
SR Slovenija	12.529	9.421	2.051
SR Hrvatska	14.400	10.476	2.560
SR Slovenija + SR Hrvatska	26.929	19.897	4.611

U Institutu za elektroprivredu u Zagrebu i Energoprojektu u Beogradu je izrađena Studija optimalne strukture budućih energetskih izvora za pokriće konzuma sjeverozapadnog dijela Jugoslavije do 1985. godine.

Optimalna struktura budućih energetskih izvora, koja je učinjena za uvjet minimalnih aktualiziranih troškova u sistemu, određuje slijedeće instalirane snage nuklearnih elektrana:

do 1975. 542 MW
do 1978. 1198 MW
do 1982. 2551 MW.

Rezultat pokazuje, da bi optimalna struktura budućih elektroenergetskih izvora zahtijevala izgradnju veće instalirane snage NE, nego što će to u praksi biti moguće.

Ista studija daje i prosječna vremena iskorištenja instaliranih snaga klasičnih i nuklearnih elektrana:

	Klasične TE	*Nuklearne TE*
1975.	4.530	7.410 sati/god.
1978.	4.340	7.100 sati/god.
1982.	3.350	7.000 sati/god.

Rezultat pokazuje da elektroenergetski sistem omogućuje smještaj nuklearnih elektrana u osnovni dio dijagrama opterećenja, a da pri tome i Klasične termoelektrane u sistemu rade s dovoljnim iskorištenjem svojih instaliranih snaga.

Iz prethodnog se može zaključiti da se izgradnjom elektroenergetskog sistema zapadnog dijela SFRJ otvara mogućnost uključenja nuklearnih elektrana u sistem iza 1975. godine. U usporedbi s preostalim konvencionalnim potencijalom za izgradnju elektroenergetskih izvora, Ne Krško je povoljnije rješenje, pa je njezina izgradnja opravdana.

Posebna je pažnja posvećena izboru optimalne veličine agregata NE. Poznato je, da ekonomičnost izgradnje NE bitno ovisi o instaliranoj snazi (više nego kod klasičnih TE). Danas se smatra da se konkretnost nuklearne elektrane s klasičnim termoelektranama ne može postići za instalirane snage manje od 400 MW.

Institut za elektroprivredu razradio je metodu za određivanje optimalne veličine agregata, uz analizu svih relevantnih faktora (investicije, rotirajuća rezerva, remont, troškovi goriva i sl.). Rezultat studije pokazuje da je za sjeverozapadno područje Jugoslavije oko 1980. godine optimalna veličina agregata reda 600 MW.

Lokacija nuklearne elektrane

Područja Zagreba i Ljubljane sasvim sigurno spadaju u najkoncentriranija i najintenzivnija konzumna područja električne energije u Jugoslaviji. Nadalje, ova su područja danas, posebno Zagreb, izrazito deficitarna električnom energijom, pa lokacija nuklearne elektrane u Krškom između ova dva područja, predstavlja posebno povoljnu lokaciju.

U pogledu veze elektrane s mrežom, odnosno elektroenergetskim sistemom Jugoslavije, predviđeno je da se NE Krško veže na mrežu s dva dalekovoda 400 kV i to jednim na TS 400 kV Ljubljana, a drugim na TS 400 kV Zagreb. Spomenute dvije transformatorske stanice predstavljaju značajna čvorišta u superponiranoj 400 kV-noj zamci Jugoslavije, pa se ovo rješenje može smatrati povoljnim.

Mikrolokacija Ne se nalazi oko 4 km jugoistočno od Krškog, na nadmorskoj visini 155,2 m, na lijevoj obali Save.

Aluvijalne naplavine Krškog polja, koje su na području lokacije debele od 8,2 do 11,7 m, leže na podlozi mlađeg tercijara. Aluvijalne naplavine su jako propusne, te je nivo podzemne vode u blizini korita direktno ovisan o nivou Save. Tok strujnica podzemne vode presjeca Sava, pa će eventualni otpaci u podzemnu vodu doći u Savu. Na lijevoj obali Save nema ni jednoog korisnika podzemne vode, a na desnoj obali, i to uzvodno od lokacije, su crpilišta podzemne vode za vodovod.

Lokacija spada u VIII. potresno područje po MCS skali.

Prosječni minimalni protok Save je 70 m^3/sek, maksimalni protok je 3053 m^3/sek. Kota katastrofalno visoke vode je 154,50 m n. m. Izabrana kota platoa elektrane je na visini 155,20 m n. m.

Područje Krškog polja je dobro zračeno, prevladavaju zapadni vjetrovi, dok se razdoblja bez vjetra javljaju rijetko.

Ocjena lokacije u pogledu demografije je napravljena po engleskim metodama i spada u prvorazredne lokacije. Također po američkim kriterijima za izbor lokacije za elektranu velikih snaga, lokacija Krško ispunjava osnovne uvjete.

Glavni transport moguć je željeznicom do stanice Videm-Krško i dalje kolosjekom tvornice celuloze. Cestovna veza je preko postojećeg mosta u Krškom na autoput Zagreb — Ljubljana.

Zaštita okoline nuklearne elektrane od radiološkog zagađenja

Odbacivanje radioaktivnih čestica u okolici pri normalnom pogonu nuklearne elektrane je za razne tipove nuklearnih reaktora određeno u zajedničkoj studiji Energoprojekta, Beograd, i Instituta »Jožef Štefan«, Ljubljana, s naslovom »Dosadašnja iskustva i analiza pogonske sigurnosti komercijalnih nuklearnih elektrana«, poglavlje 4, od jula 1970. g. Iz te studije proizlazi, da se kod elektrane 500 MWe, sa reaktorom PWR, odbacuje dnevno u atmosferu 0,1 Ci* internih plinova (Ar^{41}, N^{13}, Kr, Xe), 3 x 10^{-9} Ci halogena i aerosoli (I^{131}, Sr^{90}, Cs^{137} itd), te zanemarivo malo tricijevog oksida. U tekućim efluentima dobijemo najviše 3—8 Ci tricijevog oksida i 10^{-9} ... 10^{-2} Ci korozivnih i erozivnih produkata dnevno. Vrijednosti u slučaju elektrane snage 600 MWe i tipa reaktora PWR nisu mnogo veće. Onečišćenje okolice je također u slučaju normalnog pogona elektrane manje od prirodnog radioaktivnog zagađenja i dosadašnje kontaminacije terena s raspadnim produktima nuklearnih eksplozija.

Pored minimalnog odbacivanja pri normalnim pogonskim uvjetima potrebno je utvrditi, da i u primjeru pogonskih incidenata ne dođe do prekomjernog odbacivanja radioaktivnih čestica u okolinu. Kod manjih nezgoda na pojedinim komponentama nuklearnog sistema, koje mogu biti relativno česte, su sve radioaktivne čestice ograničene na primarni rashladni krug i ne predstavljaju opasnost za pogonsko osoblje, a još manje za okolicu.

* ci = curie, jedinica radioaktivnosti

Radi sigurnosnih sistema koji postoje, veće su nezgode na nuklearnom sistemu malo vjerojatne i vrlo rijetke. Najveća nezgoda bi se dogodila u slučaju loma cijevi u rashladnom krugu reaktora. Da se ublaže posljedice takve nezgode reaktor je opremljen:

— sistemom za brzo zaustavljanje
— prisilnim hlađenjem jezgre
— sistemom za smanjivanje tlaka
— zaštitnom oblogom
— sistemom filtera.

Radi što veće pouzdanosti neki od spomenutih sistema su udvostručeni, ili čak trostruki. Vjerojatnost nastupa nezgode i istovremenog otkazivanja jednoga ili više sigurnosnih sistema za sprečavanje posljedica nezgode je na današnjem stupnju reaktorske tehnike veoma mala, no, uz do sada ostvaren broj godina pogona nuklearnih elektrana, nije moguće i iskustveno potvrditi navedeni tehnički ocijenjeni stupanj vjerojatnosti. Ispitivanja i analize nezgoda teže kategorije, koje su se već dogodile, govore da uz dobro održavanje sigurnosnih sistema ne treba očekivati veće količine radioaktivnih čestica u okolici od onih koje predviđaju međunarodne norme za radioaktivne količine u slučaju jednokratnog zračenja.

Radioaktivna mjerenja okolice

U uvjetima svih odbacivanja radioaktivnih čestica u okolicu vršit će se mjerenja i nadzor radioaktivnosti okolice i zapisnici o količinama i vrstama radioizotopa bit će na raspolaganju sanitarnim inspektorima.

Na taj način će neposredna okolica i sve vode u okolici, a prije svega rijeka Sava, biti pod stalnim nadzorom, koji će početi prije izgradnje.

Time će biti omogućen pravilan nadzor nad radioaktivnošću i izbor optimalnih pogonskih uvjeta, koji osiguravaju najveću zaštitu okolice.

Izbor reaktorskog sistema

Kriteriji za izbor reaktorskog sistema, po redoslijedu važnosti:

1. Oprobanost i pogonska sigurnost
2. Ekonomičnost
3. Jednostavnost gorivog ciklusa.

Na osnovi analize postojećih tipova reaktora i prognoze razvoja reaktorskih sistema za iduće desetljeće, izbor reaktorskog sistema za nuklearnu elektranu u Krškom će se vjerojatno ograničiti na 3 reaktorska tipa:

— lakovodni reaktor s vodom pod tlakom (PWR)
— lakovodni reaktor sa ključanjem u jezgri (B . R)
— teškovodni reaktor (HWR).

Broj reaktora i instalirana snaga nuklearnih elektrana u pogonu ili izgradnji za svaki navedeni tip je vidljiv iz tablice *1*.

Nuklearno gorivo

Potreba urana za NE Krško u prvoj jezgri (snaga reaktora je reda 2000 MWt) iznosi za slučaj obogaćenog goriva oko 56 — 60 t. Obogaćenje varira od 2,2 — 3,2%. Svake godine treba zamijeniti približno 1/3 goriva u jezgri, što znači da treba osigurati redovitu dobavu 18 — 20 tona obogaćenog urana godišnje. Odgovarajuća količina urana, koju treba poslati na obogaćenje, je reda 70 t/god (odnosno oko 85 t koncentrata U_3O_8 godišnje). Računajući sa životnom dobi elektrane od 30 godina, treba za njezin pogon zaliha koncentrata od oko 2500 t. Ovo predstavlja oko 25% do sada utvrđenih zaliha urana u našoj zemlji. (Ispitano je približno 20% područja Jugoslavije).

U slučaju izbora teškovodnog reaktora utrošak urana je daleko niži (reda 50% od navedenog). Treba konačno uzeti u obzir da će nuklearna elektrana proizvoditi plutonij za koji postoji mogućnost recikliranja u reaktoru i time značajno smanjiti potrebe za obogaćenim uranom.

Danas se smatra da za prvu nuklearnu elektranu neće biti rentabilno da se otvori rudnik urana. (Najznačajnije naše nalazište urana je u Žirovskom Vrhu, koje sadrži oko 4500 t koncentrata, sa koncentracijom koja je već danas ekonomski interesantna).

Za prvu NE će se vjerojatno ići na kupovinu prve i nekoliko sukcesivnih šarži goriva. Svi isporučioci reaktora su voljni zaključiti dugoročne ugovore za garantiranu dobavu nuklearnog goriva, s utvrđenim uvjetima isporuke i garancijama za kvalitetu i performanse gorivih elemenata.

Domaći gorivi elementi, ukoliko to bude ekonomski opravdano, mogli bi tokom pogona elektrane postepeno zamjenjivati uvozne.

Dugoročna analiza potreba i ekonomičnosti nukleranog goriva za područje SR Hrvatske i SR Slovenije u svim fazama gorivog ciklusa i za razne tipove reaktora je dana u studiji Udružene elektroprivrede SRH: »Potrebe nuklearnog goriva i ekonomski aspekti dugoročne eksploatacije nuklearnih elektrana u elektroenergetskom sistemu SR Hrvatske i SR Slovenije« (1969 .g).

Vremenski plan radova na realizaciji NE Krško

U planovima razvoja elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske i SR Slovenije predviđeno je da se nuklearna elektrana pusti u pogon sredinom 1977. godine. Budući da vrijeme izgradnje, računajući od dana potpisa ugovora, traje oko 60 mjeseci, ugovor o izgradnji elektrane bi trebalo zaključiti sredinom 1972. godine.

Do sada su izvršeni preliminarni istražni radovi na lokaciji, izrađena je tenderska dokumentacija i zatražen tehnički dio ponuda za elektranu. Poziv na davanje tehničkog dijela ponuda je objavljen u Službenom listu SFRJ u svibnju o. g. Rok za dostavu tehničkih ponuda je 3 mjeseca od dana objave, tako da se ponude mogu očekivati tokom svibnja 1971. g. Nakon ocjene tehničkog dijela ponuda i unošenja potrebnih promjena, kra-

jem 1971. godine će se zatražiti komercijalni dio ponuda, koji će omogućiti konačno sravnavanje ekonomičnosti ponuđenih postrojenja. Do sada su interes za davanje ponuda izrazila poduzeća iz SAD, SSSR, SR Njemačke, Švedske i Kanade. Jedan od značajnih faktora pri ocjeni ponuda bit će referenca ponuditelja.

Sudjelovanje domaće industrije u isporuci opreme za nuklearnu elektranu

Veća industrijska poduzeća naše zemlje već godinama pokazuju želju da se uključe u isporuku opreme za nuklearnu elektranu. Ta poduzeća su organizirana u Poslovnom udruženju za nuklearnu opremu. Neka industrijska, građevinska i projektantska poduzeća s područja SR Hrvatske i SR Slovenije su osnovala i posebni konzorcij za izgradnju nuklearne elektrane.

Radi postizavanja maksimalne vjerojatnosti za održavanje rokova izgradnje i kvaliteta isporuke investitori će zahtijevati da kompletne garancije za rokove i kviltetu opreme NE preuzme inozemni partner sa znatnim iskustvom na tom području. Domaća poduzeća će se pojaviti kao partneri stranoj firmi, bit će s njom vezana garantnim ugovorima, i neće imati direktno ugovorne veze sa investitorom. Od inozemnog partnera će se unaprijed tražiti da osigura određeni minimalni nivo domaćeg učešća (reda 50% investicije). To se učešće može realizirati bilo direktnim isporukama opreme za elektranu, bilo drugim kooperantskim aranžmanima.

Prednost će se dati stranoj firmi koja potpunije omogući uključivanje domaćih kapaciteta (institutskih, projektantskih i industrijskih) u izgradnji nuklearne elektrane.

Realno mogući opseg domaćih isporuka i uslužnih radova na nuklearnoj elektrani ovisit će o ovim faktorima:

— kvaliteti isporuke
— rokovima
— cijeni
— uvjetima financiranja.

Preliminarna ocjena ekonomičnosti izgradnje NE Krško

Na osnovi dosadašnjih procjena i dobivenih informacija što su ih dali potencijalni isporučioci opreme za nuklearnu elektranu, a uzevši u obzir i utjecaj devalvacije dinara, može se sa dosta sigurnosti procijeniti ukupnu investicionu sumu za izgradnju nuklearne elektrane, snage reda 600 MW, s lakovodnim reaktorom. Ta suma, po najnovijim analizama, iznosi oko 2,5 milijare dinara (uključene su carine i takse, troškovi investitora i 2/3 prve šarže goriva). Na osnovi te sume izvršen je račun rentabiliteta u dvije varijante financiranja:

a) 20-godišnji kredit sa 7% kamata
b) 20-godišnji kredit sa 7,5% kamata.

Ti se uvjeti podudaraju s ponuđenim uvjetima financiranja isporučilaca opreme.

Jedinična cijena proizvodnje, u razdoblju otplate kredita, za 7000 sati/god. i po cijeni nuklearnog goriva od 2,70 para/kWh (što također odgovara ponuđenim uvjetima), iznosi:

— za varijantu a) 11.32 para/kWh
— za varijantu b) 11.63 para/kWh.

Jedinične cijene proizvodnje električne energije iz nuklearne elektrane su povoljnije od onih koje bi mogle pružiti klasične elektrane. (Prosječna cijena električne energije na visokom naponu u 1971. god. u mreži investitora iz SR Hrvatske i SR Slovenije iznosi 14,60 para/kWh.).

Zaključak

Dosadašnje energetske i ekonomske studije ukazuju na opravdanost i rentabilnost izgradnje nuklearne elektrane, snage reda 600 MW, na lokaciji Krško. Konačna odluka o izgradnji donijet će se nakon analize dobivenih ponuda isporučilaca opreme i ponovne usporedbe izgradnje tog objekta s eventualnim alternativnim rješenjima.

Literatura:

1. NE 600 MWe Krško, informativni tehničko-ekonomski program — Elektroprojekt, Zagreb, IBE, Ljubljana, (1970).
2. Studija optimalne strukture izgradnje nuklearnih i drugih energetskih objekata u zapadnom dijelu SFR Jugoslavije do 1985. godine — Institut za elektroprivredu, Zagreb, (1969).
3. Određivanje optimalnih kapaciteta nuklearnih elektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije do 1985. godine — Energoprojekt, Beograd (1968).
4. Utjecaj veličine agregata na sigurnost opskrbe potrošača u zapadnom dijelu Jugoslavije — Institut za elektroprivredu, Zagreb, (1970).

Naslov pisca: Dr Danilo Feretić, dipl. ing.
Udružena elektroprivreda SRH, Zagreb

NUKLEARNE ELEKTRANE — ČIST I POUZDAN IZVOR ELEKTRIČNE ENERGIJE

Jadranko Karuza, Zagreb

Usporedbom količine prirodne radijacije u različitim prilikama i radijacije nastale radom neke nuklerane elektrane, pokazana je bezopasnost, odnosno prednost, nuklearnih elektrana u pogledu čistoće atmosfere.

DK 621.311.25

Potreba za električnom energijom raste u našoj zemlji svakim danom uporedo s razvitkom industrijske proizvodnje i porastom životnog standarda. U sadašnjem tempu razvitka potreba za električnom energijom podvostručuje se svakih sedam godina. Da bi se udovoljilo tom porastu potreba i izišlo u susret zahtjevima potrošača, potrebno je povećati broj postrojenja za proizvodnju električne energije, kao i izgraditi sve veće i veće jedinice.

Uslijed veoma malog prirodnog potencijala, kako u vezi s rezervama vodene energije, tako i u vezi s rezervama konvencionalnog goriva, potreba za većom proizvodnjom električne energije morat će se u SR Hrvatskoj dobrim dijelom zadovoljiti izgradnjom nuklearnih elektrana. Pri tome je veoma važno napomenuti da i u zemljama s daleko većim prirodnim potencijalom vodene energije i konvencionalnog goriva, nuklearne elektrane zauzimaju sve važnije mjesto kao osnova čitavog energetskog sistema.

Za nagli razvitak nuklearne industrije postoji više razloga. Jedan od osnovnih je ekonomske prirode. U današnjoj su se situaciji na tržištu nuklearne elektrane pokazale komercijalno zrelima i u direktnoj konkurenciji s klasičnim elektranama pokazuju velike uspjehe. Nuklearna industrija je, kao veoma mlada industrija, podložna i dalje velikim promjenama, novim tehničkim dostignućima i poboljšanjima tako da i dalje treba očekivati jeftiniju proizvodnju nuklearnih elektrana. Nuklearno gorivo je također proizvod dugog tehnološkog procesa u kojemu su poboljšanja i noviteti mogući, što će utjecati i u budućnosti na cijenu nuklearnog goriva.

Budući da je nuklearna industrija veoma mlada, u nju je bilo moguće od prvih početaka ugrađivati sigurnosne uređaje i izraditi propise o izgradnji i upotrebi, tako da ona predstavlja danas jednu od najsigurnijih industrija. Sličan primjer možemo, eventualno, naći još samo kod svemirskih istraživanja.

Nuklearne elektrane predstavljaju danas jedan od najčistijih izvora električne energije, i u pogledu čistoće teško ih je usporediti s bilo kojom industrijom. U slučaju potpuno istovjetnih ekonomskim uvjeta između klasične i nuklearne elektrane, električna poduzeća se danas u svijetu odlučuju za nuklearne elektrane upravo zbog očuvanja našeg životnog prostora.

Gorivo, koje je samo po sebi čisto, dovozi se jedamput godišnje, tako da nema dugačkih kolona vagona što svakodnevno dovoze gorivo i ostavljaju ga u velikom i prljavom skladištu. Kad je nuklearno gorivo potrošeno, odvozi se na isto tako čist način kao što je bilo i dovezeno i nema problema kuda da se spreme desetine tona pepela dnevno.

Budući da proces razbijanja jezgre atoma stvara toplinu bez da pri tome bilo šta izgara, nuklearna elektrana ne pridonosi onečišćenju zraka produktima izgaranja i to je njezin najveći doprinos očuvanju čistoće atmosfere. Ventilacija neuklearne elektrane pridonosi malom povećanju radioaktivnosti u atmosferi, a i njezina voda za hlađenje ima nešto viši radioaktivni nivo. Interesantno će biti da pogledamo koliki su ti doprinosi nuklearne elektrane u usporedbi s prirodnim radioaktivnim nivoima.

Sve tekućine i kruta materija u svijetu su danas, a i bile su oduvijek, radioaktivne uslijed prisutnosti prirodnog radioaktivnog materijala kao što su uran, torij, radij i radioaktivni ugljik.

Morska voda je dobar primjer prirodne radioaktivnosti. Mjera za sadržaj radioaktivnosti u tekućinama je obično u jedinicama pCi/l (pikokiri po litri tekućine).* Kod morske vode iznosi prirodna radioaktivnost oko 350 pCi/l. Usporedni pregled prirodne radioaktivnosti nekih tekućina s kojima se susrećemo u svakodnevnom životu dat će nam osjećaj mjere u pogledu radiaktivnosti.

Tekućina	*Pikokirija po litri*
Pitka voda	20
Pivo	130
Morska voda	350
Viski	120
Mlijeko	140
Ulje	4900

Vinjak i rakija spadaju vjerojatno u istu kategoriju u kojoj se našao i viski.

Radi te prirodne radioaktivnosti u svim tekućinama koje čovjek konzumira, prosječna koncentracija u tekućini u ljudskom tijelu iznosi oko 300 pCi/l.

Sva voda koja se u reaktoru upotrebljava za proizvodnju pare nalazi se unutar reaktora u jednom zatvorenom krugu. Jedan od osnovnih razloga za to je i veoma velika čistoća vode potrebne u reaktoru, koja se dobiva tek nakon skupog i dugotrajnog procesa demineralizacije. Samo male, posebno prerađene količine te vode bit će puštene eventualno u otvoreni ciklus vode kojom je hlađena turbina, a koja se dobija iz rijeke ili jezera.

Između reaktorske vode i vode za hlađenje nema nikakvog direktnog kontakta. Čak i u slučaju

* curie = ci = $3{,}7\ 10^{10}$ 1/s, jedinica radioaktivnosti, koja je definirana sa $3{,}7 \cdot 10^{10}$ raspada u sekundi, pCi = $3{,}7 \cdot 10^{-2}$ 1/s.

da dođe do nekog miješanja može se desiti samo obrnuto, tj. da voda iz rijeke radi razlike u pritisku uđe u kondenzator, što će se veoma brzo otkriti po prisustvu prirodnih nečistoća u reaktorskoj vodi.

Iskustvo s radom mnogo reaktora u posljednjih desetak godina pokazalo je da je količina radioaktivnosti u vodama za hlađenje elektrane uslijed kontroliranih voda minimalna u usporedbi s radioaktivnošću koja je već prisutna u vodi. Radioaktivnost riječne vode kreće se u području između 10—100 pCi/l, te 300—400 pCi/l morske vode, dok je prosječna koncentracija dodana toj vodi od nuklearne elektrane u području od 1 — 10 pCi/l, a i ta je količina razrijeđenija kasnije u rijeci.

S obzirom na iskustva s radioaktivnošću u tekućinama američka komisija za atomsku energiju (AEC) smatra da su količine i od 15.000 pCi/l bez daljnjega dozvoljene. Dovoljno je da se prisjetimo koncentracija u mlijeku ili ulju koje tamo već prirodno postoje. Dodatak od 5 pCi/vode rijeke, odnosno manje od desetine koncentracije što već postoji u pivu, ne predstavlja ni apsolutno ni relativno promjenu kvalitete vode u nizvodnom toku rijeke.

Slična je situacija i s radioaktivnošću prouzrokovanom ventilacijom. I tu je potrebno vidjeti dodatnu količinu radioaktivnosti porijeklom iz nuklearne elektrane u usporedbi s prirodnim pozadinskim zračenjem okoline u kojoj čovjek živi.

Jedan od osnovnih izvora zračenja u prirodi je kozmičko zračenje. Kao jedinicu za mjerenje količine zračenja koju čovjek primi uzet ćemo broj milirema po godini dana m rem/god.* Količina kozmičkog zračenja veoma je ovisna o nadmorskoj visini na kojoj se čovjek nalazi i iznosi 45 m rem/god na morskoj razini do 3800 m rem/god u modernom avionu na visini od 10.000 metara. Prosječni stanovnik Jugoslavije dobiva oko 50 m rem/god. kozmičkim zračenjem.

Drugi izvor zračenja u prirodi je samo tlo, budući da sadrži mnogo radioaktivnih minerala. Također zgrade koje su sagrađene od tih minerala su izvor zračenja. Zanimljivo je napomenuti da npr. doza zračenja unutar kuće sagrađene od drveta iznosi 50 m rem/god., od cigle 100 m rem/god., a od betona 70 m rem/god. Zrak, hrana i piće također pridonose ukupnoj dozi zračenja isto kao i neki proizvodi modernog društva kao što je televizija (5 m rem/god.) ili rentgenski pregledi (50 m rem/god. prosječno).

Ukupni zbroj svih pojedinačnih zračenja pridonosi prosječnoj dozi od 200 m rem/god. za svakog stanovnika naše zemlje. To je pozadinsko zračenje s kojim smo prisiljeni da živimo i koje je sastavni dio našeg životnog prostora.

U nuklearnoj elektrani postoji veliki broj sistema koji sadrže radioaktivni materijal. Provjetravanje takvih sistema potrebno je s vremena na vrijeme i pri tome biva oslobođen i jedan dio radioaktivnih plinova, koji se puštaju kroz ventilacioni toranj. U ventilacionom tornju su ugrađeni mjerni instrumenti koji automatski mogu zaustaviti ventilaciju u slučaju da količina radioaktivne materije prijeđe dozvoljene granice. Prosječna doza zračenja na granici nuklearne elektrane iznosi oko 5 m rem/god.

U usporedbi s 200 m rem/god, što je prosječna doza koju primamo iz prirode, 5 m rem/god je veoma mala i neznatna dodatna doza. Pri tome treba imati u vidu i to da je tih 5 m rem/god izmjereno na samoj granici nuklearne elektrane i da ta doza s udaljenošću veoma brzo opada. Također se treba prisjetiti da varijacije u samom prirodnom zračenju od mjesta do mjesta iznose daleko više od spomenutih 5 m rem/god.

Nakon svega iznesenog možemo zaključiti da je proizvodnja nuklearne energije danas još veoma mlada grana industrije, koja je sazrela da pridonese svoj udio u zadovoljavanju rastućih potreba za električnom energijom na siguran, pouzdan i čist način.

Takvom tehnikom proizvodnje elektroprivredna će poduzeća pridonjeti svoj udio u toliko potrebnom čuvanju čitoće atmosfere.

* rem = jedinica relativne biološke djelotvornosti zračenja; m rem = tisućinka rema

Naslov pisca: Jadranko Karuza, dipl. ing.
»Elektroprivreda« — Zagreb

TERMOELEKTRANE I TOPLANE KAO IZVORI ONEČIŠĆENJA S OSVRTOM NA PRILIKE U ZAGREBU

Hrvoje Brkić, Zagreb

Uvođenjem toplifikacije iz velikih centralnih izvora u odnosu na velik broj ložišta zagađivanje atmosfere se smanjuje, ali je ono još uvijek znatno. Navode se podaci o emisiji SO_2 i pepela pri loženju ugljenom i mazutom i ukazuje na mogućnosti smanjenja, barem za kritične vremenske uvjete.

DK 628.5 : 621.311

1. Uvod

Tjekom proteklih godina, sve više stanovništva većih i velikih gradova prelazi s pojedinačnog grijanja stanova na zajedničko grijanje čitavih četvrti. Isto tako industrija koja se u gradovima grupira u posebne industrijske četvrti sve manje koristi vlastite toplinske izvore i praključuje se na zajedničke izvore topline koji je opskrbljuju parom i toplom vodom.

Uzrok ovakvoj orijentaciji stanovništva i industrije na opskrbu toplinom iz zajedničkih centralnih izvora, je u prvom redu povoljnija cijena dobivene topline. Treba očekivati da će i u budućnosti u svim većim gradovima postojati jaki centralni izvori topline.

Centralna mjesta s kojih se stanovništvo i industrija opskrbljuje toplinom mogu biti izvedena na dva osnovna načina i to:

— kao toplane čija je jedina namjena da proizvode i predaju potrošačima toplinu u obliku pare i tople vode, i
— kao termoelektrane-toplane koje kombiniraju proizvodnju električne energije s proizvodnjom topline upotrebom oduzimno-kondenzacionih ili oduzimno-protutlačnih turbina.

S obzirom na transportne mogućnosti, nužno je da ovakav centralni izvor topline bude smješten usred svog toplinskog konzuma ili da ne bude daleko od svojih najvećih potrošača. Značajnije udaljavanje izvora topline od svog toplinskog konzuma, barem za sada ne dolazi u obzir.

Proizvodnja topline iz klasičnih goriva, u sadašnjim uvjetima tehnike, vezana je najčešće s osjetnim onečišćenjem okolišne atmosfere. Međutim, kako je lokacija proizvođača topline u svakom slučaju vezana na grad ili njegovu bližu okolicu, to je onečišćenjem atmosfere pogođeno gradsko i prigradsko stanovništvo. Treba međutim napomenuti da se uvođenjem toplifikacije iz velikih centralnih izvora smanjuje zagađivanje zraka u odnosu na veliki broj individualnih kotlovnica, ali da najčešće nisu do kraja iskorištene mogućnosti koje takva toplifikacija pruža.

2. Goriva toplana i termoelektrana

2.1 Ugljen

Najveći broj toplana u svijetu upotrebljava za loženje svojih kotlova ugljen, a tako je sve donedavno bilo i u Zagrebu.

Pri sagorjevanju ugljena u velikim suvremenim kotlovima pojavljuju se velike količine dimnih plinova koji u sebi sadrže vrlo sitnu prašinu, a pored ostalog i izvjesne količine sumpornih oksida. Količine prašine u dimnim plinovima kao i količine sumpornih oksida jako variraju i ovise o veličini toplane i termoelektrane, o njenoj opremljenosti, upotrebljenom ugljenu, njegovoj kvaliteti, ogrjevnoj vrijednosti, sadržaju pepela i sadržaju sagorivog sumpora.

Da bi se dobio uvid u veličinu onečišćenja atmosfere, navodimo primjer zagrebačke Termoelektrane-Toplane iz Kuševačke ulice iz vremena kad je još u svojim kotlovima sagorijevala ugljen.

U to vrijeme ukupno instalirani kapacitet proizvodnje iznosio je	320 t/h
Upotrebljeni ugljen imao je donju ogrjevnu vrijednost oko	2100—2200 kcal/kg
s ukupnom vlagom od oko	35 %
Ukupni sadržaj pepela iznosio je oko	22—26 %
a udio sagorivog sumpora oko	1,2 %
Pri punom opterećenju svojih kotlova, dakle pri proizvodnji pare od oko	320 t/h
Termoelektrana-Toplana trošila je ugljena oko	120 t/h
a iz kotlova je izlazilo dimnih plinova oko	500.555 Nm^3/h
u kojem je bilo letećeg pepela oko	30 t/h
Iza kotlova smješteni elektrofilteri izdvojili su letećeg pepela oko	98 %
tako da je u okolišnu atmosferu odlazilo tek oko	560 kg/h
Dimni plinovi sadržavali su sumpornih oksida oko	0,1 %
u volumnim udjelima, a što je iznosilo oko	1.400 kg/h

Iako je postotak pepela i sumpornih oksida ispuštenog u okolišnu atmosferu, izražen u postocima iznosio vrlo malo, ukupna godišnja količina bila je znatna.

Tako je, na primjer, 1964. na Zagreb i njegovu bližu okolicu palo samo iz ovog izvora letećeg pepela oko	2.400 t/god.

a u okolišnu atmosferu emitirana količina sumpornih oksida iznosila je oko	6.200 t/god.
uz napomenu, da je tek oko 50 % sagorivog sumpora izišlo u obliku sumpornih oksida, dok je preostala količina bila kemijski vezana na krute ostatke sagorijevanja.	

Ugljen, što ga je upotrebljavala zagrebačka Termoelektrana-Toplana bio je bogat pepelom, a srazmjerno siromašan sagorivim sumporom. Mnoge druge toplane i termoelektrane upotrebljavaju ugljen s dvostrukim ili još većim sadržajem sumpora i s manjim stupnjem vezanja na krute ostatke sagorijevanja.

2.2 Ulje za loženje

Kako smo već prije napomenuli, zagrebačka Termoelektrana-Toplana u Kruševačkoj cesti više ne uoptrebljava ugljen za sagorijevanje u svojim kotlovima. U 1965. god. otpočela je pregradnja kotlova na teško ulje za loženje, a ubrzo se i zagrebačka Elektrana-Toplana u Zagorskoj ulici počela preorijentirati na tekuća goriva i od tada radi isključivo kao toplana.

Teško ulje za loženje, ili kako ga najčešće nazivamo mazut, vrlo je privlačno gorivo za kotlove zbog svojih termičkih karakteristika. Samo nedovoljna proizvodnja mazuta je spriječila da se upotreba ovog goriva još ranije ne proširi na današnje, ili još veće razmjere. Ulje za loženje je naročito pogodno za sagorijevanje u kotlovima u gradovima, jer je:

— vrlo pogodno za transport bilo kojim prijevoznim sredstvom,
— zahtijeva vrlo mali skladišni prostor,
— zahtijeva male investicije i mali prostor za kotao (nisu potrebni uređaji za transport i otpremu šljake, pepela, elektrofilteri i slično), a
— prodajna cijena za sada je dirigirana davanjima zajednici.

Okolica kotlova loženih mazutom nije ugrožena pepelom, a ako se proces sagorijevanja vrši pravilno, ako postoji nadzor, nije ugrožena ni čađom.

Sadržaj sumpora u dimnim plinovima ovisan je o porijeklu nafte, odnosno o sadržaju sumpora u nafti iz koje potječe.

Naše rafinerije proizvode uglavnom dvije vrste teškog ulja za loženje i to:

— iz domaće nafte sa sadržajem sumpora oko 1%
— iz uvozne nafte sa sadržajem sumpora koji varira prema porijeklu sirove nafte u granicama od 2,5 do 4,0%, u prosjeku 3,0 do 3,5%.

Osnovne karakteristike sagorijevanja teškog ulja za loženje bit će prikazane opet na primjeru zagrebačke Termoelektrane-Toplane, kojoj se je instalirani kapacitet kotlova prijelazom na ulje za loženje povećao sa 320 na 400 t/h.

Pri punom opterećenju svojih kotlova Termoelektrana-Toplana troši ulja za loženje oko	30 t/h
i izbacuje u okolišnu atmosferu dimnih plinova oko	400.000 Nm^3/h
Količina pepela u dimnim plinovima iznosi svega	30—60 kg/h.
Ako se za sagorijevanje u kotlovima upotrebljava ulje za loženje proizvedeno iz domaće nafte, onda je volumni udio sumpornih oksida u dimnim plinovima oko	0,05 %
što iznosi oko	600 kg/h
i što se emitira u okolišnu atmosferu. Ova količina sumpornih oksida upola je manja od količine koja je emitirana, dok se Termoelektrana-Toplana ložila ugljenom, i to kod smanjenog kapaciteta kotlova.	
Ako se za sagorijevanje u kotlovima upotrebljava ulje za loženje stranog porijekla, sadržaj sumpornih oksida u dimnim plinovima penje se do	0,2 %
odnosno oko	2.100 kg/h
a što je za 50 % više od količine kad se Termoelektrana ložila ugljenom sa smanjenim kapacitetom kotlova.	

Ovdje valja napomenuti, da se iz ulja za loženje dobivenog iz nafte našeg porijekla dobiva petrol-koks izvanredne kvalitete za koji se na svjetskom tržištu postižu vrlo visoke cijene. Zato su rafinerije zainteresirane da se što više ulja za loženje našeg porijekla preradi u petrol-koks, a što manje proda za potrebe sagorijevanja. Prema tome se budućnosti može očekivati, da će toplane i termoelektrane dobivati najvećim dijelom ulje za loženje stranog porijekla sa oko 3,5% sumpora, ili više.

2.3 Zemni plin

Vrlo je mali broj termoelektrana i toplana koje imaju mogućnost da upotrebljavaju zemni plin koji se smatra najidealnijim gorivom za parne kotlove. Zagrebačka Termoelektrana-Toplana upotrebljava ovo vrijedno gorivo samo onda kada postoje viškovi plina u dalekovodnoj plinskoj mreži. Udio zemnog plina u ukupnom gorivu iznosi trenutno i preko 50%, dok je donedavno bio osjetno manji.

Elektrana-Toplana u Zagorskoj ulici koja je, kako smo već ranije napomenuli, radila donedavno isključivo kao toplana, do sada uopće nije priključena na plinovod zemnog plina, niti je ovaj povučen u njezinu blizinu.

Općenito, ogrjevna vrijednost i sadržaj sumpora u zemnom plinu osjetno variraju od nalazišta do nalazišta. Zemni plin iz nalazišta iz kojih se snabdijeva Zagreb, je izvanredno kvalitetan. Njegova se donja ogrjevna vrijednost kreće oko 9.500 kcal /Nm^3, a sumpor i njegovi spojevi pojavljuju se samo u tragovima.

3. Situacija u gradu Zagrebu

Prva mjerenja aerozagađenja u Zagrebu uslijedila su tijekom 1958. i jednim dijelom 1959. Mjerenja je proveo Republički meteorološki zavod i utvrdio količinu kemijskih elemenata i spojeva u oborinama. Neposredna svrha ovih mjerenja bilo je utvrđivanje utjecaja oborina na tlo u području Zagreba, no posrednim putem i iz ovih mjerenja se mogao dobiti izvjestan uvid u stanje atmosfere. Ovim mjerenjima bili su obuhvaćeni S, Cl, NO_3—N, NH_3—, Na, K, Mg i Ca. Za razdoblje od 1. III 1958. do 31. III 1959. (osim dva zimska mjeseca) dobiven je npr. prosjek za sumpor, od 493 kg/km^2.

Uvidjevši akutnost ovog problema u Zagrebu, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada je još 1960. samoinicijativno započeo prvim pripremama i orijentacionim mjerenjima onečišćenja atmosfere na području Zagreba. Organiziranim mjerenjima započelo se 1962. godine.

U početku je mjeren samo mjesečni prosjek sedimenta, a iduće godine je nastavljeno mjerenje sumpornog dioksida i dima. iako je ovim opsegom mjerenja obuhvaćen dio onečištača zraka, dobiveni rezultati su dragocjeni podatak za dobivanje uvida u opće stanje u Zagrebu.

Na osnovi sedmogodišnjih statističkih podataka iz 11 mjernih stanica smještenih na raznim mjestima u gradu i bližoj okolici slijedi:

— prosječne godišnje koncentracije sumpornog dioksida i dima ne osciliraju puno i ne vidi se tendencija porasta ni pada,
— onečišćenja u središnjim gradskim područjima osjetno su viša od drugih gradskih područja, dok su najmanje onečišćena prigradska naselja.

Tako npr. srednje godišnje koncetracije sumpornog dioksida variraju na mjernoj stanici:

Vodovodna/Traumatološka bolnica	između 200 i 450 mg/m^3 zraka
Demetrova ulica	između 80 i 170 mg/m^3 zraka
Samobor	između 50 i 70 mg/m^3 zraka.

Za isto vremensko razdoblje srednje godišnje količine dima su varirale na mejrnoj stanici:

Vodovodna/Traumatološka bolnica	između 100 i 180 mg/m^3 zraka
Demetrova ulica	između 80 i 100 mg/m^3 zraka
Samobor	između 35 i 45 mg/m^3 zraka.

— Onečišćenje zraka je između 4. i 11. mjeseca srazmjerno malo dok od 11. do 3. mjeseca naglo raste i postaje nekoliko puta veće, dok su izmjerene vršne vrijednosti osobito visoke.

Tako je na primjer, odnos koncentracije sumpornog dioksida nađenog ljeti i zimi za 1969/70. godinu iznosio za mjernu stanicu:

u Branimirovoj ulici	1 : 3
u Đorđićevoj ulici	1 : 8
u Demetrovoj ulici	1 : 10
u Samoboru	1 : 12

Najviša trenutna koncentracija sumpornog dioksida u razdoblju mjerenja od 16. do 21. 12. 1968. izmjrena na mjernoj stanici u Branimirovoj ulici iznosila je 2,5 mg/m^3, dok je nekoliko puta dosegnuta vrijednost od oko 2,0 mg/m^3.

Iz analize Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada slijedi »da su za izvanredno visoke koncentracije sumpornog dioksida i dima zimi, uz velike potrošače goriva kao što su termoelektrane, ciglane, kotlovnice industrija i uslužnih djelatnosti (pekare, praonice, čistionice, hoteli itd.) odgovorna i individualna ložišta«, da je najveće onećišćenje zraka produktima sagorjevanja zabilježeno upravo u središnjim dijelovima grada. Za ovo područje je karakteristično:

— da onečišćenje zraka produktima sagorijevanja potječe većim dijelom od domaćinstava a manjim dijelom od industrije,
— da se za zagrijavanje stanova koriste najviše kruta i tekuća goriva. Stupanj djelovanja ovakvih ložišta je relativno malen, regulacija sagorijevanja goriva je vrlo ograničena, pa je utrošak goriva znatno veći nego li kod grijanja iz toplana, odnosno, kod grijanja plinom,
— da se pri korištenju krutih goriva u kućnim ložištima izbacuju u zrak daleko veće količine letećeg pepela. nego što je to slučaj kod velikih toplanskih kotlova loženih uljem za loženje,
— da su dimnjaci domaćinstava niski pa dimni plinovi nemaju mogućnost valjanog razrjeđivanja i rasprostiranja na nenaseljena područja.

Nadalje treba naglasiti povoljan utjecaj zagrebačkih toplana na onečišćenje zraka u južnim i zapadnim dijelovima grada. Naime, proces sagorijevanja se ovdje obavlja u suvremenim, velikim kotlovima s dobrom regulacijom i pod stručnim nadzorom. Dimni plinovi se iz toplana izbacuju visokim dimnjacima, pa se nakon toga mogu mnogo bolje razrijediti i rasprostirati nego što je to slučaj sa nižim industrijskim a naročito kućnim dimnjacima. Nadalje valja naglasiti da je sadržaj pepela u dimnim plinovima toplana malen, jer se kao gorivo koriste isključivo ulje za loženje i zemni plin.

Obje zagrebačke toplane su tjekom 1970. snabdjele oko 70.000 stanovnika sa oko 305.10^3 Gcal/ /god, a industriju grada s oko 1,025.000 t pare.

Grubo se može ocijeniti da bi se kod pojedinačnog loženja za dobivanje iste količine neto topline u Zagrebu utrošilo još, npr. ugljena Velenje oko 450 do 500.000 t/god, a što bi zbog nižih i niskih dimnjaka onečistilo atmosferu ovih dijelova grada s letećim pepelom u količinama od oko 4 — 5.000 t/god, odnosno, sumpornim oksidima oko 2 — 3.000 t/god.

Iz prethodnih podataka i zaključaka slijedi da je atmosfera u Zagrebu u toplijem razdoblju godine zadovoljavajuća, dok je zimi osjetno onečišćena. Borbu protiv onečišćenja atmosfere potrebno je provesti kod svih onečistača, kako kod onih malih koji su i najbrojniji, tako i kod onih većih.

Sanitarni inspektorat Skupštine grada Zagreba izradio je i predložio »*Odluku o mjerama za zaštitu zraka od zagađivanja*« koja će vjerojatno biti uskoro prihvaćena.

U daljnjem tekstu dajemo osvrt s obzirom na termoelektrane-toplane u gradu Zagrebu.

4. Mjere za suzbijanje nečistoća u zraku iz termoelektrana i toplana

Prilikom razmatranja mjera za suzbijanje onečišćenja zraka iz termoelektrana i toplana ne smije se ispustiti iz vida, da onečišćenje atmosfere sumpornim dioksidom i ostalim štetnim materijama, ne potječe samo od termoelektrana i toplana, već i iz ostalih izvora kao što su npr. ložišta domaćinstava, industrija, saobraćaja itd. Prema tome, suma sumpornog dioksida i ostalih štetnih materija svih uzročnika treba biti manja od one koja je štetna i koja će biti kod nas, nadamo se. uskoro propisana.

Koje se mjere mogu poduzeti da bi se koncentracija sumpornih oksida smanjila, odnosno, da ne bi prešlo određenu granicu prilikom instalirinja novih termoelektrana i toplana?

Mjere se svode uglavnom na:

— neposredne, tj. na neposredno smanjenje emisije sumpornih oksida iz dimnjaka, ili
— posredne, tj. da se ukupna količina sumpornih oksida razrijedi rasprostiranjem na veću površinu okolišnog zemljišta.

U prvu grupu, tj. neposredno smanjenje emisije sumpornih oksida iz dimnjaka, dolazi u obzir

— ili odsumporavanje dimnih plinova nakon sagorijevanja u kotlu, a prije ulaska u dimnjak
— ili odsumporavanja goriva prije nego li je ono upotrebljeno u ložištu kotla.

Kako je već prethodno bilo iznijeto, sadržaj sumpornih oksida u dimnim plinovima na izlazu iz kotla je vrlo nizak i iznos tek nekoliko promila. Ovako niska koncentracija sumpornih oksida uzrok je i poteškoća pri odsumporavanju, kao i visokoj i specifičnoj cijeni u pogonu. Ovakvim postrojenjima vrše se intenzivni pokusi u inozemstvu, a neka se od njih već nalaze i u eksperimentalnom radu, no za sada još ni jedan postupak nije sazrio za širu industrijsku primjenu uz ekonomsko opravdanje.

Znatno bolji rezultat dobit će se, ako se zamijeni gorivo bogato sumporom, gorivom koje sumpora nema, ili ga ima relativno malo. Pri tome praktički dolazi u obzir samo zemni plin ili ulje za loženje s malim sadržajem sumpora — ako takvog goriva ima. Ostala goriva s malo sumpora kao što je npr. benzin, ne dolaze u obzir zbog visoke cijene.

Postoje već i razrađene metode, kojima je moguće iz ulja za loženje izlučiti sumpor u relativno visokom udjelu. Međutim, cijene takvih odsumporavanja su tako visoke, da u sadašnjim uvjetima za praktičnu industrijsku primjenu ne dolaze u obzir.

Iz svega do sada iznijetog proizlazi, da je u uvjetima rada s uljem za loženje bogatim sumporom, praktički jedino uspješno sredstvo za smanjenje sadržaja sumpornog dioksida u nekim područjima podizanje visokih ili supervisokih dimnjaka. Na taj način se emitirani sumporni dioksid raspodjeljuje na veću i dalju površinu zemljišta.

Postoji više načina za izračunavanje visine dimnjaka po metodi rasprostiranja. Kod nas se često upotrebljava način proračuna usvojen u SSSR-u prema izrazu

$$H^2 = A \frac{SO_2 \cdot F \cdot m}{SO_{2\,max}} \sqrt[3]{\frac{n}{V_s' \cdot t}}$$

Redoslijed:

H = potrebna visina dimnjaka
A = koeficijent meteoroloških uvjeta
SO = emisija sumpornog dioksida
m = koeficijent brzine izlaza dimnih plinova iz dimnjaka
F = koeficijent vrste onečistaća atmosfere
V_s' = količina izlaznih dimnih plinova
n = broj dimnjaka
t = razlika temperatura izlaznih dimnih plinova i vanjskog zraka
SO_2 max = maksimalna dozvoljena koncentracija sumpornog dioksida u atmosferi. Pri tome se ukupna koncentracija sastoji od osnovne, koja potječe od svih postojećih emitenata, i dodatne, koja će nastati zbog emisije objekta čiji se dimnjak proračunava.

I ostali načini proračuna visine dimnjaka obuhvaćaju uglavnom iste faktore kao i prethodno izneseni način koji se upotrebljava u SSSR-u. Svi načini proračuna zasnivaju se na uglavnom istim pretpostavljenim meteorološkim prilikama i u račun se unose odgovarajući koeficijenti za te prilike, Međutim, pokazalo se da korištenje ovih koeficijenata ne odgovara svakom emitentu, već treba računati s individualnim meteorološkim prilikama i konfiguracijom terena na kojem se objekt nalazi. U protivnom, pri uobičajenom sumiranju buduće (proračunske) imisije na osnovnu imisiju dobivaju se pogrešni rezultati, što je dokazano metodom uključivanja pojedinih emitenata i praćenjem njihovog utjecaja.

Iz prethodnog izlaganja se vidi, da je veoma teško održavati imisiju u odgovarajućim granicama pri svim meteorološkim uvjetima i lokalnim prilikama koje vladaju s obzirom na izgrađenost i konfiguraciju terena. Zato se sve više pridaje važnost kontinuiranom utvrđivanju imisije u okolici velikih emitenata putem pokazanih i registrirajućih instrumenata.

Na taj način se dobiva stalni uvid u zagađenost atmosfere, pa se brzim intervencijama može utjecati na razne emitente da se ne bi prekoračile dozvoljene vrijednosti. Zbog toga se veoma intenzivno razvijaju odgovarajući instrumenti, što je dalo, manje ili više, uspješnih rezultata.

U okviru određivanja visine dimnjaka, treba držati na umu i potrebne investicije za njegovu izgradnju. Naime, s povećanjem visine dimnjaka njegove investicije rastu, pa i s te strane postoje ograničenja u smislu ekonomičnosti budućeg po-

strojenja. Tako na primjer, jedan 135 metara visoki dimnjak za kapacitet kotlova od oko 600 tona pare na sat, stoji po sadašnjim cijenama preko pola milijarde starih dinara.

U smislu iznijetoga, kod određivanja visine dimnjaka termoelektrana i toplana smještenih u gradu ili njegovoj bližoj okolici, valja razmotriti učestalost najnepovoljnijih meteoroloških uvjeta koji se pojavljuju tjekom godine. Naime, postoji mogućnost da se dimnjak izgradi s takvom visinom da zadovoljava sve, pa i one rijetke, najnepovoljnije meteorološke uvjete koji se pojavljuju tjekom godine. U tom slučaju će visina dimnjaka biti osjetna.

Ili da bude izgrađen za takvu visinu, da zadovoljava na primjer 96% meteoroloških uvjeta, a da se tjekom preostalih 5%, onih najnepovoljnijih, upotrebljava neko drugo gorivo bez sumpora, ili s njegovim malim sadržajem. U ovom drugom slučaju će i visina dimnjaka, a time i njegove investicije, biti osjetno manje, no mora biti izgrađeno dodatno skladište ili priključak na kvalitetno gorivo bez sumpora, koje uvijek mora biti na raspolaganju.

Ovo drugo rješenje s povremenim korištenjem visokokvalitetnih goriva je naročito interesantno za već postojeća postrojenja, čija je okolica već onečišćena, a za podizanje novog dimnjaka nema ekonomskog, urbanističkog ili nekog drugog opravdanja.

5. Termoelektrane-toplane u Zagrebu

U našem gradu postoje dva velika centralna opskrbljivača toplinom okolišnog stanovništva i industrije. To su :

— Elektrana-Toplana u Zagorskoj ulici, i
— Termoelektranan-Toplana u Kuševačkoj ulici.

Elektrana-Toplana u Zagorskoj ulici podignuta je 1908. godine s isključivim zadatkom da proizvodi električnu energiju za potrebe grada Zagreba. Kotlovi su loženi ugljenom. Ova elektrana je tjekom svog rada potpuno dotrajala, pa se već pomišljalo i na potpunu obustavu. Međutim, potrebe zapadnog dijela grada za toplinom i parom pridonijele su njenoj preorijentaciji na toplanu zapadnog dijela grada. Najprije su stari kotlovi, jedan po jedan, rekonstruirani i pregrađeni za loženje uljem a nakon toga je nabavljen i jedan brodski kotao. Sada je upravo dovršen sasvim novi kotao kapaciteta 100 t/h s oduzimnoprotutlačnim turboagregatom od 11,5 MW. Uskoro će biti dovršen i pušten u pogon još jedan vrelovodni kotao, kapaciteta 50 Gcal/h a što približno odgovara, po potrošnji goriva, parnom kotlu kapaciteta od oko 100 t/h.

Prema tome, ukupni instalirani kotlovni kapacitet Elektrane-Toplane u Zagorskoj ulici sada iznosi:

4 stara parna kotla od kojih je jedan još na loženje ugljenom ukupno	120 t/h
1 brodski kotao	50 t/h
1 sasvim novi parni kotao	100 t/h
Ukupno ugrađeni kotlovski kapacitet	270 t/h,

a u najskorije vrijeme bit će povećan za daljnjih 100 t/h.

Prethodno spomenuti stari kotao na ugljen nije u pogonu i služi samo kao krajnja rezerva u slučaju ozbiljnijeg kvara.

Dimni plinovi iz svih ovih kotlova odvode se u okolišnu atmosferu kroz dva dimnjaka na oba kraja kotlovnice. Visina istočnog dimnjaka iznosi 83 m, a visina zapadnog 80 m, dok unutrašnji promjer obaju dimnjaka iznosi 3 m.

Ovaj objekt smješten je nedaleko Zapadnog kolodvora. Dok se je za vrijeme svoje izgradnje nalazio izvan užeg gradskog područja Zagreba, sada se već nalazi usred gusto naseljenog područja.

U tablici 1 dajemo pregled vršne i godišnje proizvodnje ukupne topline za grijanje i električne energije za bližu prošlost, sadašnjost i budućnost, izraženu na osnovi sadašnjih procjena. Usporedno su dani podaci za emisiju sumpornih oksida isključivo na osnovi korištenja ulja za loženje sa 3,5% sumpora.

Iz tablice se vidi, da sada instalirani kapacitet zajedno sa kotlom koji će uskoro biti pušten u pogon, ne će zadovoljavati potrebe niti do 1975. g. i da će se uskoro morati pristupiti daljnjem proširenju. Nadalje, potrošnja goriva se za proteklih 5 godina više nego udvostručila. Za idućih 5 godina se očekuje porast za daljnjih 50—60%, ali se pretpostavlja da će u daljoj budućnosti porast potrošnje goriva biti nešto sporiji.

Termoelektrana-Toplana u Kuševačkoj ulici puštena je u rad 1962. g. U osnovnoj koncepciji ovog pogona predviđeno je da jednim dijelom svojeg kapaciteta opskrbljuje kućanstva, industriju i ostale potrošače toplom vodom i parom, a drugim dijelom da proizvodi električnu energiju. Prethodno je bila izvedena na loženje niskokaloričnim ugljenom iz bliže i dalje okolice Zagreba, a 1965. god. otpočela je pregradnja na loženje uljem. Time je kapacitet velikih kotlova povećan sa 160 t/h na 200 t/h po kotlu.

Sadašnji instalirani kotlovski kapacitet iznosi

2 parna kotla po 200 t/h, ukupno	400 t/h
2 parna kotla po 40 t/h, ukupno	80 t/h
Ukupno ugrađeni kotlovski kapacitet	480 t/h

Elektrana-toplana u Zagorskoj ulici Tablica 1.

Godina	Vršna potrošnja topline Gcal/h	Vršna potrošnja ulja za loženje t	Vršna emisija sumpornih oksida kg/h	Godišnja potrošnja topline Gcal 10^3	Godišnja potrošnja ulja za loženje t	Godišnja emisija sumpornih oksida t
1965.	106	11,2	780	303	32 000	2 240
1970.	233	23,5	1650	658	69 000	4 820
1975.	357	37,5	2530	1 033	109 000	7 630
1980.	506	53,2	3720	1 247	131 000	9 180
2000.	607	63,9	4480	1 481	156 000	10 910

Termoelektrana-toplana u Kuševačkoj ulici — Tablica 2.

Godina	Vršna potrošnja topline Gcal/h	Vršna potrošnja ulja za loženje t/h	Vršna emisija sumpornih oksida kg/h	Godišnja potrošnja topline 10^3 Gcal	Godišnja potrošnja ulja za loženje t	Godišnja emisija sumpornih oksida t
1965.	248	26,1	1 830	1 143	120 000	8 400
1970.	332	35,0	2 450	1 337	141 000	9 870
1975.	477	50,2	3 510	1 680	177 000	12 400
1980.	1 139	120,0	8 400	3 420	360 000	25 200
2000.	1 838	193,5	13 550	5 050	532 000	37 200

dok će u najskorije vrijeme biti završen i pušten u pogon novi vrelovodni kotao kapaciteta 50 Gcal/h što približno odgovara kapacitetu parnog kotla od 100 t/h.

Turbinsko postrojenje izvedeno je sa dva oduzimno kondenzaciona agregata snage po 32 MW.

Dimni plinovi iz svih kotlova odlaze u zajednički dimnjak visok 100 m, promjera 6,5 m.

Termoelektrana-Toplana smještena je na lijevoj obali Save uz Jakuševački most, u području koje, bar za sada, nije gusto naseljeno.

U tablici 2 dan je pregled proizvodnje pare, električne energije kao i potrošnje goriva pod istim pretpostavkama, kao što je to dano za Elektranu-Toplanu.

Iz tablice se vidi, da bi sada instalirani kapacitet zajedno sa kotlom koji će uskoro biti izgrađen, zadovoljavao do 1975. godine, a nakon toga bi trebalo doći do uključivanja novih kapaciteta. Istovremeno bi došlo i do radikalnog povećanja potrošnje goriva, kao i isporuke sumpornih oksida u okolišnu atmosferu.

6. Osvrt

Iz svega do sada iznijetog se vidi, da je potrošnja goriva Termoelektrane-Toplane u gradu Zagrebu porasla u posljednjih 5 godina za oko 40%
da se za idućih 5 godina pretpostavlja porast za daljnjih 35—40%
a za idućih 10 godina 120—150%
s obzirom na današnju potrošnju. Srazmjerno povećanju goriva, ako ne dođe do radikalne preorijentacije u kvaliteti upotrebljivog goriva, povećat će se i emitiranje sumpornog dioksida.

Sadašnje onečišćenje zraka u nekim dijelovima Zagreba, doseglo je zabrinjujući nivo, a daljnjim povećanjem potrošnje goriva Termoelektrana i Toplana, kao i ostalih emitenata, onečišćenje zraka će se još i povećati. To naročito vrijedi za Elektranu-Toplanu koja se nalazi usred naseljenog područja, a u njenom emisionom području su podignuti visoki stambeni objekti. U dogledno vrijeme možemo očekivati, da će se i Termoelektrana-Toplana naći manje ili više opkoljena gradskim stanovništvom.

Koje nam mogućnosti stoje na raspolaganju u vezi s termoelektrana i toplanama za ublaživanje ovog zaista ozbiljnog problema?

Odustajanje od predviđenih povećanja kapaciteta termoelektrana i toplana, ne bi dalo rezultata. Naime, iste ili još veće količine goriva bile bi opet spaljene na drugim mjestima u gradu, ali vjerojatno manje ekonomično i pod lošijim nadzorom.

Upotreba ugljena kao goriva ne dolazi u obzir, jer bi okolišni zrak pred sumpornim oksidima bio onečišćen još i letećim pepelom i čađom.

Trajna upotreba ulja za loženje s malim sadržajem sumpora (oko 1%) ne dolazi u obzir, jer ga na tržištu nema i malo je vjerojatno da će ga biti dovoljno. Eventualno bi se manje količine ovog goriva mogle uskladištiti kod potrošača i koristiti isključivo za vrijeme kritičnih koncentracija sumpornog dioksida u gradskom području.

Odsumporavanje ložnog ulja ili dimnih plinova za sada i u dogledno vrijeme ne dolazi u obzir, jer se ovi postupci još nalaze u eksperimentalnoj fazi i vezani su uz znatno povećanje troškova.

Kako iz podataka o emisijama slijedi, bit će nužno, da bi se udovoljilo zahtjevima za čistoćom zraka u Zagrebu, najozbiljnije razmotriti ovaj problem.

Najpovoljnije bi bilo da se kotlovska postrojenja obih otplana usmjere na upotrebu više vrsti goriva, a u prvom redu na što veću upotrebu zemnog plina. U tom slučaju zemni plin kao osnovno gorivo ne bi povećavao koncentraciju štetnih materija, a imisiona područja obih emitanata bila bi u povoljnijem stanju nego što su danas.

U slučaju da se ne mogu osigurati dovoljne količine zemnog plina, naročito za kritične zimske mjesece, povećavanje kapaciteta morat će uslijediti ipak na osnovi korištenja teškog ulja za loženje.

Kao rezervno gorivo trebalo bi predvidjeti ulje za loženje iz domaće nafte, i za njega osigurati skladišni prostor. Na osnovi sadašnjih rezultata mjerenja imisije uz nedovoljan broj mjernih stanica oko toplana, cijeni se, da bi se rezervno gorivo trebalo upotrijebiti 2 do 3 puta godišnje i to tjekom zime, u trajanju od po 8 do 10 dana.

Uz nove objekte trebalo bi izgraditi takve dimnjake koji bi bili dimenzionirani po specifičnim meteorološkim i okolišnim zahtjevima. Pored toga, trebalo bi pristupiti kontinuiranom registriranju imisije svakog od ovih dvaju objekata, da bi se pogon mogao elastično voditi.

Literatura:

1. Interni podaci elektroprivrede Zagreba
2. Mr ing. Fugaš: *Sedam godina mjerenja onečišćenja atmosfere na području grada Zagreba*, referat sa savjetovanja o rješavanju problema onečišćenja atmosfere grada Zagreba produktima sagorjevanja, Zagreb, studeni 1970.
3. Prijedlog Republičkog meteorološkog zavoda SRH, o organizaciji službe za zaštitu zraka od zagađivanja u Zagrebu, Zagreb, 1971.

Naslov pisca: Hrvoje Brkić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb.

DALJINSKO UPRAVLJANJE POSTROJENJIMA PRIJENOSNE MREŽE

Božidar Radmilović, Zagreb

Autor smatra da je uvođenje daljinskog upravljanja u prijenosnoj mreži nužnost za normalnu eksploataciju sistema nakon 1975. godine. U vezi s time autor postavlja nekoliko pitanja, koja bi morala dati principe rješenja daljinskog upravljanja, a zatim daje opis nekoliko domaćih i stranih rješenja.

DK 621.398 : 621.316

1.) Uvodna razmatranja

Pri sagledavanju veličine i uloge 110 kV prijenosne mreže kao i uloge i broja rasklopno-transformatorskih postrojenja 110/35 kV na sadašnjem području djelovanja »Elektroprenosa« — Zagreb u razdoblju 1975—80. godine i poslije, došlo se je do uvjerenja da bi bilo ekonomsko-tehnički neopravdano (ako ne i pogonski nemoguće) upravljati takvom mrežom na sadašnji način. Konstatirano je da je nužno do toga vremena organizirati centralizirano upravljanje i nadzor nad postrojenjima mreže, i to u dvije razine. Osnovno rješenje bilo bi grupiranje više postrojenja (5—20) kojima bi se daljinski upravljalo iz jednog centralnog mjesta, obično glavne spojne točke toga područja. Nadzor cjelokupne mreže obavljao bi se iz dispečerskog centra »Elektroprivrede« — Zagreb snabdjevenog dovoljnim brojem informacija iz centara daljinskog upravljanja i samih postrojenja (kako rasklopno-transformatorskih tako i proizvodnih) i opremljenog potrebnom opremom za nadzor i vođenje mreže na osnovi dobivenih i obrađenih podataka. Osnovni principi o automatizaciji i daljinskom upravljanju u prijenosnoj mreži »Elektroprivrede« — Zagreb izloženi su na X stručnom savjetovanju elektroenergetičara Jugoslavije (CIGRE — Dubrovnik 1970. ref. br. 41.19).

Da bi se moglo prići realizaciji ovako zamišljene dvoetažne konstrukcije upravljanja i nadzora postrojenja prijenosne mreže, potrebno je prije svega sagledati probleme i naći rješenje za temeljni dio, a to je upravljanje grupom rasklopnih postrojenja prijenosne mreže iz jednog centra. Osnovna pitanja koja se pri tome postavljaju su slijedeća:

— Kako velika može biti (po prostoru i broju postrojenja jedna telekomandna mreža.
— Da li je uloga centra daljinskog upravljanja da bude centralna uklopnica određenog broja postrojenja, ili da bude djelomično i dispečerski centar za to područje.
— Za koja je postrojenja, odnosno dijelove postrojenja, nadležan centar upravljanja prijenosne organizacije.
— Kojim će se sklopnim aparatima upravljati daljinski, a kojima lokalno, s kojih će se sklopnih aparata prenositi signalizacija uklopnog stanja u centar.
— Koje signalizacije iz zaštitnih uređaja transformatora, vodova i pomoćnih uređaja prenositi iz upravljanih postrojenja u centar.
— Koja pogonska mjerenja i energetske podatke prenositi iz postrojenja u centar.
— Kako riješiti kompletnu problematiku regulacije napona na regulacionim transformatorima u postrojenjima bez posade.
— Način prikazivanja sheme mreže i postrojenja u centru, način upravljanja i povratne signalizacije sklopnih aparata, način signalizacije prorada zaštitnih uređaja i način prikazivanja mjernih veličina.
— Opremanje centara u vezi s obradom prenesenih informacija iz upravljanih postrojenja kao pogonskih (uklopna stanja, signalizacije) tako i energetskih. Koje podatke i kako evidentirati i obraditi u centrima daljinskog upravljanja, a koja proslijediti u dispečerski centar na dalju obradu.
— Uređaji i putovi za prijenos informacija između daljinski upravljanih postrojenja i odgovarajućih centara, između tih centara i dispečerskog centra.
— Organizacije povremenih obilazaka, nadzora i održavanja postrojenja bez posade, hitne intervencije, osiguranje objekata i slično.

Da bi se ovakva pitanja uopće mogla postaviti bilo je nužno sakupiti informacije o rješenjima i iskustvima onih organizacija koje već imaju daljinski upravljana rasklopna postrojenja. Zbog toga su u posljednje tri godine predstavnici »Elektroprenosa« — Zagreb posjetili u zemlji i inozemstvu ove organizacije:

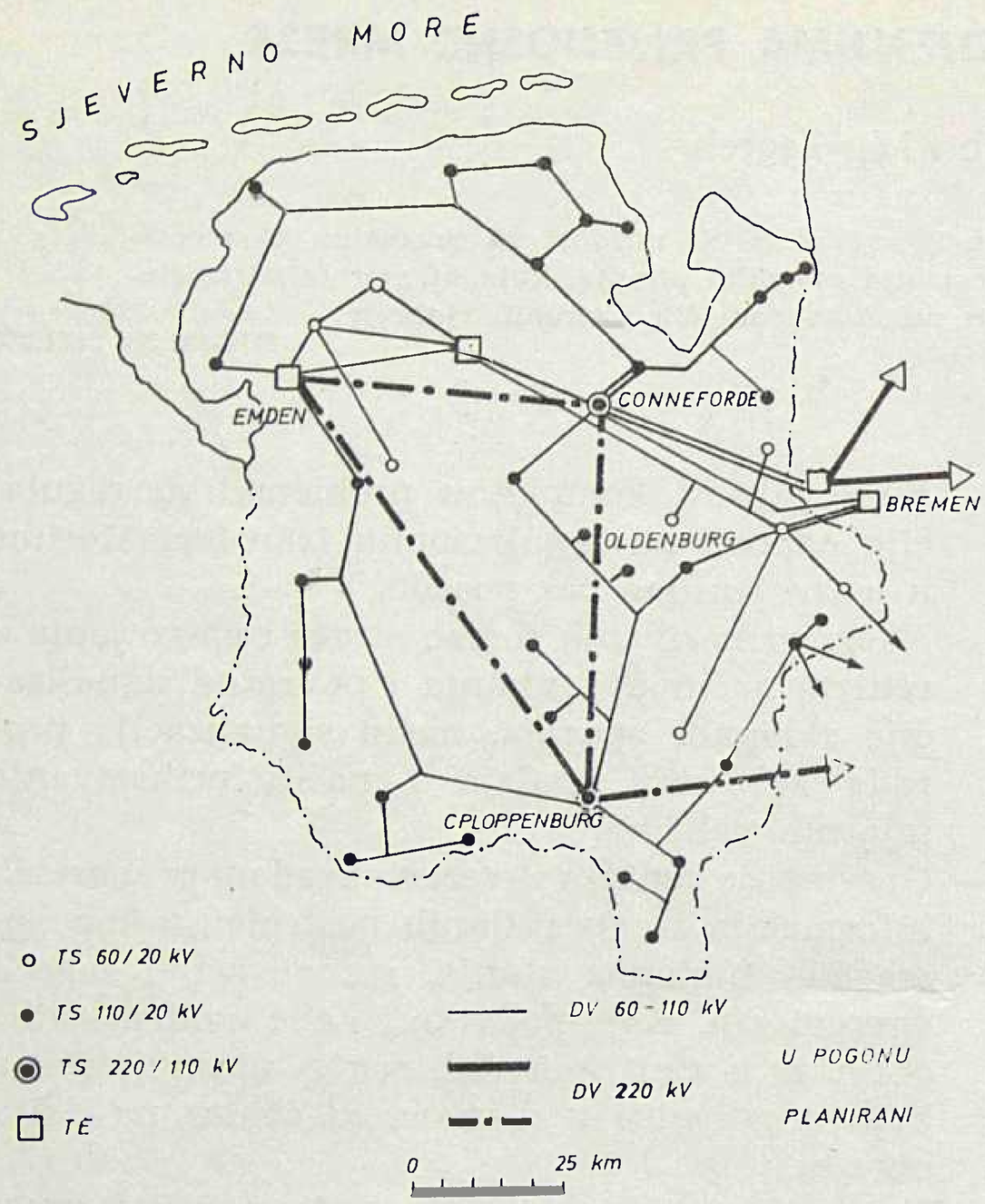
I	1968.	»Elektroprenos« — Sarajevo
III	1968.	»Elektroprenos« — Split
VII	1968.	»Elektra« — Zagreb
VII	1968.	»Elektrodistribucija« — Beograd
XI	1968.	NWK Oldenburg (SR Njemačka)
XI	1968.	HEW Hamburg (SR Njemačka)
III	1970.	PLEM Maastricht (Nizozemska)
III	1970.	SEP Arnhem (Nizozemska)
III	1970.	RWE Düren, Essen (SR Njemačka)
III	1970.	BW Karlsruhe (SR Njemačka)
IX	1970.	ŽTP Zagreb
X	1970.	EKS Schaffhausen (Švicarska)

U ovom prikazu bit će opisana rješenja i iskustva o daljinskom upravljanju u nekim, spomenutim, inozemnim elektroprivrednim organizacijama kao i primjena tih saznanja u prvim predviđenim daljinski upravljanim postrojenjima »Elektroprenosa« — Zagreb.

2. Daljinsko upravljanje u nekim stranim organizacijama

2.1. »Nordwestdeutsche Kraftwerke« Hamburg

Proizvodno-prijenosno elektroprivredno poduzeće »Nordwestdeutsche Kraftwerke AG« Hamburg



Sl. 1. »Nordwestdeutsche Kraftwerke AG« Hamburg
Mreža 60 — 220 kV pogona Oldenburg

(NWK) djeluje — kako se vidi iz samog naziva — na sjeverozapadnom dijelu SR Njemačke. Operativno je podijeljeno u tri pogonska područja, od kojih su predstavnici »Elektroprenosa« — Zagreb posjetili pogon Oldenburg (Sl. 1). Na tome području, površine oko 100×100 km koje je — u to vrijeme — imalo centralnu točku mreže u TS 220/110 kV Conneforde, bila je u pogonu telekomandna mreža od 16 transformatorskih stanica 60/20 i 110/20 kV, uz mogućnost da se proširi na 25—30 postrojenja kojima se upravlja iz spomenutog centralnog postrojenja. Kako se je u južnom dijelu ovog područja planirala izgradnja TS 220/110 kV Cloppenburg predviđeno je da to postrojenje bude ujedno i centar daljinskog upravljanja za transformatorske stanice 110/20 kV toga dijela pogona Oldenburg.

Centar daljinskog upravljanja u TS 220/110 kV Conneforde ima čisto operativnu ulogu centralne uklopnice, tako da se u njemu skupljaju samo informacije potrebne za upravljanje i nadzor spomenute grupacije transformatorskih stanica. Energetski podaci iz cijelog poduzeća NWK dovode se u dispečerski centar Hamburg—Harburg, gdje se dalje obrađuju i odakle se upravlja mrežom.

Nadležnost ovog centra daljinskog upravljanja su postrojenja u 110 i 60 kV mreži, uključivo i transformaciju 110/20 odnosno 60/20 kV, te centralno postrojenje mreže u TS Conneforde (postrojenje 220, 110 i 20 kV). Upravljanje aparatima u 20 kV odvodima spada u nadležnost distributivnih poduzeća.

Iz ovog Centra daljinski se upravlja, uz automatsku povratnu signalizaciju, svim sklopnim aparatima (prekidači, vodni i sabirnički rastavljači, rastavljači za uzemljenje). Postoji mogućnost daljinskog izbora režima rada regulacije napona (ručno, automatski) kao i daljinsko upravljanje regulacionim sklopkama.

Signalizacija prorada zaštitnih uređaja kao i smetnji iz pomoćnih postrojenja ostvaruje se pomoću akustičkog signala za najavu dolaska informacija, skupnog optičkog signala za sve informacije iz jednog postrojenja i uređaja za automatski zapis. Svaka primljena signalizacija, kao i svaka promjena uklopnog stanja, protokolira se jednostavnim brojčanim kodom, uz točnost zapisa u granicama minuta. Pomoću matičnog polja može se na upit provjeriti i zapisati uklopno stanje odabranog aparata, odnosno signalizacionog uređaja.

Daljinska mjerenja, koja su prilagođena operativnoj ulozi ovog centra, sastoje se od:

— Stalnog mjerenja napona sabirnica 60 i 110 kV pri čemu su ovi instrumenti postavljeni zajedno sa skupnim optičkim signalizacionim uređajem odgovarajućeg postrojenja.
— Izbornih mjerenja napona, struje, snage i položaja regulacione sklopke grupom od 4 instrumenta koji se nalaze na komandnom stolu odakle se pomoću matičnog polja obavlja izbor mjerenja.

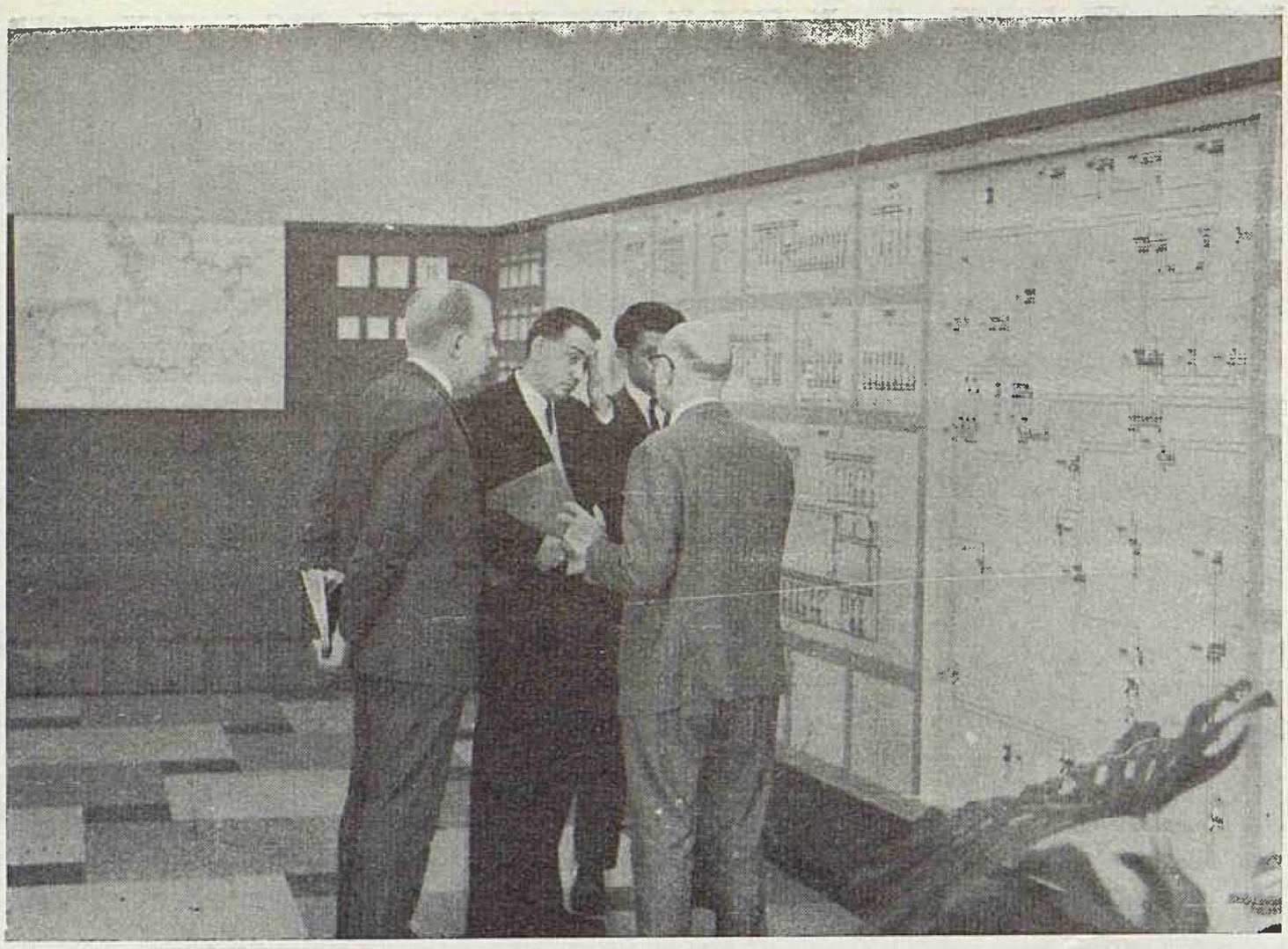
Upravljanje i signalizacija uklopnog stanja sklopnih aparata ostvaruje se preko odgovarajućih uređaja na komandnoj ploči. Komandna ploča izvedena je od mozaik elemenata 15×15 mm i sastoji se od tri dijela (Sl. 2). Na središnjem dijelu prikazana je mreža vodova, sabirnice 220, 110 i 60 kV, učinski transformatori i prekidači (samo signalizacija položaja), a na dvije bočne ploče nalaze se slijepe sheme postrojenja s potvrdnim sklopkama i tipkalima za upravljanje. Samo upravljanje sklopnih aparata je višestruko izborno kako bi se smanjila mogućnost izvođenja krivih zahvata. Tako je za davanje jedne komande potrebno:

— na ploči mreže izabrati postrojenje,
— na ploči odabranog postrojenja izabrati polje,
— u odabranom polju izabrati aparat,
— na zajedničkim tipkalima (za odabrano postrojenje) dati odgovarajuću komandu za ukapčanje ili iskapčanje sklopnih aparata odnosno za pokretanje regulacione sklopke.

Prijenosni putovi za potrebe daljinskog upravljanja u mreži su visokofrekventne veze po vodovima (VF veze), i uglavnom bez rezervnog prijenosnog puta. Prijenostni putovi informacija za potrebe dispečerskog centra su usmjerene UKV veze.

Posada centra daljinskog upravljanja u TS 220/110 kV Conneforde sastoji se od 8 radnika: rukovodioca centra i njegovog zamjenika, 4 smjenska uklopničara i 2 reviziona elektromontera. Za grupaciju 3—4 daljinski upravljanih postrojenja zadužen je po jedan radnik koji svakodnevno obilazi ta postrojenja, a u slučaju potrebe lokalno upravlja pojedinim transformatorskim stanicama.

Cjelokupnu telekomunikacionu opremu u ovoj mreži, kao i uređenje centra u TS Conneforde, isporučila je i izvela njemačka tvrtka AEG-Telefunken.



Sl. 2. Komandna ploča centra daljinskog upravljanja u TS 220/110 Conneforde (»NWK«)

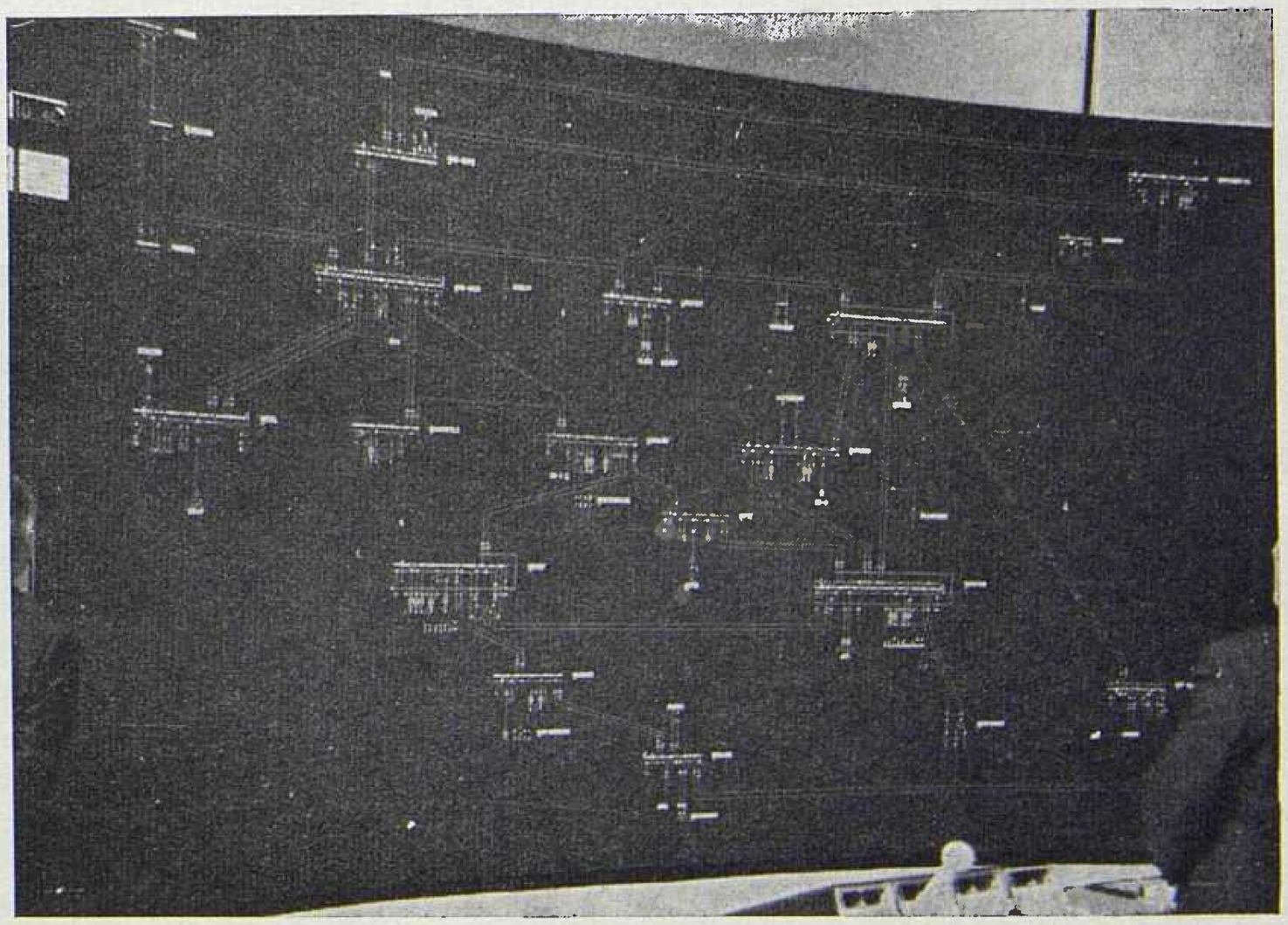
2.2. »Hamburgische Elektricitäts — Werke AG« Hamburg

Elektroprivredno poduzeće »Hamburgische Electricitäts-Werke AG« (HEW) je proizvodno-distributerska organizacija na području grada i federalne jedinice Hamburg. Specifičnost ovog poduzeća je djelovanje na veoma malom području (u promjeru 30—40 km), gusto naseljenom (oko 2,000.000 stanovnika) sa snažnom industrijom. Kao posljedica toga je veliko specifično opterećenje po km², velika koncentracija izvora (9 elektrana s ukupno 1.650 MW instaliranih), snažna i gusta mreža vodova i postrojenja 110, 25, 10 i 6 kV (razmak između TS 110 kV u gradu oko 2—3 km), te veći broj točaka povezivanja s okolnom mrežom 220 i 380 kV.

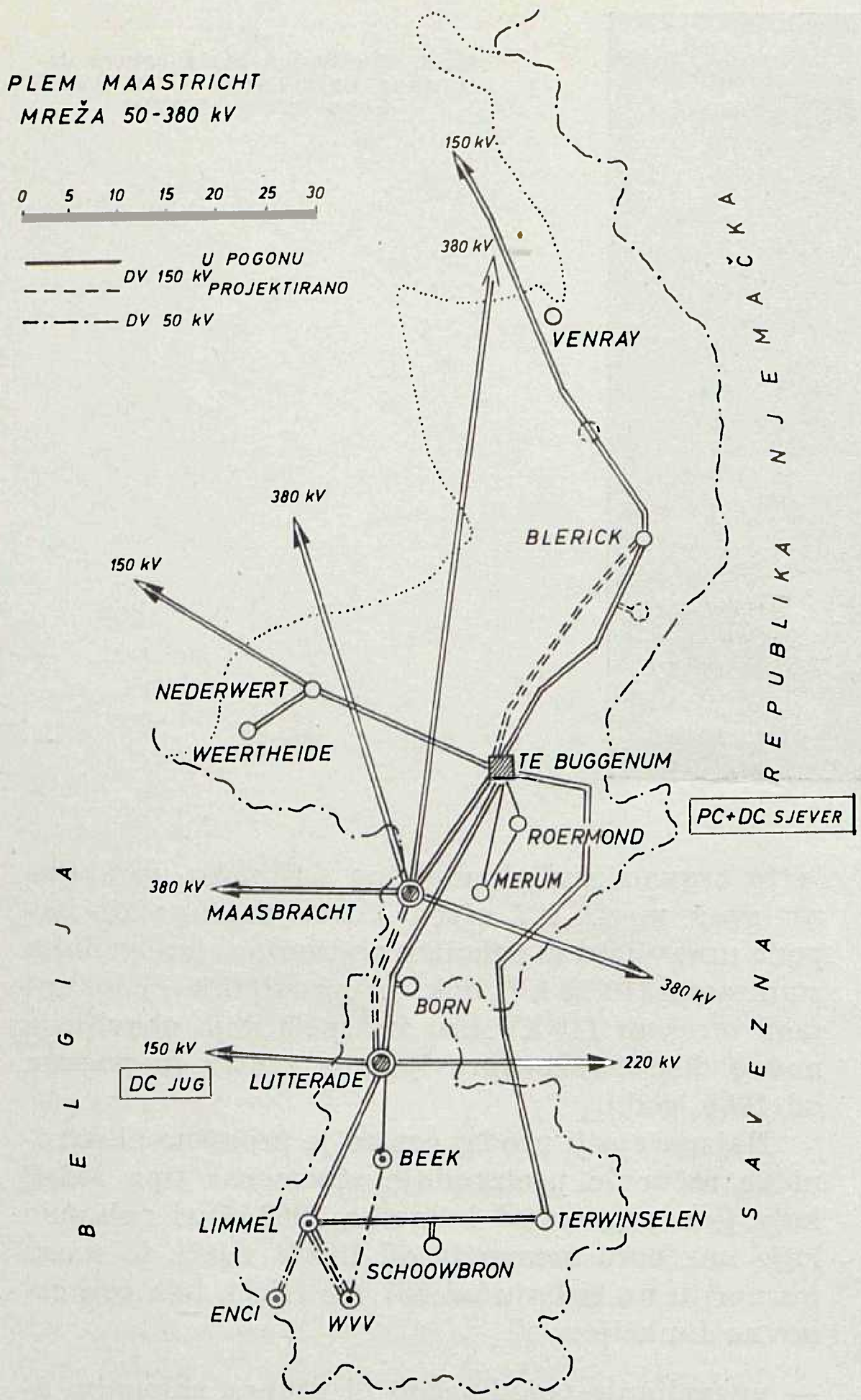
Očito je da pogon, nadzor i upravljanje ovakvom mrežom donosi niz specifičnih problema i zahtijeva adekvatna rješenja. Poduzeće HEW riješilo je to organiziravši kompletno daljinsko upravljanje svoje mreže u 2 nivoa. Postrojenjem nižih napona upravljaju iz nekoliko podcentara u pogodnim stanicama 110/25 kV, dok se upravljanje cjelokupnom mrežom 110 kV kao i dispečiranje obavlja iz novog dispečersko-upravljačkog centra (u pogonu od 1968. god.).

Najznačajniji uređaj centra je procesno elektroničko računalo proizvodnje »Siemens« tipa 305-P koje je u pogonu od kolovoza 1968. Ovo računalo koje ima brzu memoriju od 16.384 riječi, te sporu memoriju na bubnju od 131.072 riječi, ima ove osnovne funkcije:

— upravljanje pojedinačno ili grupno sklopnim aparatima 110 kV;
— podešavanje prigušnica za uzemljenje i registriranje mjesta zemljospoja 110 kV mreže;



Sl. 3. Ploča u dispečersko-upravljačkom centru NEW - Hamburg



Sl. 4. Mreža 50—380 kV na području PLEM Maastricht

— prijem, obrada i ispisivanje signalizacija iz postrojenja;
— obrada energetskih podataka o proizvodnji, potrošnji i razmjeni u pojedinim odjeljenim mrežnim grupama 110 kV;
— poluautomatska regulacija i optimiranje svakog agregata;
— ciklička sigurnosna kontrola mreže: kontrola kratkog spoja, da li su postrojenja dovoljno sigurno napajana, da li u slučaju ispada nekih vodova može doći do preopterećenja ostalog dijela mreže, i slično.

Dispečerska prostorija ovog centra opremljena je pločom dimenzija 3,5×9 m za prikazivanje uklopnog stanja mreže 110 kV i za analogna i digitalna mjerenja proizvodnje, opterećenja i razmjene pojedinih elektrana, mrežnih grupa i interkonektivnih točaka (sl. 3). Na dijelu ploče za prikazivanje mreže pomoću sijalica signalizira se slijedeće:

— sabirnički rastavljač uključen
— prekidač isključen
— vod uzemljen
— vod u dozemnom spoju
— vod preopterećen.

Na dispečerskom stolu predviđena su 3 radna mjesta i to za rukovodioca smjene, za dispečera elektrana i za dispečere mreže. Pored matičnih polja za upravljanje postrojenjima pomoću računala, za izbor mjerenja i za izbor sredstava i smjera veza, na stolu se nalaze i dva printera za pisanje protokola o događajima i manevrima (elektrana i mreža) i jedan printer za energetske podatke.

2.3. PLEM Maastricht

Elektroprivredno poduzeće PLEM Maastricht je jedno od 11 provincijskih proizvodno-prijenosno-distributerskih poduzeća Nizozemske, a djeluje na području provincije Limburg (Sl. 4). Nadzor i upravljanje ove mreže izveden je na slijedeći način:

— postrojenjima 380 kV upravlja se iz nacionalnog dispečerskog centra SEP u Arnhemu, (2.4)
— postrojenjem 220, 150 i 50 kV upravlja se iz dva distriktna centra daljinskog upravljanja (DC),
— cjelokupni nadzor mreže i vođenje energetike obavlja se u provincijskom dispečerskom centru (PC),
— nadzor mreže 10 kV vrši se po principu telealarmiranja u odgovarajuće distriktne centre.

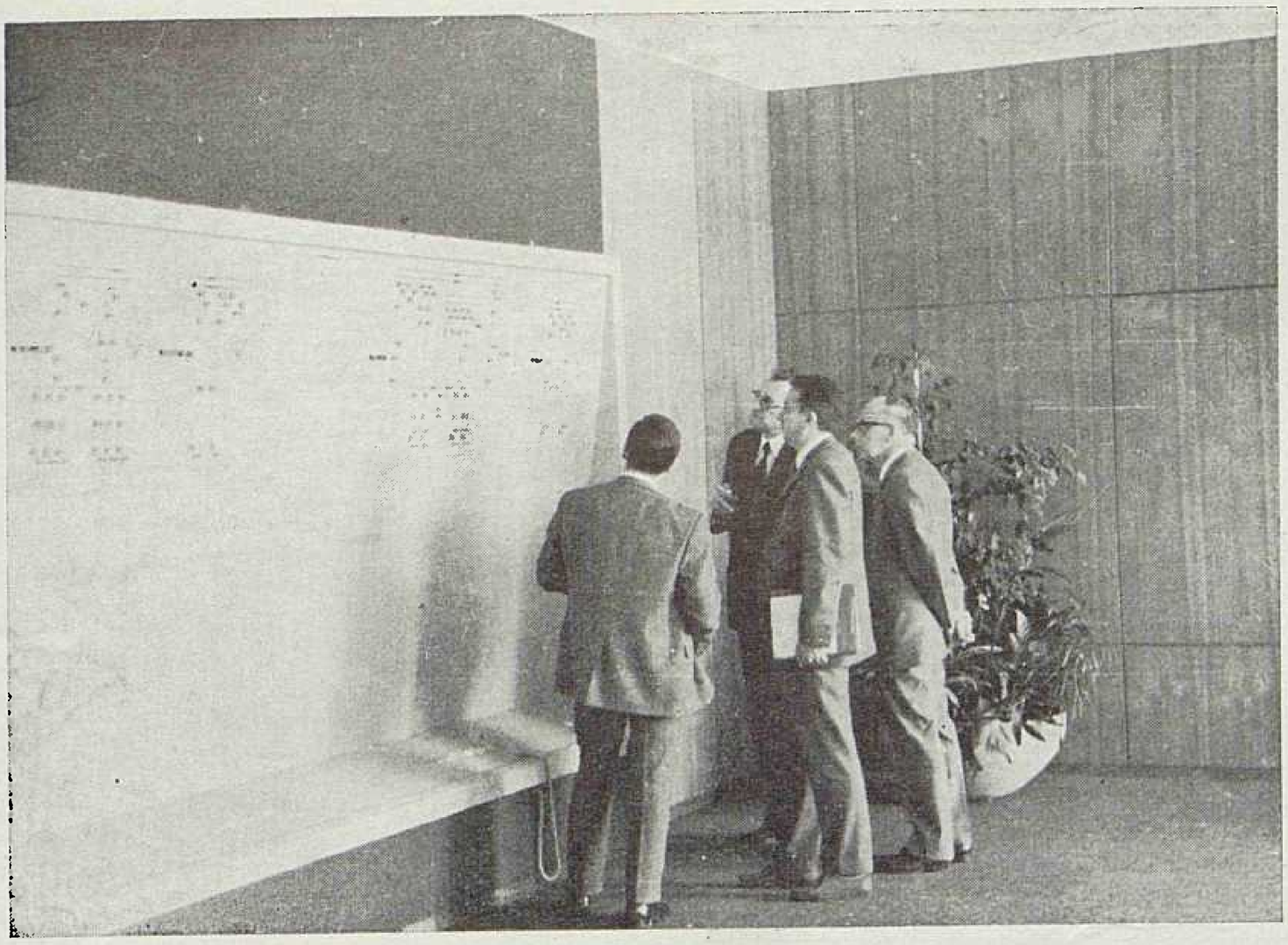
Iz navedenih distriktnih centara upravlja se sa po 8 postrojenja. Upravlja se svim sklopnim aparatima 220, 150 i 50 kV (uključivši i rastavljače za uzemljenje) kao i aparate u 10 kV trafo i spojnim poljima. Postoji mogućnost daljinskog nadzora i upravljanja regulacionim sklopkama.

Signalizacija djelovanja zaštitnih uređaja provedena je na klasičan način, pomoću svjetlosnih i zvučnih signala. I pored relativno velikog broja signalizacija iz pojedinih postrojenja (do 80 signala), njihova prorada se evidentira pomoću običnog zapisivanja. Međutim, svi međureleji za signalizaciju u centru imaju već pripremljene kontakte za budući automatski zapis.

Iz svakog postrojenja moguća su izborna mjerenja struja u sve 3 faze odabranog voda ili transformatora, kao i napona sabirnica 10 kV. S obzirom na veoma visoko dimenzioniranje mreže i transformacija, ova se mjerenja veoma malo upotrebljavaju.

Distriktni centri daljinskog upravljanja opremljeni su komandnim pločama od mozaik elemenata 25×25 mm, na kojima se nalazi upravljanje i signalizacija sklopnih aparata, regulacija napona i izborna mjerenja (sl. 5). Signalizacioni uređaji smješteni su na bočnim pločama.

Provincijski dispečerski centar (PC) koji je smješten u istoj zgradi sa sjevernim distriktnim upravljačkim centrom (DC sjever) opremljen je pločom za prikazivanje uklopnog stanja cijele mre-



Sl. 5. Distriktni upravljački centri »Sjever« u PLES Maastrichtu

že (na sličan način kao u Hamburgu) i pločama s osnovnim signalizacijama o proradi zaštitnih uređaja iz postrojenja. U daljnjoj etapi izgradnje dolazi između stola i ploče stalak za mjerne instrumente. Predviđaju se mjerenja razmjene sa susjedima, opterećenja transformatora 380/150 i 220/150 kV, opterećenje, proizvodnja i saldo razmjene cijele provincije, energija sa svih transformatora 150/10 i 50/10 kV te mjerenje napona iz nekoliko točaka mreže.

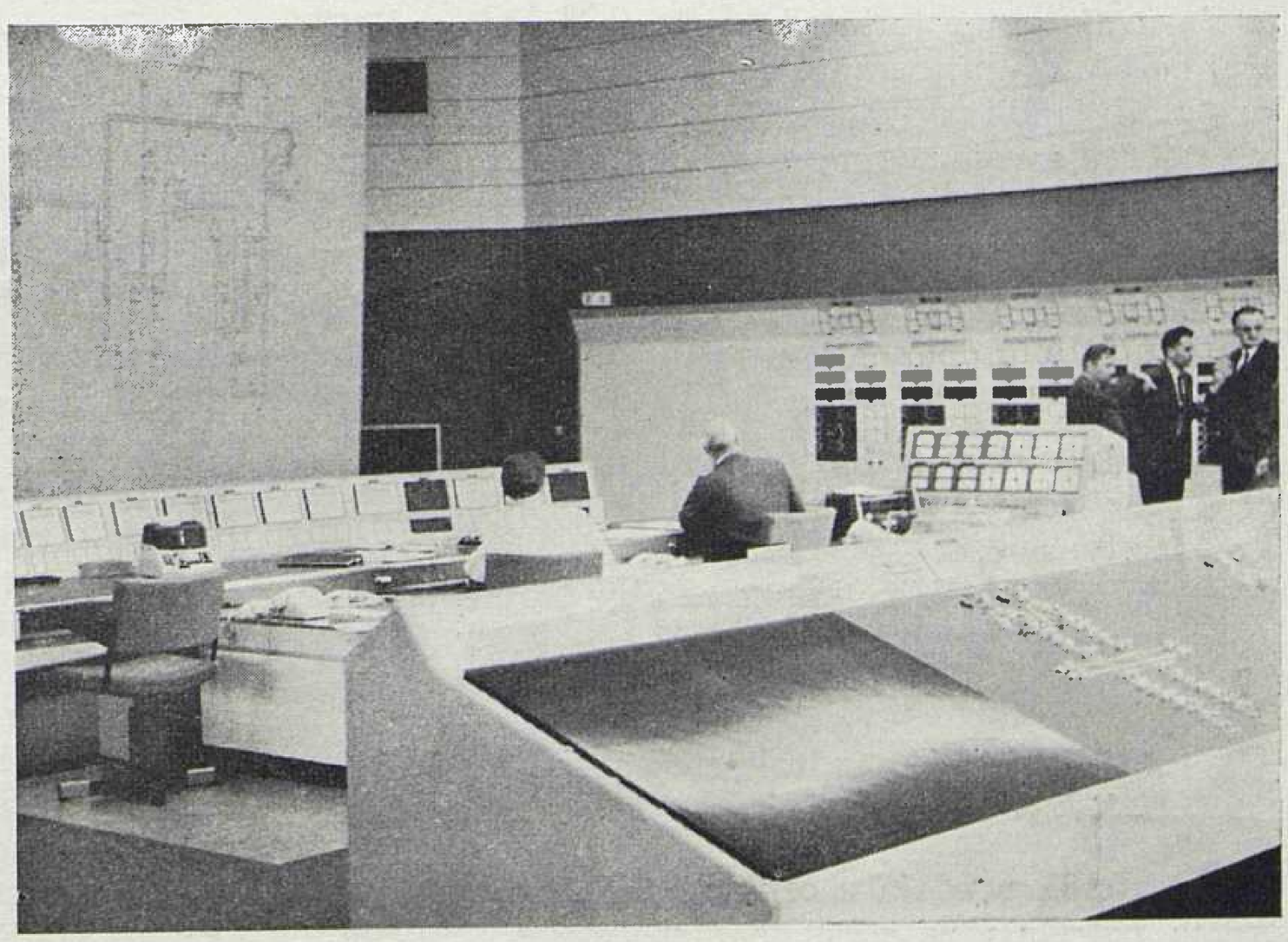
Prijenosni putovi su isključivo podzemni niskofrekventni telefonski kabeli, polagani na vlastitim trasama odvojeno od PTT kabela. Svako postrojenje ima priključak na 2 kabela s odvojenim trasama, ali bez mogućnosti automatskog prekapčanja.

Opremu za centre što smo ih prethodno opisali isporučila je njemačka tvrtka »Siemens«.

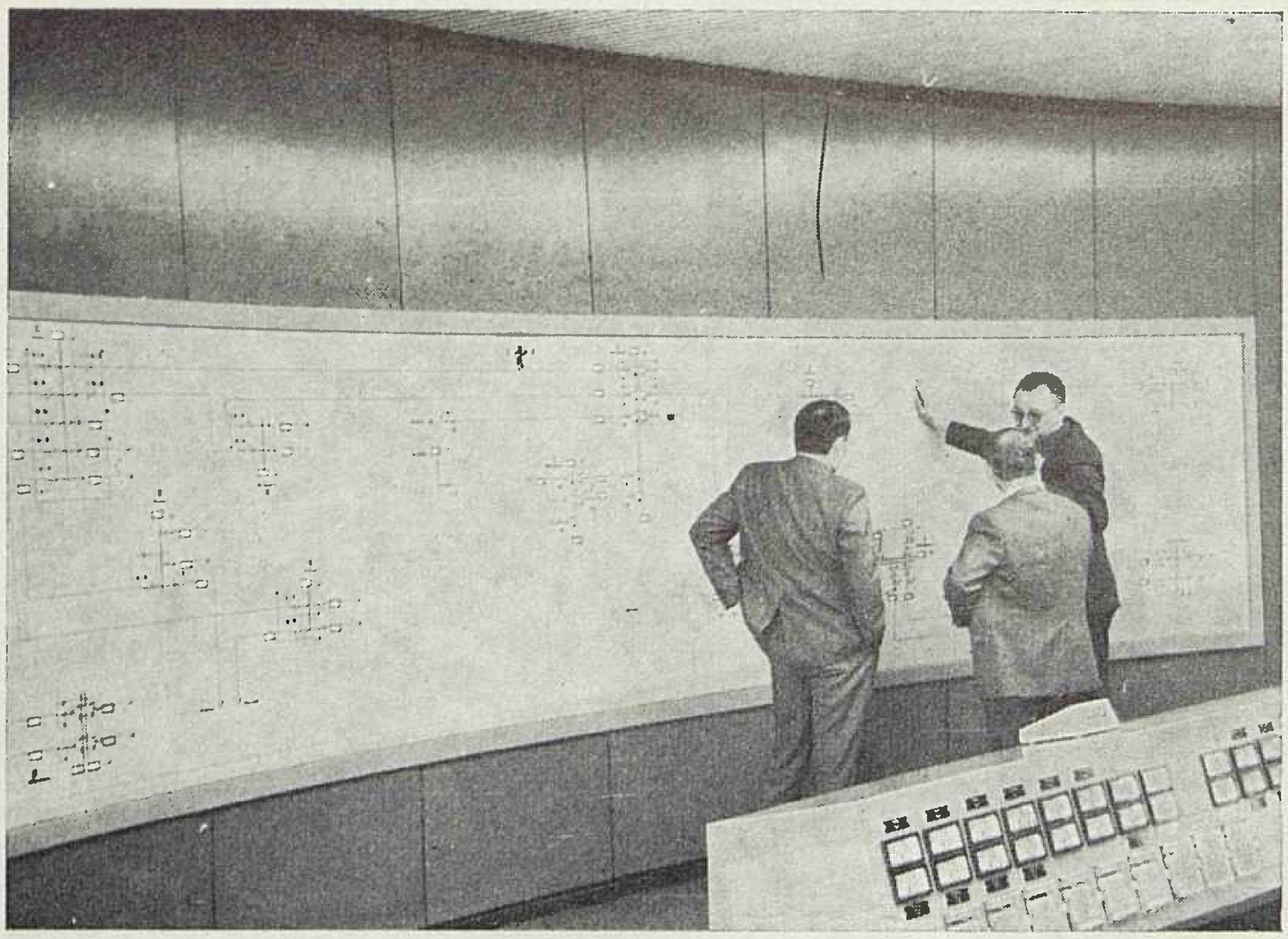
2.4. SEP Arnhem

Koordinacioni organ provincijskih elektroprivrednih organizacija Nizozemske i nacionalni dispečerski centar je SEP sa sjedištem u Arnhemu. Njegova je lokacija tako odabrana da je udaljenost do najdalje elektroprivredne točke u zemlji oko 25 km. Ovaj centar osim koordinacije proizvodnje i razmjene te regulacije frekvencije ima i funkciju centra za daljinsko upravljanje postrojenjima superponirane mreže 380 kV.

Mreža 380 kV Nizozemske počela se je izgrađivati tek posljednjih godina, da bi se uklonila uska grla na međuprovincijskim interkonekcijama 150 kV, i da bi se pojačalo povezivanje s Njemačkom i Belgijom. Dužina trasa vodova 380 kV iznosila je (u vrijeme naše posjete) oko 400 km sa 6 postroje-



Sl. 10. Dispečerska prostorija SEP Arnhem.



Sl. 7. Komandna ploča centra daljinskog upravljanja Rheinan (BW).

nja. Granice nadležnosti upravljanja su transformatori 380/150 kV s tim, da se aparatima u trafo-poljima 150 kV već upravlja iz centara nadležnih provincijskih poduzeća.

Za obavljanje svoje upravljačke funkcije, centar SEP je opremljen slijedećom opremom:

— signalizacionom pločom za prikazivanje uklopnog stanja mreže 380, 220 i 150 kV cijele zemlje,
— upravljačkim stolom (pultom) sa slijepim shemama, komandno-potvrdnim sklopkama i izbornim mjerenjima za upavljanje postrojenjima 380 kV,
— pomoćnom bočnom pločom sa signalizacionim uređajima iz postrojenja 380 kV, stalnim i izbornim mjerenjima te upravljačkim elementima za manipulacije u postrojenjima koji su priključeni na tercijarne namote transformatora 380/150 kV.

Za ovaj centar je karakterističan veoma veliki broj daljinskih mjerenja iz postrojenja 380 kV, kako stalnih tako i po izboru. Osim već rečenih izbornih mjerenja koja se nalaze na upravljačkom stolu (pultu) a koja se koriste samo kod manevara (A, % kV i MW iz polja u kojem se vrši zahvat), na pomoćnoj bočnoj ploči nalaze se — za svako postrojenje — još i ova mjerenja:

Stalno:

— % kV i Hz svakog sistema sabirnica te A, MW i MVAr iz spojnog polja koje je stalno uključeno.
— A, MW i MVAr ukupno za obje trojke (sistema) svakog voda.

Izborno:

— A, MW i MVAr iz izabranog vodnog polja te % kV, A i MVAr sa drugog kraja istog voda.

Osim ovih uređaja u centru SEP se nalazi i oprema potrebna za njegove dispečerske funkcije kao stalak sa potrebnim instrumentima, dispečerski stol, procesno elektroničko računalo s izlaznim printerima, uređaji za napajanje i ostalo. Prijenosni putovi između upravljanih postrojenja 380 kV odnosno centara provincijskih poduzeća i centra SEP-a su djelomično kabelski a djelomično usmjerene UKV veze.

2.5. »Badenwerke AG« Karlsruhe

»Badenwerke AG« Karlsruhe (BW) je proizvodno-prijenosno-distributersko poduzeće s djelovanjem na području federalne jedinice Baden-Württenberg. Upravljanje i nadzor nad mrežom riješen je na 3 načina:

— glavni dispečerski centar,
— četiri upravljačka centra za upravljanje mrežom 220 i 110 kV, i
— većeg broja podcentara za upravljanje mrežom 20 kV, uključivši i transformatore 110/20 kV.

Upravljački centar za sjeverno područje mreže 220 i 110 kV u Rheinau dimenzioniran je za upravljanje do 30 postrojenja. U vrijeme naše posjete odavde se je upravljalo sa 20 postrojenja 220 i 110 kV. Za ovu funkciju centar je bio opremljen sa:

— Komandnom pločom (Sl. 7) od mozaik elemenata 15×15 mm sa slijepom shemom postrojenja i vodova 220 i 110 kV, sa komandno potvrdnim sklopkama za upravljanje i signalizaciju svih sklopnih aparata, te sa ugrađenim mikro instrumentima za stalno mjerenje napona sabirnica i struja vodova i transformatora.
— Stalkom sa pokaznim i registracionim instrumentima za radnu i jalovu snagu pojedinih područja kao i vodova za razmjenu.
— Komandnim stolom na kome se pored uobičajenih komutacionih uređaja za sredstva veze nalazi signalizacija zaštite transformatora 220/110 kV te matično polje za izborno upravljanje

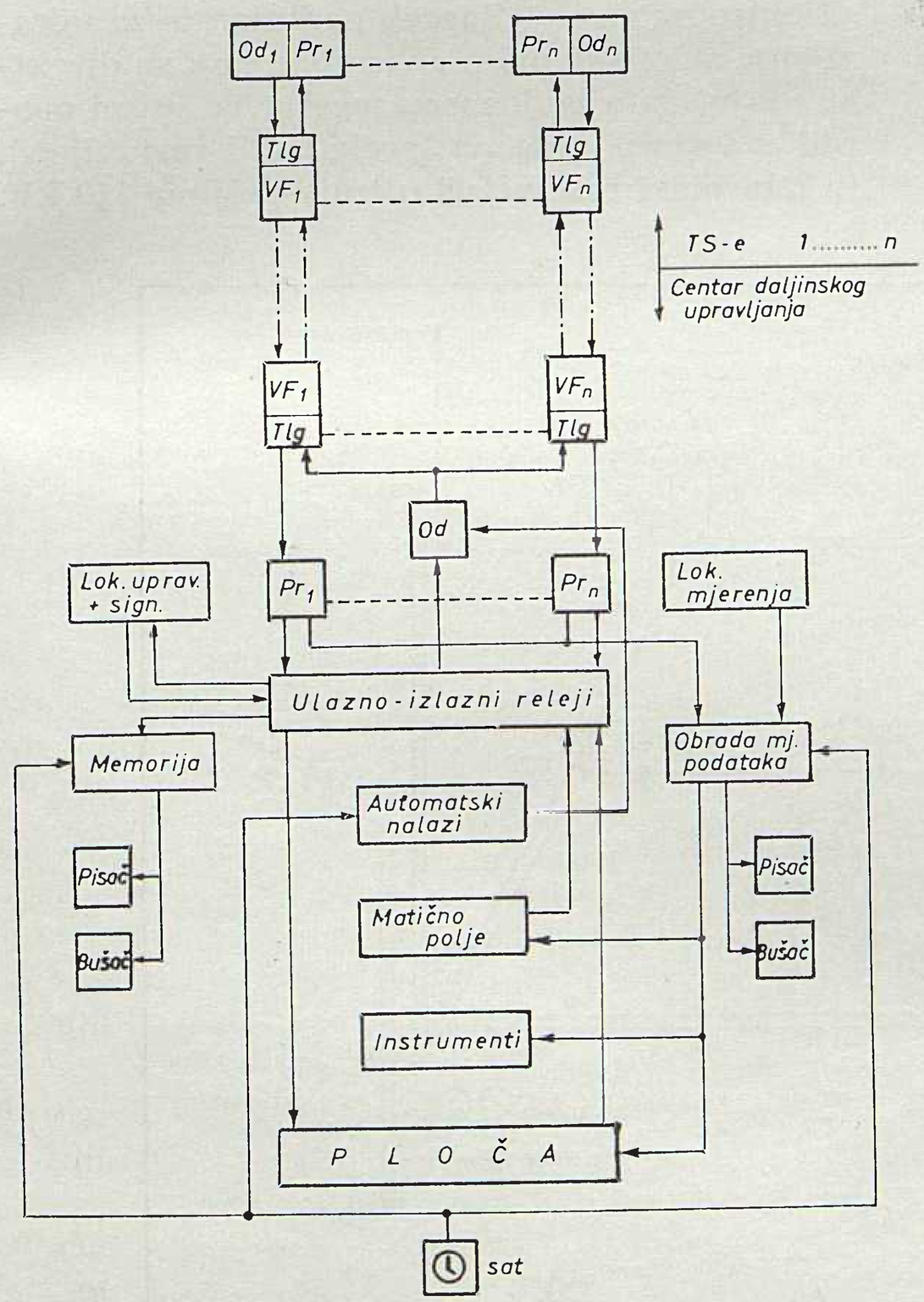
sklopnim aparatima i regulacijom tih transformatora, kao i mjerenja iz trafo-polja.

— Uređajem za prijem i obradu informacija iz upravljanih postrojenja. Svaka informacija iz podstanica sadrži osim signala događaja još i informaciju vremena događaja sa točnosti evidentiranja 0,1—1 sek (prema želji). Ove se informacije memoriraju i evidentiraju na printeru u centru s pogodnim alfanumeričkim kodom, a također i na bušenoj traci. Centralno računalo poduzeća koje je u »Off line« vezi sa centrima daljinskog upravljanja opskrbljuje se svakodnevno informacijama preko posebnih teleprinterskih linija.

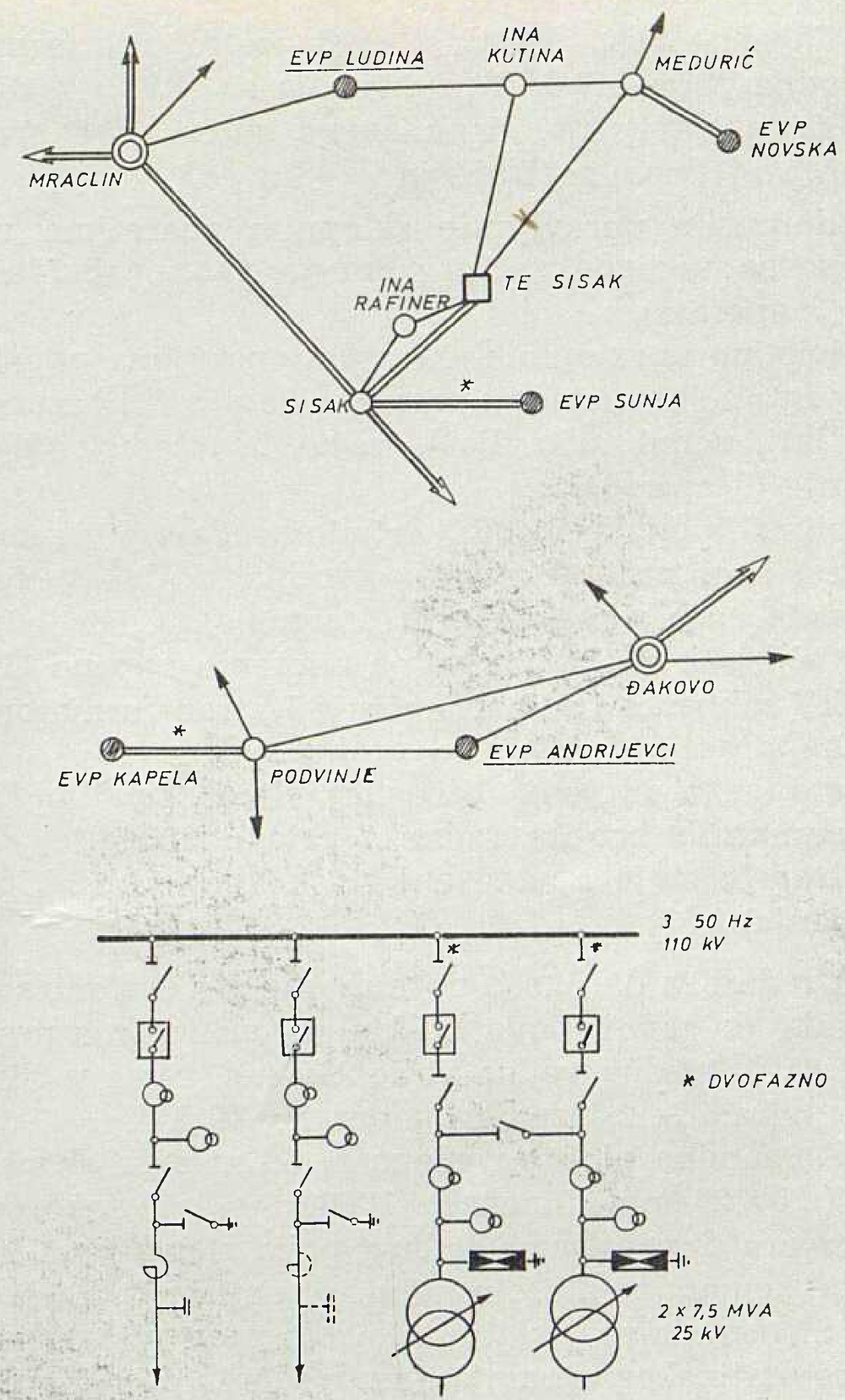
Opisan način informiranja centra zahtijevao je, pored centralnog satnog uređaja sa sinhronizacijom u podstanicama, još i posebna rješenja sistema za prijenos informacija. Kako su dolazni (signalni i mjerni) telegrami dugi i česti, to je smjer od podstanice do centra riješen na jedan način (sistem »točka-točka«), a smjer u centar-podstanica na drugi (cikličko-mrežni) način (Sl. 8).

Prijenosni putovi u ovoj mreži su isključivo VF veze po vodovima, s veoma velikim brojem stanica u nizu i bez rezervnog puta. Sigurnost se dobiva pomoću dvofaznog povezivanja, pri čemu se koriste faze u oba sistema (trojke) jer su svi vodovi dvostruki.

Opremu za ovaj centar isporučila je tvrtka »Siemens«.



Sl. 8. Blok shema uređaja za daljinsko upravljanje u centru »Sjever« — Rheinen (BW)



Sl. 9. EVP 110/25 kV Ludina i Andrijevci. Smještaj u mreži i osnovna shema

3. Daljinsko upravljanje u »Elektroprenosu« — Zagreb

3.1. Zajednička elektroprivredna i željeznička postrojenja 110 kV

Za potrebe elektrifikacije magistralne pruge Dobova — Zagreb — Vinkovci — Tovarnik — (Beograd), Željezničko transportno poduzeće Zagreb (ŽTP) izgrađuje 3 tipa elektrovučnih podstanica (EVP) 110/25 kV.

To su:

— EVP u sklopu elektroprivrednih objekata (Resnik, Mraclin)

— EVP što su sa 2 dvofazna voda 110 kV priključeni na objekte elektroprivrede (Sunja, Novska, Kapela, Jankovci),

— EVP, umetnute u trofazne vodove elektroprivrede (Ludina, Andrijevci; sl. 9).

ŽTP Zagreb predvidjelo je daljinsko upravljanje svim svojim energetskim objektima 110 i 25 kV iz centara u Zagrebu i Vinkovcima. Kako se ocijenilo da ne bi bilo pogodno da se iz ovih centara upravlja i trofaznim dijelovima umetnutih postrojenja u EVP Ludina i Andrijevci, odlučeno je da se njima upravlja daljinski iz najbližih postrojenja »Elektroprenosa« — Zagreb, tj. iz TS 220/110 kV Mraclin i TS 110/35 kV Podvinje (Sl. Brod).

Za prvu fazu izgradnje ovih postrojenja (samo 2 vodna polja 110 kV) predviđena su slijedeća daljinska upravljanja, signalizacije, mjerenja i brojenja po jednom postrojenju:

— daljinsko upravljanje sklopnim aparatima uz povratnu signalizaciju položaja: vodni prekidači (2 aparata),
— lokalno upravljanje sklopnim aparatima uz povratnu signalizaciju položaja: sabirnički rastavljači, vodni rastavljači, rastavljači za uzemljenje (6 aparata),
— signalizacija zaštitnih i ostalih uređaja: 8 signala zaštitnih uređaja iz svakog vodnog polja i 4 signala opće signalizacije (12 signala),
— daljinska mjerenja: stalna mjerenja napona 110 kV sabirnica i sumarne struje JŽ transformatora na strani 110 kV (2 mjerenja),
— daljinsko brojenje: prijenos stanja brojčanika sumarnih brojila radne i jalove energije JŽ transformatora na strani 110 kV na upit (2 brojanja).

Uređaji za daljinsko upravljanje dimenzionirani su tako da zadovoljavaju i kad se postrojenja proširе za još jedno vodno polje 110 kV, kao i u slučaju ugradnje 2 transformatora 110/35 kV.

Komandna ploča izvedena je od mozaik elemenata 25×25 mm dimenzije 1990×600 mm tako da odgovara dimenzijama jednog polja standardne limene komandne ploče u koju se i ugrađuje. Raspored elemenata na ploči je takav da zadovoljava potrebe daljinskog upravljanja navedenih postrojenja i u drugoj etapi izgradnje. Na mozaik ploči ostalo je slobodnog prostora na kome se mogu smjestiti elementi za daljinsko upravljanje još jednog postrojenja slične veličine.

Prijenosni putovi su VF veze po vodovima 110 kV, za sada jednostruki, s obzirom na očekivani mali broj manevara, kao i na višestruko sigurnosno dimenzioniranje napajanja 25 kV željezničke mreže.

Cjelokupni uređaji za upravljanje i prijenos informacije za ova dva postrojenja su proizvod zapadnonjemačke tvrtke »Siemens«. Visokofrekventni uređaji su tipa ESB-300 a uređaji za daljinsko upravljanje su model EFD. Kapacitet ovih uređaja je 80—240 dvostrukih komandi, 108—720 jednostrukih signalizacija i 8—16 istovremenih mjerenja, zavisno o izabranom tipu.

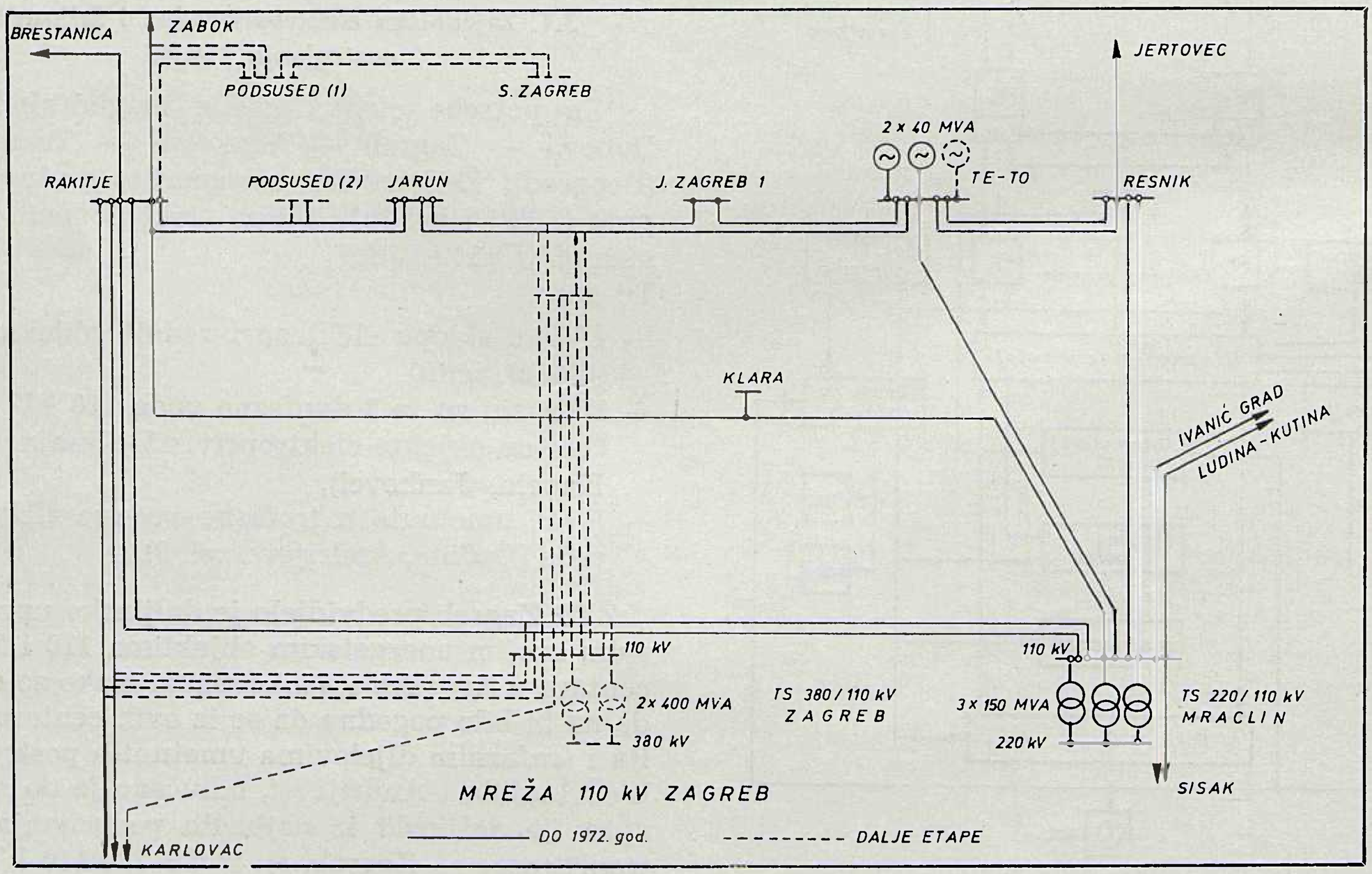
Ovaj se sistem nalazi u fazi isporuke i montaže (IV mj. 1971) i očekuje se da će ga pustiti u pogon u jesen 1971.

3.2. Telekomandna mreža »Zagreb« (do 1975. god.)

Na užem području grada Zagreba (Sl. 10) bit će do kraja 1971. dva postrojenja prijenosne mreže kojima će se daljinski upravljati. To su TS 110/30 /10 kV Jarun i TS 110/10 kV Južni Zagreb I., sa daljinski upravljanim postrojenjima 30 i 10 kV iz dispečerskih centara poduzeća »Elektra« — Zagreb.

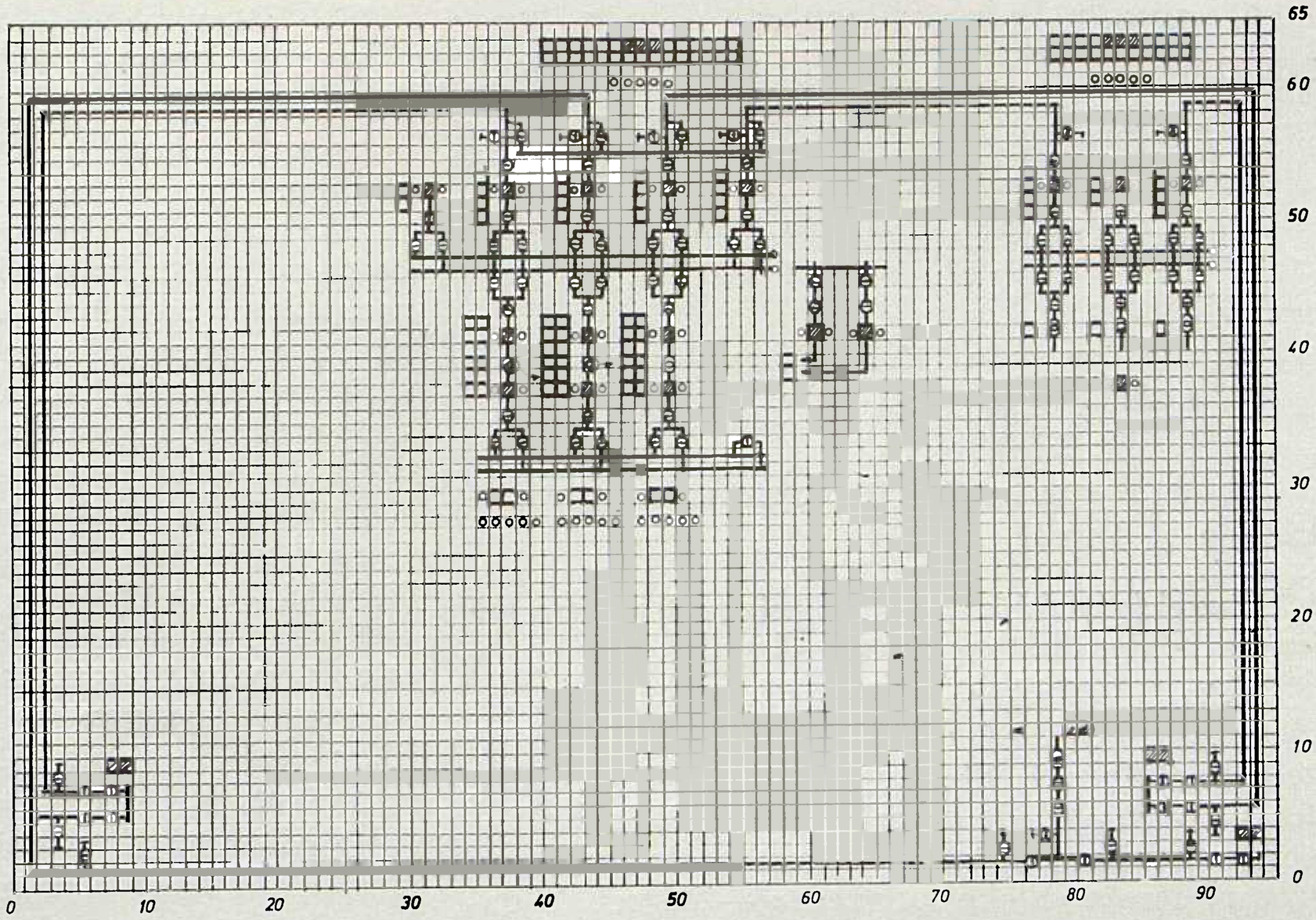
U vezi s daljinskim upravljanjem dijelova ovih postrojenja iz centra daljinskog upravljanja (CDU) »Elektroprenosa« — Zagreb, dogovoreno je s »Elektrom« — Zagreb slijedeće:

— »Elektroprenos« — Zagreb nadležan je za upravljanje svim sklopnim aparatima koji su direktno uključeni u prijenosnu mrežu. To su svi aparati u vodnim poljima (prekidači i rastavljači), te sabirnički rastavljači u trafo-poljima 110 kV.



Sl. 10. Mreža 110 kV na užem području Zagreba

Sl. 11. Telekomandne mreže »Zagreb« u privremenom CDU Rakitje (prijedlog).



— U TS Jarun pod nadležnost »Elektroprenosa« — Zagreb spada i transformacija 110/30/10 kV sa svim sklopnim aparatima na strani 110 kV, te prekidačima na strani 30 i 10 kV.
— U TS Južni Zagreb I transformacija 110/10 kV spada u nadležnost »Elektre« — Zagreb, uključivši i prekidače u trafo poljima 110 kV.
— Sa mjesta dodira nadležnosti obje će organizacije izmjenjivati i prikazivati u svojim centrima neke informacije koje su interesantne za potpuno praćenje procesa (npr. signalizacija uklopnog stanja nekih aparata, signalizacija nekih zaštitnih uređaja, signalizacija krajnjih položaja regulacionih sklopki, neka mjerenja, i slično).

Na osnovi ovih postavki kao i rješenja, te iskustava daljinskog upravljanja postrojenjima u domaćim i stranim organizacijama, donesena je odluka kojim elementima u daljinski upravljanim postrojenjima treba upravljati, signalizirati i mjeriti. Rješenja koja su predviđena za ova dva postrojenja trebala bi biti tipična i za ostale slučajeve, nakon što bi se verificirala i eventualno korigirala na osnovi iskustava stečenih eksploatacijom u ovoj mreži.

Daljinski upravljana i nadzirana postrojenja bit će opremljena telemehaničkom opremom potrebnom za:

— Daljinsko upravljanje prekidača, vodnih i sabirničkih rastavljača, kao i sklopovima za izbor režima rada regulacijskih transformatora, te za daljinsku regulaciju napona (u slučaju otkazivanja lokalne automatike).
— Automatsko povratno javljanje uklopnog stanja svih daljinski i lokalno upravljanih sklopnih aparata.
— Daljinsku signalizaciju po 4 signala zaštitnih uređaja iz vodnih volja 110 kV, po 10—12 signala zaštitnih uređaja iz transformatorskih polja 110/30—35 kV, te do 25 signala sa pomoćnih uređaja i opće signalizacije.
— Izborna mjerenja struje i napona iz svih polja 110 kV (vodna, transformatorska, spojna) te sa sekundarnih strana transformatora, uz maksimalni istovremeni prijenos 4 mjerne veličine (2 strujno-naponska »bloka« mjerenja).
— Stalni prijenos položaja (stupnja) regulacionih sklopki.

Na osnovi ovih postavki za daljinsko upravljanje dijelova postrojenja TS Jarun i J. Zagreb I koji spadaju pod nadležnost »Elektroprenosa« — Zagreb, dimenzionirani su uređaji za daljinsko upravljanje.

TS	Jarun		J. Zagreb I
	I. etapa	Definitiva	
Komanda	120	140	52
Signalizacija	240	290	90
Mjerenja	4	4	4

Za potrebe daljinskog upravljanja ovih dviju stanica predviđene su u privremenom centru daljinskog upravljanja u TS 110/30 kV Rakitje kombinirana limeno--mozaik ploča dimenzija 2200×2475 mm sa gornjim kosim dijelom za instrumente dimenzija 250×2475 mm (sl. 11). Dio mozaika planiran je iz elemenata 25×25 mm dimenzije 1625×2375 mm (65×95 mozaik elemenata). Na ploči ima dovoljno mjesta za postavljanje još daljnje 2—3 stanice sličnih veličina za prikazivanje vodova kao i sklopnih aparata na drugim krajevima napojnih vodova ovog sistema.

Za daljinsko upravljanje ovim postrojenjima predviđeni su u I etapi slijedeće prijenosni putovi:

— TS Jarun:

podzemni telefonski kabel do CDU Rakitje i VF veza po vodu 110 kV Rakitje—Jarun uz automatski ili ručni izbor.

— TS Zagreb I:

VF veza po vodu 110 kV Jarun—J. Zagreb, a dalje azborno do CDU kabel ili VF veza kao prethodno spomenuta.

Za ovu mrežu izrađen je projektni zadatak i zatražene su ponude.

3.3. Kompleksno daljinsko upravljanje postrojenjem prijenosne mreže »Elektroprivrede« — Zagreb

Kako je već rečeno u uvodnom dijelu, na X savjetovanju JUNAKO CIGRE u Dubrovniku (1970. god.) predstavnici »Elektroprenosa« — Zagreb izložili su svoje poglede u vezi s kompleksnim daljinskim upravljanjem i dispečingom postrojenja prijenosne mreže »Elektroprivrede« — Zagreb. U daljim razradama došlo se je do osnovnih zaključaka da se na području djelovanja »Elektroprenosa« — Zagreb osnuje 5 telekomandnih mrežnih grupa. To su:

— Grupa Zagreb sa centrom u TS 380/110 kV Zagreb za upravljanje sa 18 postrojenja.
— Grupa »Varaždin« sa centrom u TS 110/35 kV Nedeljanec za upravljanje sa 11 postrojenja,
— Grupa »Međurić« sa centrom u TS 220/110/35 kV Međurić za upravljanje sa 9 postrojenja.
— Grupa »Sisak« sa centrom u TS 110/35 kV Sisak I, za upravljanje sa 5 postrojenja.
— Grupa »Slavonija«, sa centrom u TS 380/220/110 kV Đakovo za upravljanje sa 15 postrojenja.

Dimenzioniranje daljinskog upravljanja izvelo bi se na osnovi rješenja i pogonskog iskustva privremene telekomandne mreže »Zagreb«, kako je opisano u prethodnom poglavlju.

Za realizaciju ovih telekomandnih mreža kao i superponiranog dispečerskog centra u Zagrebu, predstavnici »Elektroprivrede« — Zagreb nalaze se već duže vrijeme u kontaktu s nekoliko potencijalnih isporučilaca.

4. Zaključak

Na osnovi posjete navedenim inozemnim elektroprivrednim organizacijama dobiven je dojam da se daljinsko upravljanje rasklopnim postrojenjima u tim organizacijama smatra normalnim načinom pogona i upravljanja. To se posebno osjetilo prigodom posjete nizozemskoj elektroprivredi, u kojoj, prema dobivenim informacijama, nema u pogonu lokalno upravljanih postrojenja ni na jednom naponskom nivou.

Upoznavanje radne grupe »Elektroprenosa« — Zagreb s izgradnjom i opremanjem centara daljinskih upravljanja te s problematikom i stečenim iskustvima kod pogona daljinski upravljanih postrojenja, svodilo bi se uglavnom na posjete i obilaske centara i pokojeg upravljanog postrojenja. Za nekoliko sati obilaska mogla su se sagledati samo osnovna rješenja, ali se nije moglo dublje ulaziti u kompletnu pogonsku problematiku vezanu uz ovu tehniku.

Mada su viđeni samo sistemi daljinskog upravljanja opremljeni njemačkom tehnikom (i to uglavnom tvrtke »Siemens«) primijećene su i znatne razlike u pristupu i koncepciji rješenja kod raznih elektroprivrednih organizacija. Značajne razlike kod opremanja pojedinih centara i sistema su u broju i načinu prezentiranja mjernih veličina i signalizacija a posebno u načinu obrade podataka. Upravo u načinu prezentiranja i obrade informacija očekuju se i najveće promjene u daljinski kontroliranim sestemima. Razvitak manjih i komercijalno pogodnijih procesnih eletroničkih računala i sličnih uređaja bitno će uticati na način opremanja centara i sistema daljinski upravljanih postrojenja (npr. centar BW — u Rheinau).

Osnovna koncepcija daljinskog upravljanja postrojenja u »Elektroprenosu« — Zagreb na osnovi koje je izrađen projektni zadatak i zatražene ponude za početnu telekomandnu mrežu »Zagreb«, temeljila se je djelomično i na opisanim inozemnim jednostavnijim rješenjima. Međutim, kako su opisani telekomandni sistemi projektirani oko 1965. godine, to oni, s obzirom na veoma brzi napredak ove tehnike, ne bi bili pogodni kao uzor za definitivno rješavanje kompleksnog sistema daljinskog upravljanja i dispečinga što se danas osniva. Zbog toga je u kontaktima s potencijalnim isporučiocima zatraženo da se za opremanje centara daljinskog opremanja, a pogotovo dispečerskog centra, predvidi najmodernija oprema.

Daljinsko upravljanje u mreži »Elektroprenosa« — Zagreb danas još nije nužnost, i sadašnji bi način upravljanja i nadzora postrojenja vjerojatno zadovoljio još nekoliko godina. To bi međutim zahtijevalo da se telekomanda — do koje po našem mišljenju sigurno mora doći — uvede u ovu mrežu na brzinu, s nepripremljenim postrojenjima i bez ikakvih iskustava. Zbog toga je u »Elektroprenosu« — Zagreb odlučeno da se priđe studiranju i postepenom uvođenju daljinskog upravljanja u postrojenjima, a na osnovi usvojenog principijelnog rješenja koje zadovoljava kompleksnu problematiku upravljanja energetskim sistemom.

Ovaj prikaz o primjeni i iskustvima tehnike daljinskog upravljanja u nekim stranim elektroprivrednim poduzećima, kao i o prvim koracima na tom području u »Elektroprenosu« — Zagreb, imao je zadatak da informira druge prijenosne i elektroprivredne organizacije o kretanjima na tome području u svijetu i u nas Međutim ovaj prikaz ima namjeru i da izazove diskusije, polemike i iznošenje stavova predstavnika ostalih prijenosnih i elektroprivrednih organizacija o problematici i iskustvima s daljinskim upravljanjem, što bi sigurno bilo interesantno i korisno za sve.

Naslov pisca: Božidar Radmilović, dipl. ing.
»Elektroprenos« — Zagreb

REKONSTRUKCIJA I OBNOVA DISTRIBUTIVNE MREŽE GRADA RIJEKE I UŽE OKOLICE U PROTEKLIH 15 GODINA

Ante Primožić, Rijeka

Riječka distributivna mreža je kraj rata dočekala u veoma lošem stanju. Pretežno je bila u pogonu s naponom 110 V. Godine 1953. se započelo sa sistematskom i planskom obnovom mreže uz prijelaz na napon 380/220 V, što je zahtijevalo izgradnju nove mreže. U članku se iznose 15-godišnja iskustva i podaci o izgradnji ove mreže.

DK 621.316.1

Uvod

Kraj rata su mnoge naše distributivne mreže dočekale u veoma lošem stanju i većinom potpuno dotrajale. Ovakvo stanje mreža zahtijevalo je hitne i značajne zahvate, da bi se osposobile za normalan pogon.

Riječka električna mreža, za razliku od drugih, u to se vrijeme nalazila u izuzetno lošem stanju.

Oko 70% niskonaponske mreže bilo je u pogonu s naponom 110 V, a djelomično je bio uveden i napon 3 x 220 V. Distributivna mreža s naponom 110 V nije omogućavala normalnu opskrbu potrošača električnom energijom iz više razloga:

a) Napon 110 V nije naš standardni napon, te za gradnju i održavanje mreže toga napona ne raspolažemo odgovarajućom opremom.
b) Industrija kućanskih aparata ne proizvodi aparate za napon 110 V, pa potrošači nailaze na velike poteškoće pri njihovoj nabavi i održavanju.
c) Fizička dotrajalost i preopterećenost tadašnje mreže nije dozvoljavala povećanje stepena elektrificiranosti kućanstva kao ni povećanje vršnog opterećenja.

Sve su ove činjenice nametale kao hitnu i neodgodivu potrebu za postepenom zamjenom postojeće, odnosno izgradnjom nove niskonaponske mreže, i prilagođavanju standardnom naponu, kako bi se zadovoljile potrebe potrošaća.

Ovakav zahvat je izazivao velike poteškoće, jer je zahtijevao znatna financijska sredstva, ogromne količine materijala, i opreme, te jake ekipe stručnjaka, što je u ono vrijeme bilo nemoguće organizirati. S druge pak strane pojavila se jaka težnja za elektrifikacijom neelektrificiranih područja, što je bilo opravdano kako u ekonomskom, tako i u političkom pogledu. Zbog toga su sve raspoložive mogućnosti bile iskorištene za izgradnju novih mreža na neelektrificiranim područjima, dok su postojeće mreže zapostavljene i prepuštene daljnjem propadanju.

Tek je 1953. godine u punoj mjeri shvaćeno pravo stanje postojećih mreža i uočena neodgodiva potreba da se sistematski zamjene novim. Bilo je potrebno neko vrijeme za pripremu, pa su značajniji radovi na planskoj zamjeni i obnovi započeli tek 1954. godine.

U to vrijeme je stanje mreže i mogućnost urednog napajanja potrošača električnom energijom dospjelo već u kritičnu fazu.

Stanje mreže 1955. godine i radovi na njezinoj obnovi

U toku 1953. i 1954. godine su izvršeni prilično značajni zahvati u pogledu uređenja postojeće mreže, iako su dvije monterske ekipe još uvijek radile na izgradnji novih mreža na neelektrificiranim područjima.

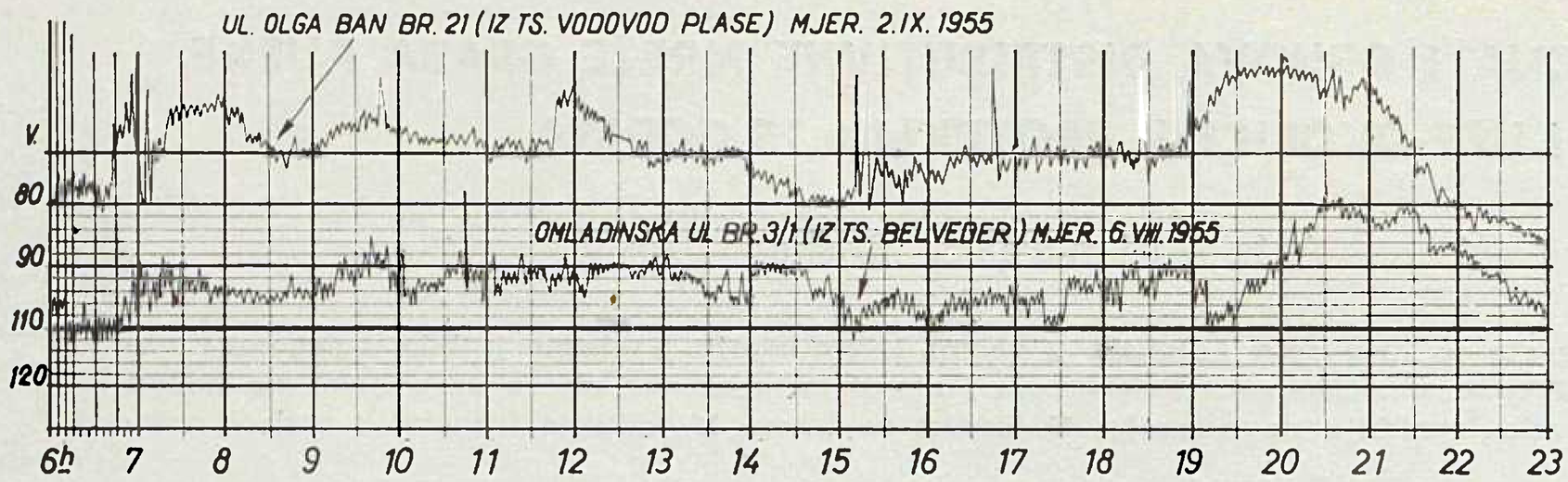
Godine 1955. su praktički obustavljeni radovi na izgradnji novih mreža u neelektrificiranim područjima pa su sve raspoložive snage i sredstva bila namijenjena uređenju postojeće, dotrajale i tehnički zastarjele mreže. Raspoloživa financijska sredstva bila su veoma oskudna, a stanje u kome se tada nalazila mreža zahtjevalo je neodgodivu zamjenu cjelokupne mreže. Budući da to nije bilo moguće učiniti u kratkom razdoblju, moralo se pristupiti postepenom, ali sistematskom i planskom radu.

Skoro sva financijska sredstva, kojima je tada poduzeće raspolagalo, upotrebljena su za zamjenu, odnosno izgradnju nove mreže, jer je čitavu postojeću mrežu trebalo temeljito mijenjati. Zbog toga je bilo zapostavljeno uobičajeno održavanje postrojenja, koje je kao preventiva neophodno. U takvoj situaciji, izostanak planske njege bio je opravdan i nužan, pa su na postojećoj mreži samo popravljani nastali kvarovi, a propisno uređenje se odgađalo do trenutka zamjene.

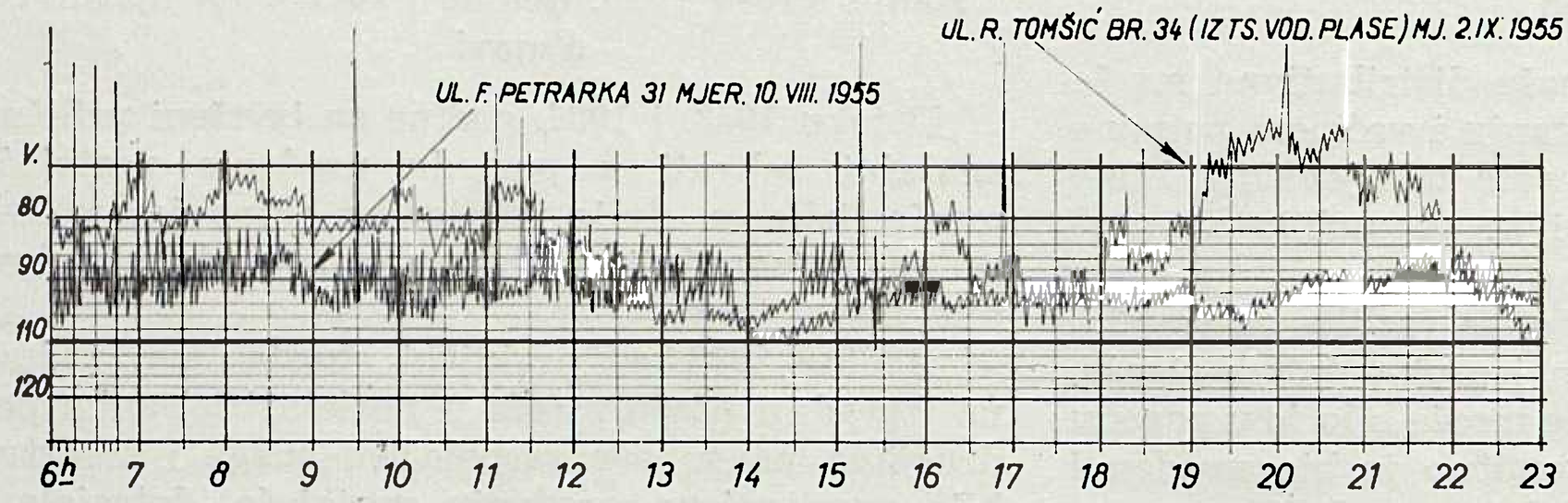
Bilo je veoma teško uskladiti potrebe s oskudnim financijskim i fizičkim mogućnostima. Takvo stanje je stavljalo odgovorno osoblje u česte dileme. Prikaz razvoja mreže od 1955. do 1970. godine je zato interesantan iz više razloga:

a) po svom fizičkom stanju, načinu napajanja, dimenzijama, pogonskom naponu i ostalim karakteristikama, električna mreža se našla u kritičnom stanju, pa je bilo neophodno osposobiti mreže za normalnu opskrbu potrošača kvalitetnom energijom, što je zahtijevalo zamjenu čitave postojeće mreže,
b) postojao je ogroman nesklad između potreba i mogućnosti, što je trebalo na prihvatljiv način otkloniti,
c) razmak od 15 godina predstavlja razdoblje u kojemu je moguće razgledati i ocijeniti zahvate koji su u tom vremenu obavljeni na mreži, kao i njihov rezultat.

Osnovni statistički pokazatelji električne mreže grada Rijeke i bliže okolice na kraju 1955. godine prikazani su u slijedećoj tablici



Slika 1: Dijagram napona na mreži 110 V. Pokazuje veoma nestabilan tok i nepodnošljivo velika odstupanja. Na ovaj način je isporuka energije nemoguća.



Tablica 1.

Područje	TS 10/5/0,5 kV i 5,01 kV	Vodovi [10 i 5 kV]		NN vodovi [380, 220 i 110 V]	
		km	km/TS	km	km/TS
Grad	116	94,683	0,815	159,508	1,37
Vanjska mreža	47	79,650	1,7	244,106	5,18
Ukupno	163	174,333	1,8	403,614	2,47

Iz prikazane se tablice vidi da na užem gradskom području pripada pojedinoj transformatorskoj stanici u prosjeku 1,37 km niskonaponske mreže. U to vrijeme je na području grada bilo 105 transformatorskih stanica s transformacijom 5000/ /110 V i svega 11 transformatorskih stanica 5000/ /380/220/V.

Većina stanica je, prema tome, napajala niskonaponsku mrežu napona 11 V, a to znači, da je pretežan dio potrošača bio priključen na taj napon.

Odnos dužine niskonaponske mreže i broja transformatorskih stanica, koje tu mrežu napajaju, unaprijed potiče na zaključak, da takva mreža nije u stanju podmirivati niti najosnovnije potrebe normalno elektrificiranih potrošača uz propisanu kvalitetu energije.

Ovakav zaključak veoma jasno potvrđuje i slika 1, na kojoj su prikazani dijagrami mjerenja napona kod pojedinih potrošača priključenih na niskonaponsku mrežu napona 11 V. (Sl. 1).

Napon je mjeren registrirajućim voltmetrom na karakterističnim mjestima u mreži. Mjerenja su bila sistematska na čitavom području, kako bi se redovito prikupljali podaci o stanju u mreži.

Na priloženoj slici su prikazana četiri slučaja i zorno ilustriraju stanja u tadašnjoj niskonaponskoj mreži pogonskog napona 110 V. Vidljivo je, naime, da je napon veoma nestabilan, da više sliči dijagramu struje nego dijagramu napona, i da kolebanje napona daleko prelazi granice dozvoljenog odstupanja. Uz ovakve uvjete nije bilo moguće prenositi energiju.

Sličnu situaciju prikazuje i slika 2, a odnosi se na gradsko područje napajano naponom 380/220 V. Kolebanje napona između 230 V i 180 V, što se vidi iz dijagrama na slici 2, također znatno prelazi dozvoljene granice i jasno ukazuje na područje s veoma loše dimenzioniranom mrežom.

Unatoč ovako lošeg stanja na mreži potrošači su povećali broj i snagu svojih kućanskih aparata, a time i vršno opterećenje mreže, pa je situacija iz dana u dan postajala sve teža. Sama mreža je postajala regulator potroška električne energije, što se loše održavalo na raspoloženje građana, jer su loše naponske prilike u mreži uzrokovale neugodne posljedice i ograničenja potrošnje.

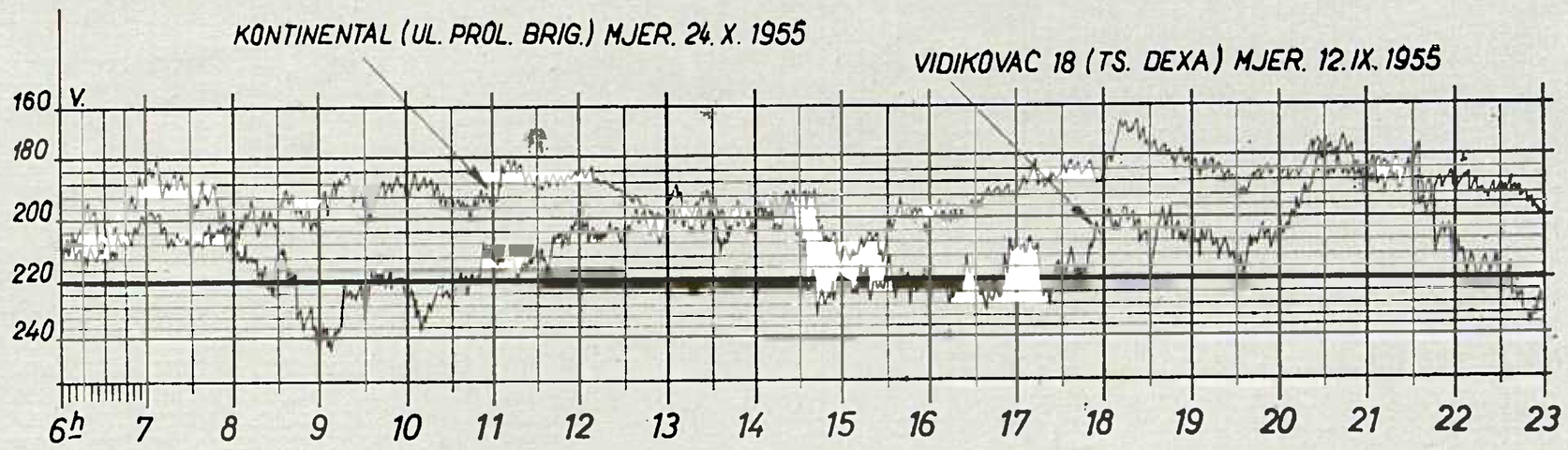
Na područjima mreže napona 110 V ovaj problem je bilo lakše shvatiti, pa i opravdati, jer je bila otežana nabava kućanskih aparata za napon 110 V. Potrošači su nerado nabavljali takve aparate, jer ih nisu smatrali trajnijim rješenjem elektrificiranosti svoga stana, pa su čekali prijelaz na napon 220 V.

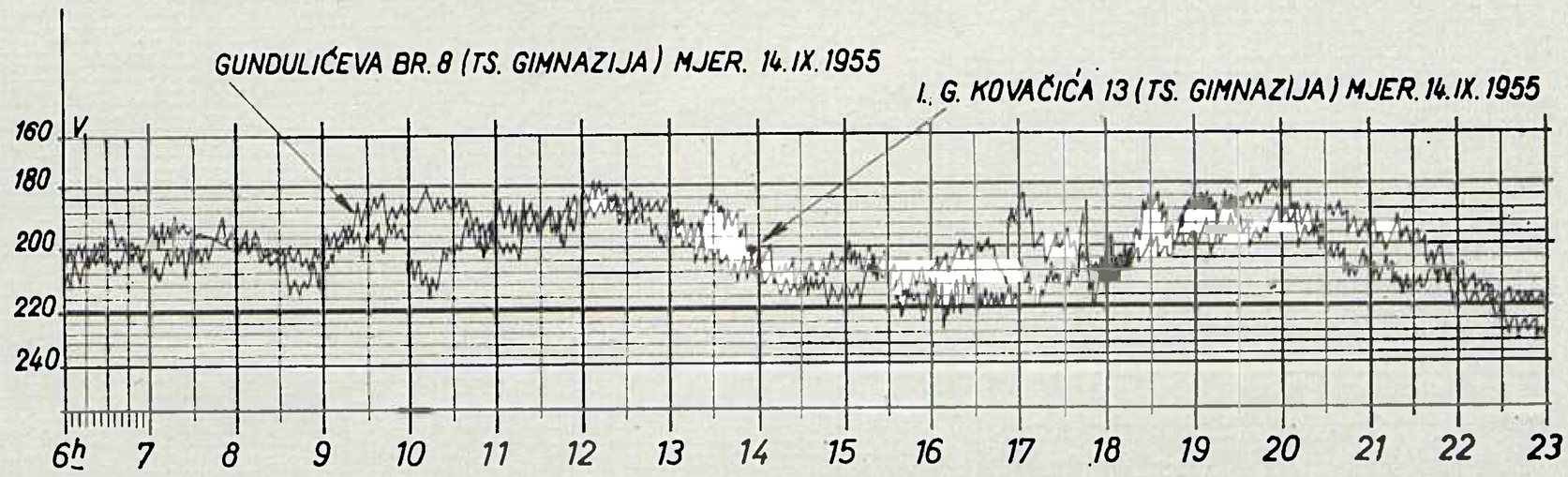
Na područjima s naponom 380/220 V ovi razlozi nisu postojali, pa su potrošači povećavali stupanj elektrificiranosti, a time i dalje pogoršavali stanje mreže. Bilo je potrebno veoma mnogo truda, napora i sredstava distributivnih poduzeća, i strpljenja i razumijevanja potrošača, kako bi se stanje na čitavom području mreže koliko-toliko normaliziralo.

Za brzu akciju na izgradnji nove, propisno dimenzionirane mreže, predviđene za perspektivan razvoj potrošačkog područja, nisu postojali svi potrebni uvjeti.

Rješavanju problema se zbog toga prišlo na najjednostavniji način, kako bi se suprotnosti iz-

Slika 2: Dijagram napona u pojedinim područjima mreže napona 220 V ukazuje na kritičko stanje i u ovoj mreži.





među potreba i mogućnosti ublažile i konačno otklonile, a da se istovremeno izgradi mreža, koja će uspješno obaviti svoj zadatak. Sistematskom zamjenom mreže pošlo se zbog toga od krajnje periferije prema centru grada. Područja izvan centra su, naime, napajana nadzemnom niskonaponskom mrežom za koju se lakše nabavila potrebna oprema i materijal, a radovi bili jednostavniji, lakši i jeftiniji. Tokom rekonstrukcije pojavljuju se, dileme u pogledu brzine radova.

Manji broj transformatorskih stanica izaziva više troškova i omogućava bržu zamjenu mreže, ali zahtijeva duže mreže, odnosno veći broj potrošača priključenih na transformatorsku stanicu. Ova činjenica u sebi krije opasnost da takve mreže ubrzo nakon rekonstrukcije ponovno dođu u kritičnu situaciju, i onemoguće normalan porast opterećenja i potrošnje energije.

Iz prikaza na slici 3 se jasno vidi kako opterećenja nakon prijelaza na napon 220 V naglo rastu. U razdoblju od 20 mjeseci je vršno opterećenje istog područja, s nepromijenjenim brojem potrošača, udvostručeno. To ukazuje na brzi porast vršnog opterećenja, čim se potrošačima omogući normalna kvaliteta energije u dovoljnim količinama. Zbog toga je rekonstrukcija u obliku dugačkih niskonaponskim mreža transformatorske stanice sa priključenih 700 do 800 kućanstva predstavljala opasnost ponovnog preopterećenja u kratkom roku.

Takvih je tendencija bilo u namjeri da se prijelaz na viši napon ubrza. Ovakva bi rekonstrucija omogućila povećanje vršnog opterećenja više nego dvostruko.

No, uzme li se u obzir da prethodna opterećenja na preopterećenim mrežama nisu bila odraz realnih potreba potrošača i njihovih mogućnostit u pogledu elektrificiranosti kućanstva, udvostručenje vršnog opterećenja se moralo očekivati ubrzo nakon uređenja mreže, pa daljnji porast opterećenja ne bi bio moguć.

Zbog toga je bilo neophodno odrediti jasnu koncepciju rekonstrukcije mreže koja bi omogućila perspektivu razvoja potrošačkog područja grada.

Osnovna koncepcija obnove distributivne mreže i postignuti rezultati

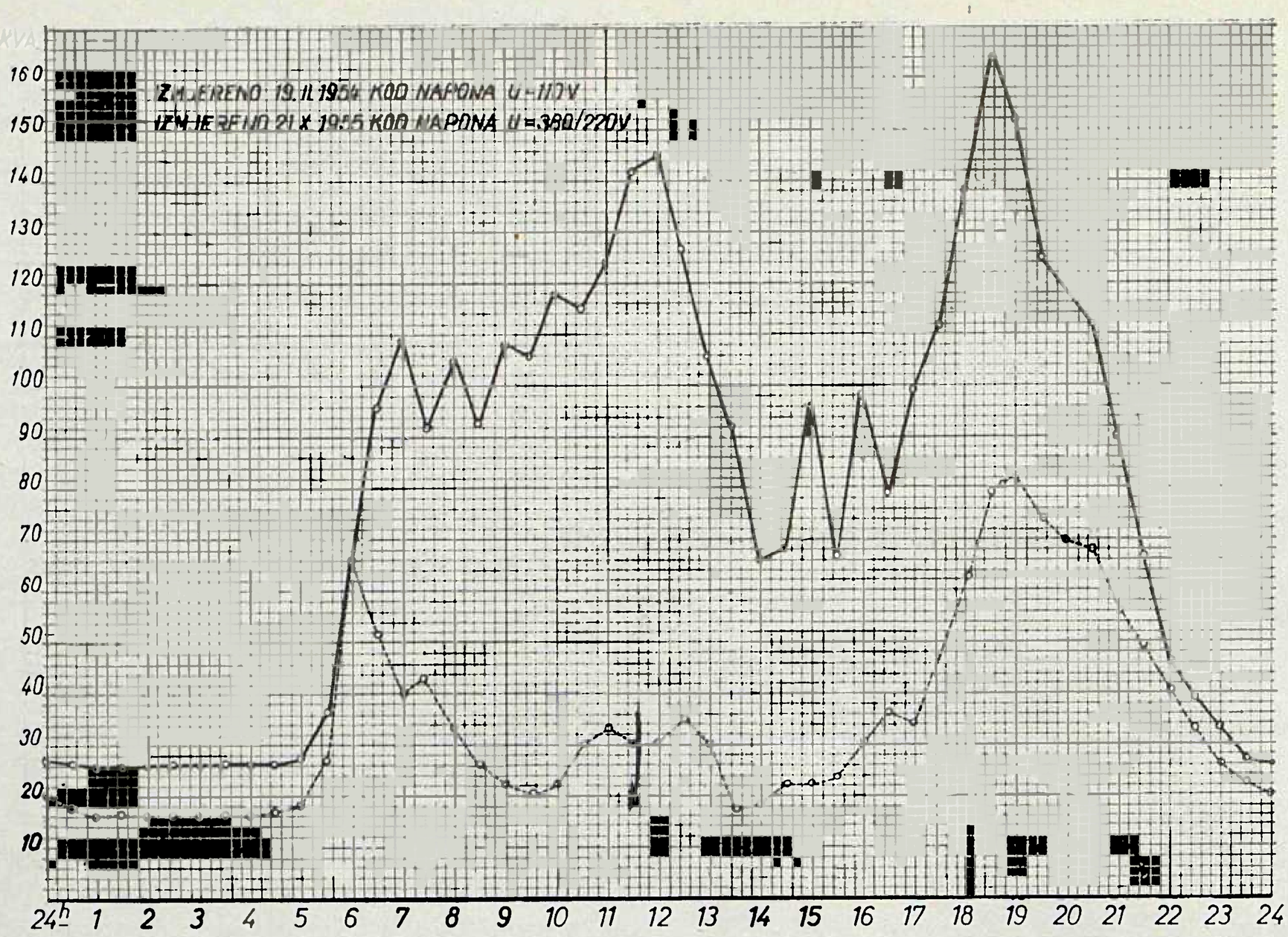
Nekoliko prvih godina rekonstrukcije postojeće, i izgradnje nove mreže, proteklo je u intenzivnom radu i tempu što ga je nametnulo potrošačko područje. Osim dilema, koje su se javljale u pogledu dimenzioniranja mreže, i koje su uspješno rješene, stečena su i određena iskustva dokumentirana rezultatima mjerenja na novim i starim mrežama.

Godine 1958. je projektni biro poduzeća preuzeo i posao oko planiranja i projektiranja rekonstrukcije i izgradnje niskonaponskih mreža. Shvaćena je, važnost posla oko osnivanja niskonaponskih mreža, koje su temelj elektrifikacije.

Oblikovanje niskonaponskih mreža ima jak odraz i utjecaj ne samo na tehničko rješavanje nastalih problema u mreži, nego i na ekonomično trošenje financijskih sredstava.

Uočavajući sve što je utjecalo na distributivnu mrežu, kao i postignute rezultate na obnovi mreže, u »Obrazloženju načina rekonstrukcije gradske električne mreže«, što ga je razradio projektni biro početkom 1958. između ostalog je rečeno:

»U posljednjih 5 godina učinjeno je dosta na rekonstrukcijama i zamjeni ovako slabe mreže, no uslijed pomanjkanja sredstava i u namjeri da se poboljšaju naponske prilike na što širem području, u tome se pošlo preširoko, te su na pojedine transformatorske stanice preuzimana prevelika područja, što je uslijed naglog porasta opterećenja izazvalo ponovno tešku situaciju u pogledu napona. Područja napajanja pojedinih novih transformatorskih stanica imaju radius oko 400 m, na kojima je priključeno i do 800 kućanstava, što prelazi mogućnosti i mreže i transformatora, jer se prosječno



Slika 3: Dijagram opterećenja istog područja snimljen prije prijelaza na viši napon. Uspoređen s dijagramom snimljenim 20 mjeseci nakon prijelaza na napon 380/220 V. Vršno opterećenje raste čim se potrošačima omogući kvalitetna energija.

učešće pojedinog kućanstva u vršnom opterećenju može kretati oko 360 W, dok na područjima popravljenih mreža ono iznosi oko 700—900 W/kuć.

Iz ovoga proizlazi da je potrebno graditi veći broj transformatorskih stanica. To doduše usporava radove na prijelazu i rekonstrukciji, čemu je neophodno prići, kako bi se izbjegle posljedice, što se već sada opažaju na pojedinim mrežama«.

Već tada su, dakle, uočene opasnosti koje u sebi krije način brzog prijelaza na viši napon uz preuzimanje velikog broja kućanstava na pojedine transformatorske stanice.

Provedena je temeljita analiza potrošačkog područja, obavljena su mjerenja na karakterističnim mjestima u mreži i rezultati mjerenja su međusobno uspoređivani, da bi se moglo odlučiti na budući razvoj elektrifikacije. Pri tome su ušli u obzir i podaci trgovačke mreže koji su pokazivali da je u gradu tokom proteklih godina prodano mnogo električnih kućanskih aparata.

Iz podataka o priključnoj snazi prodanih aparata proizlaze ovi rezultati:

1955.	—	8.000 kW
1956.	—	12.200 kW
1957.	—	13.895 kW

Uzevši u obzir činjenicu da je već u to vrijeme, i veliki broj ovakvih aparata uvezen iz inozemstva, uočava se veoma veliki skok u elektrificiranosti kućanstava. To više ako se uzme u obzir da je 1955. vršno opterećenje područja Rijeke i okolice iznosilo 18 MVA.

Uzimajući u obzir i strukturu potrošača, njihove navike, potrebe i mogućnosti, klimatske uvjete područja, prednosti električne energije nad ostalim oblicima energije podesnim za upotrebu u kućanstvu itd., došlo se do određenih pokazatelja bitnih za planiranje radova na obnovi distributivne mreže. Pokazatelji su prognozirani za 30-godišnju perspektivu, a odnose se samo na potrošače u kućanstvima, kao i na normalne i neophodne prateće potrošače bez kojih kućanstva ne mogu živjeti (trgovine, obrt, škole, društvene ustanove i slično).

Kao polazni pokazatelji uzeti su rezultati mjerenja iz 1957. Mjerenja su obavljena na različitim područjima grada, ali su kao osnova bile stambene novogradnje sa stanovima, za ono vrijeme natprosječnog stupnja elektrificiranosti. Uz primjenu prosječnog porasta vršnog opterećenja u iznosu od oko 7% godišnje, dobiveni su rezultati prikazani u slijedećoj tablici, a predviđaju stanje mreža nokon 30 godina tj. 1988. godine.

Iz ovog prikaza je vidljivo visoko učešće kućanstva u vršnom opterećenju mreže.

Izgradnja i dimenzioniranje mreže za ovakvu perspektivu nisu mogući, a ni ekonomski opravdani. Zato je potrebno graditi etapno, usklađeno s potrebama i financijskim i tehničkim mogućnostima, te razvojem potrošačkog područja.

U tome je u »Obrazloženju potrebe rekonstrukcije gradske mreže« također rečeno:

»S obzirom na veoma nagli porast opterećenja i potroška, koji je vidljiv iz analize konzuma, potrebno je predvidjeti dovoljan broj transformatorskih stanica za 30-godišnju perspektivu, koje će se etapno izgrađivati prema potrebama rastućeg opterećenja.

Da bi se rekonstrukcija mogla uspješno odvijati, za sada je moguće preuzimanje oko 300 do 400 kućanstava na pojedinu transformatorsku stanicu, čime se omogućava zadovoljenje potreba konzumnog područja do porasta u vršnom opterećenju. Takvo se opterećenje može očekivati idućih 10 do 12 godina«.

Na taj se način došlo do osnovne koncepcije za rekonstrukciju i izgradnju distributivne mreže na području grada. Kada je konačno određen kriterij za dimenzioniranje mreže, bilo je lakše raditi na daljnjem planiranju. Osnovne postavke koncepcije za rekonstrukciju i izgradnju mreže mogu se svesti na slijedeće:

a) Pojne točke niskonaponske mreže su transformatorske stanice 10/0,4 kV s mogućnošću ugradnje transformatora snage 400 do 630 kVA. Normalna transformatorska jedinica ima snagu 400, a u bližoj budućnosti 500 kVA, dok se jedinica snage 630 kVA upotrebljava u izuzetnim slučajevima.
b) Transformatorske stanice su tipizirane, u pravilu slobodno postavljene građevine, s mogućnošću montaže električne opreme različitih proizvođača. Ugradnji stanica, uz upotrebu tipiziranih elemenata u stambene ili druge objekte, pristupa se izuzetno i u slučaju potrebe, ali uz uvjet da se zadovolje osnovni zahtjevi dobre lokacije transformatorske stanice.
c) U pogledu napajanja niskonaponska mreža je radijalna, uz mogućnost međusobnog spajanja s mrežama susjednih stanica na krajevima pojedinih krugova. Ovakav oblik mreže omogućava međusobno ispomaganje u pogledu napajanja, kad se za to ukaže potreba, ali zahtijeva jednak presjek vodiča na čitavoj dužini pojedinih strujnih krugova. Također omogućuje jednostavnu interpolaciju novih stanica, kada to zahtijeva potrošačko područje.
d) U prvoj etapi rekonstrukcije na pojedinu se transformatorsku stanicu priključuje oko 350 kućanstva, što omogućuje vršno opterećenje uz učešće od 1,3 kW/kuć. Kod izgradnje novih naselja na jednu se transformatorsku stanicu u pravilu priključuje najviše 200 kućanstava. Prilikom razrade projekta mreže obuhvaća se šire područje, na kojem se odmah predviđaju mjesta za izgradnju novih stanica u drugoj etapi, koje se na jednostavan način uklapaju u mrežu, kada opterećenje preraste predviđeni iznos.
e) Kao zaštita od previsokog dodirnog napona u mreži primjenjuje se nulovanje. Osnovni uzemljivač nulvodića električne mreže je vodovodna gradska mreža.
f) Vodiče za izgradnju mreže, kao i ostale elemente treba tipizirati u najvećoj mjeri, kako bi se postigla što ekonomičnija i jednostavnija izgradnja.

Poštivajući navedene postavke obavljeno je projektiranje i izgradnja novih, odnosno rekonstrukcija postojećih mreža, a uporedo je mjerena struja i napon na pojedinim mjestima u mreži. Na taj način su dobiveni potrebni podaci o stanju u mreži, ali je omogućeno provjeravanje usvojenih postavki.

U transformatorskim stanicama sistematski i stalno se u vremenskim razmacima od mjesec dana pratilo opterećenje. Zbog uvida u kretanje opterećenja u posljednjih 10 godina u tablici 3 su prikazana maksimalna godišnja opterećenja u sedam gradskih transformatorskih stanica, što se može smatrati tipičnim primjerima.

U tablici 3 su prikazana vršna opterećenja izmjerena u posljednjih 10 godina u transformatorskim stanicama građenim u postojećim naseljima, a u vezi s rekonstrukcijom mreže i prijelaza od 110 na 220 V.

Iz rezultata mjerenja je vidljivo da se vršna opterećenja pojavljuju u razdoblju VIII. do X. mjeseca, i da ne pokazuju težnju konstantnog i pravilnog porasta iz godine u godinu nego se kreću oko jedne određene vrijednosti. Izuzetak je na području TS 2, gdje se od 1967. osjeća nagli pad vršnog opterećenja, kao posljedica rekonstrukcije mreže i prebacivanje određenog broja potrošača sa TS 2 na drugu susjednu trafostanicu.

Iz ovih podataka se može zaključiti da vršno opterećenje veće grupe potrošača ne prati dovoljno porast stupnja elektrificiranosti odnosno instaliranog učina. To znači, da se kod potrošača s višim stupnjem elektrificiranosti smanjuje faktor potražnje, i veći broj trošila ostaje neiskorišten, ili se korištenje trošila raspoređuje ravnomjernije tijekom dana.

Ovakav zaključak potvrđuju podaci o visini instaliranog učina kod pojedinih potrošača, koji stalno i naglo raste. Danas se u prosjeku kreće oko 15—16 kW/kuć. Unatoč tome vršno opterećenje ostaje na iznosu koji je pokazivalo i u vrijeme kada je prosječni instalirani učin iznosio daleko manje.

U tablici 4 su prikazana najviša izmjerena vršna opterećenja u prethodnih 10 godina, što su se pojavila u novom stambenom naselju »Ogranak«. Prikazana je i godina u kojoj se najviše opterećenje pojavilo.

Iz prikaza je vidljivo da je u novom naselju na svaku trafostanicu priključivano više kućanstava nego što je osnovnom koncepcijom bilo predviđeno (najviše 200 kućanstava).

Vršna opterećenja pojedinih trafostanica 10/0,4 kV u prethodnih 10 godina Tablica 3.

	Opterećenje A/KVA									
	IX. 1961.	IX. 1962.	IX. 1963.	VIII. 1964.	X 1965.	IX. 1966.	X. 1967.	X. 1968.	IX. 1969.	VI. 1970.
TS 1	310/206	328/215	320/209	340/221	528/344	672/440	552/360	624/407	564/370	600/392
TS 2	549/356	612/403	636/415	700/456	516/336	635/414	264/172	384/250	252/164	252/164
TS 3	372/244	396/259	516/336	516/336	480/314	516/336	480/314	528/344	540/353	576/376
TS 4	430/283	480/315	480/315	396/260	492/323	432/284	564/370	564/370	480/315	552/364
TS 5	540/355	240/365	468/306	264/172	456/300	480/315	552/364	480/315	372/244	552/364
TS 6	264/172	480/315	496/325	420/275	432/384	600/392	588/390	468/307	528/344	648/422
TS 7	410/267	396/260	468/306	360/236	456/300	420/275	540/355	600/392	360/235	456/300

Vršna opterećenja u trafostanicama naselja »Ogranak« u prethodnih 10 godina

Tablica 4.

Podatak	Područje TS (broj) u nasel·u »Ogranak«					Ukupno (prosječno)
	1	2	3	4	5	
Broj kućanstava (po projektu)	259	257	282	280	245	1323
Vršno opterećenje 1961—1970. g. (A)	564 (67. i 68)	504 (70. g)	552 (67. i 70)	672 (70. g)	600 (67. g)	
Vršno opterećenje (kVA)	370	330	364	442	395	
Učešće u vršnom opterećenju (kVA) kuć.	1,44	1,29	1,29	1,44	1,62	1,42

Ovo je učinjeno radi uštede u početnoj investiciji, ali će izgradnjom novih stanica nastupiti rasterećenje. U ostalim, novim naseljima održana je postavka predviđena osnovnom koncepcijom.

Iz prikaza je vidljivo i učešće kućanstva u vršnom opterećenju pojedine transformatske stanice, a na nivou niskonaponskih sabirnica. Ovo se kreće od 1,29 do 1,62 kW/kuć. ili u prosjeku za prikazano naselje u iznosu od 1,42 kW/kuć. Ovo je jedno od najjače elektrificiranih stambenih naselja, a ne raspolaže s toplanom za centralno grijanje stanova i centralnu pripremu tople vode.

Vršna opterećenja u novim naseljima u 1970.

Tablica 5.

Naselje	Broj stanova	Zbroj vršnih opterećenja (kVA)	Učešće u vršnom opterećenju (kVA/kuć.)	Ukupno (prosječno)
»Autoput«	533	737	1,38	
»Vojak«	930	1081	1,16	
»Ogranak«	1323	1789	1,35	
»Zapadni Turnić«	333	370	1,11	
Ukupno:	3119	3977	—	1,27

U tablici 5 su prikazana vršna opterećenja za četiri nova stambena naselja u toku 1970. te prosječno učešće kućanstva u izmjerenom vršnom opterećenju. Vidljivo je da se ova učešća u toku 1970. kreću od 1,11 do 1,38 kW/kuć., dok u prosjeku za 3119 kućanstva ono iznosi 1,27 kW/kuć. Iz ove kao i prethodnih tablica, se vidi da u novim naseljima prosječno učešće jednog kućanstva u vršnom opterećenju iznosi oko 1,3 kW/kuć.

Ovo potvrđuje ispravnost pretpostavke iz 1958., kojom je bilo predviđeno da će učešće u vršnom opterećenju u narednih 10—12 godina doseći iznos od 1,3 kW/kuć.

Prikaz stanja mreže nakon završetka prve etape rekonstrukcije vidi se iz tablice 6, koja daje osnovne podatke mreže, slično kao tablica 1, ali sa stanjem na kraju 1970.

Tablica 6.

Područje	TS 10/0,4 kV (kom)	VN vodovi 10 kV		NN mreže	
		km	km/TS	km	km/TS
Grad	177	203,9	1,15	235,4	1,33
Vanjska mreža	94	102,8	1,09	345,8	3,7
Ukupno:	271	306,7	1,13	581,2	2,15

U tablici 6 su obuhvaćene i transformatorske stanice s pripadajućim mrežama u novim stambenim naseljima. Usporedbom podataka iz tablice 1 i 6 vidi se da broj distributivnih transformatorskih stanica u gradskoj mreži nije znatno porastao, odnosno da nije »pratio« povećanje opterećenja, kako u pogledu instaliranog učina u kućanstvu, tako i vršnog opterećenja, koji ta kućanstva izazivaju u mreži.

Ovakav odnos u pogledu broja transformatorskih stanica proizlazi iz međusobnih razlika niskonaponskih mreža napona 110 V i 380/220 V.

U mreži napona 110 V je u jednoj trasformatorskoj stanici bio montiran transformator prosječne snage 50 do 120 kVA, dok u rekonstruiranoj mreži snaga iznosi 295 kVA. Iz tablice je također vidljivo da je dužina niskonaponske mreže koju napaja pojedina transformatorska stanica smanjena u odnosu na stanje iz 1955.

Osjetno povećanje, instalirane snage transformatora, s jedne, i smanjenje dužine niskonaponske mreže s druge strane, ukazuje na veliko poboljšanje prilika u mreži. Naročito, ako se uzme u obzir i povišeni pogonski napon niskonaponske mreže.

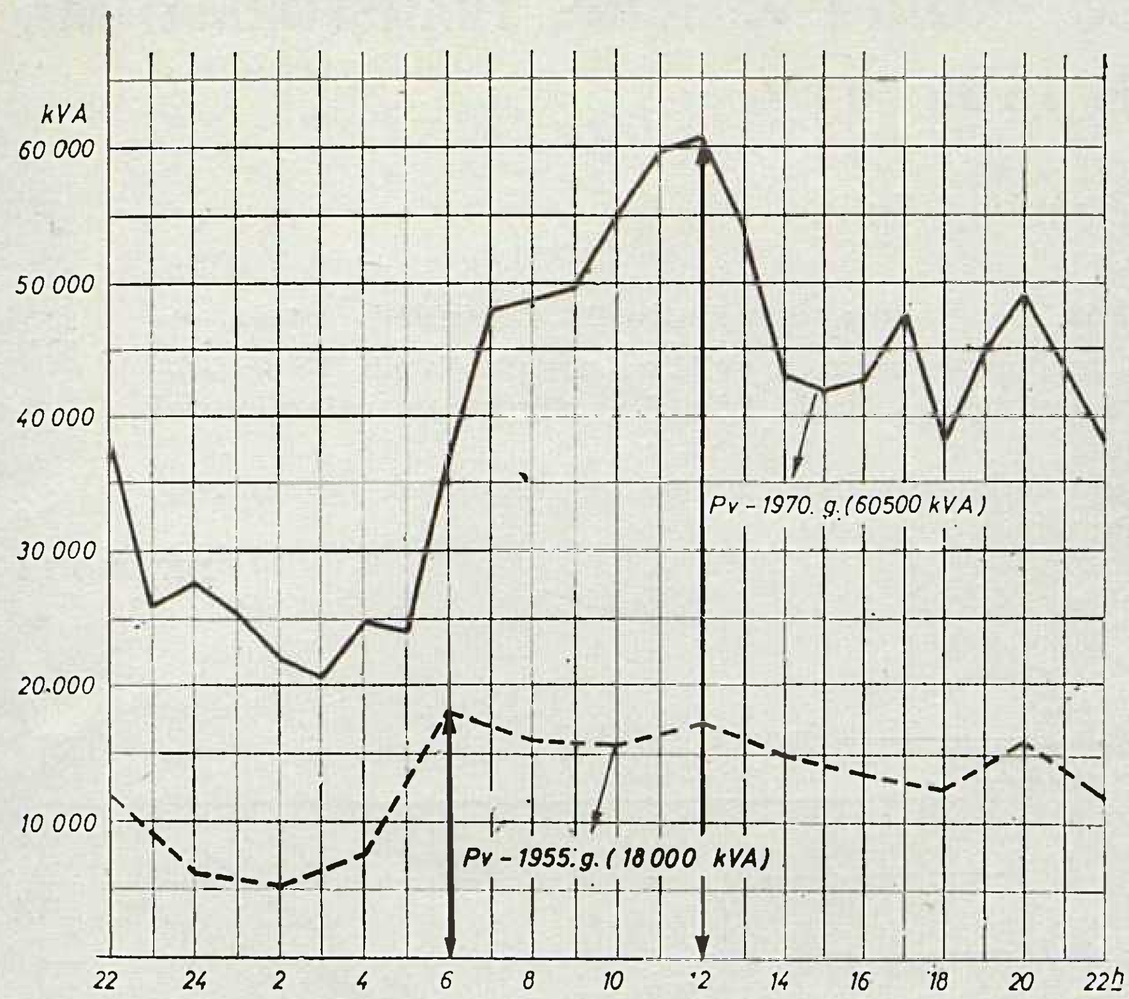
Stanje mreže u pogledu opskrba potrošača kvalitetnom energijom u dovoljnim količinama potvrđuje ispravnost i prednost postavljene koncepcije za rekonstrukciju i izgradnju.

Dužina niskonaponske mreže jedne transformatorske stanice je, još uvijek prevelika i treba je smanjiti. Instalirani učin transformatora može podmirivati osjetljivo veće potrebe potrošaća, ali niskonaponska mreža ograničava ove mogućnosti. Povećanje opterećenja iznad 1,3 kW/kuć. moguće je zadovoljiti isključivo interpolacijom novih transformatorskih stanica i skraćenjem niskonaponske mreže za određenu transformatorsku stanicu.

Radi cjelovitijeg uvida u stanje mreže u 1970. prikazani su i dnevni dijagrami opterećenja iz 1955. i 1970. godine za gotovo isto područje.

Usporedbom podataka iz dijagrama na slici 4 i ostalih prikazanih pokazatelja proizlazi:

— da je u proteklih 15 godina ukupan broj transformatorskih stanica povećan za 38%.
— da je ukupno vršno opterećenje područja više nego utrostručeno (3,3 puta porasta)
— da je ukupan instalirani učin transformatora povećan 3,1 puta.
— da je prosječni instalirani učin po jednoj transformatorskoj stanici povećan 2,4 puta (od 120 na 295 kVA/TS).



Slika 4: Usporedba dijagrama opterećenja za čitavo područje mreže iz 1955. i 1970. Vršno opterećenje područja poraslo je za oko 3,3 puta u razdoblju od 15 godina.

Iz svega iznešenog vidljivo je:

— Radovi na rekonstruciji i obnovi postojeće, te paralelnoj izgradnji nove distributivne mreže predstavljaju složen problem, koji treba temeljito, sistematski i stručno razmotriti i pravovremeno rješavati, kako bi mreža mogla uspješno slijediti dinamičan razvoj svog područja.

— Neophodno je organizirati redovito praćenje stanja u mreži pomoću mjerenja, prikupljati podatke o potrošačima, značajnim za dimenzioniranje mreže.

— Usvojena osnovna koncepcija za dimenzioniranje i osnivanje mreže se pokazala opravdanom, pa je treba i nadalje dosljedno sprovoditi.

— Da bi se ostvarila druga etapa rekonstrukcije pristupa se interpolaciji novih transformatorskih stanica u postojećoj mreži, čime se smanjuje dužina mreže određene stanice i povećava prijenosna moć mreže i visokog i niskog napona.

— Izgradnju mreže u novim stambenim naseljima treba prilagoditi koncepciji urbanističko-arhitektonskih riješenja, povećanju zahtjeva potrošača u pogledu stupnja elektrificiranosti i povećanja vršnog opterećenja, i u skladu s time odrediti najbolji način dimenzioniranja mreže za navedenu etapu.

NAPOMENA:

Vidi članak »Prijelaz od 110 na 220 V u Rijeci privodi se kraju« istog autora — »Energija« 11—12/1963.

Naslov pisca: Ante Primožić, dipl. ing.
»Elektroprimorje« Rijeka

ATM

PODUZEĆE ZA AUTOMATIZACIJU I TEHNIKU MJERENJA U INDUSTRIJI

ZAGREB, HEINZELOVA 70 A

KONZULTACIJE, PROJEKTIRANJE, PROIZVODNJA, MONTAŽA, SERVIS I ODRŽAVANJE
MJERNO REGULACIONIH UREĐAJA ZA TERMOENERGETSKA POSTROJENJA I RAZVOD ENERGETSKIH FLUIDA

— TERMOELEMENTI
— OTPORNI TERMOMETRI
— POKAZIVAČI TEMPERATURE
— REGULATORI TEMPERATURE
— MJERAČI PROTOKA
— MJERAČI UTROŠKA TOPLINE (KALORIMETRI)
— MJERENJE PRITISKA
— ANALIZA DIMNIH PLINOVA
— AUTOMATSKE STANICE ZA REDUKCIJU PRITISKA I TEMPERATURE PARE
— AUTOMATSKA REGULACIJA NIVOA, TEMPERATURE, PRITISKA, PODTLAKA, PROTOKA
— DALJINSKA KOMANDA (SERVOMOTORI I REGULACIONI VENTILI)
— SIGNALIZACIJA

TELEFONI: 514-122, 515-713, 515-050
TELEX: 21364, PP 14

TENDENCIJA RAZVOJA I IZBOR OPTIMALNOG BROJA I VELIČINE TRANSFORMATORA DISTRIBUTIVNIH TS 35/10 kV

Josip Nevešćanin, Split

U skladu s općim tendencijama ekonomičnog oblikovanja i izgradnje distributivnih električnih mreža, u članku su izloženi rezultati jedne šire analize stanja i tendencije razvoja veličine distributivnih TS 35 (30)/10 kV, te teoretska osnova i praktična primjena izbora optimalnog broja i veličine tipskih transformatora 35/10 kV.
Dobiveni rezultati su izneseni u referatu na način koji može poslužiti kao podloga za izbor optimalnog broja i veličine transformatora TS 35 (30)/10 kV u distributivnim mrežama.

DK 621.311.4

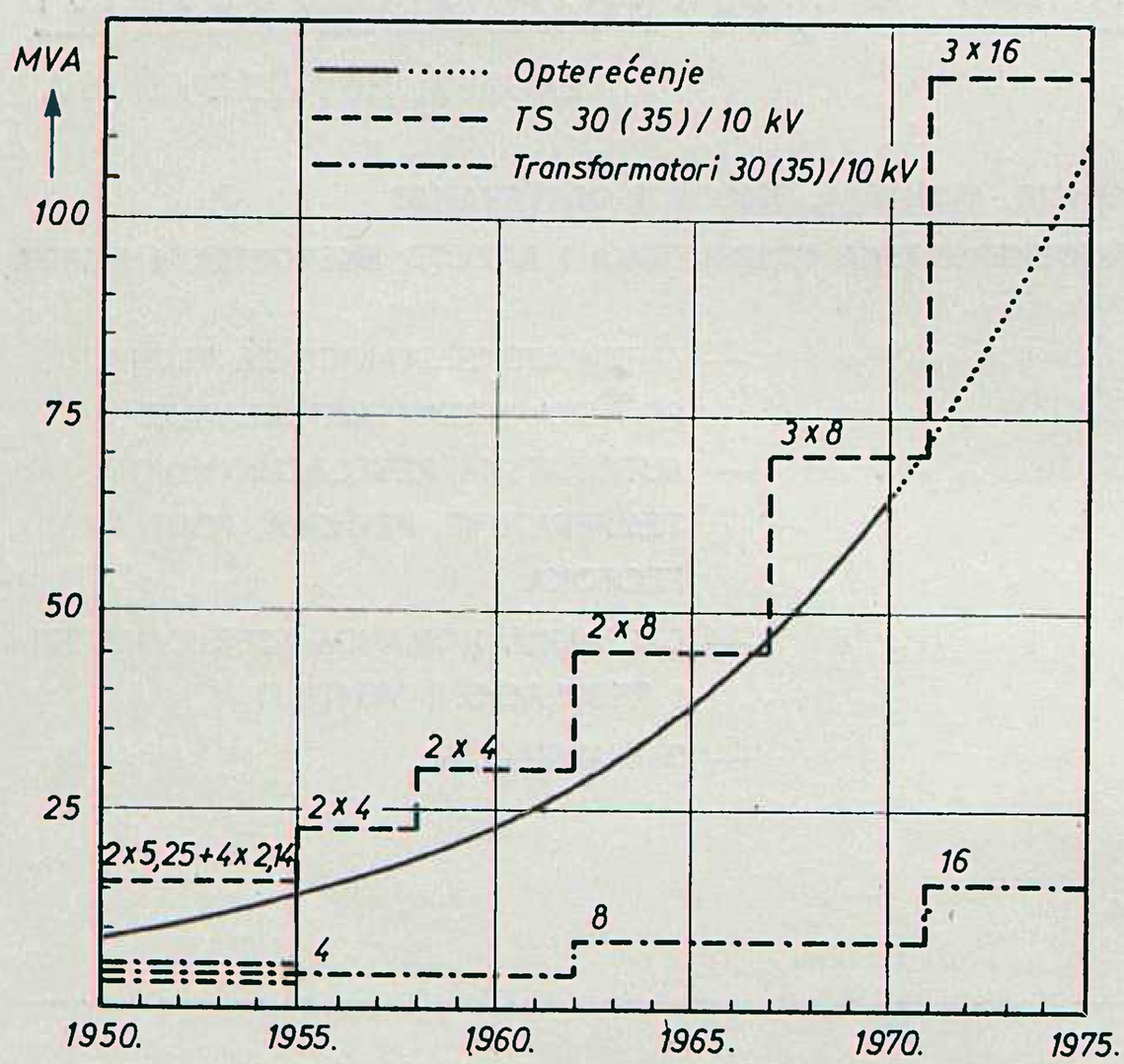
Uvod

Ekonomična izgradnja distributivnih električnih mreža općenito pretpostavlja maksimalnu tipizaciju svih njenih dijelova, u prvom redu presjeka kabela i vodova, te veličine i broja tipskih transformatora.

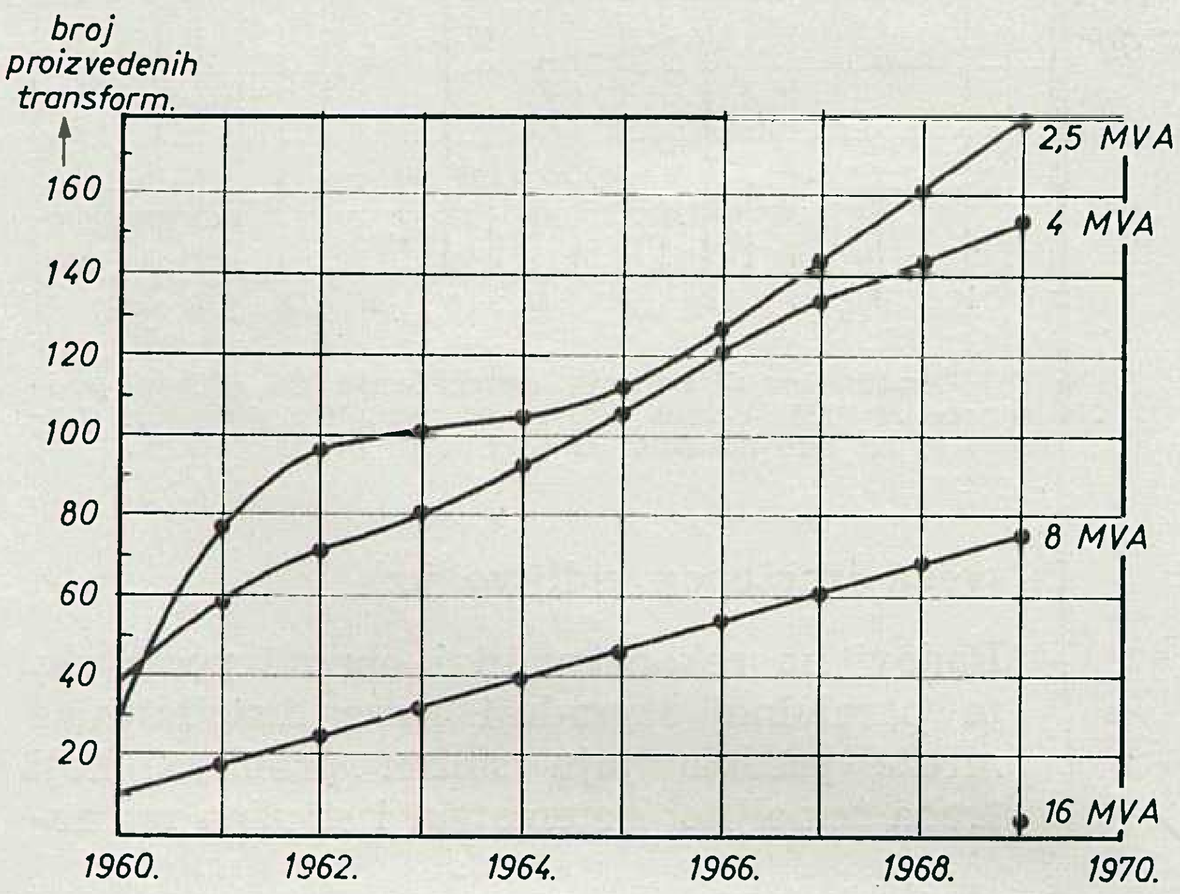
Analiza stanja i tendencije dosadašnjeg razvoja pokazuje da su se usporedo s porastom konzuma izgrađivale sve veće distributivne TS 35/30/10 kV, uz istovremeno povećavanje broja i veličine tipske snage transformatora s udvostručenjem svakih 7 do 10 godina.

Kao logična posljedica takvog razvoja danas u pogonu imamo distributivne TS 35(30)/10 kV sa svim mogućim veličinama transformatora 30/10 kV i 35/10 kV od 1 do 16 MVA, i s različitim brojem transformatora od 1 (oko 43%) do četiri (oko 0,8%).

Iz tih razloga smatralo se važnim izvršiti jednu širu analizu izbora optimalnog broja i veličine transformatora distributivnih TS 35/30/10 kV i njihova utjecaja na troškove pripadajućih trafo-stanica, kao jednog od osnovnih dijelova distributivnih električnih mreža.



Slika 1. Tendencija razvoja veličine distributivnih TS 35/10 kV i tipskih snaga transformatora u gradu Splitu od 1950. do 1975. g.



Slika 2. Trend porasta proizvodnje transformatora 30 (35)/10 kV u tvornici »R. Končar« u razdoblju od 1960. do 1970.

Na slici 1 i 2 tendencija razvoja veličine tipskih snaga i broj distributivnih TS 35 (30)/10 kV u Splitu

Dobiveni rezultati te analize, koji su uz pregled stanja i tendencije dosadašnjeg razvoja izloženi u članku, dani su u obliku koji može poslužiti kao podloga za izbor optimalnog broja i veličine transformatora, a time i ekonomičnog oblikovanja distributivnih TS 35/10 kV.

1. Stanje i tendencija dosadašnjeg razvoja

Prema raspoloživim podacima u tablicama 1 i 2 navedeno je stanje distributivnih TS 30/35/10 kV s obzirom na veličinu i broj transformatora na području SR Hrvatske i posebno na području Dalmacije.

Analogno je na slici 1. i 2. prikazan trend godišnje proizvodnje osnovnih tipova transformatora u tvornici »Rade Končar« i tendencija izgradnje sve većih TS 30/35/10 kV, odnosno ugradnje transformatora sve većih nazivnih snaga, usporedo s porastom konzuma.

Iako su navedeni podaci samo djelomični, oni ipak mogu poslužiti kao ilustracija stanja razvoja i izgradnje distributivnih TS 30/35/10 kV. Na osnovi njih vidljivo je slijedeće:

— Početkom 1970. godine na području SR Hrvatske bila je u pogonu ukupno 351 distributivna TS 30/35/10 kV s velikim brojem različitih tipova

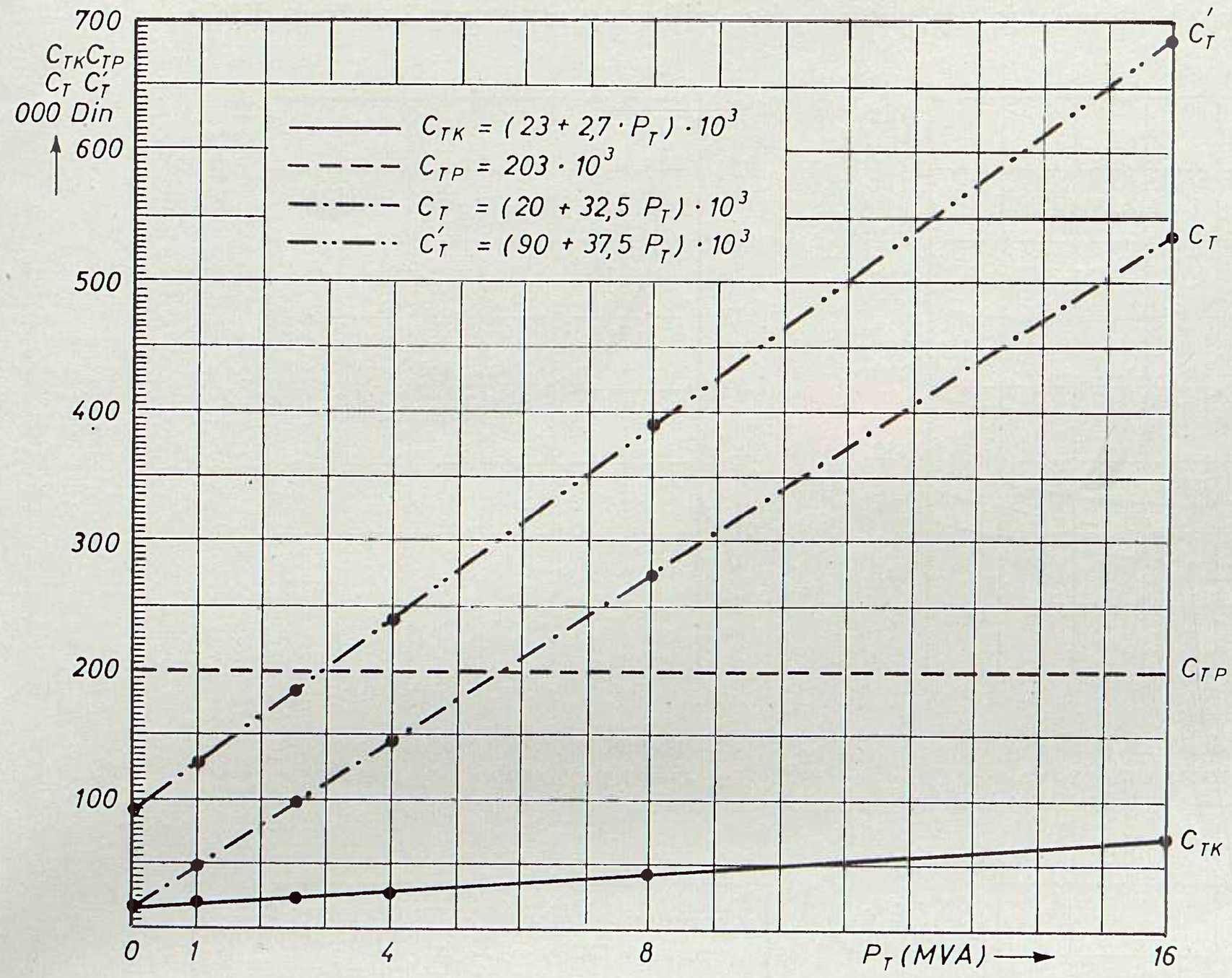
nazivnih snaga transformatora u granicama od 1 do 16 MVA i s različitim brojem transformatora, i to:

s 1 transformatorom 149 ili 42,5%,
s 2 transformatora 177 ili 50,5%,
s 3 transformatora 22 ili 6,2%,
s 4 transformatora 3 ili 0,8%.

— Na području Dalmacije u 39 distributivnih TS 30/35/10 kV ugrađeno je također više različitih tipova nazivnih snaga transformatora u granicama od 1 do 8 MVA i s različitim brojem transformatora kako slijedi:

s 1 transformatorom 11 ili 28%,
s 2 transformatora 23 ili 59%,
s 3 transformatora 4 ili 10%,
s 4 transformatora 1 ili 3%

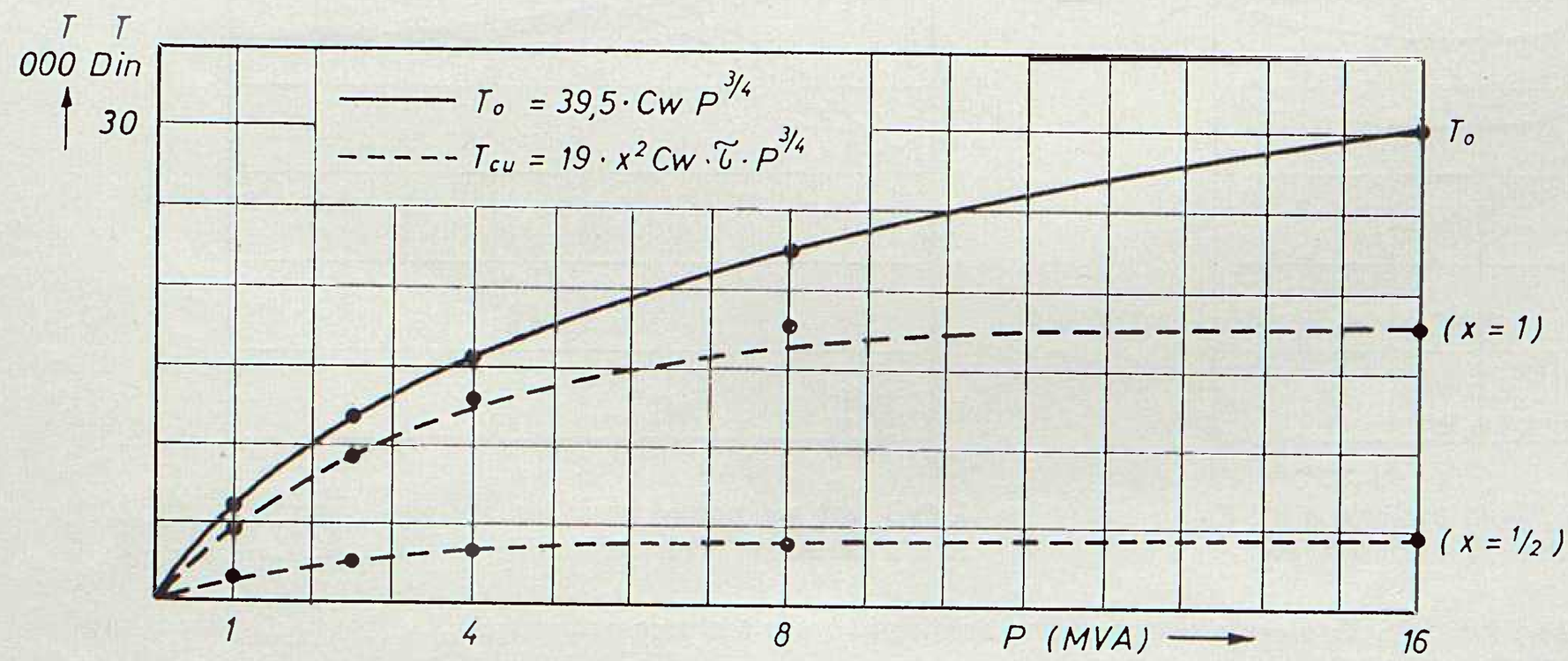
— Kao posljedica naglog porasta konzuma s udvostručenjem skoro svakih 7 godina, prirodno



C_{TK} – cijena trafo komore
C_T – cijena transformatora bez regulacije
C_{TP} – cijena trafo polja 35 kV, 10 kV i zaštite
C'_T – cijena regulacionih transformatora

DIO INVESTICIONIH TROŠKOVA TS 35/10 kV DIREKTNO OVISNIH O VELIČINI TRANSFORMATORA (P)

Slika 3. i 4. Dio troškova TS 35/10 kV ovisnih o veličini transformatora



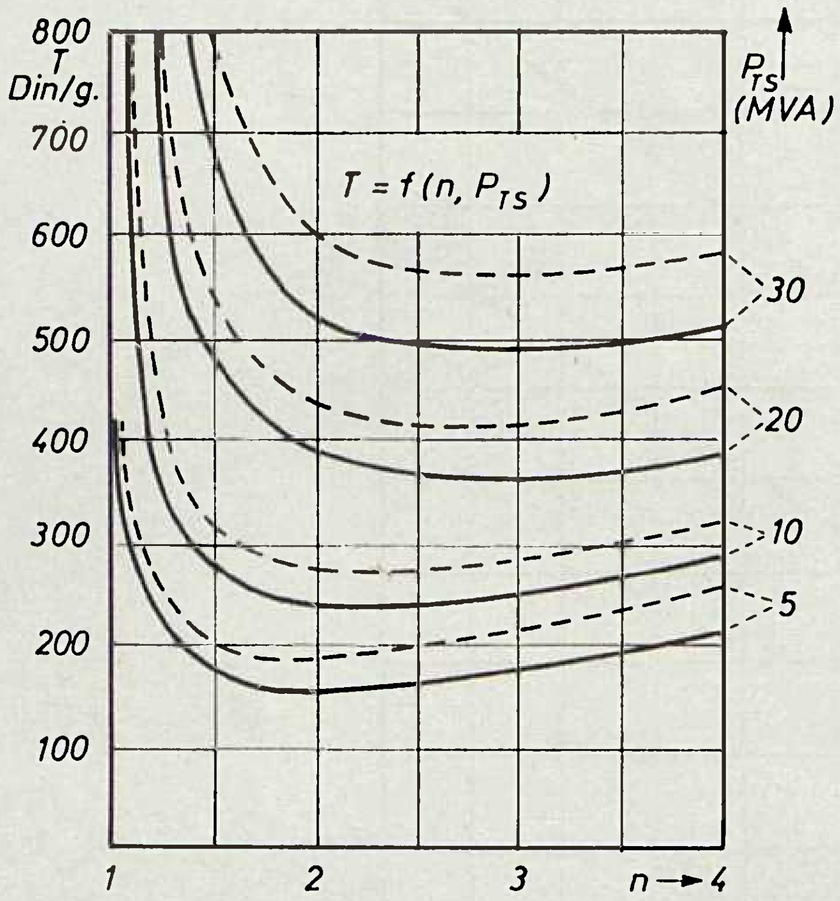
T_{cu} – godišnji troškovi gubitaka el. energije u bakru trafoa
T_o – godišnji troškovi gubitaka el. energije u praznom hodu

GODIŠNJI TROŠKOVI GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U OVISNOSTI O VELIČINI TRANSFORMATORA (P_T) za Cw = 0,122 (Din/kWh); τ = 3000 h/god.

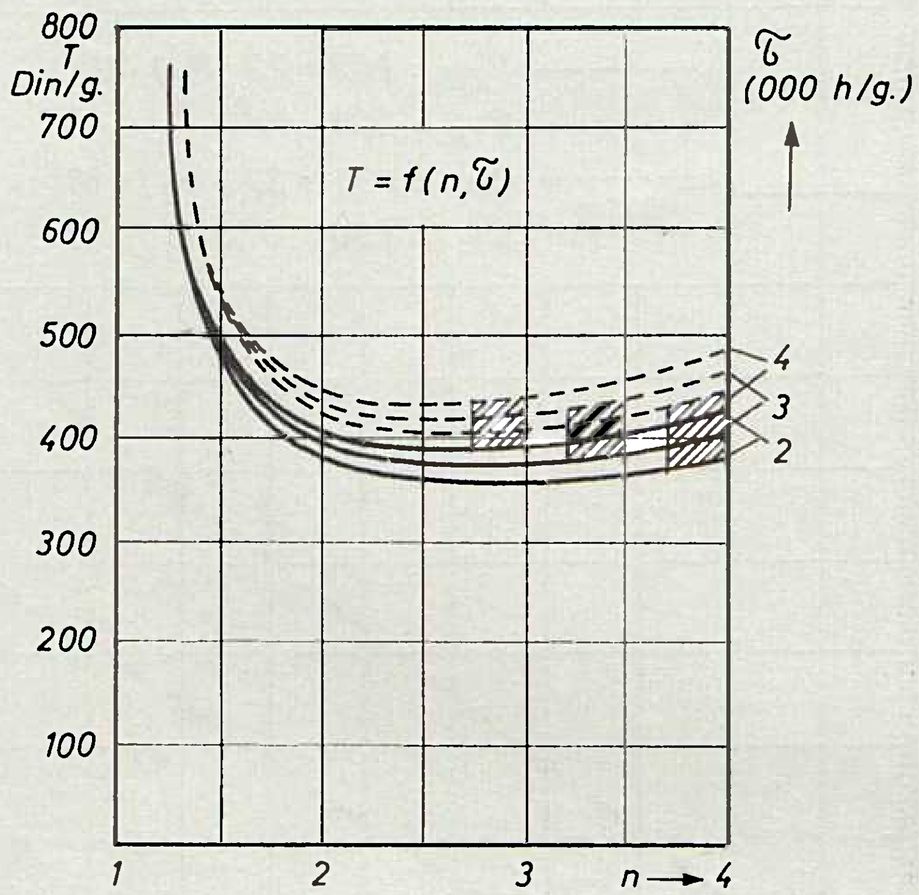
je dolazilo do izgradnje sve većih TS 30/35/10 kV, a time i do ugradnje tipskih transformatora sve većih nazivnih snaga, koji su se slično kao i konzum udvostručivali svakih 7 do 9 godina.

— Slična se tendencija opaža i u proizvodnji transformatora 35/10 kV. Kao logičnu posljedicu takvog razvoja distributivnih električnih mreža i izgradnje odgovarajućih TS 30/35/10 kV kao njihova osnovnog dijela, s neujednačenim kriterijima kako s obzirom na zahtjev pogonske sigurnosti i troškove rezerve tako i s obzirom na kriterij minimalnih troškova izgradnje i održavanja u pogonu, danas imamo stanje distributivnih TS 30/35/10 kV s velikim brojem različitih veličina i broja transformatora, što svakako otežava širu tipizaciju daljnjeg razvoja i proizvodnje ovog značajnog dijela električne opreme.

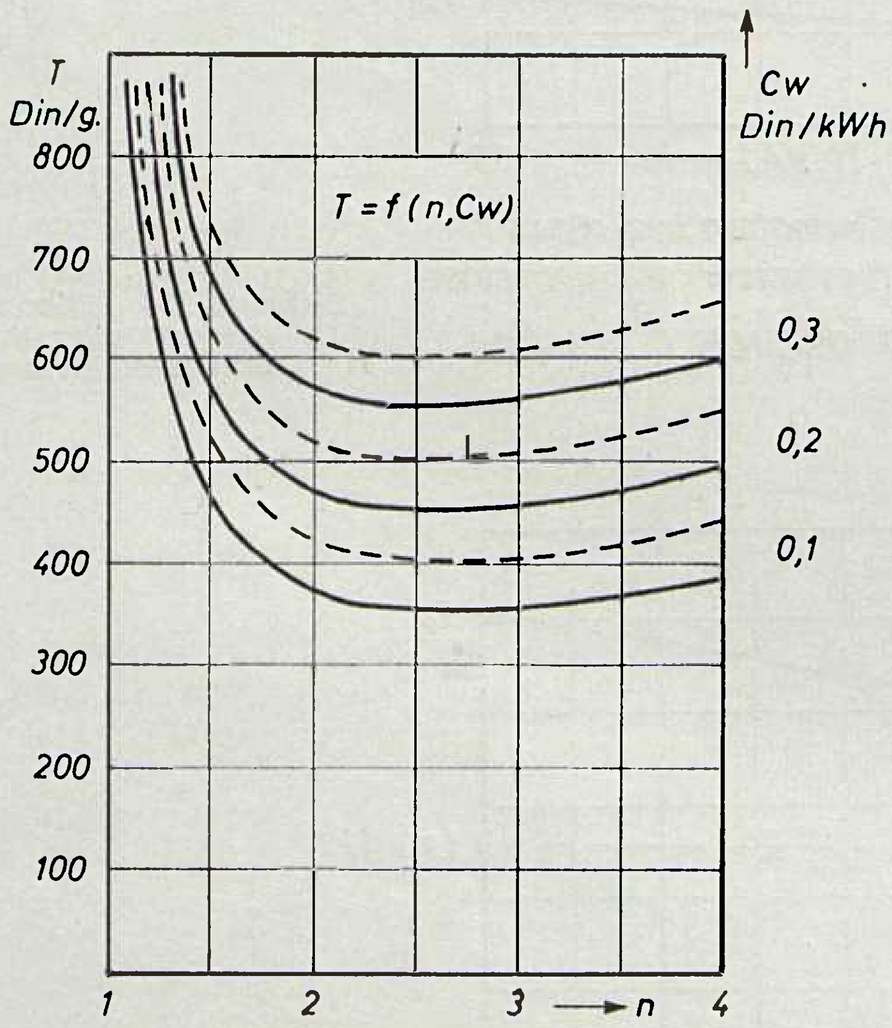
Iz tih razloga, s posve praktičkog stajališta ekonomičnog razvoja i izgradnje distributivnih električnih mreža, smatra se da je nužno izvršiti jednu širu analizu izbora optimalnog broja i veličine transformatora distributivnih TS 30/35/10 kV kao njihovog osnovnog i važnog dijela.



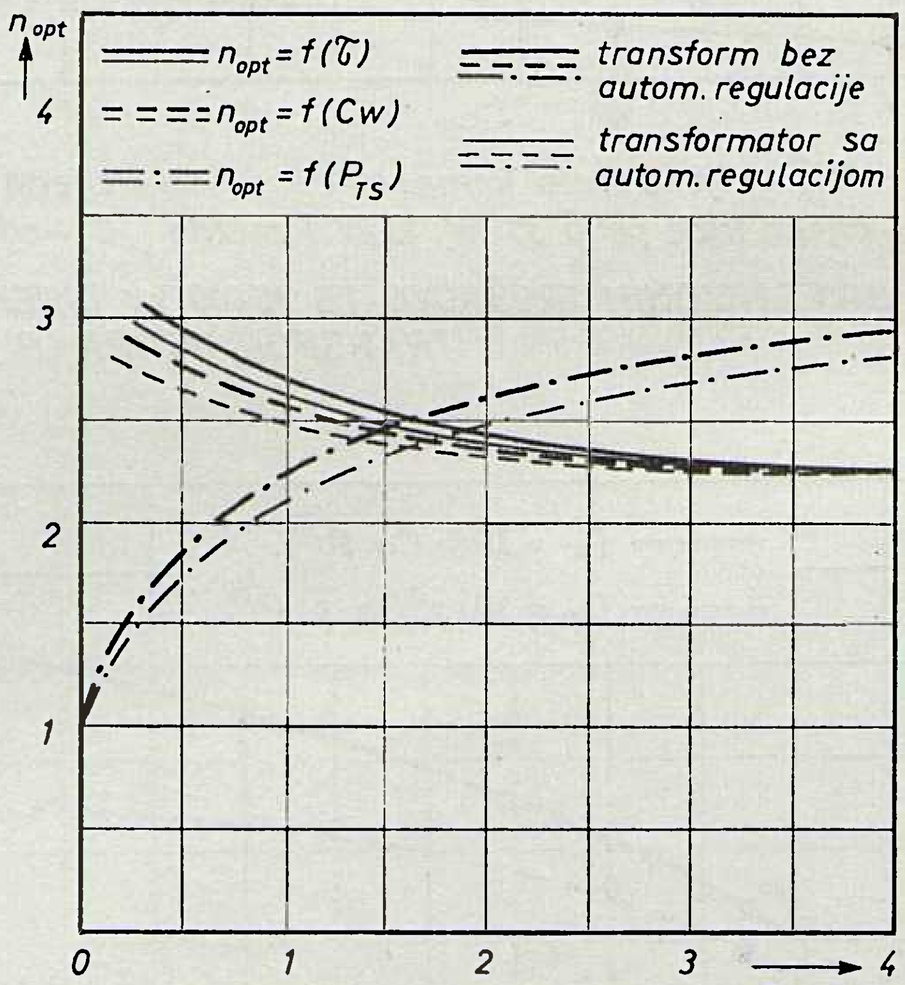
1. Ovisnost godišnjih troškova o n i P
za: Cw = 0,12 Din/kWh τ = 2500 h/god.



2. Ovisnost godišnjih troškova o n i P_{TS}
za: Cw = 0,12 Din/kWh P_{TS} = 20 MVA



3. Ovisnost godišnjih troškova o n i Cw
za P_{TS} = 20 MVA τ = 2500 h/god.



4. Ovisnost optimalnog broja transformatora o osnovnim parametrima P_{TS}, Cw i τ

T - godišnji troškovi dijela TS 35/10 kV direktno ovisno o veličini i broju transformatora u Din.
P_{TS} - snaga TS 35/10 kV u MVA
n, n_{opt} - broj i optimalni broj transformatora
Cw - prosječna cijena el. energije u Din/kWh
τ - godišnje upotrebno vrijeme u h/god.

——— za transformatore bez automatske regulacije
- - - - - - za transformatore sa automatskom regulacijom

Slika 5. Ovisnost godišnjih troškova i optimalnog broja transformatora 35/10 kV o osnovnim parametrima P_{TS}, C_W, τ

2. Analiza troškova i osnovni kriterij mjerodavan za izbor optimalnog broja transformatora

Energetski transformatori jedan su od osnovnih i najvažnijih dijelova distributivnih TS 30/35/10 kV. O njihovu broju i veličini znatno ovise troškovi samih trafo-stanica, ali u prvom redu:

— transformatora,
— trafo-polja 35 kV, 10 kV i zaštite,
— trafo-komore,

kako je to grafički prikazano dijagramom na slici 3. i 4.

Analiza pokazuje da se ovi troškovi mogu i matematski izraziti pomoću slijedeće općenite formule:

$$T = \frac{P}{100}\left(A \cdot n + B \cdot P_{TS} \cdot \frac{n}{n-1}\right) + C \cdot P_{TS}^{3/4} \cdot \frac{(n-1)^{5/4}}{n} + D\, P_{TS}^{3/4} \frac{n}{(n-1)^{3/4}}. \quad (1)$$

U formuli (1) znači:

n — broj transformatora,
P_{TS} — opterećenje TS 30/35/10 kV,
p — prosječna godišnja stopa amortizacije, kamata i ostalih obaveza,
A, B, C, D — karakteristični koeficijenti, čije je značenje i prosječne numeričke vrijednosti navedene u tablici 3.

Osnovni kriteriji mjerodavni za izbor optimalnog broja i veličine transformatora distributivnih TS 35/10 kV su ovi:

1. Tehnički kriterij s obzirom na dozvoljeno opterećenje transformatora u slučaju najnepovoljnijeg kvara, koji se može također matematski definirati slijedećom formulom:

$$P_T = \frac{P_{TS}}{n-1}. \quad (2)$$

P_T — nazivna snaga transformatora u MVA.

2. ekonomski kriterij s obzirom na minimum ukupnih godišnjih troškova,

3. ekonomski kriterij s obzirom na minimum godišnjih investicionih troškova.

Na osnovi podataka iz tablice 1 i izraza (2), formulu (1) možemo sada napisati u konačnom obliku i u dvije varijante, i to:

$$T = 35 \cdot n + 5{,}03 \cdot P_{TS} \cdot \frac{n}{n-1} + 19 \cdot C_w \cdot \tau \cdot P_{TS}^{3/4} \cdot \frac{(n-1)^{5/4}}{n} + 39{,}5 \cdot C_w \cdot P_{TS}^{3/4} \frac{n}{(n-1)^{3/4}}. \quad (3)$$

za slučaj transformatora s automatskom regulacijom u pogonu:

$$T' = 45 \cdot n + 5{,}75 \cdot P_{TS} \cdot \frac{n}{n-1} + 19 \cdot C_w \cdot \tau \cdot P_{TS}^{3/4} \frac{(n-1)_{TS}^{5/4}}{n} + 39{,}5 \cdot C_w \cdot P_{TS}^{3/4} \frac{n}{(n-1)^{3/4}}. \quad (4)$$

U formuli (3), odnosno (4), imamo praktički samo 4 promjenljive veličine, i to:

— n, kao nezavisna promjenljiva veličina i
— P_{TS} (MVA), C_w (din./kWh) i τ (u 000 h/god).

kao parametri čiji je utjecaj na troškove prema formuli (3) i (4) grafički prikazan dijagramom na slici 5.1, 5.2, 5.3, 5.4.

3. Izbor optimalnog broja transformatora i praktična primjena dobivenih rezultata

Osnovu za izbor optimalnog broja transformatora, kao što je već istaknuto, predstavlja minimum godišnjih troškova, pri čemu razlikujemo dva karakteristična slučaja, i to:

optimalni broj transformatora s obzirom na kriterij minimalnih ukupnih godišnjih troškova — formula (3) i (4), i

optimalni broj transformatora s obzirom na minimum godišnjih investicionih troškova, ili općenito matematski izraženo:

$$T = \frac{p}{100}\left(A \cdot n + B \cdot P_{TS} \frac{n}{n-1}\right) = \min. \quad (5)$$

Optimalni broj transformatora s obzirom na prvi kriterij nije moguće jednostavno matematski izraziti zbog dosta kompliciranog oblika (3) i (4). Ovaj se slučaj zato mora rješavati s pomoću računskog stroja, a rezultate je najprikladnije prikazati grafički, kao što je to za ovaj slučaj i prikazano dijagramom na slici 6.

Za drugi kriterij, optimalni broj transformatora na osnovi formule (5) može se jednostavno matematski izraziti slijedećom formulom:

$$n_{opt} = 1 + \alpha\, P_{TS}^{1/2}. \quad (6)$$

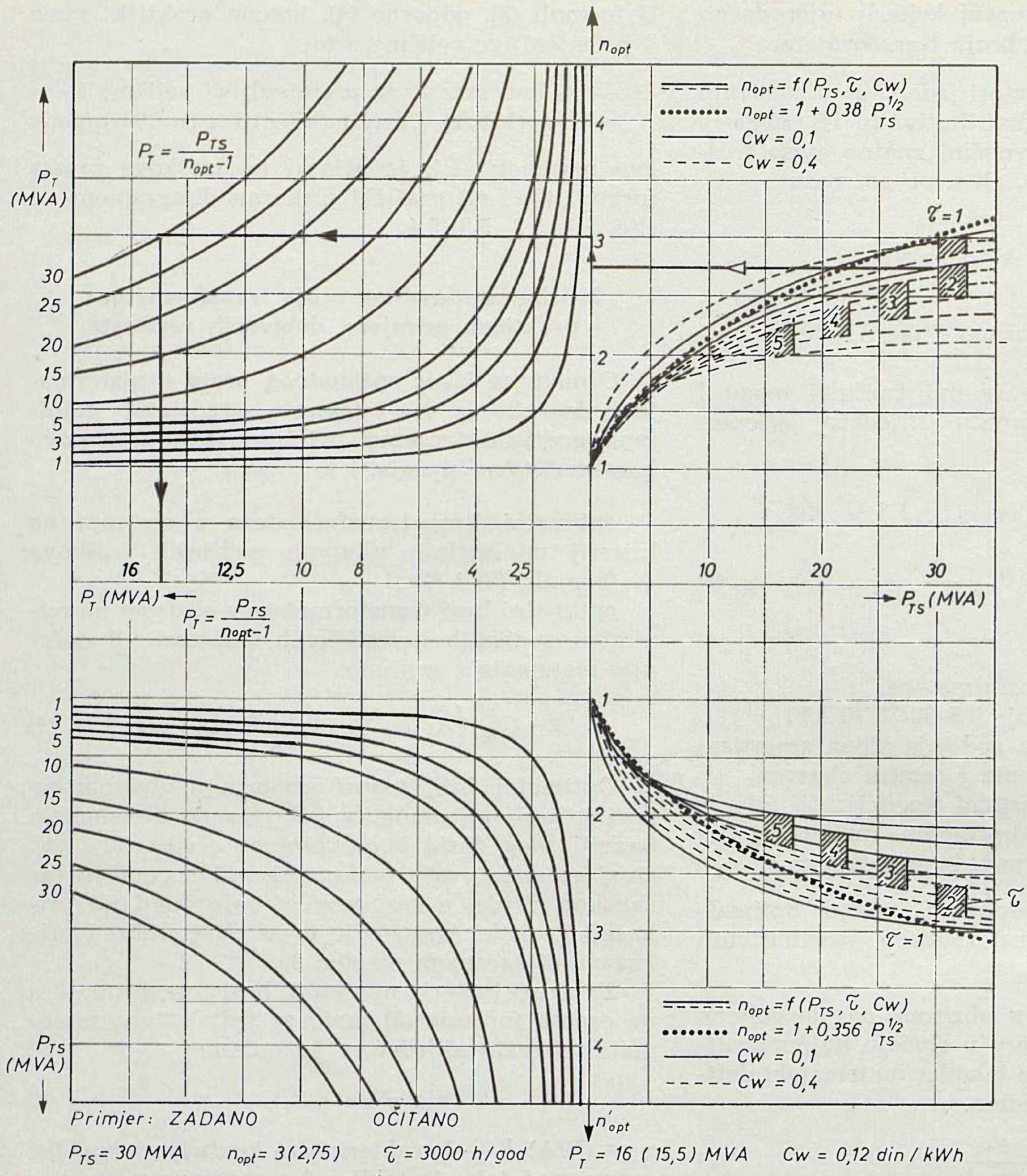
$\alpha = (B/A)^{\frac{1}{2}}$ — karakteristični koeficijent koji na osnovi podataka iz tablice 3 približno iznosi:

— za transformatore bez automatske regulacije 0, 38,
— za transformatore s automatskom regulacijom 0,357.

Optimalni broj transformatora s obzirom na drugi kriterij praktički ovisi samo o veličini, odnosno opterećenju TS 35/10 kV, a formula (6) vrlo je jednostavna i prikladna naročito za brzu primjenu u praksi, samo je ograničena jedino na slučajeve s malim godišnjim upotrebnim vremenom.

Za sve ostale slučajeve treba primjenjivati formule (3) i (4), odnosno dijagram na slici 6, što je povezano s nekoliko čisto praktičnih poteškoća, a to su:

— dosta komplicirani matematski oblik rješenja formula (3) i (4) vezan je uz korištenje računskih strojeva;
— idealni optimum praktički i nije moguće postići jer broj transformatora može biti samo cijeli broj, i to uglavnom 2 ili 3;



Slika 6. Dijagram za izbor optimalnog broja i veličine transformatora distributivnih TS 35/10 kV

Primjer: ZADANO OČITANO

P_{TS} = 30 MVA n_{opt} = 3 (2,75) τ = 3000 h/god P_T = 16 (15,5) MVA Cw = 0,12 din/kWh

OPTIMALNI BROJ (n_{opt}) I VELIČINA $P_{T_{opt}}$ TRANSFORMATORA U OVISNOSTI O P_{TS}, τ i Cw.

n_{opt} - optimalni broj transformatora bez automatske regulacije

n'_{opt} - optimalni broj transformatora sa automatskom regulacijom

$P_{T_{opt}}$ - optimalna tipska snaga u MVA

OPTIMALNI BROJ TRANSFORMATORA OBZIROM NA KRITERIJ MINIMALNIH UKUPNIH GODIŠNJIH TROŠKOVA

P_{TS} - opterećenje TS 30 (35) 10 kV u MVA

τ - godišnje upotrebno vrijeme maksimalnih gubitaka u 000 h/god.

Cw - prosječna cijena el. energije u Din/kWh

OPTIMALNI BROJ TRANSFORMATORA OBZIROM NA KRITERIJ MINIMALNIH GODIŠNJIH INVESTICIONIH TROŠKOVA

— izbor optimalnog broja transformatora prema dijagramu na slici 9. vezan je uz kontrolu iznosa ukupnih godišnjih troškova za veći i manji cijeli broj transformatora u odnosu na idealni optimum i treba izabrati vrijednost koja daje manje ukupne godišnje troškove, u koju svrhu za distributivne TS 35 (30)/10 kV može poslužiti dijagram na slici 7.

Radi ilustracije primjene dobivenih rezultata navodi se primjer:

Zadano:

veličina TS 35/10 kV: P_{TS} = MW,
tip: gradska,
prosječna cijena el.: C_w = 0,12 din/kWh,
transformatori bez automatske regulacije.

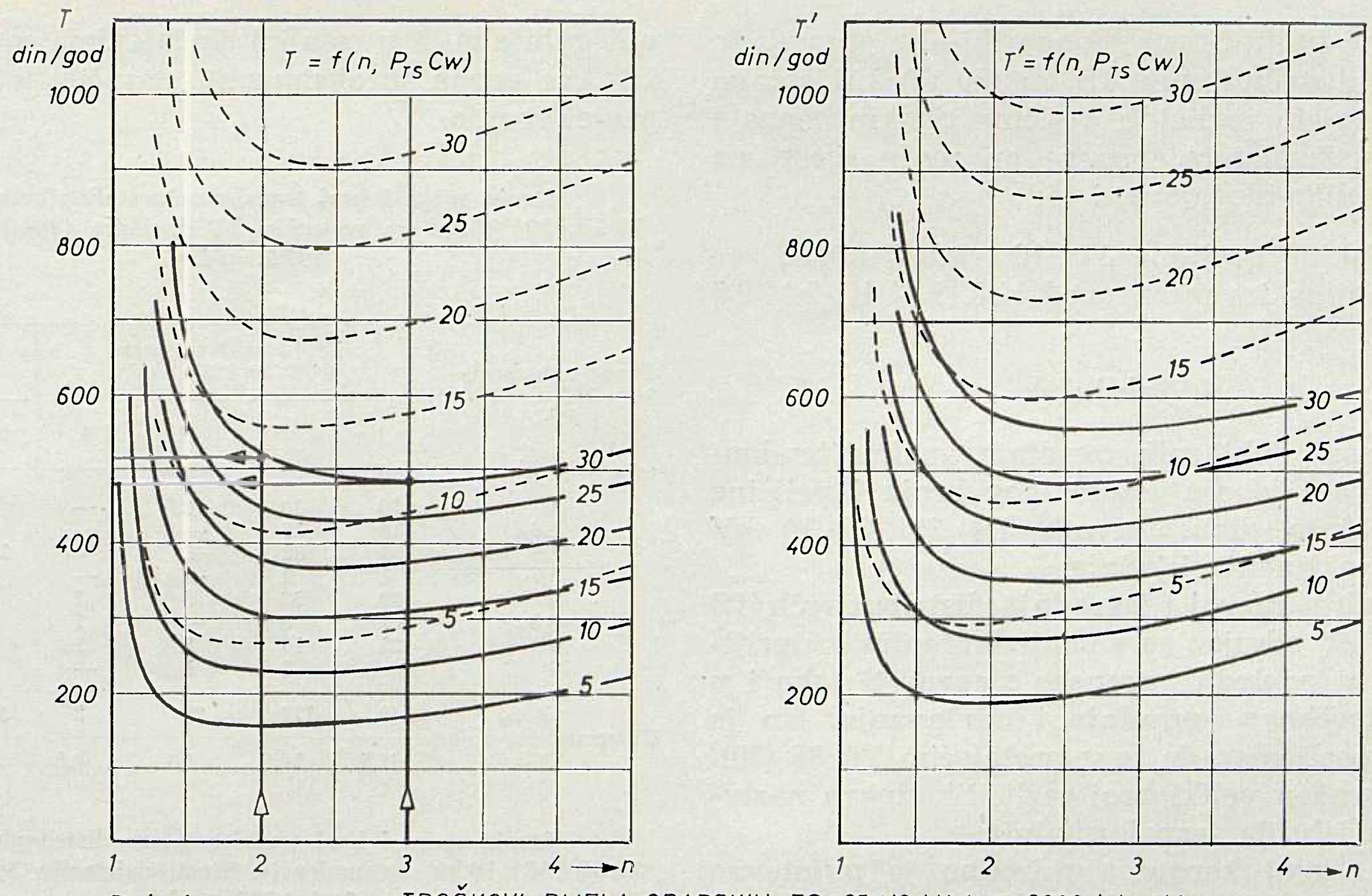
Određeno:

n_{opt} = 27,5 odabrano 3,
$P_{T,\ opt}$ = 16 MVA

kontrola godišnjih troškova prema dijagramu na slici 10:

T_2 = 520 . 10^3 din (za 2 transformatora),
T_3 = 480 . 10^3 din (za 3 transformatora).

Budući da su troškovi $T_3 < T_2$ optimalni broj, i veličina transformatora je kao što je gore navedeno.

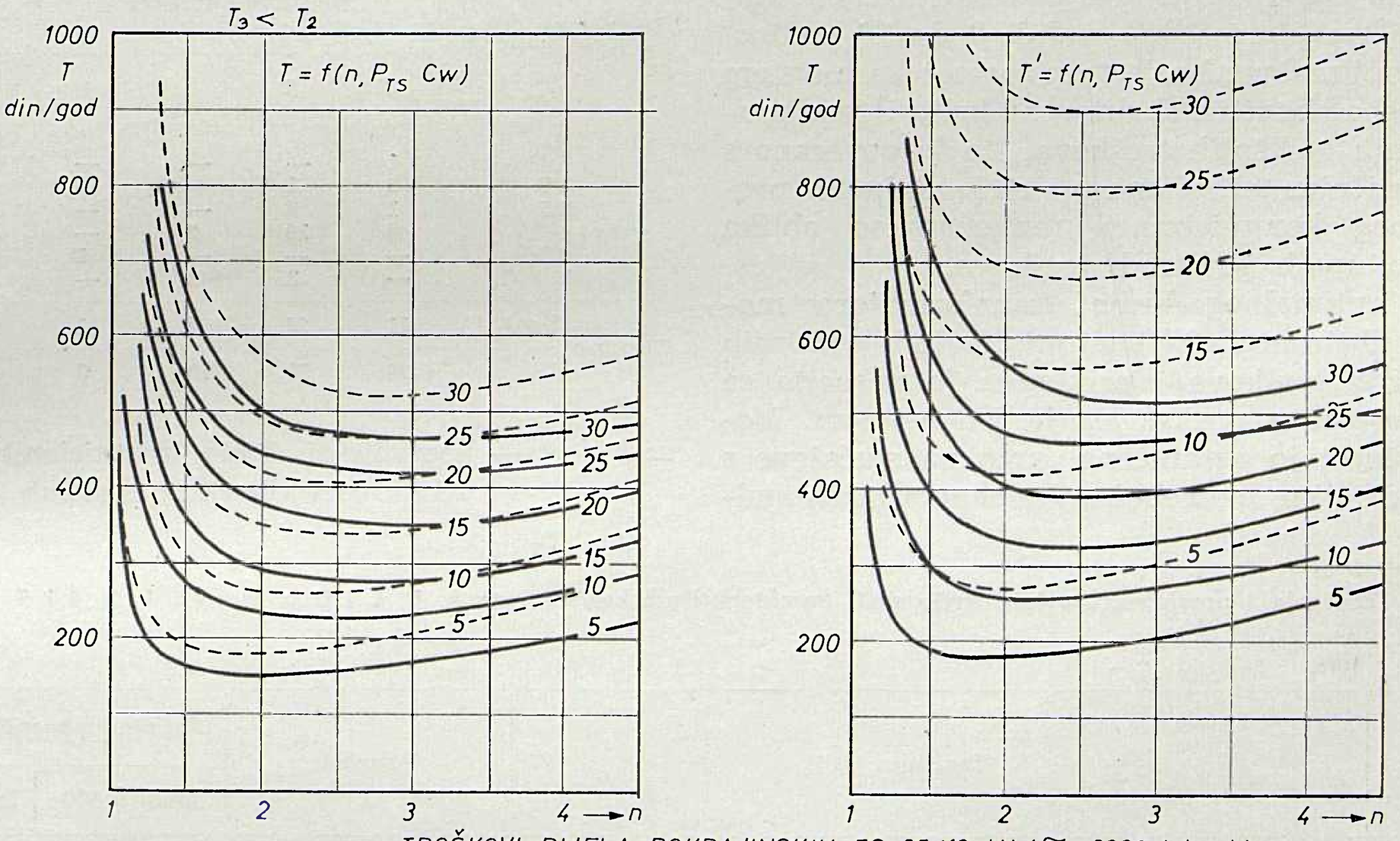


Primjer TROŠKOVI DIJELA GRADSKIH TS 35/10 kV (τ = 3000 h/god.)

za P_{TS} = 30 MW

Cw = 0,1 din kWh

$T_3 < T_2$



TROŠKOVI DIJELA POKRAJINSKIH TS 35/10 kV (τ = 3000 h/god.)

T - Troškovi za slučaj transf. bez automatske regulacije

T - Troškovi za slučaj transf. sa automatskom regulacijom

n - Broj transformatora

P_{TS} - Opterećenje TS 35/10 kV u MVA

C - Prosječna cijena el. energije u Din/kWh

τ - Upotrebno vrijeme maksimalnih gubitaka u h/god.

——— Cw = 0,1

- - - - - - Cw = 0,4

—30— P_{TS} u MVA

Slika 7. Troškovi dijela distributivnih TS 35/10 kV direktno ovisnih o broju transformatora uz zadane vrijednosti za P_{TS}, C_W, τ

Za zadane iznose s obzirom na drugi kriterij dobivene su također iz dijagrama na slici 6 slijedeće vrijednosti:

— idealni optimalni broj transformatora: n_{opt} = ≐ 3,1 odabrano 3,

— optimalna veličina transformatora: $P_{T,\ opt}$ ≐ 16 MVA.

Analognim postupkom može se odrediti optimalni broj i veličina transformatora i u ostalim karakterističnim slučajevima, iz čega je vidljivo

da zaista ni praktički ni ekonomski nije opravdana izgradnja distributivnih TS 35 (30/10) kV s tako velikim brojem različitih veličina tipskih snaga i broja transformatora, već se on može svesti na svega nekoliko slučajeva, i to:

— u gradskim mrežama 3 × 16 i 2 × 8 MVA,
— u pokrajinskim mrežama 2 × 8, 2 × 4 i 2 × 2,5 MVA.

4. Zaključak

Na osnovi dobivenih rezultata analize tendencije razvoja i izbora optimalnog broja i veličine transformatora distributivnih TS 35 (30)/10 kV može se zaključiti slijedeće:

Dosadašnji razvoj i izgradnja distributivnih TS 35 (30)/10 kV odvijao se s neujednačenim kriterijima, kako u pogledu pogonske sigurnosti tako i u pogledu troškova izgradnje i održavanja, što je imalo za posljedicu da je u postojećim TS 35 (30)/ /10 kV ugrađen veliki broj različitih tipova nazivnih snaga i broja transformatora.

Nagli razvoj konzuma prirodno je uvjetovao izgradnju distributivnih TS 35 (30)/10 kV sve većih snaga skoro s udvostručenjem veličine trafo-stanica svakih 7 godina, kao i s podvostručenjem tipske snage transformatora svakih 8 do 10 godina.

Izbor optimalnog broja transformatora u općem slučaju treba obaviti s obzirom na kriterij minimuma ukupnih godišnjih troškova, što je povezano s čisto praktičnim teškoćama pri rješavanju tih problema zbog kompliciranog matematskog oblika formula ukupnih godišnjih troškova.

Izbor optimalnog broja transformatora moguć je i s obzirom na kriterij minimalnih godišnjih investicionih troškova i prikladan je naročito za bržu primjenu u praksi jer je jednostavan. Međutim, točnost je ograničena samo na slučajeve s malim godišnjim upotrebnim vremenom maksimalnih gubitaka, a u ostalim slučajevima može poslužiti kao gruba aproksimacija, naročito u fazi predprojektiranja.

Stanje snaga i broj transformatora distributivnih TS 35 (30) 10 kV na području SR Hrvatske (stanje početkom 1970. god.)

Tablica 1.

Snaga transformatora 30(35)/10 kV MVA		Broj transformatora u TS 30(35)/10 kV				Ukupno	
		1	2	3	4	broj	%
1		30	19	2	—	51	14,5
1,6		19	17	—	—	36	1
2,5		55	63	5	—	123	35
3		1	1	—	—	2	0,5
4		20	53	5	1	79	22
6,3		1	3	—	1	5	0,5
8		23	19	9	1	52	14,7
16		—	2	1	—	3	0,8
Ukupno	broj	149	177	22	3	351	—
	%	42,5	50,5	6,2	0,8	—	100

Stanje snaga i broj transformatora distributivnih TS 30 (35) 10 kV na području Elektrodalmacije Split (stanje 1. I 1970. god.)

Tablica 2.

Snaga transformatora 30(35)/10 kV MVA		Broj transformatora u TS 30(35)/10 kV				Ukupno	
		1	2	3	4	broj	%
1		1	—	—	—	1	3
1,6		5	1	—	—	6	15,4
2,5		1	9	—	—	10	25,6
4		4	10	2	—	16	40,2
6,3		—	—	—	1	1	3
8		—	3	2	—	5	12,8
Ukupno	broj	11	23	4	1	39	—
	%	28	59	10	3	—	100

a; b — koeficijenti dijela investicionih troškova TS 35/10 kV direktno ovisnih o veličini

Značenje i prosječne brojčane vrijednosti karakterističnih koeficijenata A, B, C i D iz formula 1, 3, 4 i 5

Tablica 3

Koeficijent	Značenje			Formula	Prosječna numerička vrijednost	
					Iznos u 000	Jedinica mjere
A	Koeficijent dijela investicionih troškova	Neovisni o veličini	trafoa bez automatske regulacije	$a_T + a_{TP} + a_{TK}$	246	din
			trafoa s automatskom regulacijom		316	
B		Ovisni o veličini	trafoa bez automatske regulacije	$b_T + {}_{TK}$	35,2	din/MVA
			trafoa s automatskom regulacijom		40,2	
C	Koeficijent troškova gubitaka u bakru transformatora			$K_{CU} \cdot C_W \cdot \tau$	19 $C_W \tau$	
D	Koeficijent gubitaka u željezu transformatora			$8760 \cdot K_O \cdot C_W$	39,5 · C_W	
p	Godišnja stopa amortizacije, kamata i ostalih obaveza			električni dio	14,24	%
				građevni dio	10,04	

transformatora čija je definicija i numerička vrijednost vidljiva iz dijagrama na slici 1.

K_{CU}; K_0 — koeficijenti gubitaka električne energije u bakru i željezu transformatora 35/10 kV koji približno iznose:

$$K_{CU} = 19 \quad [kW/(MVA)^{3/4}]$$
$$K_0 = 4{,}5 \quad [kW/(MVA)^{3/4}]$$

C_W — prosječna cijena električne energije na naponu 35 kV koja je ostvarena na području »Elektrodalmacije« Split u toku 1969. u iznosu 0,122 din/kWh

τ — godišnje upotrebno vrijeme maksimalnih gubitaka u bakru transformatora

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

KONTROLA ISPRAVNOSTI SPAJANJA SEKUNDARNIH PREKOSTRUJNIH RELEJA ZASIĆENIM TRANSFORMATOROM

Ante Franušić, Split

Dan je prikaz jednostavnog, praktičnog i brzog postupka za pouzdano utvrđivanje ispravnosti spajanja sekundarnih prekostrujnih releja sa zasićenim transformatorom.

Pored raznih tipova sekundarnih prekostrujnih releja, često se susrećemo i s takvima koji imaju zasićene transformatore kao izvor pomoćnog napona za napajanje pomoćnih releja, a naročito za pokretanje vremenskog člana u prekostrujnom releju (sinhroni motor). Primjena ovakvih releja posebno dolazi do izražaja u onim postrojenjima koja nemaju akumulatorsku bateriju, već se kao izvor napajanja za okidače prekidača snage koristi kondenzatorski isklopni uređaj ili eventualno strujni transformatori.

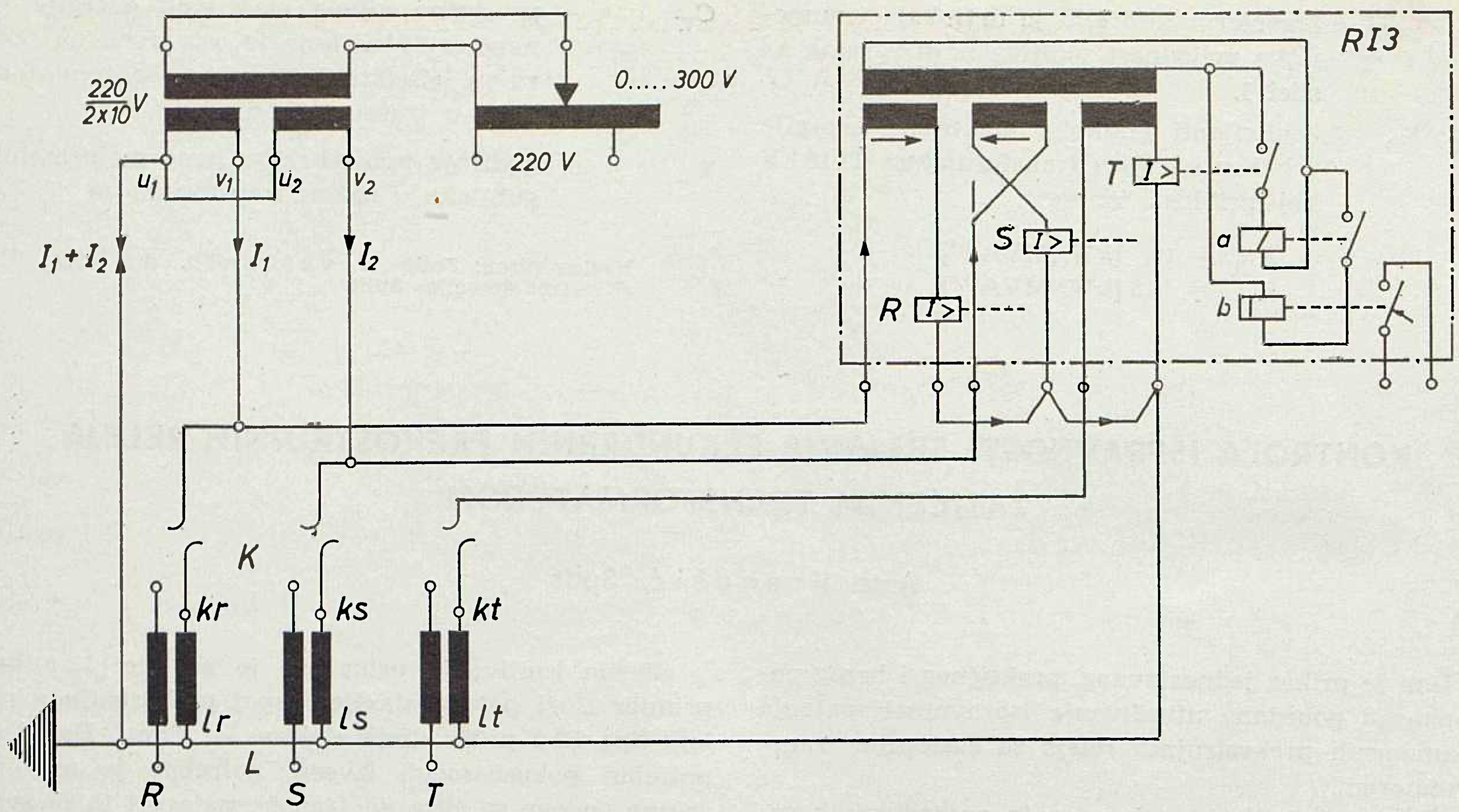
Zna se da ovakvi tipovi releja moraju biti priključeni na strujne transformatore tj. da istovjetne stezaljke strujnih transformatora trebaju doći na odgovarajuće stezaljke samog releja; dakle veoma slično kao kod spajanja strujnih grana dvo i trosistemskih brojila. Kod ovog tipa releja ispravan spoj je posebno važan, jer se u protivnom kod određenih slučajeva kvarova štićenog objekta, može dogoditi da relej ne djeluje, odnosno njegov vremenski član, uslijed poništavanja magnetskog toka u jezgri zasićenog transformatora, i u tom slučaju izostane sekundarni napon.

Kontrola spajanja može se obaviti prema shemi galvanskim provjeravanjem spojeva, ali je pri tom potrebno obaviti otpajanja na rednim stezaljkama, odnosno samom releju. Ovakav postupak iziskuje više vremena, a osim toga uvijek postoji mogućnost da u strujnom krugu ostane neotkriven eventualni »mrtvi« spoj npr. na rednoj stezaljci, zbog toga što vijci pritiskuju izolaciju žice koja je previše uvučena u rednu stezaljku. Zbog takvih, i sličnih razloga, uvijek se teži da se takva ispitivanja izvode direktnim postupkom, koji zbog svoje sveobuhvatnosti uzima u obzir sve faktore.

Metoda koja se ovdje opisuje provjerena je na sekundarnim prekostrujnim relejima proizvodnje »ISKRA« — Kranj, i to u dvo i tropolnoj izvedbi. Ispitivanje se obavlja na samim izlaznim vodovima sekundarne strane strujnih transformatora na koje je vezan prekostrujni relej, dok se kontrola ispravnosti ili obrnuto, utvrđuje na samom releju.

Shema ispitivanja prikazana je na slici 1, a kao primjer služi pojednostavljeni spoj prekostrujnog releja tipa RI 3 proizvodnje »Iskra« — Kranj. Da bi se potrebni pokusi mogli izvesti, potrebno je odvojiti spojne vodove sa strujnih transformatora i to sa svake faze po jedan tj. k_r, k_s, k_t. Budući da se tropolne izvedbe releja u praksi najčešće spajaju četverovodno (»1« stezaljke strujnih transformatora povezane i uzemljene ili obrnuto), nema potrebe za odvajanjem zajedničkog voda. Razdvajanje spojnih vodova sa strujnih transformatora ionako je potrebno zbog provjeravanja točnosti obilježavanja stezaljki na njima, što je svakako uvjet, uz ispravan spoj, da bi prekostrujni relej mogao ispravno funkcionirati. Kako se na slici vidi na raspolaganju treba imati jedan regulacioni autotransformator za izlazni napon 0 do 300 V (npr. tip TNR 105, 600 VA, »Iskra«), kao i jedan mali transformator 220/2 × 10 V snage oko 400 VA.

Prvi pokus izvodi se prema sl. 1. Podesiti trreba sva tri prekostrujna člana na istu poziciju npr. 5 A. Zatim se povećavanjem izlaznog napona regulacionog autotransformatora podiže struja do prorade prekostrujnih članova faze R i S. Time će biti zatvoren strujni krug za pomoćni relej »a«, ali ovaj neće proraditi kao ni sinhroni motor vremenskog releja »b«, jer se zbog suprotnih smjerova struje u namotima faze R i S zasićenog transformatora neće inducirati napon na sekundarnoj strani. Kod ovoga treba napomenuti da oba namota faze R i S imaju isti broj zavoja, odnosno približno iste impedancije, te uz istu struju u njima dolazi do opisane pojave, što je znak da su ove dvije faze ispravno spojene na releju. Istina, moguće je da faze R i S budu obrnuto spojene u odnosu na treću, pri čemu bi također došlo do opisanih indikacija, ali bi daljnji pokusi na fazama S i T to pouzdano utvrdili. Nakon ovoga slijedi drugi pokus, kada vodove k_r i k_s spojimo na stezaljke u_1 i v_2 ispitnog transformatora, a stezaljke v_1 i u_2 povežemo, tako da imamo dvostruki sekundarni napon tj. 20 V, koji nam je potreban da proguramo struju kroz dvostruku impedanciju (faza R i S vezane u seriju) do prorade prekostrujnih članova. S obzirom da sada imamo isti smjer struje u oba namota faze R i S zasićenog transformatora, u sekundarnom namotu se inducira potrebni na-



Sl. 1 Spoj releja s ispitnim elementima kod prvog pokusa

pon, koji kod prorade prekostrujnih članova aktivira pomoćni relej »a«, a time i vremenski član. Promatranjem releja ovo je moguće uočiti. Ukoliko bi kod ovog pokusa imali obrnute efekte, veza faze R ili S je neispravna.

Sada ponovimo iste pokuse na fazama S i T, na isti način tj. prvi put spoj kada se tokovi u zasićenom transformatoru poništavaju, a drugi put kada se sumiraju. Međutim pri tom je potrebno napomenuti da namot faze T ima dvostruko veći broj zavoja nego faza R i S, a time je impedancija ove faze gotovo dvostruko veća u odnosu na ostale dvije. Zbog toga će uz iste sekundarne napone ispitnog transformatora (2 × 10 V) sada teći u fazi T i dvostruko manja struja nego u fazi S. Međutim i u ovom slučaju imamo isti broj amperzavoja, te će i kod ovog pokusa doći do poništavanja tokova u jezgri zasićenog transformatora, a time i do već opisane pojave ukoliko su ove dvije faze ispravno priključene. Osim toga iz istog razloga neće doći do istovremene prorade prekostrujnih članova faze S i T, već će prije proraditi faza S, a zatim povećanjem napona regulacionog autotransformatora i faza T.

Jasno je ukoliko se radi o releju u dvopolnoj izvedbi npr. tipu RI 2a, onda su analogno tome dovoljna samo prva dva pokusa o kojima je prethodno bilo riječi.

Kako smo vidjeli možemo bez ikakvih otpajanja i instrumenata (izuzevši na strujnim transformatorima, što je u svakom slučaju potrebno) na vrlo brz i jednostavan način utvrditi ispravnost spajanja prekostrujnih releja sa zasićenim transformatorom. Osim toga, ovakvo ispitivanje daje garanciju ispravnosti kontinuiteta strujnih krugova i to sa strujama koje su po veličini ravne pogonskim.

Nadamo se da smo ovim, ispitnim postupkom, pružili praktičaru još jedan, koji će mu olakšati i ubrzati posao pri ispitivanju ispravnosti spajanja sekundarnih prekostrujnih releja sa zasićenim transformatorom.

Ante Franušić, »Elektrodalmacija« — Split

OSOBENOSTI OSVETLJENJA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA I SMERNICE ZA NJEGOVA DOBRA OSTVARENJA

Kiril A. Tropin, Beograd

Izložene smernice za ostvarenje funkcionalnog osvetljenja svih vrsta, koje se primenjuju u elektroenergetskim postrojenjima, zasnovane su na zadovoljenju posebnih uslova, koji su diktirani tehnološkim postupkom različitih elektroenergetskih postrojenja. Posebno su naglašeni: osvetljenje vertikalnih površina, sprečavanje bleska, osvetljenje objekata bez prirodnog osvetljenja, temperature boje svetlosnih izvora.

DK 628.9 : 621.31.

Elektroenergetska postrojenja

Osobenosti tehnološkog procesa elektroenergetskih postrojenja izdvajaju ih, a isto tako i njihovo osvetljenje u posebnu kategoriju. Ovo podjednako važi kako za potpuno samostalna postrojenja, koja uglavnom pripadaju elektroprivredi, tako i za postrojenja, koja čine sastavne delove raznih privrednih grana.

Uočavanje i poznavanje ovih osobenosti veoma je bitno za ostvarenje pravilnog osvetljenja elektroenergetskih postrojenja, koje se može uglavnom podeliti na:

— unutrašnje osvetljenje,
— osvetljenje na otvorenom prostoru,
— rezervno osvetljenje,
— prenosno osvetljenje i
— ukrasno osvetljenje.

Imajući u vidu ovu podelu podrobnije će se razmotriti:

— važnije okolnosti od uticaja na izvođenje osvetljenja u elektroenergetskim postrojenjima,
— namena i smernice za izvođenje rezervnog, prenosnog i ukrasnog osvetljenja,
— unutrašnje osvetljenje u raznim elektroenergetskim postrojenjima,
— osvetljenje elektroenergetskih postrojenja na otvorenom prostoru, i
— neke druge okolnosti.

Posebni uslovi za izvođenje osvetljenja u elektroenergetskim postrojenjima

Funkcionalnost osvetljenja elektroenergetskih postrojenja (objekata, prostorija i radnih mesta) zavisi o celom nizu specifičnih okolnosti, koje u raznim kombinacijama karakterišu ova postrojenja.

Ako bi se norme osvjetljenosti nazvale osnovnim uslovima za izvođenje osvetljenja, onda bi se posebnim uslovima moglo nazvati sledeće:

— sigurnost (zaštita) pogonskog osoblja od napona,
— zahtev povećane pouzdanosti pogona u celini, tj. energetskog dela postrojenja i pripadajuće električne instalacije osvetljenja,
— uticaj sredine prostorije i izbor odgovarajućeg materijala,
— određeni kvalitet osvetljenja,
— arhitektonsko uređenje prostorije i drugo.

U nekim slučajevima elektroenergetske prostorije izvedene su bez prirodnog ili s nedovoljnim prirodnim osvetljenjem, što predstavlja poseban uslov za izvođenje njihovog osvetljenja.

Već i sama priroda posla (neprekidan rad i rad noću) u nekim elektroenergetskim postrojenjima predstavlja premisu toga.

Način izvođenja i konstruktivna rešenja instalacija osvetljenja zahtevaju da se dobro uoče i prouče svi posebni uslovi.

Prema tome, norme osvetljenosti, ni visoki ostvareni nivo osvetljenosti, još nisu dovoljni za postizavanje funkcionalnih rešenja.

Često smo prinuđeni, sa žaljenjem i razočarenjem konstatovati, da čak i pored srazmerno velikih ulaganja u instalaciju električnog osvetljenja nije postignuta funkcionalnost. Ima slučajeva gde se ni za tipske projekte nije potražilo odgovarajuće funkcionalno rešenje.

Ova konstatacija ne može da se primi bez komentara:

a. Ne može se prihvatiti stav o malovažnosti osvetljenja u elektroenergetskim postrojenjima, pre svega zbog neprekidnog rada u njima.
b. Ne može se prihvatiti kao opravdanje da se osvetljenje projektuje, a često i izvodi, pre konačne dispozicije energetske opreme.

Treba smatrati da osvetljenje mora težiti svom optimumu radi optimuma eksploatacije samog postrojenja, a to se može postići doslednim sprovođenjem potrebnih mera.

Zaštita osoblja i neprekidnost pogona

Dežurno pogonsko osoblje, na komandama elektroenergetskih postrojenja i osoblje na održavanju elektroenergetske opreme i u samim postrojenjima i širom pripadajućih objekata, načelno obavlja neprekidnu službu.

Iz ovih je razloga a za siguran i uspešan rad pogonskog osoblja, to će reći za uredan pogon postrojenja, neophodna dobra vidljivost i po danu i po noći, tj. dobro i pravilno osvetljenje.

S druge strane, stalno prisustvo napona u neposrednoj blizini stalnih i pokretnih radnih mesta

pogonskog osoblja nalaže preduzimanje odgovarajućih mera i opet radi bezbednosti čoveka i neprekidnosti pogona.

Međutim, ni naši tehnički propisi za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja, ni propisi o zaštiti na radu, ni neki drugi propisi, još ne preciziraju osvetljenje kao važni činilac za urednost pogona i za ličnu sigurnost čoveka na radnom mestu, ni neke druge mere bezbednosti, koje ćemo kasnije pomenuti.

Sigurnost osoblja u elektroenergetskim postrojenjima ugrožavaju:

— napon nezaštićenih delova opreme, naročito visokonaponske i
— napon instalacija osvetljenja.

Pri održavanju instalacija osvetljenja najsigurniju zaštitu od napona nezaštićenih delova pod naponom opreme pruža udaljenost izvršioca od tih delova (zaštita rastojanjem).

Postojeći propisi ne sadrže sigurnosne razmake za osoblje na radu, koje normiraju propisi drugih zemalja.

Pretpostavljamo da bi projektantima korisno poslužilo obaveštenje u tom pogledu, te radi primera navodimo minimalne sigurnosne razmake prema normama SSSR-a, koji svakako važe i za pogonsko osoblje pri održavanju instalacija osvetljenja, tj. minimalna rastojanja od čoveka do nezaštićenih delova pod naponom, koje treba ostvariti još pri izvođenju instalacija osvetljenja:

700 mm za napon do 15 kV
1000 mm za napon 15—35 kV
1500 mm za napon 35 — 110 kV
3000 mm za napon 110 — 220 kV

Zaštitu osoblja od napona u isto vreme nalaže i uslov neprekidnosti pogona postrojenja, koja bi se eventualno narušila, bilo usled potrebe isključenja delova postrojenja radi održavanja osvetljenja u njihovoj blizini, bilo usled pogona pri nedovoljnom osvetljenju sve do prvog isključenja postrojenja. Na stranu eventualni prekidi pogona izazvani kratkim spojevima, nesrećnim slučajevima itd. pri održavanju osvetljenja, zbog nedovoljne udaljenosti od visokonaponskih delova.

Iste ciljeve imaju i dalje navedene mere.

Za većinu slučajeva moglo bi se preporučiti da visina postavljanja svetiljki iznosi do 2,10 m od poda u prostorijama s otvorenim delovima pod naponom (hodnici sa sabirnicama, prostor iza razvodnih i komandnih ploča, kabine i ćelije sa različitom opremom itd.). Na ovoj visini svetiljka može da se poslužuje sa poda bez upotrebe ljestava, klupa i sl. tako da se na ovaj način isključuje mogućnost dodira delova pod naponom pri slučajnom padu poslužioca.

U prostorije s otvorenim delovima pod naponom imaju pristup samo određena (kvalifikovana) lica. Prema tome, nema nikakve logike da se u njima primeni sniženi (mali) napon za osvetljenje ili svetiljke s otežanim pristupom sijalici.

Drukčije treba tretirati prateće objekte većih razvodnih postrojenja (skladišta, garaže itd.) i u prostorijama pristupačnim nekvalifikovanom osoblju treba primeniti uobičajene mere zaštite pri postavljanju svetiljki na visini do 2,5 m od poda.

Uticaj sredine

Karakteristike sredine pojedinih objekata i prostorija elektroenergetskih postrojenja određuju pravilan izbor odgovarajućih materijala za električne instalacije osvetljenja ne samo s obzirom na tehničko — ekonomski povoljan vek njihovog trajanja, već u prvom redu s obzirom na neprekidnost pogona postrojenja i sigurnost života zaposlenog osoblja.

Posebno karakteristike sredine nalažu i odgovarajuće ponašanje pojedinca, koji radi ili se zadržava u takvoj sredini.

Ovo ponašanje treba da bude to odmerenije i disciplinovanije, što su nepovoljnije karakteristike sredine. Pri tome se misli ne samo na ličnu bezbednost pojedinca, već i na druge štete, koje može izazvati neuračunljivo ili čak samo nepažljivo ponašanje (požar, eksplozije itd.).

Radi upravljanja u pogonu i pri projektovanju električnih instalacija osvetljenja navodimo u tabeli 1. karakteristike nekih objekata i prostorija elektroenergetskih postrojenja.

Većina prostorija elektroenergetskih postrojenja inače spada u red suvih prostorija s normalnim uslovima sredine. Ipak je za preporuku da se za vodove osvetljenja, a naročito pri polaganju na beton, koriste kao sigurniji provodnici slični kablu (GOT).

Posebno treba imati u vidu štetno dejstvo na celokupnu instalaciju osvetljenja, a ne samo na svetiljke, raznih potresa usled manipulacija sa opremom i stalnih vibracija, koje se javljaju na nekim mestima naročito u elektranama i u industrijskim preduzećima.

Temperatura boje svetlosti izvora

Za osvetljenje elektroenergetskih postrojenja mogu da se koriste skoro bez ograničenja svi izvori viših temperatura boje svjetlosti (obične sijalice sa usijanim vlaknom, fluorescentne cevi i sijalice sa živinom parom pod pritiskom), već prema tome koji su podesniji u datom slučaju.

Izbor temperature boje svetlosti izvora i boja opreme i zidova treba usklađivati, imajući u vidu da više temperature boje svetlosti ističu hladne boje predmeta (plavo, zeleno), a niže — tople boje (crveno, narandžasto).

Ako je boja opreme uslovljena (cevovodi i dr.) onda je potrebno temperaturu boje svetlosti izvora odabrati u skladu s postavljenim zahtevima raspoznavanja boja ili težiti »prirodnoj« boji svetlosti.

Tablica 1.

Karakteristika sredine	Objekti, prostorije i radna mjesta	
	Grupa	Podgrupa
1	2	3
1. Suva (normalna) sredina	Prostorije komande	Glavne, centralne, blokovske, dispečerske i neke druge
	Prostorije sa razvodnim pločama	Niskog napona, relejne zaštite, automatike, regleti telekomunikacije i sl.
	Razvodna postrojenja[1]	Ćelije i kabine s opremom, hodnici za posluživanje i nadgledavanje, prostorije ispod ćelija i komandnih ploča, kablovski prostor
	Mašinske sale	Hidroelektrana, pretvaračke stanice, ispravljačka postrojenja
	Pomoćne pogonske prostorije[2]	Kablovski sutereni, polusutereni i prolazi (tuneli).
2. Vlažna i mokra sredina	Crpne stanice za vodu	Industrijsku, pitku itd.
	Hidroenergetski objekti	Galerije u podvodnom delu građevine i brane
	Šahtovi	Za turbine, ustave i provodnike
	Specijalne prostorije	Hemijska priprema vode
	Pomoćne prostorije	Kablovski sutereni, polusutereni i prilazi, ako ne spadaju u prostorije suve (normalne) sredine.
3. Prašnjava (nečista) sredina	Prostorije pneumatskih uređaja	Prostorije za ventilatore i za duvače gara
4. Prašnjava i vlažna sredina	Kotlarnice	Prostorije za odpepeljivanje i neke druge
5. Vlažna i topla (vruća) sredina	Energetske prostorije termoelektrana	Mašinska sala; Kondenzatorski prostor
6. Prašnjava i topla (vruća) sredina	Kotlarnice	Prostor za posluživanje kotlova, prolazi, podesti, stepenice
7. Sredina sa opasnošću od požara	Razvodna postrojenja	Ćelije za opremu sa velikim sadržajem ulja; za transformatore, za mnogouljne prekidače
	Pomoćne pogonske prostorije	Kule za opravku velikih transformatora; Crpne stanice za mazut. Prostorije sa uređajima za snabdevanje postrojenja uljem
8. Prašnjava sredina sa opasnošću od požara	Priprema uglja	Prostorije za mlevenje i drobljenje
	Transport uglja	Mesta utovara, pretovara i istovara, transportne trake, bunkeri za ugalj
9. Sredina sa opasnošću od eksplozije	Pomoćne pogonske prostorije i skladišta	Akumulatorske prostorije Skladišta vodika i slično

[1] većinom bez zagrevanja zimi
[2] može biti vlage

Radi ugodnog delovanja osvetljenja fluorescentnim cevima i sijalicama sa živinom parom pod pritiskom treba poštovati napomene u pogledu zavisnosti između vrednosti osvetljenosti i boje svetlosti ovih izvora, date u poglavlju »Norme osvetljenosti«.

Svetlosni izvori nižih temperatura boje svetlosti (natrijumske, jodne i sl.) ne mogu da se preporuče zbog realne ili fakultativne opasnosti neispravnog postupanja pogonskog osoblja usled pogrešnog raspoznavanja oznaka i signala u boji (slepe sheme, uslovne oznake u boji položaja, vrste i pripadnosti rasklopnih uređaja, signalizacije u boji, razne automatike itd.).

Sem toga, izvori nižih temperatura boje svetlosti deluju depresivno na psihičko raspoloženje (osećanje) pogonskog osoblja i pri kraćem zadržavanju u sredini osvetljenoj takvim izvorima.

Valja napomenuti da pri izboru sijalica treba voditi računa o stvarnoj vrednosti napona za na-

pajanje sopstvenih potreba elektroenergetskog postrojenja, jer je on obično nešto veći od nazivnog, što se održava i na svetlostnom toku i na veku trajanja sijalica.

Blesak

Pojava bleska može izazvati ne samo neugodno osećanje, već i loše uočavanje važnih pogonskih elemenata (položaj komandnih organa, pokazivanja mernih instrumenata, s tanje relejne zaštite itd.), a prema tome i sve nepoželjne posledice u pogledu bezbednosti čoveka i pogona.

Radi sprečavanja refleksije bleska treba preduzeti odgovarajuće mere. Dovoljno je ispuniti uslov da se ne podudaraju pravac posmatranja i pravac refleksije. Ovo se može postići osvetljavanjem kritičnih mesta ozdo ili sa strane, ako je to izvodljivo. Pri osvetljavanju ozgo treba ispuniti uslov da upadni ugao svetlosti, tj. ugao koji zaklapa zrak svetlosti sa normalom na posmatranu površinu, bude jednak ili da je veći od ugla posmatranja, tj. ugla između pravca posmatranja i normale na posmatranu površinu.

Prema tome, treba voditi računa o uzajamnom položaju zone najčešćeg posmatranja (mesto i visina) i lokaciji svetiljke, i po potrebi izmeniti lokaciju ili vrstu svetiljke.

Posebno se ističe pojava bleska na staklima kontrolnih i mernih instrumenata, smeštenih na komandnim i razvodnim pločama i pultovima.

Preporučljivo je izvršiti računsku proveru i osvetljenosti ovih površina koristeći krive raspodele svetlosti za odabrane vrste svetiljki.

Raspored svetlećih tela

Položaj i raspored (a nekad i broj) svetiljki i svetlosnih površina u elektroenergetskim postrojenjima određuje se tako, da se zadovolje sledeći međusobno zavisni uslovi:

— zaštita (sigurnost) života pogonskog osoblja, uglavnom osoblja koje vrši održavanje naprava za osvetljenje,
— neprekidnost pogona elektroenergetskih postrojenja i njegova nezavisnost od održavanja naprava za osvetljenje, tj. smetnji u pogonu, koje bi neprikladno održavanje moglo da izazove,
— kvalitet osvetljenja, koji obezbeđuje pravilno odvijanje tehnološkog procesa.

Izgleda da je povoljno rešenje najprikladnije tražiti zadovaljavajući uslove redom kako su oni izneti, ne samo ocenjujući njihovu važnost, već i zato što prva dva uslova određuju dozvoljeni prostor za postavljanje svetiljki i svetlosnih površina.

Pojava senki određenog oblika, položaja i jačine, a i bleska zavisi pre svega, o rasporedu svetlećih tela i na taj način utiče na kvalitet osvetljenja.

Dok sopstvene senke daju predmetu plastičnost, tj. ispoljavaju njegove neravnine i pomažu stvaranju predstave o njegovom obliku, veličini i položaju, dotle tamne bačene senke sa oštro izraženim ivicama (cevovodi, razna kabasta oprema) mogu dosta poremetiti viđenje i zato je potrebno na neki način smanjiti njihovu oštrinu.

Prema tome, treba predviđati mogućnost eventualne korekcije položaja svetiljki čak i u slučaju da se projektovanje i kontrola u prostoru vrše posle izrade dispozicije opreme i konstrukcija, jer izmene njihovih dimenzija ili dispozicija mogu narušiti pravilno osvetljenje, a samim tim i sigurnost pogona i čoveka.

Osvetljenosti vertikalnih i horizontalnih površina

Pri projektovanju osvetljenja najviše pažnje se poklanja obično osvetljenosti horizontalnih površina, jer je tako orijentisana većina radnih ravni.

U elektroenergetskim postrojenjima često je veoma važna dobra osvetljenost vertikalnih površina, jer u vertikalnoj ravni leži, ili se uspravno na nju posmatra, većina ključnih delova postrojenja (pogonski organi opreme i aparature, merni instrumenti, ploče na mernim instrumentima itd.), o kojima zavisi ispravan tok tehnološkog procesa. Usled toga su nužni i svetlotehnički proračuni pri projektovanju i kontrolna merenja ostvarenih osvetljenosti.

Samo se po sebi razume da u ovim slučajevima osvetljenost drugih (neaktivnih) površina u blizini moraju biti manje. Odavde potiče potreba da se usmeri svetlosni tok, odnosno da se odaberu svetiljke sa odgovarajućom raspodelom svetlosti ili da se izvede njihova modifikacija.

Poglavlje »Osvetljenje prostorija sa pločama za kontrolne, merne i druge instrumente ploča »ilustruje neke postavke za osvetljenje vertikalnih površina.

Osvetljenosti horizontalnih površina, ako izuzetno ne postoje neki posebni uslovi, treba da zadovolje samo potrebe kretanja i transporta.

U našoj praksi veoma je čest slučaj nepotrebno visokih osvetljenosti podova u elektroenergetskim postrojenjima. Sem neopravdanog povećanja ulaganja, troškova održavanja i potrošnje električne energije takvo osvetljenje napreže i zamara pogonsko osoblje.

Objekti bez prirodnog osvetljenja

Neka od elektroenergetskih postrojenja (uglavnom pribranske hidroelektrane i hidroelektrane izgrađene u kavernama) spadaju u red tzv. objekata bez prirodnog ili sa nedovoljnim prirodnim osvetljenjem.

Nedostatak prirodne svetlosti u objektima ove vrste, štetno utiče na prirodnu aktivnost zaposlenih, što se ispoljava u psihičkoj depresiji, poremećaju fizioloških funkcija i u opadanju produktivnosti rada.

Radi postizanja povoljnih životnih i radnih uslova i kako bi se u što većoj meri nadoknadio ne-

dostatak prirodnog osvetljenja, sprovodi se niz mera od kojih su osnovne:

— ostvarenje većih osvetljenosti usvajanja sledećeg većeg zahteva prema skali važećih normi osvetljenosti,
— poboljšanje kvaliteta osvetljenja,
— primena pretežno opšteg osvetljenja,
— stvaranje vizuelne veze sa spoljnom okolinom ili iluzija takve veze,
— naknada nedostataka ultraljubičastog zračenja,
— povećana pogonska sigurnost instalacije električnog osvetljenja.

Svetle boje svih površina prostorija i opreme pogodne su za ovakve objekte i s gledišta komfora viđenja i s gledišta ekonomičnosti osvetljenja. Za plafone po pravilu treba odabrati belu boju; za donje delove zidova i pregrada preporučljivi su topli tonovi sa stepenom refleksije 0,65 i više, a za podove u čistim prostorijama pogodni su materijali sa stepenom refleksije 0,30 — 0,45.

Nedostatak ultraljubičastog zračenja pojavljuje se zato, što nijedna vrsta savremenih električnih izvora svetlostti ne daje ultraljubičaste radijacije, potrebne za normalan život čoveka.

Ovaj nedostatak se nadoknađuje primenom veštačkog ultraljubičastog ozračavanja, koje se izvodi eritemnim sijalicama.

S obzirom na relativno mali broj zaposlenih u elektroenergetskim postrojenjima ove vrste, i zbog toga što postoji niz prostorija koje osoblje posećuje samo povremeno i u kojima ostaje samo kraće vreme, to se za eritemno ozračavanje mogu preporučiti uređenje fotarija — kabina i individualnih fotarija — plakara opremljenih eritemnim sijalicama s automatskim djelovanjem (npr. uključenje preko kontakta u podu ili na vratima i isključenje od vremenskog releja sa mogućnošću regulacije, vremenski ograničeno delovanje posle ubacivanja »novčića« po principu javnih telefonskih govornica itd.).

Na taj način troškovi eritemnog ozračavanja zaposlenih osetno se smanjuju.

Opšte i lokalno osvetljenje

Za većinu elektroenergetskih prostorija je dovoljno samo opšte osvetljenje.

Lokalno osvetljenje je potrebno kada svetiljke za lokalno osvetljenje pripadaju nužnom (rezervnom) osvetljenju ili kada izdvojeno postavljene ploče (instrumenti) nisu dovoljno osvetljeni svetiljkama opšteg osvetljenja u radnim prostorijama ili na otvorenom prostoru.

Izbor izvora svetlosti, tj. izbor vrste sijalica i vrste svetiljki ne može da se generališe. On se vrši prema svetlotehničkim ili arhitektonskim koncepcijama. U elektroenergetskim postrojenjima za unutrašnje osvetljenje sada se primenjuju sve vrste sijalica počev od sijalica sa usijanim vlaknima do sijalica živinom parom pod pritiskom.

Pre nego što bi se prošlo na još neke svetlotehničke karakteristike svojstvene elektroenergetskim postrojenjima rasmotrićemo veoma nužno i prenosno osvetljenje, koje se primenjuje u ovim postrojenjima.

Rezervno osvetljenje

Rezervno osvetljenje elektroenergetskih postrojenja nije uvek samo osvetljenje potrebno za nastavak najnužnijeg rada, odnosno za obavljanje minimuma osnovne delatnosti. Ono često mora da obezbedi normalno izvršenje veoma hitnih i odgovornih forsiranih zahvata, na primer pri otklanjanju kvarova. Često je jedina vrsta osvetljenja npr. pri izvođenju remonta, jer usled beznaponskog stanja celog postrojenja ne može da se koristi redovno osvetljenje, a ni prenosno osvetljenje, ukoliko se ovo posljednje takođe napaja naizmeničnim naponom 220 kV.

Rezervno osvetljenje nije potrebno samo za male (mrežne) transformatorske stanice-kabine i razvodna postrojenja bez stalne posade. U ostalim energetskim postrojenjima ono je potrebno za privremeni nastavak rada. Na važnijim radnim mestima, koja se poslužuju za vreme havarija, treba da se obezbedi najmanje 10% od normalne osvetljenosti pri redovnom osvetljenju, a u prolazima najmanje 0,3 lx. Rezervno osvetljenje može da gori celo vreme kada gori i redovno osvetljenje ili da se uključuje automatski kad ispadne redovno osvetljenje. Ispravnost rezervnog osvetlenja u prostoriji komande elektrana treba da se prati preko stalno uključenog minimalnog broja sijalica. Osvetljenost komandne ploče pri rezervnom osvetljenju treba da je najmanje 25 lx.

Rezervno osvetljenje nekih naročito odgovornih mesta u kotlarnici i u turbinskoj sali (manometri, vodokazi, vodomerna stakla, ploče kontrolnih i mernih instrumenata itd.) izvodi se kao lokalno osvetljenje. To ne isključuje potrebu za dovoljnom osvetljenosti ovih mesta redovnim osvetljenjem, jer je i rezervno osvetljenje podložno kvarovima.

Pitanje izvora za napajanje rezervnog osvetljenja rešava se zavisno o karakteru i osobini objekata. U većim elektranama ono se vrši ili neposredno iz transformatora za sopstvene potrebe, ili priključkom na pouzdane glavne vodove za sopstvene potrebe koji imaju mirno opterećenje, a nikad se ne isključuju (na primer vodovi za ventilatore, crpke itd.).

U transformatorskim stanicama sekundarnog napona 380/220 V osvetljenje se napaja sa niskorazvodne ploče, a izuzetno direktnim priključkom na niskonaponske sabirnice, pa čak i na sekundarne izvode transformatora. U svim slučajevima zaštita osvetljenja mora odgovarati struji kratkog spoja na tom mestu. Naponski transformator mo-

že da se koristi za osvetljenje u granicama njegove nominalne snage, ako nema drugih izvora niskog napona.

Industrijske transformatorske stanice imaju većinom dva ili više transformatora, od kojih jedan može da napaja redovno, a drugi rezervno osvetljenje.

Za postizanje većeg stepena sigurnosti pogona postrojenja služe akumulatorske baterije, čiji se kapacitet određuje pod uslovom da se obezbedi minimalno trajanje napajanja nužnog osvetljenja za određeno vreme.

Prenosno osvetljenje

Prenosno osvetljenje se predviđa za obavljanje izvesnih lokalizovanih, često veoma hitnih i važnih radova, po potrebi čak i sa povećanom osvetljenošću. Ovim se postiže povećana sigurnost osoblja ne samo u pogledu strujnog udara, već i od drugih nezgoda koje se mogu desiti pri nedovoljnom osvetljenju.

Treba podvući da za normalno suve prostorije nema naročitih ograničenja pri izboru vrste i visine napona prenosnog osvetljenja. Opravdano je gledište da se ovde može primeniti naizmenični napon 220 V, jer sve vrste radova pri korišćenju prenosnog osvetljenja obavljaju kvalifikovani i visokokvalifikovani električari (u većini slučajeva pod nadzorom), koji inače upotrebljavaju prenosni električni alat za isti naizmenični napon ili za trofazni 380 V.

S druge strane, mali napon, pored znatnog povećanja ulaganja, ne bi dali željeni efekat zbog česte razvučenosti postrojenja (naročito na otvorenom prostoru), a i zbog pomanjkanja prikladne opreme malih napona za dotičnu vrstu osvetljenja. Sem toga, izlišno pretrpavanje radnog mesta suvišnom opremom i vodovima ne vodi bezbednosti i sigurnosti osoblja.

Za prenosno osvetljenje u kotlarnicama, kondenzatorskim prostorima ispod turbine i drugim vlažnim prostorijama, kao što je poznato, obavezan je mali napon 12 V (JUS N. B2. 705 tač. 3.5., odnosno Tehnički propisi za izvođenje elektroenergetskih instalacija u zgradama tač. 6. Sl. list SFRJ br. 43/66). Treba smatrati, ne samo preporučljivim, već i obaveznim da se u celoj zgradi čiji sastavni deo čine mokre prostorije isto tako usvoji napon 12 V za sve prenosno osvetljenje. Ovo je potrebno ne samo zbog unifikacije opreme i instalacije, već i da se izbegnu sve moguće neprijatnosti, koje iz toga mogu proisteći, počev od pregorevanja uređaja za 12 V i zaključno sa najtežim traumama (rasprskavanje sijalica, proboji izolacije i sl.).

U svim slučajevima korišćenja malih napona treba preporučiti polaganje stabilnih vodova od odgovarajućih transformatora, odnosno baterija, do utikačkih kutija, a ne upotrebu prenosnih transformatora koji usled mogućih proboja i oštećenja, predstavljaju potencionalni izvor teških nesrećnih slučajeva.

Ukrasno (dekorativno) osvetljenje

Elektroenergetska postrojenja često predstavljaju značajna tehnička i arhitektonska ostvarenja, koja svojim oblicima daju impozantno obeležje epohe i dočaravaju prirodne lepote okoline.

Međutim, pri donošenju odluke o izvođenju ukrasnog osvetljenja, treba svestrano rasmotriti njegovu opravdanost i sa gledišta značaja, osobenosti oblika i konstruktivnih rešenja, estetske privlačnosti postrojenja i sa gledišta mogućnosti posmatranja postrojenja s obzirom da većina elektroenergetskih postrojenja leži usamljeno izvan naseljenih mesta i življih saobraćajnica, te se često može očekivati veći broj posmatrača.

Inače, takva usamljenost postrojenja i njegovih delova prilično olakšava isticanje najinteresantnijih detalja i celog ansambla.

Razumljivo je da se za ukrasno osvetljenje ne mogu odrediti norme osvetljenosti ili izričito preporučiti određene boje svetlosti, jer ovo osvetljenje ima čisto estetski smisao.

Međutim, i jedno i drugo — osvetljenost i boje — treba uskladiti s okolinom tako da ukrasno osvetljenje ne čini nikakve smetnje u pogonu samog elektroenergetskog postrojenja, saobraćaju u blizini i slično (blesak, nagli prelaz iz tamne u osvetljenu zonu, pogrešno shvatanje signala itd.).

Osvjetljenje prostorija pločama za kontrolne, merne i druge instrumente

Veoma važno pitanje predstavlja osvetljenje prostorija u kojima su smeštene ploče sa kontrolnim i mernim instrumentima, tj. prostorije iz kojih se stalno ili povremeno prati, kontroliše i reguliše tehnološki proces proizvodnje i u industriji i u elektroprivredi. Često ove prostorije s pravom dobivaju naziv komada npr. toplotna komanda, električna komanda itd.

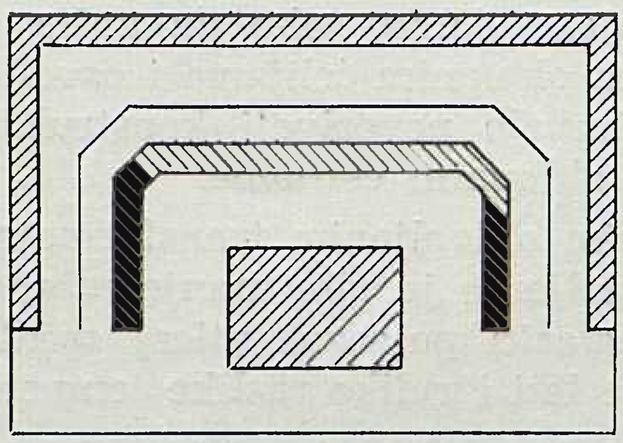
Osvetljenje celokupne površine takvih prostorija ima za zadatak samo da stvori komfor viđenja (osvetljenja) i povoljne uslove za adaptaciju vida. Glavni zadatak predstavlja pak postizanje potrebnih osvetljenosti na spoljnim površinama komandnih ploča i pultova.

Radi dobrog uočavanja pokazivanja instrumenata potrebno je otkloniti odbijeni blesak stakla instrumenata i senka na utopljenim skalama. Ovo se postiže bilo difuznom svetlošću, koja dolazi od velikih površina (svetlosni plafon, svetlosni žljebovi i ispusti), bilo usmerenom svetlošću pod uglom od 30° do 40° prema ravni ploče. Prvi način predstavlja skupo i komplikovano rešenje. Sem toga, postoji mišljenje da mrtvilo difuzne svetlosti zamara osoblje. Zbog toga se u posljednje vreme odustaje od takvih rešenja čak i u SAD, gde se mnogo primenjuju svetlosni plafoni.

Principijelno rešenje osvetljenja veće prostorije za smještaj ploča (komande) prikazano je na slici 1. Izbori svetlosti raspoređeni su u tri zone i to:

— u centralnom delu prostorije, naročito ako se tamo nalazi pult ili komadni sto,
— uporedo s osnovom ploče i
— u prostoru iza stoleće ploče.

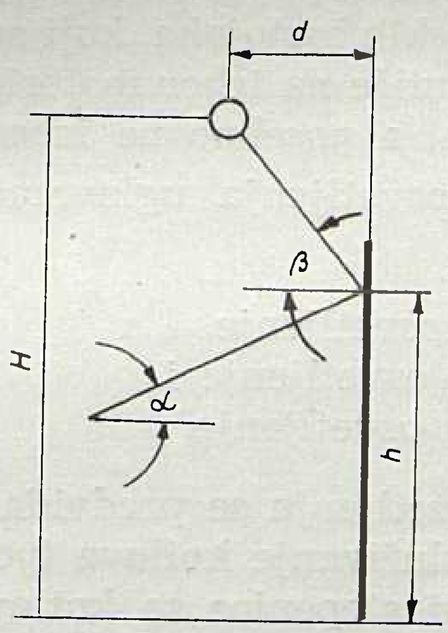
U centralnom delu prostorije mogu da se ugrade svetlosne trake utopljene u plafon i pokrivene mat staklom ili rešetkama, ili da se postave viseće ili plafonske svetiljke šireg isijavanja. Iste ili slične svetiljke, samo u užem pojasu mogu da se pokama sa usmerenim isijavanjem u jednu stranu. stave po obliku osnove ploče.



Sl. 1

Optimalno osvetljenje ploča postiže se svetiljkama sa usmerenim isijavanjem u jednu stranu. Na primer, podužne letvice rešetaka (rastera) svetlosnih traka i svetiljki mogu se postaviti pod nagibom prema ploči, a u neke svetiljke naknadno se ugrade reflektori.

Svetlosna traka pored ploče može da se izvede u obliku konzole konstruktivno vezane za ploču ili za zid iznad nje (sl. 2).

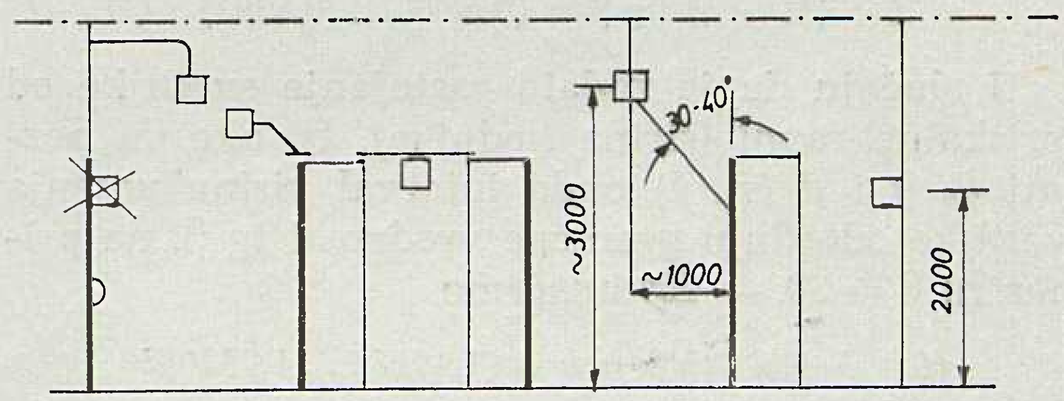


Sl. 2

Fluorescentne cevi smeštene u konzoli koriste se za usmereno osvetljenje ploče i u isto vreme za difuzno osvetljenje celokupne prostorije, tako da se mogu izostaviti svetiljke u centralnom delu prostorije, koje nisu potrebne u manjim prostorijama, naročito u prostorijama izduženog oblika.

U prostoru iza ploča mogu se postaviti viseće ili zidne svetiljke, već prema osobinama samih prostorija. Ovaj prostor je odvojen od prednje strane ploče i manje važan, te se mogu upotrebiti obične plafonjere za sijalice sa usijanim vlaknom. Zidne svetiljke za fluorescentne cevi treba da imaju zatvoreni difuzor.

Karakteristični načini osvetljenja ploča, na primer u velikim transformatorskim stanicama, prikazani su na sl. 3.



Sl. 3

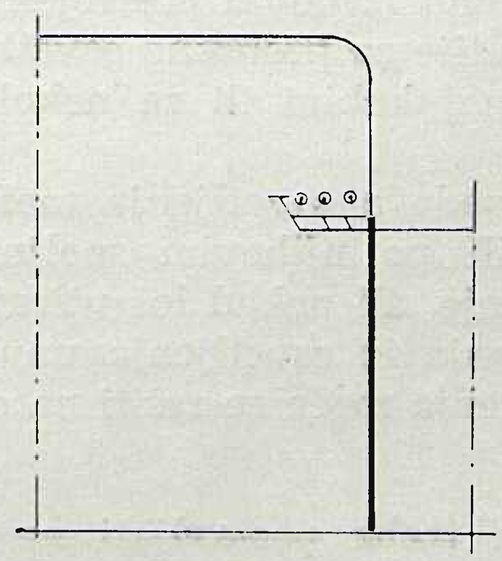
Postavljanje plafonjera na zidu ispred ploče nije poželjno, zbog odbijenog bleska i treba to izbegavati bez obzira što je ono lako za izvođenje.

Povoljna rešenja postižu se visećim svetiljkama ili postavljanjem svetiljki na dužim kracima. Izuzetno, krak svetiljke konstruktivno se veže za ploču. Nizovi svetiljki mogu se postaviti na prečkama pri rasporedu ploča u nekoliko paralelnih redova.

Fluorescentne svetiljke treba raspoređivati ispred i iza ploča, tako da se za niz postigne približno 1500—2000 lx/m.

Povoljna veličina ugla od 30 — 40° između vertikalne ravni i zraka svetlosti označena u sl. 3. odnosi se na najvišu posmatranu tačku vertikalne ravni (na primer gornja ivica stakla na instrumentima) za predviđeni slučaj posmatranja.

Uopšte uzeto, radi sprečavanja bleštenja refleksa treba preduzeti odgovarajuće mere, tj. zadovoljiti uslov da se ne podudaraju pravac posmatranja i refleksija. Ovo se može postići osvetljenjem ozdo ili sa strane, ako je to izvodljivo. Kod osvetljenja ozgo (sl. 4.) treba ostvariti da upadni



Sl. 4

ugao svetlosti (β) bude jednak, ili da je veći od ugla posmatranja ($\beta \leq \alpha$). Ugao posmatranja (α) zavisi o položaju posmatrača (visina, udaljenost od posmatranog predmeta) i predstavlja polazni podatak za iznalaženje ostalih elemenata. Prema tome, treba znati mesto sa koga će se i sa koje visine redovno posmatrati zadati predmet ili bar zona iz koje će se vršiti najčešća posmatranja. Na osnovu toga može se odabrati položaj svetiljke (visina i udaljenost od vertikalne ravni).

U slučaju da je zadata visina vešanja svetiljke (visina prostorije) tj. ako su poznati α, *h* i *H* (sl.

4.) onda interval rastojanja svetiljke od vertikalne ravni određuje granične vrednosti ctg β. Na primer, za β = 30 — 40° imaćemo

$$d = (H - h) \operatorname{ctg} \beta = (0\ 5674 \ldots 0{,}8391) \quad (H - h)$$

U slučaju da je zadato rastojanje svetiljke od vertikalne ravni (širina hodnika), tj. ako su poznati α, h i d (sl. 4) onda interval visina vešanja svetiljke određuju granične vrednosti tg β. na primer za β ≐ 30 — 40° imaćemo

$$H = h + d \cdot \operatorname{tg} \beta = h + (1{,}1918 \ldots 1{,}7320/d$$

Prekomerno povećanje upadnog ugla (β) može izazvati pojavu senki na utopljenoj skali instrumenata.

Osvetljenost vertikalnih ravni treba proveriti računom koristeći krivu raspodelu svetlosti za odabranu vrstu svetiljke.

Sličnim računom mogu se naći povoljna rešenja za sprečavanje pojave bleštenja refleksa pri osvetljenju kosih ravni sa instrumentima na pultovima.

Iz ovih primera jasno se vidi da se razrada projekata osvetljenja takvih prostorija i radnih mesta može funkcionalno obaviti samo posle izrade tačne dispozicije opreme.

Osvetljenje zatvorenih kabina (boksova) za raznu opremu

Za zatvorene kabine transformatora i druge opreme veoma su pogodne kose zidne svetiljke sa difuznim mlečnim staklom, postavljanje na visini oko 2,1 m. Zidovi kabine imaju veliku refleksiju, tako da se postiže dobra osvetljenost opreme bez zaslepljenja, koje stvara direktno osvetljenje.

Jedna svetiljka izdvaja se za rezervno osvetljenje, ako se ono izvodi u postrojenju.

Utikačke kutije za prenosno osvetljenje postavljaju se u samoj kabini ili za nekoliko susednih kabina.

Polaganje vodova osvetljenja može da se vrši u kabinama ili po njihovim spoljnim zidovima (lakše održavanje, ali nekad loš uticaj sredine).

Većina pitanja iz osvetljenja unutrašnjih razvodnih postrojenja može se rešiti na osnovu sledećih postavki:

a. Svetiljke treba postavljati na pristupačnoj visini i tamo gde se mogu održavati bez opasnosti za poslužioca.
b. Delovi opreme, koji se nalaze mnogo više iznad svetiljki treba osvetljavati svetiljkama usmerenim na gore ili svetiljkama sa reflektorima.
c. Svaki red otvorenih ili zatvorenih ćelija treba osvetljavati sa suprotne strane. Prema tome, svetiljke treba postaviti na suprotnom zidu kod rasporeda ćelija sa jedne strane hodnika, a kod rasporeda ćelija sa dve strane prolaza svetiljke se postavljaju na pregradama između ćelija ili na nosačima, ako pregrade nisu dovoljno visoke ili ako ih uopšte nema.

Osvetljenje oklopljenih i limenih postrojenja

Posebno pitanje predstavlja osvetljenje razvodnih postrojenja iz oklopljenih ćelija. Priozvođači ih na razne načine opremaju instalacijom osvetljenja, npr. vodovima položenim u soklovima ili nadvratnicima, zidnim svetiljkama za osvetljenje unutrašnjosti ćelija, vratnim prekidačima i utikačkim kutijama. Svi ovi elementi nisu dovoljni za osvetljenje spoljnih fasada ćelija i za opšte osvetljenje prostorije, tako da to treba rešavati naknadno.

Treba imati u vidu da manipulacije sa prekidačima stvaraju potrese štetne za sijalice ugrađene u unutrašnjosti ćelije, tako da opšte osvetljenje prostorija sa oklopnim ćelijama i osvetljenje fasada ne bi trebalo povezivati konstruktivnim elementima s oklopnim ćelijama.

U limenim oklopljenim transformatorikim stanicama osvetljenje je više manje rešeno. Ali, trebalo bi naglasiti pojačani uticaj sredine (visoke temperature leti i velike razlike temperature dan--noć).

Inače, većina prostorija elektroenergetskih postrojenja spada u red suvih prostorija s normalnim uslovima sredine. Ipak je za preporuku da se za vodove osvetljenja koriste provodnici slični kablu kao sigurniji, a naročito pri polaganju po betonu.

Osvetljenje kotlarnica

Pri projekovanju i izradi instalacije osvetljenja u kotlarnici naročito treba voditi računa o uticaju sredine. Ovde na raznim mestima i u različitoj meri dolazi do izražaja delovanje toplote, vlažnosti prašine i hemijskih sastojaka, koji se nalaze u vazduhu. Sve ovo utiče na izbor materijala za instalaciju osvetljenja, a posebno na izbor svetiljki.

Instalacija osvetljenja uglavnom može da se podeli na:

— redovno osvetljenje,
— rezervno osvetljenje i
— prenosno osvetljenje.

Redovno osvetljenje se predviđa za osvetljenje prostora za posluživanje kotlova (pod u kotlarnici, brojni podesti i stepenice za kotlove) i za osvetljenje gornjeg dela kotlova.

Na osnovnoj koti kotlarnice, pošto je tamo sadržaj prašine ograničen, mogu da se pripreme industrijske svetiljke otvorene izrade, mada svetiljke zatvorene izrade svakako imaju prednost. Svetiljke se obično postavljaju na zidnim kracima. U prolazima i iza kotlova potpuno zadovoljavaju zaptivene svetiljke za sijalice do 100W. Instalacija se izvodi sa provodnicima sličnim kablu (na primer GOT).

Svetiljke za osvetljenje podesta i stepeništa ili se vešaju za konstruktivne elemente iznad podesta ili se postavljaju na nosačima učvršćenim za ogradu podesta, prema tome koji je način pogodniji za održavanje svetiljki i neće smetati posluživanju i remontu kotlova.

Pri postavljanju svetiljki na visini do 2,5 m mogu se upotrebiti razne industrijske zaptivene izrade bez odsijavača, plafonske svetiljke zaštićene od prskajuće vode i sl. Za visine vešanja (postavljanje) svetiljki preko 2,5 m preporučljivo je primeniti svetiljke sa što jednostavnijim pristupom sijalici radi lakšeg održavanja. Preporučljivo je provodnike mehanički zaštiti na primer izvesti u čeličnim cevima na što većoj udaljenosti od površine kotlova. U svakom slučaju preporučljivi su provodnici sa izolacijom postojanom na toploti (npr. silicijum organska izolacija), a u nedostatku provodnika sa takvom izolacijom treba smanjiti dozvoljeno strujno opterećenje.

Opšte osvetljenje izvodi se prema mogućnostima za lakše održavanje svetiljki. Ako postoji mostovna dizalica, sa koje može da se vrši održavanje, mogu se upotrebiti svetiljke za dubinsko isijavanje (prvenstveno zatvorene izrade), koje se postavljaju na krovnim vezačima. Ako dizalica nema, onda se svetiljke zaptivene izrade postavljaju na nosačima.

Rezervno osvetljenje može se podeliti na opšte i lokalno.

Radi štednje energije (akumulator, agregat) opšte rezervno osvetljenje treba svesti na najmanji broj sijaličnih mesta raspoređenih prvenstveno na osnovnoj koti i u gornjem prostoru kotlarnice.

Lokalno rezervno osvetljenje veoma je potrebno za ploče sa raznim mernim i kontrolnim instrumentima, za usamljena vodomerna stakla, monometre itd.

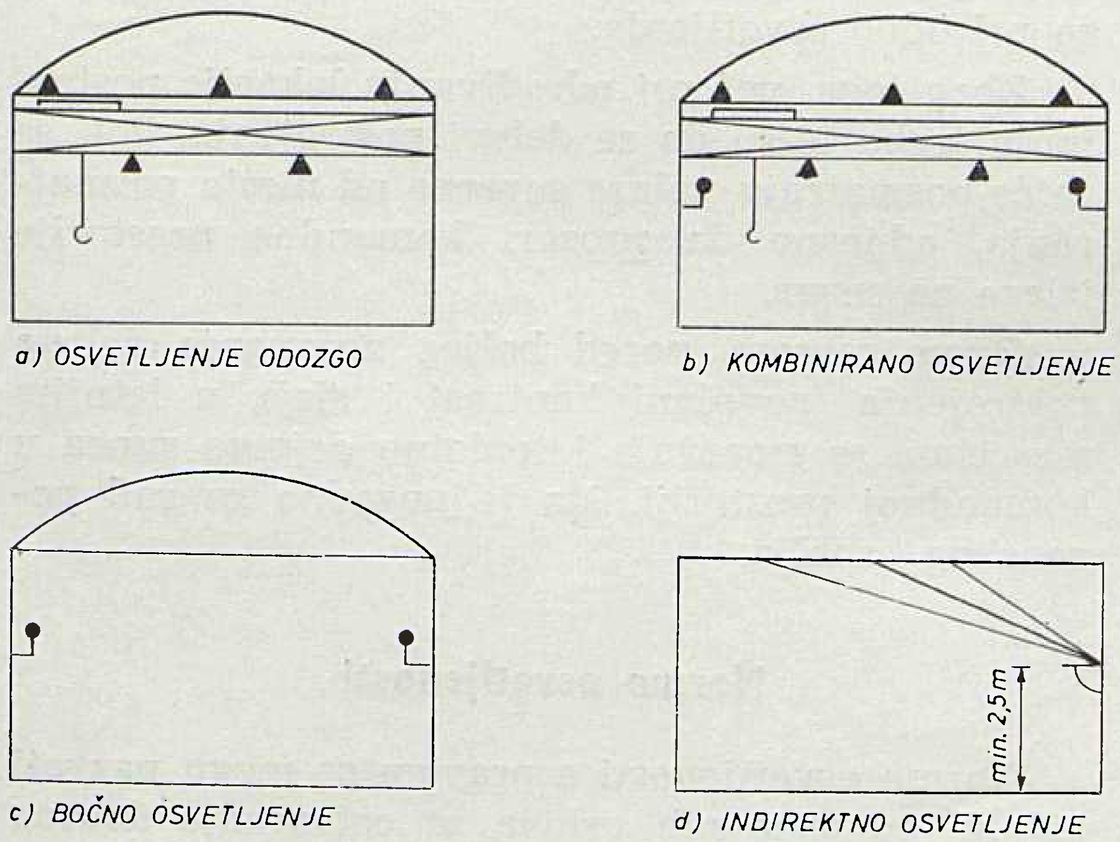
Pri napajanju rezervnog osvetljenja jednosmernom strujom ovde moraju da se upotrebe sijalice sa usijanim vlaknom. Za osvetljenje ploča sa instrumentima mogu se koristiti obične industrijske svetiljke, čije se isijavanje pogodno usmeri. Visina postavljanja je preko 2,5 m.

Pri napajanju rezervnog osvetljenja naizmeničnom strujom mogu da se koriste i fluorescentne sijalice u svetiljkama čija izrada odgovara uslovima sredine prostotrije, u kojoj će se postaviti.

Instalacija prenosnog osvetljenja mora da se napaja iz izvora 12 V radi sigurnosti osoblja (vlažnost, uzemljeni delovi itd.). Priključnice 12 V za prenosne lampe treba predvideti na svim mestima gdje je potrebno osvetljenje za vreme remonata, posebno kod ulaza u kotlove.

Prenosnim zaštitnim transformatorima 220/12 V, koji se priključuju na instalaciju 220 V, ne postiže se sigurnost osoblja. O tome je vec ranije rečeno.

Poseban problem predstavlja osvetljenje vodomernih stakala. Neki put je moguće svetiljku postaviti iza vodomernog stakla tako da se svetlost usmeri ozdo i da se meniskus vodenog stuba vidi usled totalne unutrašnje refleksije svetlosti u njemu. Mogu se primeniti različite naprave za providno osvetljenje vodomernog stakla kao i optičke sprave za osvetljenje vodenog stuba u jednoj boji, a pare iznad vode u drugoj boji. Za osvetljenje usamljenih instrumenata u kotlarnici manometri vodomerna stakla) neki put mogu da se koriste brodske svetiljke.



a) OSVETLJENJE ODOZGO

b) KOMBINIRANO OSVETLJENJE

c) BOČNO OSVETLJENJE

d) INDIREKTNO OSVETLJENJE

Sl. 5

Osvetljenje mašinske sale i kondenzatorskog prostora

Osvetljenje mašinske sale može da se izvodi na više načina. Ovde je potrebno osvetljavati ne samo vodoravne površine, već i površine orijentisane u više smerova. Zbog toga, pri osvetljavanju ozgo, što se najčešće izvodi kada se svetiljke postavljaju iznad mostovne dizalice (na vezačima), ne treba težiti suviše koncentrisanoj raspodeli svetlosti. Ovdje je opravdana upotreba sijalica sa živinom parom pod pritiskom, prvenstveno u svetiljkama sa difuzorima. Često se izvodi bočno osvetljenje kao dopuna osvetljenju ozgo. Neki put izvodi se pak samo bočno osvetljenje. Preporučljivo je da svetiljke za bočno osvetljenje budu sa difuzorima (na primer mlečne kugle), a da se postavljaju na zidnim kracima na takvoj visini da se mogu posluživati sa pomičnih lestvica ili sa pokretnog tornja.

Često se arhitektonskom izgledu sale poklanja posebna pažnja. Tada se izvode svetleći žljebovi, veštački prozori sa fluoroscentnim cevima, svetleće trake sastavljene od neprekidnih nizova fluorescentnih svetiljki postavljenih na plafonu ili zidove.

Načini osvetljavanja mašinske sale pokazani su na sl. 5.

Lokalno osvetljenje u mašinskoj sali potrebno je od slučaja do slučaja, na primer za brojače obrta i kontrolne otvore na ležištima. U tu svrhu često mogu poslužiti brodske svetiljke.

U kondenzatorskom prostoru treba primeniti svetiljke zaštićene od vlage tako da se osvetlji njegov gornji deo. Ovde treba upotrebiti svetiljke zaptivene izrade sa ili bez odsijavača, ali obavezno sa difuznim staklom.

Osvetljenje na otvorenom prostoru

Specifičnost samih elektroenergetskih postrojenja ima svog odraza i u njihovom spoljnjem osvetljenju.

Tako npr. ravnomernost osvetljenja, koja se u većini slučajeva zahteva pri javnom osvetljenju većih horizontalnih površina (ulica, trgova), ovde je od značaja samo za osvetljavanje onih površina na otvorenom prostoru gde se stalno odvija saobraćaj (skladišta goriva i sl.).

Osnovna pažnja se poklanja osvetljenju opreme, naročito njenih vertikalnih površina, i rasklopnih i komandnih mesta.

S obzirom na vidljivost delova postrojenja, na otvorenom prostoru zavisi prvenstveno o njihovom sjaju i kontrastu prema pozadini, to je potrebno težiti da se sjaj i kontrasti opreme ostvare u najvećoj meri.

Radi boljeg uočavanja pojedinih delova postrojenja, tj. radi postizanja većih kontrasta prema pozadini, preporučljivo je da se električno osvetljenje tako prostorno podeli, da se može upaliti samo potrebni deo, a da se ugasi osvetljenje na prostoru bližem posmatraču kao i osvetljenje iza posmatranog predela.

Kontrast prema tamnom noćnom nebu obično omogućava dobru vidljivost.

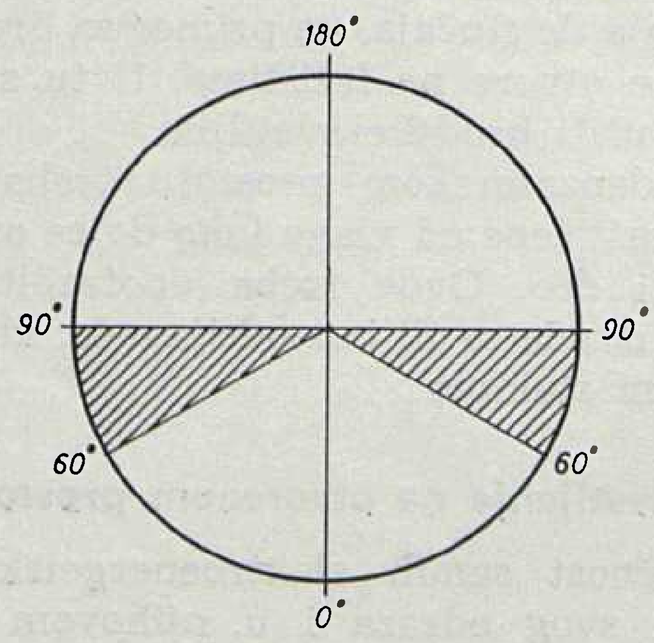
Međutim, ako je postrojenje prostorno veliko, ili ako se pozadina stalno ili povremeno jače osvetljava pojavljuje se potreba da se povećaju sjaj i kontrast opreme. Ovo se postiže pogodnim bojadisanjem delova opreme. Naročito dobre rezultate daje primena aluminijum bronze.

Izvori svetlosti, konstrukcija svetiljki, njihov položaj (raspored, visina vešanja) i usmeravanje svetlosnog fluksa ne smeju smetati dobro viđenje i izazivati zamaranje očiju usled blještanja u vidnom polju.

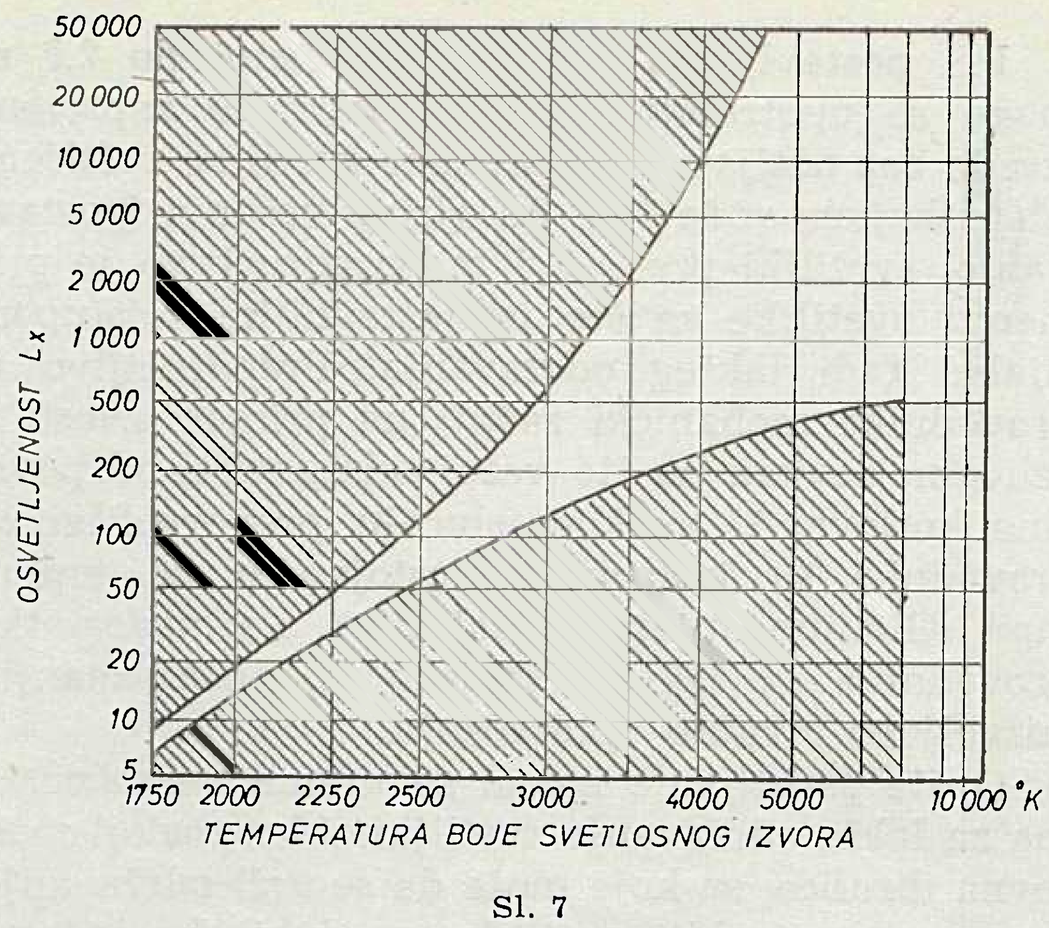
Blještanje izvora svetlosti se sprečava na taj način što se izvori svetlosti zastru difuzno propusnim svetiljkama u određenom smeru (pri čemu treba imati u vidu da prizmatično i matirano staklo nije prikladno za ovu svrhu) ili se sjajnost svetiljke u kritičnom području zračenja svetlosti podesi tako da granica sjajnosti ne pređe 20 000 cd/m² (Sl. 6.).

Bleštanje refleksa se sprečava takvim podešavanjem položaja izvora svetlosti da se ne podudaraju smer gledanja i smer odbijenog zraka.

U mnogim slučajevima je podesno osvetljenje reflektorima, pri čemu se ponekad mogu smanjiti vrednosti osvetljenosti, ako odnos aksialnog intenziteta svetlosti reflektora (u kandelama) prema kvadratu visine postavljanja reflektora (u metrima) ne prelazi vrednost 100.



Sl. 6



Sl. 7

Pri osvetljenju reflektorima treba naročito paziti na položaj bačenih senki, odnosno treba na licu mesta korigirati položaj reflektora.

Pri osvetljenju energetskih postrojenja bezuslovno treba sprečiti pojavu pokretnih senki, jer one ometaju dobro viđenje. Zato treba preduzeti mere da se spreči njihanje i podrhtavanje svetiljki.

Isto tako, treba sprečiti pojavu stroboskopije.

Osvetljenje elektroenergetskih postrojenja, odnosno raspored i vrsta primenjenih svetiljki, ne sme da izazove smetnje signala na saobraćajnim postrojenjima (železničke stanice, pristaništa, aerodromi), ukoliko se ovakva postrojenja nalaze u neposrednoj blizini.

Sem toga, treba imati u vidu da se naročito visoki delovi elektroenergetskih postrojenja (dimnjaci u elektranama, stubovi dalekovoda na prelazima plovnih reka, u blizini aerodroma itd.) obeležavaju signalnim svetiljkama u suglasnosti sa zahtevima odgovarajućih organa unutrašnjih poslova i saobraćaja.

Napomene i preporuke u pogledu kontrasta i sjaja pri električnom osvetljenju naravno važe i za prirodno osvetljenje.

Zbog toga, već pri određivanju lokacije postrojenja treba težiti da se delovi postrojenja, koji se češće posmatraju nalaze severno od mesta posmatranja, odnosno da prozori komandne prostorije izlaze na sever.

Ovom merom, pored boljeg uočavanja delova postrojenja (povećani kontrast i sjaj), u letnjim mesecima se smanjuje i toplotno dejstvo sunca u komandnoj prostoriji, što je pogodno za rad pogonskog osoblja.

Norme osvetljenosti

Norme osvetljenosti s pravom se mogu nazvati jednim od osnovnih uslova za ostvarenje dobrog osvetljenja.

Norme za unutrašnje osvjetljenje

a — sijalice sa usijanim vlaknom

b — fluorescentne cevi i drugi izvori viših temperatura boje svetlosti

Tablica 2.

Naziv objekta, postrojenja i radnih mesta	Najmanja prosečna osvetljenost u luksima					
	Samo opšte osvetljenje		Osvetljenost radnog mesta postignuta od opšteg i dodatnog osvetljenja		Nužno osvetljenje	
					Najvažnija radna mesta	Glavni prolazi (na podu)
	a	b	a	b	a	b
Komandne ploče: glavne, centralne ili za blokove (unutrašnja površina glavnih polja). Komandna mesta hidroenergetskih čvorova. Dispečerske prostorije	75	200	300	500	25	0,3
Mašinska sala sa nedovoljnim prirodnim osvetljenjem ili bez prirodnog osvetljenja, koja ima stalnu posadu. Telefonska centrala Laboratorija*	75	200	300	500	7,5	0,3
Mašinska sala sa dovoljnim prirodnim osvetljenjem. Mašinska sala sa nedovoljnim prirodnim osvetljenjem ili bez prirodnog osvetljenja, koja nema stalnu posadu.	50	140	200	400	5	0,3
Razvodne ploče, ako nema stalne posade (relejne, niskonaponske i dr.). Zadnje površine polja razvodnih i komandnih ploča	30	100	150	300	3	0,3
Postrojenje kotlovskih pogona, mlinova, kodenzatora, crpnih stanica uz mašinsku salu, turbinska postrojenja. Prostorija agregata za punjenje, razvodno postrojenje (sem hodnika sa opremom koja može eksplodirati). Prostorija za kompresore	30	100	100	100	3	0,3
Prostorije za uređaje drobljenja, čvorova za pretovar, za pogone i za zatezne stanice traka, za prekretanje vagona, traka kotlarnica. Crpne stanice za mazut, priobalne i požarne crpne stanice, druge crpne stanice* (bagerske, za snabdjevanje pitkom vodom i sl.). Ventilaciona komora Komanda raznih uređaja*	30	—	100	—	3	0,3
Suteren ispod mašniske sale, uređaji (crpke, elektromotori i dr.), generatorski izvodi i šahtovi turbina. Sanitarne prostorije* Prostorije za rezervoare*, sušionice*, prostorije za elektrolizu, za akumulatorsku bateriju, za naprave za ulje*	30	—	—	—	3	0,3
Radionica za preciznu mehaniku*	100	200	400	750	—	—
Remontne radionice*	75	200	200	200	—	—
Predvorja*, garderobe*	30	75	—	—	—	—
Hemijsko prečišćavanje vode*	20	75	—	—	Zavisi o prostoriji u kojoj su radna mesta	
Glavna stepeništa, hodnici i prolazi.						0,3 (ponekad kod izlaza)
Istovarna postrojenja s uređajima sa lopaticama (donji sprat). Hladnjaci generatora i transformatora*. Prostorije u transformatorskoj kuli*. Zatvaračnice u hidroelektranama*. Prostorije za čuvanje kiselina*.	20	—	—	—		0,3 (ponekad kod izlaza)
Prostorije za rezervoare i odplinjače uz mašinsku salu. Podesti i lestvice kotlova, prolaz iza kotlova. Hodnik u razvodnom postrojenju sa opremom koja može eksplodirati. Prostor ispod razvodne ploče (kablovski prostor). Sporedna stepeništa*, hodnici* i prolazi*.	10	50**	50	—	—	0,3 (ponekad kod izlaza)
Prostorije za čuvanje zapaljivih materijala i maziva*. Prostor za odpepeljavanje. Ostava za materijal*. Istovarno postrojenje (gornji sprat)*.	10	—	—	—	—	0,3 (ponekad kod izlaza)
Tuneli za kablove i za cevovode za grejanje*. Galerije u podvodnom delu građevine i u brani*. Šahtovi ustava i prevodnica*. Skladišta kabaste i rinfuzne robe*. Suteren ispod mašinske sale — prostor za vođenje kablova i cevovoda.	5	—	—	—	—	0,3 (ponekad kod izlaza)
Odvojeno postavljeni aparati, vodomerna i uljokazna stakla koja se posmatraju sa rastojanja većeg od 0,5 m ili koja zahtevaju stalno praćenje	75	200	300	500	Zavisi o prostoriji u kojoj su radna mesta	
Otvoreni delovi pod naponom. Pokretni delovi mehanizama pristupačni za dodir Regleta i ploče.	75	200	200	200	Zavisi o prostoriji u kojoj su radna mesta	
Odvojeno postavljeni aparati koji se posmatraju periodično ili sa rastojanja do 0,5 m. Komandni tasteri	30	100	100	300	Zavisi o prostoriji u kojoj su radna mesta	

NAPOMENE uz tablicu 2:

1. Osvjetljenost radne površine od svetiljki opšteg osvetljenja pri izvođenju kombinovanog osvetljenja (opšte osvetljenje sa dodatnim osvetljenjem radnog mesta) mora da iznosi najmanje 10% od norme za kombinovano osvetljenje za dotičnu vrstu izvora svetlosti, ali najmanje 100 luksa kod fluorescentnih cevi i drugih izvora viših temperatura boje svetlosti i najmanje 30 luksa kod sijalica sa usijanim vlaknom.
2. Nužno osvetljenje:
   — Izvodi se u glavnoj liniji dopreme goriva, u priobalskim crpnim stanicama izvodi se samo ako imaju cirkulacione pumpe.
   — Može da se ne izvodi u pomoćnim razvodnim postrojenjima.
   — Ne izvodi se u prostorijama obeleženim jednom zvezdicom (*) i za rezervnu liniju dopreme goriva.
3. Za prostorije rezervoara i odpljinjača date su norme osvetljenosti za lokalno osvetljenje i obeležene su sa dve zvezdice (**).

Norme za spoljnje osvjetljenje

Tablica 3.

Objekti i radna mesta	Najmanja osvetljenost u luksima
Aparatura i radne površine razvodnih postrojenja na otvorenom prostoru 35 kV i viših napona: — pokretni delovi rastavljača, — kapslovana postrojenja. Rad sa uređajima kada se radnih nalazi na znatnom odstojanju od mesta izvođenja radova (na primer skladišta uglja sa skreperima.	10
Aparatura i radne površine razvodnih postrojenja na otvorenom prostoru 35 kV i viših napona: — izvodi transformatora i prekidača, kablovske glave, odvodnici prenapona, mesta za rukovanje prekidačima i rastavljačima, komandni ormani prekidača. Uređaji i dizalice kod hidrotehničkih objekata, pokazivači nivoa vode i položaja zatvarača, prolazi za led, riblje staze. Radovi sa uređajima kada se radnik nalazi neposredno na mestu izvođenja radova (na primer slagališta uglja, koje se poslužuje skreperima točkašima, utovarivačima ili dizalicama)	5
Podesti i lestvice glavne tehnološke opreme Mostovi preko ustava Prolazi pešački i kolski na prelivnim branama hidroelektrana	3
Prolazi između opreme Gornji nivo vode na ustavama Glavna mesta pristajanja plovila, bitve Glavni pešački i kolski prolazi na području elektrana	1*
Ručni rad na slagalištu goriva	2
Osvetljenje za obezbeđenje Pomoćna mesta za pristajanje plovila Sporedni pešački i kolski prolazi na području elektrane Predkomore (na rastojanju 30 m od obale), donji nivo vode kod ustava	0,5*

NAPOMENE:

1. Vrednost osvetljenosti kod osvetljenja za obezbeđenje može da se odnosi na vertikalnu ravan na nivou zemlje.
2. Nužno osvetljenje glavnih pešačkih i kolskih prolaza i silaza kod glavne tehnološke opreme mora da postiže osvetljenost najmanje od 0,2 luksa.
3. Pogonsko osoblje mora posedovati prenosne svetiljke (akumulatorske itd.).
4. Za objekte i radna mesta što su označeni zvezdicom (*), vrednosti osvetljenosti mogu da se smanje 2 puta u sledećim slučajevima:
   a) Pri osvetljenju reflektorima, ako odnos aksijalnog intenziteta svetlosti reflektira (u kandelama) prema kvadratu visine postavljanja reflektora (u metrima) ne prelazi 100;
   b) Pri osvetljenju svetiljkama sa difuzorima od materijala koji rasipa svetlost sa koeficijentom propuštanja do 55%, ili svetiljkama sa difuznim odsjajivačem, ako svetiljka ima zaštitni ugao preko 10°;
   c) Pri osvetljenju svetiljkama sa širokim isijavanjem, ako je odnos rastojanja između svetiljki prema njihovoj visini vešanja manji od 7.

To bi značilo da je potrebno za sve objekte, prostorije i radna mesta prema vrsti rada, koji se tamo obavlja, odrediti odgovarajuće vrednosti osvetljenosti, ili obrnuto, prema prednostima osvetljenosti izvršiti klasifikaciju objekata, prostorija i radnih mesta.

Iscrpnu skalu normi osvetljenosti daje Tehnička preporuka (TP — 14) Združenog elektroprivrednog preduzeća Srbije, koja nosi naslov »Osvetljenje elektroenergetskih postrojenja« (Beograd 1968. g.).

U tabelama 2. i 3. su prikazane norme osvetljenosti za unutrašnje osvetljenje i za osvetljenje na otvorenom prostoru onako, kako ih daje TP — 14. To su najmanje prosečne vrednosti osvetljenosti, koje već obezbeđuju pravilno obavljanje tehnološkog procesa.

Vrednosti osvetljenosti pri korišćenju fluorescentnih cevi i sijalica sa živinom parom pod pritiskom treba odabirati zavisno o temperaturi boje svetlosti ovih izvora tako, da osvetljenosti budu u nešrafiranom području dijagrama Kruithofa (Sl. 7.). Vrednosti osvetljenosti iz šrafiranih područja deluju neugodno.

Navedene minimalne vrednosti osvetljenosti treba svakako smatrati privremenim. Veće vrednosti možda bi i mogle da se požele. Međutim, norme osvetljenosti, njihov opšti nivo (kao što je slučaj sa Tabelom 2. u JUS U. C9. 100) se određuju prema tehničkim i ekonomskim mogućnostima svake zemlje i za određeno stanje i period njenog razvoja.

Napominjemo da su navedene vrednosti iznad higijenski minimalnih normi, isto kao i norme iz pomenute Tabele 2. JUS U. C9. 100, i da se njihovom promenom (povećanjem minimalnih vrednosti) neće ništa principijelno izmeniti u skali klasifikacije objekata, prostorija i radnih mesta.

Pitanje zastarelosti normi (npr. iz Tabele —2 JUS U. C9. 100., kao i pitanja načina za određivanje normi osvetljenosti — higijenske norme ili neke druge — nisu predmet ovog izlaganja.

Važna je, međutim, činjenica da navedene vrednosti osvetljenosti garantuju siguran i neometan rad u svim objektima, prostorijama i na svim mestima u elektroenergetskim postrojenjima, tj. u potpunosti odgovaraju svom zadatku.

Određene najmanje vrednosti ne sprečavaju da se ostvaruju veće osvetljenosti. Ipak, takva povećanja bi trebalo obrazložiti u svakom konkretnom slučaju, jer su ona vezana za povećanje ulaganja i direktno utiču na ekonomiku gradnje, odnosno na ekonomiku eksploatacije elektroenergetskih postrojenja.

O Tehničkoj preporuci (TP — 14) bi trebalo reći da ona sadrži mnoge korisne smernice u pogledu normalizacije pitanja osvetljenja elektroenergetskih postrojenja, bez obzira gde se ona nalazila i kome pripadala i da je povoljno ocenjena u krugovima stručnjaka — svetlotehničara, a da je Jugoslovenski komitet za osvetljenje usvojio TP — 14 kao osnovni materijal pri izradi predloga Jugoslovenskog standarda za osvetljavanje elektroenergetskih postrojenja.

Osvetljenje elektroenergetskih postrojenja treba pre svega posmatrati kao jedan od bitnih činilaca bezbednosti čoveka i sigurnosti pogona, imajući stalno u vidu da se taj pogon mora odvijati neprekidno i bez ometanja.

Dobra ostvarenja osvetljenja mogu se dobiti samo na osnovi uočavanja i proučavanja specifičnosti tehnološkog procesa elektroenergetskih i specifičnih zadataka.

Uočavanje i proučavanje ovih okolnosti radi postizanja funkcionalnog osvetljenja predstavlja zajednički zadatak energetičara, svetlotehničara i arhitekata, jer bez ovih saznanja ne mogu da se očekuju zadovoljavajuća rešenja.

Literatura:

[1] *»Prijedlog Jugoslovenskog standarda za rasvjetu«* — Zagreb 1958.

[2] *»Dnevno i električno osvetljenje u zgradama«* — JUS. U.C9.100 (Sl. list FNRJ 48/1962).

[3] I. V. Volockoj, G. M. Knorr ing. M. S. Rjabov, A. S. Šejkevič: *»Električeskoe osveščenie proizvodstvennyh i graždanskih zdanij«* Moskva — 1964.

[4] *»Novije normi osvećennosti električeskih stancij i podstancij«* — »Električeskije signancii« 7/1965.

[5] K. A. Tropin: *»Osvetljenje u elektroenergetskim postrojenjima«* — Elektroprivreda 11—12/1966.

[6] *»Osvetljenje elektroenergetskih postrojenja«* — Tehnička preporuka TP-14. — Združeno elektroprivredno preduzeće Srbije, 1968.

[7] K. A. Tropin: *»Funkcionalnost osvetljenja elektroenergetskih postrojenja«*. Referat na IX stručnom savetovanju o osvetljenju. Zagreb — 1968.

[8] K. A. Tropin: *»Prilog osvetljenju termoelektrana«*. Referat na III savetovanju o eksploataciji termoelektrana. Zagreb, 1968.

[9] K. A. Tropin: *»Osvetljenje elektroenergetskih postrojenja kao činilac bezbednosti čoveka i neprekidnosti pogona«* — »Jugoslovenska i inostrana dokumentacija zaštite na radu 9/1969.

[10] K. A. Tropin: *»Osvetljenje objekata bez prirodnog ili sa nedovoljnim prirodnim osvetljenjem«* »Tehnika 6/1970.

Naslov pisca: Kiril A. Tropin, dipl. ing.
ZEPS — Beograd

»D A L E K O V O D«

ELEKTROPRIVREDNO PODUZEĆE ZA PROJEKTIRANJE, PROIZVODNJU, GRADNJU I MONTAŽU

ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 37

PROJEKTIRA

PROIZVODI

GRADI I MONTIRA

Raspolaže uređajem za polaganje podmorskog kabela smještenog na peniši (brod).
Tome pripadaju i pomoćni uređaji za utovar kabela u vagon i pretovar na brod.

IZVODI SVE RADOVE U ZEMLJI I INOZEMSTVU

ANALIZA SPECIFIČNOG POTROŠKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U KUĆANSTVU U ODNOSU NA GLAVNU UPOTREBU

Vladimir Zloković, Beograd

Uvod

Jedan od pokazatelja koji karakterizira nivo upotrebe električne energije u elektrificiranim kućanstvima neke zemlje, je prosječna godišnja potrošnja električne energije po pretplatniku. Taj, specifični, potrošak električne energije u kućanstvu ovisi o stupnju njegove elektrificiranosti, i o stupnju zasićenosti električnim aparatima, tj. u velikoj mjeri o intenzitetu primjene raznih električnih aparata za kućanstva, a posebno o elektrotermičkim aparatima veće snage.

Prema podacima UNIPEDE[1] u 1966. godini bio je ostvaren u nekim evropskim zemljama slijedeći prosječni godišnji potrošak električne energije po kućanstvu u kWh/god.: Austrija—1430, Belgija —987, Francuska—850, Italija—827, Irska—2218, SR Njemačka—1458, Švedska—2450, Švicarska— —3500, Vel. Britanija—3342 i Jugoslavija—987.

Da li bi se proučio utjecaj glavne upotrebe električne energije na razvoj nivoa prosječnog specifičnog godišnjeg potroška po kućanstvu, za analizu su odabrane četiri evropske zemlje s različitim nivoom specifičnog potroška u proteklom 10-godišnjem razdoblju, od 1956 — 1966. godine:

— relativno mali nivo specifičnog potroška od 850kWh/god. — primjer Francuske, 1966. g;
— srednji nivo specifičnog potroška od 1430 kWh/god. — primjer Austrije;
— visoki nivo specifičnog potroška od 3500 kWh/god. — primjer Velike Britanije i Švicarske 1966. god.

Prosječni specifični potrošak elekrične energije u ovim primjerima odnosi se na sva kućanstva jedne zemlje u određenoj godini. Izrađena je struktura potroška električne energije po kućanstvu za glavne primjene: kuhanje (el. štednjaci), grijanje vode (el. bojleri), pranje rublja (el. strojevi za pranje rublja) hlađenje namirnica (el. hladnjaci) i ostalo (el. grijanje, osvjetljenje, radio, TV i ostali sitni el. aparati). Takva je strukura izrađena je zato da bi se moglo u postocima ocijeniti učešće pojedinih potreba u ukupnom specifičnom potrošku električne energije u kućanstvu i vidjeti kako stupanj zasićenosti kućanstva važnijim električnim aparatima utječe na odgovarajući specifični potrošak.

Prosječni godišnji potrošak električne energije u kućanstvu, po glavnoj upotrebi električnih aparata dobivena je dijelenjem ukupne godišnje potrošnje za odgovarajuću upotrebu, s ukupnim brojem potrošača električne energije neke zemlje. Iz navedenih tabličnih pregleda strukture potrošaka može se uočiti jak utjecaj primjene elektrotermičkih aparata u kućanstvu na povećanje nivoa ukupnog prosječnog specifičnog potroška. To posebno dolazi do izražaja kod potrošača s većim elektrotermičkim potroškom, kao što je to slučaj s kućanstvom u Velikoj Britaniji i Švicarskoj, u prethodnim primjerima. Isto se tako može zaključiti da je slabi nivo ostvarenog prosječnog specifičnog potroška Francuske rezultat slabe primjene električne energije za termičke svrhe, što dokazuje i vrlo mali stupanj zasićenosti francuskih kućanstava tom vrstom električnih aparata. Uzmimo za analizu neke od navedenih zemalja.

Francuska

U 1956. godini prosječni specifični potrošak električne energije u kućanstvu Francuske je iznosio 395 kWh/god, a 1966. oko 850 kWh/god. Treba primijetiti da je i poslije 10-godišnjeg razdoblja u francuskim kućanstvima bio relativno mali specifični potrošak električne energije. Analizom strukture potroška električne energije po kućanstvu, po glavnoj upotrebi, može se zaključiti (Tab. 1) da je uzrok tome slaba primjena elektrotermičkih aparata. Potrošak električne energije za kuhanje je vrlo malen i u 1966. iznosi svega 42 kWh/ /god., dok u Austriji iznosi — 386, u Vel Britaniji —465 i u Švicarskoj 970 kWh/god.

Isto tako je prosječni godišnji potrošak električne energije za pripremanje vruće vode po potrošaču u Francuskoj u 1966. god. iznosio oko 160 kWh/god, u Austriji—380, u Vel. Britaniji—650 i u Švicarskoj—1068 kWh/god. Razlog slabog potroška za zagrijavanje je, svakako, nizak stupanj zasićenosti kućanstva elektrotermičkim aparatima: električne štednjake upotrebljava svega 5,6% od ukupnog broja svih elektrificiranih kućanstava, el. bojlere — 16,1%, dok strojeve za pranje rublja 43%, ali bez korištenja električne energije za grijanje vode. Međutim, električne hladnjake upotrebljava skoro dvije trećine elektrificiranih kućanstava, pa i potrošak električne energije za hlađenje namirnica učestvuje sa oko 37% u ukupnom specifičnom potrošku.

Iz referata francuskih delegata (L. 6) »Razvoj potrošaka električne energije u kućanstvima i poduzimanje mjera za unapređenje ovog razvoja«, koji je podnijet na VII svjetskoj konferenciji za energiju u Moskvi, 1968. god., se zaključuje, da je ukupni potrošak električne energije u francuskim kućanstvima 1960. godine iznosio 7.450 GWh, a 1965. god., 11.800 GWh. Međutim, iako je u proteklom razdoblju potrošak električne energije za potrebe kućanstva porastao, ipak je specifični po-

[1] Union internationale des producteurs et distributeurs d'énergie électrique — Međunarodna unija proizvođača i distributera električne energije.

trošak po kućanstvu u Francuskoj bio relativno malen, oko 800 kWh/god., dok je te godine u Austriji iznosio 1318, u SR Njemačkoj—1350, u Velikoj Britaniji—3350 i u Švicarskoj—3370 kWh/god.

Prosječni godišnji potrošak električne energije u kućanstvu Francuske po glavnoj upotrebi u kWh/god.

Tablica 1.

Glavna upotreba	1956.	1958.	1960.	1962.	1964.	1966.
Kuhanje hrane (el. štednjaci)	25	35	35	37,5	40	42
Grijanje vode (bojleri)	50	87	107	120	160	161
Pranje rublja (stroj za pranje rublja)	7	10	13	16	19	21,5
Hlađenje namirnica (el. hladnjaci)	66	97	137	190	298	315
Električno grijanje i ostalo	247	238	226	236,5	223	310,5
Ukupno kWh/god.	395	467	518	600	740	850

Stupanj zasićenosti elektrificiranih kućanstava u Francuskoj važnijim električnim aparatima (broj aparata na 100 potrošača)

Vrsta elekiričnih aparata	1956.	1958.	1960.	1962.	1964.	1966.
El. štednjaci	3,4	4,7	4,7	5,0	5,3	5,6
El. bojleri	5,0	8,7	10,7	12,0	16,0	16,1
El. strojevi za pranje rublja	14,2	20,0	25,6	32,0	38,0	43,0
El. hladnjaci	13,1	19,3	27,3	38,0	51,0	63,0

Struktura ukupnog protoka električne energije u kućanstvima Francuske bila je ovakva:

	1960.		1965.	
	TWh	% učešće	TWh	% učešće
El. kuhanje	0,90	12,1	1,20	10,2
Grijanje vode	1,40	18,8	2,50	21,2
Grijanje stana	0,40	5,3	0,70	5,9
Hlađenje namirnica	1,25	16,8	2,80	23,7
Osvjetljenje i ostalo	3,50	47,0	4,60	39,0
Ukupno	7,45	100,0	11,80	100,0

Potrošak električne energije za termičke svrhe u francuskim kućanstvima iznosio je 1960. godine 36,2%, a 1965. — 37,3% tj. malo prema učešću elektrotermije u kućanstvima drugih evropskih zemalja (u Austriji—75%, u SR Njemačkoj 85%, itd.).

Analizirajući ukupni energetski potrošak u kućanstvima Francuske primjenom raznih vrsta energije (plin, ugljen, mazut, električna energija), autori spomenutog referata zaključuju da je učešće električne energije u 1965. godini bilo malo i da je iznosilo:

1,5% od ukupnog energetskog potroška — za grijanje stanova;

10,6% od ukupnog energetskog potroška za kuhanje hrane;

26,2% od ukupnog energetskog potroška — za grijanje vode.

Ukupni potrošak električne energije u 1965. godidi od 11,8 TWh za potrebe fracuskih kućanstava odgovara 4,72 milijuna tona uvjetnog goriva. Prema tome, potrošak električne energije u kućanstvima čini svega 14% ukupnog energetskog potroška francuskih kućanstava. Francuski delegati dalje ističu, da se takvo stanje neće popraviti ako distributivna poduzeća za električnu energiju u Francuskoj ne usmjere svoju komercijalnu politiku na veću primjenu elektrotermije u kućanstvima, posebno na električno grijanje stambenih prostrorija.

Austrija

U Austriji su potrošači u 1956. godini ostvarili prosječni godišnji potrošak od 645 kWh/god., a 1966. više nego dvostruko—1430 kWh/god. tj. u tom je razdoblju postignuta prosječna godišnja stopa rasta od 8,25%.

Kao što se iz tabličnog pregleda (Tab. 2) vidi u 1956. godini je specifični potrošak po kućanstvu bilo malen, svega 645 kWh/god. Te godine stupanj zasićenosti elektrificiranih kućanstva elektrotermičkim aparatima, koji troše veće količine električne energije, je bio vrlo malen. Na 100 potrošača bilo je samo: 16,9 el. štednjaka, 7,4 el. bojlera, 2,9 strojeve za pranje rublja i 5,2 el. hladnjaka.

Prosječni godišnji potrošak električne energije po kućanstvu Austrije po glavnoj upotrebi u kWh god.

Tablica 2.

Glavna upotreba	1956.	1958.	1960.	1962.	1964.	1966.
Kuhanje hrane (el. štednjaci)	203	248	296	328	390	386
Pripremanje vruće vode (bojleri)	118	155	206	245	324	380
Strojno pranje rublja (el. strojevi)	12	28	45	50	78	94
Hlađenje namirnica (el. hladnjaci)	27	50	77	135	200	227
Električno grijanje i ostalo	285	280	256	327	208	343
Ukupno kWh/god.	645	761	880	1085	1200	1430

Stupanj zasićenosti elektrificiranih kućanstava u Austriji nekim važnijim električnim aparatima (broj aparata na 100 potrošača)

Vrsta električnih aparata	1956.	1958.	1960.	1962.	1964.	1966.
El. štednjaci	16,9	20,7	24,8	27,3	33,6	32,4
El. bojleri	7,4	9,7	12,9	15,3	20,2	23,8
Strojevi za pranje rublja	2,9	6,9	11,2	12,6	19,5	23,4
El. hladnjaci	5,2	9,7	15,3	26,6	39,3	44,6

Međutim, u 1966. godini, prosječni specifični potrošak po kućanstvu je iznosio 1430 kWh/god. Iz strukture potroška električne energije po kućanstvu po glavnoj upotrebi (Tab. 2) se vidi da je u 1966. godini prema 1956. god. za električno kuhanje potrošak povećan za 90% (od 203 na 386 kWh/god), za grijanje vode za 223 % (od 118 na 380 kWh/god.), za strojno pranje rublja skoro 8-rostruko (od 12 na 94 kWh/god) i za električno hlađenje namirnica 8,4 puta (od 27 na 227 kWh/

/god.). Porast elektrotermije u domaćinstvu je nastao zbog većeg stupnja zasićenosti kućanstava elektrotermičkim aparatima, tako da je u 1966. godini na 100 potrošača u Austriji bilo 32,4 el. štednjaka, 23,8 el. bojlera, 23,4 stroja za pranje rublja sa električnim grijanjem vode i 44,6 el. hladnjaka. Naročito je intenzivna upotreba el. bojlera i strojeve za pranje rublja. Ako se uzme, da na električno osvjetljenje, radio i televiziju otpada u Austriji oko 180 kWh/god. po potrošaču, to na električno grijanje i ostalu sitnu upotrebu u 1966. godini potrošak po kućanstvu iznosi oko 63 kWh/ /god.

U stvari je 1966. godine od ukupnog potroška električne energije u austrijskim kućanstvima, što iznosi 3370 GWh, za elektrotermičke svrhe potrošeno 2535 GWh ili 75% i to za

el. kuhanje hrane	805 GWh	—	24,0%
grijanje vode	1100 „	—	32,0%
strojno pranje rublja	268 „	—	8,0%
el. grijanje stanova	362 „	—	11,0%
Ukupno	2535 GWh	—	75%

Prema 1956. godini potrošak električne energije za termičke svrhe u austrijskim kućanstvima je povećan 3,5 puta u 1966. godini. Pored velikog učešća električne energije za kuhanje (24%), veliki postotak (32%) u elektrotermičkom potrošku u kućanstvu sačinjava grijanje vode u bojlerima što pokazuje da se radi o upotrebi noćne električne energije tokom cijele godine, što dovodi do racionalnijeg iskorištenja izgrađenih elektroenergetskih kapaciteta austrijskih distributivnih poduzeća i elektroprivrede uopće. Austrija je zemlja bogata hidroizvorima i u ukupnoj godišnjoj proizvodnji električne energije hidroelektrane učestvuju sa oko 64%. Međutim, porastu primjene elektrotermičkih aparata u kućanstvu, kako u gradu, tako i na selu, znatno je pridonijela akcija austrijske elektroprivredne organizacije u Beču »Verband der Elektrizitäts werke Osterreishs A. G« (Savez austrijskih elektrana), koja je u suradnji s proizvođačima elektrotermičkih aparata za kućanstvo provodila sistematku propagandu za veću upotrebu elektrotermičkih aparata (Elektrogeräteaktion) dugo vrijeme, ukazujući na ekonomsku korist takve primjene. Isto tako je, spomenuta elektroprivredna organizacija u suradnji sa Kuratorijem za poljoprivrednu tehniku više od 10 godina podizala ogledna poljoprivredna dobra u Austriji — potpuno elektrificirana s izrazitom primjenom električnih aparata za termičke svrhe na individualnim poljoprivrednim dobrima (električna peć za pečenje kruha, el. bojler za vodu, el. grijalice i elektrotermičke akumulacione peći, el. zaparivači stočne hrane, itd.)

Velika Britanija

Razvoj prosječnog godišnjeg potroška električne energije po kućanstvu u Velikoj Britaniji od 1956 — 1966. godine prikazuje Tablica 3.

Prosječni godišnji potrošak električne energije po kućanstvu i po glavnoj upotrebi u Velikoj Britaniji u kWh god.

Tablica 3.

Glavna upotreba	1956.	1958.	1960.	1962.	1964.	1966.
Huhanje hrane (el. štednjaci)	342	390	435	. .	450	465
Grijanje vode (bojleri)	336	415	520	. .	575	650
Strojno pranje rublja (strojevi za pranje rublja)	11	15	16	. .	24	25
Hlađenje namirnica (el. hladnjaci)	56	75	122	. .	220	240
Električno grijanje i ostalo	859	913	1106	. .	2084	2062
Ukupno kWh/god.	1604	1808	2199	. .	3353	3442

Stupanj zasićenosti elektrificiranih kućanstava u Velikoj Britaniji nekim važnijim električnim aparatima (broj aparata na 100 potrošača)

Vrsta električnih aparata	1956.	1958.	1960.	1962.	1964.	1966.
El. štednjaci	26,9	30,6	34,1	. .	35,0	36,4
El. bojleri	28,0	34,7	43,5	. .	48,0	54,1
Strojevi za pranje rublja	27,2	37,5	39,3	. .	59,0	62,9
El. hladnjaci	10,7	14,3	23,2	. .	42,0	45,9

U 1956. godini specifični potrošak električne energije po elektrificiranom kućanstvu je iznosio 1604 kWh/god., a u 1966. — 3.442 kWh/god. tj. porasao je više nego dvostruko.

U strukturi potroška električne energije po glavnoj upotrebi (Tab. 3) u 1966. godini se zapaža znatno veći potrošak električne energije, po kućanstvu, za kuhanje — 465 kWh/god. i za grijanje vode — 650 kWh/god. To je, rezultat veće primjene tih vrsta aparata, odnosno većeg stupnja zasićenosti kućanstava elektrotermičkim aparatima. U 1966. godini svako treće elektrificirano kućanstvo u Velikoj Britaniji je raspolagalo električnim štednjakom, a svako drugo električnim bojlerima. Međutim, po ovoj strukturi oko 60% od ukupnog potroška električne energije po kućanstvu otpada na »električno grijanje, i ostalo«. Ako se uzme da prosječni godišnji potrošak po kućanstvu Velike Britanije iznosi: za električno osvjetljenje — 185 kWh, radio — 38 kWh i televizor — 125 kWh, dobija se da na električno grijanje i ostale sitne upotrebe otpada prosječno oko 1714 kWh. Tako visoki nivo potroška električne energije za grijanje može se objasniti time, što su Područne elektroprivredne uprave u Velikoj Britaniji (Aerea Boards) posljednjih godina razvile veliku akciju za upotrebu električne energije za zagrijavanje stambenih i poslovnih prostorija, a kućanstvima elektrodistributivna preduzeća daju vrlo povoljne tarife za korištenje električne energije u vrijeme vanvršnog opterećenja elektroenergetskog sistema (Off-Peak-Tariff). Naročito se posljednih godina razvila veća primjena električnih termoakumulacionih peći za zagrijavanje stanova. U 1967. godini u Velikoj Britaniji je bilo u upotrebi više od 2 milijuna takvih peći sa ukupno instaliranom snagom od 4,5 milijuna kW, a krajem 1969. godine oko 3,5 milijuna sa instaliranom

snagom od ukupno 8 milijuna kW. Akciju za što veću primjenu ETA peći (el. termoakumulacionih peći) elektroprivredna preduzeća vode i dalje radi izravnavanja dijagrama dnevnog opterećenja u zimskom razdoblju i boljeg korištenja ugrađenih elektroenergetskih kapaciteta distributivnih sistema i nacionalnog elektroenergetskog sistema Velike Britanije.

Interesantno je primijetiti da Velika Britanija nije bogata hidroizvorima i da u ukupnoj godišnjoj proizvodnji električne energije termoelektrane učestvuju preko 90%, a da se u velikoj mjeri električna energija koristi za termičke svrhe u kućanstvima. To je rezultat određene energetske politike ove zemlje, a u prvom redu same elektroprivrede radi što boljeg iskorištenja uloženih investicija u elektroenergetske objekte.

Švicarska

1956. godini prosječna specifična potrošnja električne energije u švicarskim kućanstvima je iznosila 2460 kWh/god., a u 1966. 3500 kWh/god. tj. 4 puta više nego u francuskim ili 2,5 puta više nego u austrijskim. U tablici 4 je dana struktura potroška električne energije u Švicarskoj po kućanstvu i glavnoj upotrebi. Naročito se ističe veći potrošak električne energije za termičke svrhe u 1966. godini i to: 27,8% za električno kuhanje (970 kWh/ /god), 30,5% za grijanje vode (1068 kWh/god.) i za električno grijanje i ostalu sitnu upotrebu oko 27,9% (985 kWh/god.).

Prosječni godišnji potrošak električne energije po kućanstvu u Švicarskoj, po glavnoj upotrebi u kWh god.

Tablica 4.

Glavna upotreba	1956.	1958.	1960.	1962.	1965.	1966.
Kuhanje hrane (el. štednjaci)	770	810	. .	940	905	970
Grijanje vode (bojleri)	960	1020	. .	1100	1080	1068
Strojno pranje rublja (strojevi za pranje)	63	100	. .	156	144	157
Hlađenje namirnica (el. hladnjaci)	60	72	. .	124	300	320
Električno grijanje i ostalo	607	758	. .	723	841	985
Ukupno kWh/god.	2460	2760	. .	3043	3270	3500

Stupanj zasićenosti elektrificiranih kućanstava u Švicarskoj nekim važnijim električnim aparatima (broj aparata na 100 potrošača)

Vrsta električkih aparata	1956.	1958.	1960.	1962.	1965.	1966.
El. štednjaci	53,0	56,0	. .	65,0	62,5	67,0
El. bojleri	48,0	51,0	. .	55,0	54,0	53,4
Strojevi za pranje rublja	10,5	16,8	. .	26,0	24,0	27,8
El. hladnjaci	15,0	18,0	. .	31,0	75,0	80,0

Iz navedene strukture potroška lako se može zaključiti, da uzrok visokog specifičnog potroška električne energije po kućanstvu u Švicarskoj leži u širokoj primjeni električne energije za toplotnu namjenu. U Švicarskoj su u 1966. godini 2/3 (67%) od ukupnog broja elektrificiranih kućanstava upotrebljavali električne štednjake, preko 53% električne bojlere, 27,8% strojeve za pranje rublja s električnim grijačima za vodu, 80% električne hladnjake. Također se u većoj mjeri koristila električna energija za zagrijavanje stambenih prostorija jer ova zemlja ne raspolaže energetskim zalihama čvrstog ili tekućeg goriva, a ima bogate hidroizvore. U ukupnoj godišnjoj proizvodnji električne energije hidroelektrane učestvuju se preko 96%.

Zaključak

Na nivo specifičnog potroška električne energije po kućanstvu znatno utječe primjena elektrotermičkih aparata za kuhanje, grijanje vode, pranje rublja i posuđa s električnim grijanjem vode, a naročito električno zagrijavanje prostorija. Veliki specifični potrošak električne energije po elektrificiranom kućanstvu održava visoki nivo životnog standarda stanovništva te zemlje, a u strukturi potroška, pretežno prevladava potrošak elektrotermije. Ovu oblast termičkog potroška u kućanstvima često uvjetuje i sama struktura raspoloživih energetskih izvora u zemlji, razvoj domaće industrije elektrotermičkih aparata, stupanj zasićenosti kućanstava električnim aparatima ove vrste, kao i komercijalna i tarifna politika elektroprivrede svake od ovih zemalja.

U Švicarskoj i Švedskoj, na primjer, pretežno je zastupljena proizvodnja električne energije iz hidroizvora (preko 90%), pa je tako u tim zemljama veća primjena elektrotermije. Međutim, u Velikoj Britaniji i SR Njemačkoj, na primjer, proizvodnja električne energije je većim dijelom iz termo-izvora (preko 90%). Te zemlje raspolažu i drugim energetskim izvorima u vidu čvrstih i tekućih goriva, pa je, ipak, u ovim zemljama dosta primijenjena u kućanstvima električna energija za termičke svrhe. U ovom slučaju zasluga pripada elektroprivrednim organizacijama ovih zemalja koje vode takvu politiku potroška električne energije koja omogućuje što bolje iskorišćenje svojih izgrađenih elektroenergetskih kapaciteta.

Literatura:

1. *Evolution des applications domestiques de l'électricité en Europe*, UNIPEDE, L'Économie Électrique, No 30, 1962, No 45, 1966.
2. *Évolution des applications domestiques de l'éctricité dans les pays membres de l'UNIPEDE*, L'Économie Électrique, No 55, 1968.
3. *Le developpement des applications de l'énergie électrique de 1950—1959*. UNIPEDE, VII 1. Congrès de Baden-Baden, 1961.
4. E. Tiberghien, *General Report of the Chairman of the Committee*, Report VI, UNIPEDE, Congres of Scandinavia, 1964.
5. Annual Bulletin of Electric Energy Statistics for Europe, 1962, 1964, 1968, United Nations, New York.
6. P. Verdet, J. Bizot, E. Remy: »*Évolution des consommations domestiques d'énergie électrique et dispositions prise au regard de cette evolution*«, Section E., Rapport No 186. WPC. Moscau, 1968.

Naslov pisca: Vladimir Zlković, dipl. ing.
Beograd

UPUTE ZA MONTAŽU KUĆNIH PRIKLJUČAKA SAMONOSIVIM KABELOM

Budući da ne postoje posebni tehnički propisi za izvedbu kućnih priključaka samonosivim kabelima, »Elektra« — Čakovec je izradila svoje interne upute.

Smatrajući da su te upute interesantne i za stručnjake ostalih distributivnih poduzeća, donosimo ih u cijelosti s pripadnim crtežima prema drugom izmijenjenom i nadopunjenom izdanju iz lipnja 1971.

Napominjemo da je Republički elektroenergetski inspektorat svojim dopisom br. 05-4817/1-1968. od 15. VII. 1968. odobrio izvedbu kućnih priključaka, kako su u uputama iznesene.

Inače se svi radovi na izvedbi kućnih priključaka sa samonosivim kabelima moraju izvoditi prema postojećim »Tehničkim propisima za gradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova«. (Sl. list br. 24/67).

1. Izvedba i primjena kabela

Poboljšanjem kvalitete izolacionih materijala iz plastičnih masa omogućeno je, da se proizvedu kabeli otporni na atmosferske utjecaje i sigurni pri upotrebi.

Proizvođači električnih kabela, uspjeli su izraditi kabel napona do 500 V sa nosivim čeličnim užetom u zajedničkom plaštu.

Takva izvedba kabela naročito je prikladna za izvođenje zračnih priključaka niskog napona.

Veća pogonska sigurnost, jednostavnija izvedba i niža cijena su glavne prednosti ove vrste priključaka pred dosadašnjim načinom izvedbe. Vlastitom konstrukcijom nekih elemenata još je jeftinija i jednostavnija izvedba takvih priključaka.

Do sada stečeno iskustvo, s oko 4000 izvedenih priključaka sa samonosivim kabelom, kao i njihov utjecaj na smanjenje kvarova na niskonaponskim električnim mrežama, u potpunosti su opravdali izvođenje zračnih priključaka isključivo samonosivim kabelom.

Jezgra voda s nosivim užetom izvedena je prema postojećim propisima. Ona kao i nosivo uže koje je izrađeno iz pocinčanih čeličnih žica su u zajedničkom plastičnom plaštu, a odvojeni jedno od drugog mostićem.

Plastični plašt štiti nosivo uže od korozije.

Samonosivi kabeli su namijenjeni izvedbama jakostrujnih mreža, priključaka i odvojaka na niskom naponu, a polažu se u zraku, pa mogu u mnogo slučajeva zamijeniti podzemne kabele i nadzemne vodove.

Posebna im je prednost kod stalnih elektrifikacija:

— novih i razbacanih stambenih i drugih objekata,
— gradova s kamenitim i uskim ulicama,
— ulične rasvjete,
— weekend naselja, camping i drugih turističkih objekata,
— žičara, uspinjača, planinskih domova u područjima jakih zaleđivanja,
— dograđenih skladišta i radionica,
— kioska i drugih niskih objekata,
— otvorenih skladišta i dvorišta,
— parkova i vrtova,
— objekata kod kojih dolazi do križanja s jako — ili slabostrujnim nadzemnim vodovima niskog napona, te u raznim drugim slučajevima.

Kod povremenih i provizornih instalacija:

— u slučaju elementarnih nesreća,
— sportskih i masovnih priredbi,
— sezonskih i povremenih građevinskih, poljoprivrednih i sličnih radova,
— iluminacija i svečanosti,
— obnova postojeće mreže,
— u svim prilikama kada treba brzo i jeftino dovesti električnu energiju, s time, što se kabel nakon prestanka potrebe skine i upotrijebi u drugu svrhu.

2. Tehnički dio

Tablica konstrukcijskih elemenata samonosivog kabela PP/O i PP/O-A

Nominalni presjek vodiča (n × mm²)	Debljina izolacije (mm)	Debljina ispune (mm)	Debljina plašta (mm)	Mostić širina × visina (mm)	Konstrukcija nosivog užeta	Geometrijske mjere $D_1 \times D_2 \times H$ (mm)	Ukupna težina kp/km	
							PP/0	PP/0–A
2 × 6	0,8	0,4	1,4	1,8 × 2,8	19 × 0,6	6 × 12,9 × 21,7	367	292
2 × 10	1,0	0,6	1,6	1,8 × 2,8	19 × 0,8	7,4 × 16,2 × 26,4	593	468
2 × 16	1,0	0,6	1,6	2,2 × 2,8	19 × 0,8	7,4 × 19,2 × 29,4	823	716
2 × 25	1,2	0,8	1,6	2,2 × 2,8	19 × 0,8	7,4 × 23,0 × 33,2	1172	756
2 × 35	1,2	1,0	1,8	3,0 × 3,5	10 × 1,0	8,8 × 26,3 × 38,6	1587	1139
3 × 6	0,8	0,4	1,6	1,8 × 2,8	19 × 0,6	6,4 × 14,0 × 23,2	448	336
3 × 10	1,0	0,6	1,6	2,2 × 2,8	19 × 0,8	7,4 × 17,1 × 27,3	696	512
3 × 16	1,0	0,6	1,6	2,2 × 2,8	19 × 0,8	7,4 × 20,3 × 30,5	982	682
3 × 25	1,2	0,8	1,8	2,2 × 2,8	19 × 1,0	8,8 × 24,7 × 36,3	1491	1002
3 × 35	1,2	1,0	1,8	3,0 × 3,5	19 × 1,0	8,8 × 27,8 × 40,1	1919	1246
4 × 6	0,8	0,4	1,6	1,8 × 2,8	19 × 0,6	6,4 × 15,3 × 24,5	534	384
4 × 10	1,0	0,6	1,6	2,2 × 2,8	19 × 0,8	7,4 × 18,5 × 28,7	811	562
4 × 16	1,0	0,6	1,6	2,2 × 2,8	19 × 0,8	7,4 × 22,2 × 32,4	1181	768
4 × 25	1,2	0,8	1,8	3,0 × 3,5	19 × 1,0	8,8 × 27,1 × 39,4	1811	1160
4 × 35	1,2	1,0	1,8	3,0 × 3,5	19 × 1,2	9,8 × 30,5 × 43,8	2402	1505

Vodiči do 10 mm² su jednožilni, a deblji se sastoje iz 7 žila. Sve dimenzije čeličnih užadi su izrađene iz 19 žila. Presjek mostića kod kabela vidljiv je u tablici »Tehnički podaci« 2.1.

Čelično uže služi za ovješenje i napinjanje kabela a izrađuje se u kvaliteti čvrstoće čelika 130 kp/mm², i normalno je pocinčano. Ako treba lako se odvaja od električnog dijela kabela rezanjem spojnog mostića.

Boje izolacije: određena je po JUS N. CO. 010 IV 1970.

dvožilni:	svjetloplava, crna
trožilni:	svjetloplava, crna, smeđa
četverožilni:	svjetloplava, crna, smeđa, crna

Boja plašta

svjetlosiva ili crna

Plašt je otporan na atmosferilije, ultravioletne zrake, onečišćenje zraka u industrijskim područjima, zemlju, žbuku i gorenje.

2.2. *MONTAŽA I PRIBOR*

Kod montaže samonosivog kabela upotrebljavaju se posebni stupovi, zidovi zgrada, postojeće trase slobodnih nadzemnih vodova, elektrificiranih pruga itd. U slučaju hitnih potreba, elementarnih nesreća koriste se stabla, provizorni »X« stupovi i ostali prikladni nosioci.

Montažni pribor služi za zavješenje, napinjanje, uvađanje i učvršćenje kabela. Mehanički treba izdržati sva naprezanja kojima je izloženo i nosivo čelično uže. Pribor i uže moraju na sebe preuzeti potpuno rasterećenje električnog dijela kabela.

Krajevi užeta s kojih se skida plašt moraju još biti premazani bojom koja štiti od korozije ili omotani tankim slojem plastične izolirajuće trake.

2.3. *UČVRŠĆENJE I OVJEŠENJE KABELA*

Za učvršćenje i ovješenje samonosivog kabela primjenjuje se montažni pribor:

— samonosivi kabel,
— obujmica za zavješenje na stupu (ili vijak)
— zatezna spona
— otponska stezaljka
— stezaljke Al Cu
— vijak za gredu
— vijak za zid
— krovna limena obloga
— OG obujice.

Montaža kabela dozvoljena je kod temperature iznad —5° C. U slučaju da se raovi s kabelom izvode kod tempetarura nižih od —5° C, treba kabel najprije zagrijati na temperaturu višu od navedene. Kabeli ovog tipa ne smiju se ni u kojem slučaju savijati ukoliko je temperatura kabela niža od —5°C, zbog opasnosti od pucanja PVC izolacije i plašta.

Montaža kućnog priključka sa samonosivim kabelom izvodi se na slijedeći način:

Odmjeri se potrebna dužina kabela od ovjesišta do priključnih stezaljki na oklopljenom osiguraču. Na krajevima odmjerenog kabela odvoji se čelično uže od kabela, rezanjem uzdužnog mostića.

Sa čeličnog užeta skine se izolacija počevši od mjesta gdje je čelično uže odvojeno od kabela na dužini od 30 cm. Na kraju čeličnog užeta ne skida se plastična izolacija u duljini od 10 cm zbog toga da se ne raspleće uže. Čelično uže se zaštićuje od korozije premazivanjem zaštitnom bojom ili se omota tankim slojem plastične izolacione trake. Tako pripremljeno uže savije se oko čeličnog konusa otponske stezaljke, stezaljka se stegne i ovjesi na pripremljeno ovjesište.

Otkidanje užeta od kabela sprečava se na taj način, da se na mjestu gdje se kabel odvaja od užeta osigura zatezanjem pocinčanim vezicama. Dio kabela s kojega je odvojeno čelično uže progura se kroz otvor limenog obruba, koji je prethodno učvršćen na odgovarajuće mjesto na krovnoj konstrukciji, ili kroz zid i okači na kukasti vijak, koji je pričvršćen na krovnu konstrukciju ili u zid.

Nakon toga odmjeri se potrebna dužina kabela za pričvršćenje na stup, pa se, na prije opisani način, izradi krajnji vez na nosivom čeličnom užetu i kabel se objesi na kuku vijka ili obujmice preko zatezne spone. Od preostalog dijela kabela načini se:

— na drvenu stupu petlja koja se pričvrsti pomoću »U« obujmice. Petlju treba formirati tako da je kraj plastičnog plašta okrenut prema dolje,
— na betonskom stupu, a može i na drvenom stupu, na kraju plastičnog plašta montira se kabelska glava. Nakon što se skine na potrebnoj duljini kabelski plašt, očisti se kraj plastičnog plašta i žila (dijelovi koji ulaze u kabelsku glavu) od eventualnih nečistoća. Plastični plašt i izolacija žila načine se malo hrapavim, stavi lijevak i ulije plastična kabelska masa. Žile vodiča prilagode se mjestu spajanja s vodičima mreže i odgovarajućim stezaljkama spoje.

Treba upotrebljavati plastičnu kabelsku masu koja brzo otvrdne. Kad je tvrda skida se lijevak i kabelska glava se oštrim nožem formira tako da se izbjegne udubljenje na vrhu završnice koja nastaje tokom očvršćenja. Da bi kabelske glave bile što jeftinije treba ih izrađivati serijski u samom skladištu i kabele otpremati na gradilišta s gotovim kabelskim glavama.

Dio kabela koji prolazi kroz krovni limeni obrub, treba zaštititi s alkatan cijevi odgovarajućeg promjera, odnosno ako prolaze kroz zid također s

alkatan cijevi koso položenoj prema van, a pri ulazu u oklopljeni osigurač plastičnom uvodnicom. Kabeli s vodičima priključuju se na oklopljeni osigurač pritezanjem, vijčanim stezaljkama osigurača.

Na krovnu konstrukciju pričvršćuje se kabel pomoću OG odstojnih obujmica.

Dužina priključaka izvedenih sa samonosivim kabelom može biti do 25 m. Kod izvedbe priključaka sa samonosivim kabelom treba voditi računa o opterećenju stupova. Drvene stupove treba na odgovarajući način učvrstiti poduporom ili sidrom, kako ne bi došlo do deformacije trase mreže. Kod priključaka dužih od 25 m, dodaju se nosni stupovi, čiji broj ovisi o dužini samog priključka.

2.4. *PRORAČUN VODA*

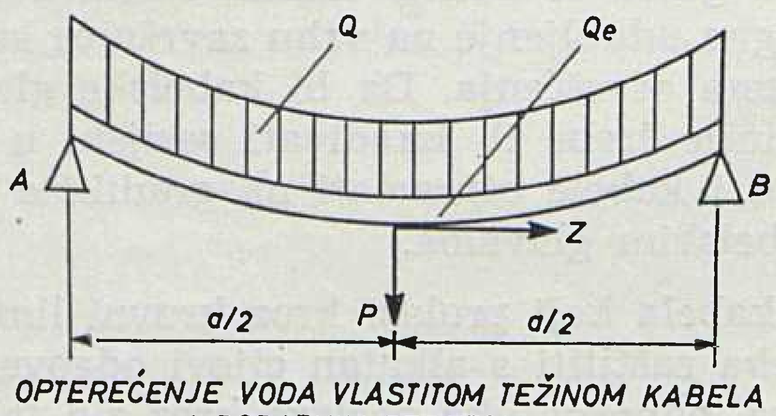
Za dimenzioniranje provjesa voda mjerodavno je mehaničko naprezanje. Statičko vlačno naprezanje opada s rastućom, a raste s padajućom temperaturom. Težini voda se pridodaje još i dodatni teret kod nastupa leda i snijega. Za proračun nosivog užeta zgodno je primijeniti propise VDE 0211. Prema tome je potrebno pretpostaviti u normalnim slučajevima dodatno opterećenje od 0,18 $\sqrt{d}$ u kp/m (d = promjer voda u mm).

Provjes nosivog užeta treba tako odmjeriti, da se dopuštena najveća napetost ne prekorači ni kod —5° C sa ustanovljenim dodatnim opterećenjem niti kod —20° C bez dodatnog tereta. Kod proračuna su mjerodavni podaci o materijalu prema VDE 0211.

Naprezanje užeta, odnosno provjes, može se izračunati kako slijedi:

$A + B$	=	sile u ovjesištima (reakcija),
a	=	duljina užeta između A i B u m,
P	=	teret u sredini užeta (npr. svjetiljka) u kp.
Q	=	ravnomjerno raspoređeni teret u kp/m,
Qe	=	vlastita težina voda u kp/m,
$\frac{Q}{a} + \frac{Qe}{a}$	=	p u kp/m
Z	=	vlačna sila u kp
h	=	provjes u m
q	=	presjek nosivog užeta u mm²
o	=	naprezanje u kp/mm²
Z	=	q . o

CRTEŽ „A"



OPTEREĆENJE VODA VLASTITOM TEŽINOM KABELA I DODATNIM TERETOM

Najveći moment savijanja

$$= Z \cdot h = P \cdot \frac{a}{4} + Q \cdot \frac{a}{8} + Q \cdot \frac{a}{8}.$$

Provjes

$$h = \left(\frac{P \cdot a}{4} + \frac{Q \cdot a}{8} + \frac{Qe \cdot a}{8}\right) \cdot \frac{1}{q \cdot \sigma};$$

bez dodatnog tereta P, npr. svjetiljke, preračunava se provjes kako slijedi:

$$h = \left(\frac{Q \cdot a}{8} + \frac{Qe \cdot a}{8}\right) \cdot \frac{1}{q \cdot \sigma}.$$

Uvrsti li se u ovu jednadžbu opterećenje užeta p (vlastita težina i led) u kp/m, tada se za provjes dobiva slijedeća formula:

$$h = \frac{1}{8} \cdot \frac{p}{q} \cdot \frac{a^2}{\sigma} \text{ u (m)} \qquad (1)$$

uzimajući u obzir dodatni teret P je

$$h = \frac{1}{8} \cdot \frac{p}{q} \cdot \frac{a^2}{\sigma} + \frac{P \cdot a}{4 \cdot q \cdot \sigma} \text{ u (m)} \qquad (2)$$

Primjer 1.

Određivanje provjesa samonosivog kabela 4 x x 16 mm² sa Al vodičima, raspona 25 m.
Vlastita težina kabela proizlazi iz tablice, te iznosi

0,95 kp/m .

Težina kabela u rasponu a

$$Qk = 0{,}95 \cdot a.$$

Dodatno opterećenje ledom kod —5° C (prema VDE 0211) računa se po formuli:

$$Q = 0{,}18 \sqrt{d} \cdot a = 0{,}18 \sqrt{33} \cdot 25 = 1{,}04 \cdot a \quad (kp/m)$$

(d — ekvavalentni promjer kabela računa se $\simeq D_1 + D_2$) specifično opterečenje jest:

$$P = \frac{Q}{a} + \frac{Qk}{a} = 0{,}04 + 0{,}95 = 1{,}99 \quad \text{(kp/m)}$$

$$h_1 = \frac{1}{8} \cdot \frac{P}{q} \cdot \frac{a^2}{\sigma_d} = \frac{1}{8} \cdot \frac{1{,}99}{14{,}9} \cdot \frac{25^2}{45} = 0{,}232 \quad (m)$$

Provjes istog kabela s teretom svjetiljke u sredini P (kp) računa se po istoj formuli uz dodatak člana $\frac{P \cdot a}{4 \cdot p \cdot \sigma}$, to jest::

$$h = \frac{1}{8} \cdot \frac{P}{q} \cdot \frac{a^2}{\sigma} + \frac{P \cdot a}{4 \cdot q \cdot \sigma} \quad (m).$$

Formule za proračun provjesa kod stvarnog raspona temperature, kao i svih naprezanja koja su dana u primjeru 2 i 3 može se primijeniti i za ovaj kabel uz uvrštenje odgovarajućih vrijednosti.

Primjer 2.

Vod plastičnim plaštom presjeka 3 x 1,5 mm² s nosivim užetom ima raspon a ≐ 50 m. Promjer voda iznosi 9,1 mm. Nosivo uže se sastoji od sedam

čeličnih žica i ima presjek q = 10,5 mm². Materijal St. II. po DIN 48200, Bl. 3, trajna čvrstoća na vlak 56/kp/mm², koji se prema VDE 0211 smije opteretiti sa 50% trajne čvrstoće na vlak. Vod treba kod —5° C i pod teretom leda doseći naprezanje od σ dop. = 28 kp/mm². Koliki je provjes u ovom stanju?

Vlastita težina voda = 0,255 kp/m, teret leda 0,18 $\sqrt{d}$ = 0,545 kp/m, dakle p ≐ 0,8 kp/m.

Tada je provjes:

$$h = \frac{1}{8} \cdot \frac{p}{q} \cdot \frac{a^1}{\sigma} = \frac{1}{8} \cdot \frac{0{,}8}{10{,}5} \cdot \frac{50^2}{28} = 0{,}85 \quad \text{m}.$$

Ako se vod optereti još i težinom svjetiljke, to se mora i dodatni teret na svjetiljci uzeti kod računa u obzir. Kod svjetiljki se može uvrstiti prema iskustvu teret snijega od oko 30 kp/m² plohe.

Kod okrugle svjetiljke od oko 40 cm promjera, vlastite težine od 8 kp i tereta leda od oko 3,8 kp, provjes je kod —5° C upravo proračunatog voda,

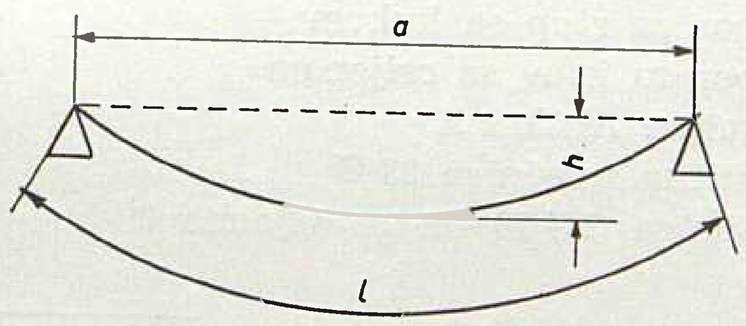
$$h = \frac{1}{8} \cdot \frac{p}{q} \cdot \frac{a^2}{\sigma} + \frac{p \cdot a}{4 \cdot p \cdot \sigma} = \frac{1}{8} \cdot \frac{0{,}8}{10{,}5} \cdot \frac{50^2}{28} + \frac{11{,}8 \cdot 50}{4 \cdot 10{,}5 \cdot 28} = 1{,}35 \text{ m}.$$

Duljina voda

Provjes ovog voda je tako malen, da se središnjica voda može smatrati parabolom. Kod blage parabole jeduljina voda:

$$1 = a + \frac{8}{3} \cdot \frac{h^2}{a}. \qquad (3)$$

CRTEŽ „B"



DULJINA I PROVJES VODA

Provjes i naprezanje kod polaganja

Polaganje vodova obavlja se gotovo uvijek kod viših temperatura od —5° C odn. —20° C. Vlačno naprezanje užeta kod polaganja je prema tome niže od najvećeg dopuštenog. Uže i provjes kod polaganja trebaju biti tako proračunati, da najveće vlačno naprezanje nastupi kod pretpostavljenih polaznih prilika.

Kod polaganja je temperatura za $\Delta t \doteq t_2 - t_1$ viša, naprezanje $\Delta o \doteq o_2 - o_1$ niže nego kod stanja koje je bilo osnova proračuna.

Razlika duljine užeta kod polaganja i proračunate duljine užeta jest

$$\Delta_1 = \varepsilon_t \cdot a\,(t_2 - t_1) + \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{E} \cdot a.$$

Ovdje je ε_t koeficijent toplinskog istezanja, a E mjera elastičnosti čelika. Produljenje kao povećanje provjesa dobiva se po jednadžbi 3:

$$\Delta_1 = \frac{8}{3} \cdot \frac{h^2}{a} - \frac{8}{3} \cdot \frac{h_1^2}{a},$$

time je

$$\frac{8}{3} \cdot \frac{h_2^2}{a} - \frac{8}{3} \cdot \frac{h_1^2}{a} = \varepsilon t \cdot a\,(t_2 - t_1) + \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{E} \cdot a. \qquad (4)$$

U ovoj se jednadžbi može σ_2 i σ_1 iz jednadžbe 1 izraziti pomoću h_2 i h_1, te se dolazi do slijedeće (jednadžbe):

$$\frac{8}{3} \cdot \frac{h_2^2}{a} - \frac{8}{3} \cdot \frac{h_1^2}{a} = \varepsilon t \cdot a\,(t_2 - t_1) + \frac{a^2}{8\,qE}\left(\frac{p2}{h2} - \frac{p1}{h1}\right) \qquad (5)$$

ili

$$h_2^2 - \frac{3}{64} \cdot \frac{a^4}{q \cdot E} \cdot \frac{p2}{h2} = \frac{3}{8} \cdot \varepsilon t \cdot a^2 \cdot (t_2 - t_1) + h_1 - \frac{3}{64} \cdot \frac{a^4}{q \cdot E} \cdot \frac{p1}{h1}. \qquad (6)$$

Ovdje je:

ε_t ≐ koeficijent toplinskog istezanja p/1° C
E = mjera elastičnosti u kp/mm² = $\frac{1}{a}$
(a = koeficijent elastičnog istezanja),
P_1, P_2 ≐ opterećenje u kp/m,
t_1, t_2 = temperatura u °C,
σ_1, σ_2 ≐ provjes u m
h_1, h_2 = naprezanje u kp/mm²

Za stanje koje se uzelo kao osnovica računa vrijedi indeks 1, a za stanje u času polaganja indeks 2.

Provjes jednog voda kod temperature polaganja sa dodatnim teretom P, npr. svjetiljkom, može se izvesti kako slijedi:

Prema jednadžbi 2 je

$$\sigma_I = \frac{a\,(p_1\,a + 2\,P)}{8\,q\,h_1}$$

i

$$\sigma_2 = \frac{a\,(p_2 \cdot a + 2\,P)}{8\,q\,h_2}$$

Uvršteno u jednadžbu 5.

$$\frac{8}{3}\,\frac{h_2^1}{a} - \frac{8}{3}\,\frac{h_1^2}{a} = \varepsilon t\,a\,(t_2 - t_1) + \frac{a^2}{8\,q\,E}$$

$$\left(\frac{p_2 \cdot a + 2\,P}{h_2} - \frac{p_1\,a + 2\,P}{h_1}\right) \text{ ili } h_2^2 - \frac{3\,a^3\,(p_2 \cdot a + 2\,P)}{64\,qhE_2} =$$

$$= \frac{3}{8}\,\varepsilon t\,a^2\,(t_2 - t_1) + h_1^2 - \frac{3\,a^3\,(p_1\,a + 2\,P)}{64\,qEh_1} \qquad (7)$$

Primjer 3

U početku proračunati vod se polaže kod temperature od $t_2 = 15^0$ C.

Treba proračunati provjes i silu natezanja koju treba održati kod polaganja

$$E = 1{,}9 \cdot 10^3 \text{ kp/mm}^2, \ \varepsilon_t = 1{,}1 \cdot 10^{-5}$$

Uvrštavanjem brojčanih vrijednosti u jednadžbu 6 dobiva se:

$$h_1^2 - \frac{0{,}362}{h^2} = -0{,}414; \text{ odakle } h_2 = \text{oko } 0{,}52 \text{ m}$$

Pripadno naprezanje užeta je tada:

$$\sigma = \frac{1}{8} \cdot \frac{p_2}{q} \cdot \frac{a_2}{h_2} = \frac{1}{8} \cdot \frac{0{,}255}{10{,}5} \frac{50^2}{0{,}52} = 14{,}6 \text{ kp/mm}^2 .$$

Sila, kojom kod polaganja treba nategnuti vod jest:

$$Z_z = q \cdot \sigma 2 = 10{,}5 \cdot 14{,}6 = 153 \text{ kp} .$$

Provjes ovog voda kom temperature polaganja od 15⁰ C, opterećenog svjetiljkom vlastite težine od 8 kg, izračunava se uvrštavanjem vrijednosti u jednadžbu 7:

$$h_2^2 - \frac{0{,}362}{h_2} = 0{,}847; \quad h_2 = 1{,}1 \text{ m} .$$

Kritični raspon

Postoji jedan raspon, kod kojeg uz — 20⁰ bez tereta leda nastupa ista napetost užeta kao i kod — 5⁰ s ledom. Ovaj se raspon naziva kritični raspon koji se može odrediti iz jednadžbe 4, pri čemu se uvrsti:

$$t_1 = -20^\circ \quad \text{i} \quad \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma \text{ dop.}$$

h_2 i h_1 izraze se pomoću σ_1 i σ_2 prema jednadžbi 1 i uvrste se ove vrijednosti u jednadžbu 4. Tada je:

$$\frac{a_2^2}{24 \cdot q \cdot \sigma \text{ dop.}} (p_2^2 - p_1^2) = \sigma t \cdot a (t_2 - t_1) .$$

Odakle se dobiva kritični raspon

$$a = q \cdot \sigma \text{ dop.} \sqrt{\frac{24 \cdot \varepsilon t \, [t_2 - t_1)}{p_2^2 - p_1}} \qquad (8)$$

Sa dodatnim teretom je kritični raspon:

$$a = -\frac{2P}{p_2 + p_1} + \sqrt{\frac{4P^2}{(P_2 + P_1)^2} + \frac{\varepsilon t (t_2 - t_1) \cdot 24 q^2 \cdot \sigma \text{ dop.}^2}{p_2^2 - p_1^2}}$$

Najveće vlačno naprezanje nastupa kod svih raspona ispod kritičnog raspona kod —20⁰, a kod svih raspona preko kritičnog kod —5⁰ C i dodatnog tereta (leda). Za vod koji se ovdje razmatra jest kritični raspon kod $t_1 \doteq -20^0$ i $t_2 = -5^0$ i pripadnih opterećenja $p_1 = 0{,}255$ kp/m i $p_2 \doteq 0{,}8$ kp/m

$$a = 10{,}5 \cdot 28 \sqrt{\frac{24 \cdot 1{,}1 \cdot 10^{-5} \cdot 15}{0{,}8 - 9{,}255}} = 24{,}4 \, m .$$

U primjeni je bilo ispravno postaviti u proračun kao osnovu temperaturu od —5⁰ sa ledom. Kod naprezanja ispod kritičnog raspona mora biti provjes tako velik, da se dopušteno naprezanje kod —20⁰ ne prekorači.

Prema jednadžbi 1 odn. jednadžbi 2 (sa dodatnim teretom P) može se provjes h kod —20⁰ izračunati uvrštavanjem σ dop.

2.5. Strujna opteretivost samonosivih kabela PP/O i PP/O-A

STRUJA U A

Nominalni presjek vodiča (mm²)	Jednožilni		Dvožilni		Tro i četvero žilni	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
1,5	35	—	30	—	25	—
2,5	50	—	40	—	35	—
4	65	52	50	40	45	36
6	85	68	65	52	60	48
10	110	86	90	72	80	64
16	155	125	120	96	110	88
25	200	160	155	125	135	110
35	250	200	185	150	165	130
50	310	250	235	190	200	160
70	380	305	280	225	245	195
95	460	370	335	270	295	235
120	535	430	380	305	340	270
150	610	490	435	350	390	310
185	685	550	490	390	445	355
240	800	640	570	455	515	410

Dodatak

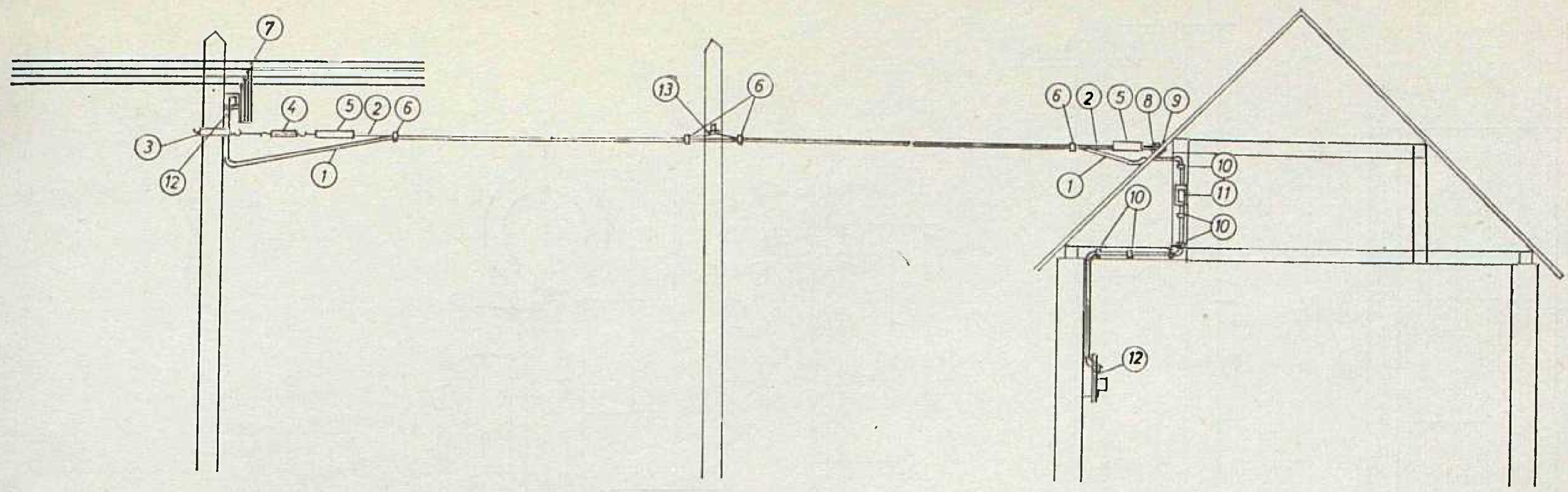
Primjeri predmjera materijala i cijena kompletnih izvedbi kućnih priključaka sa samonosivim kabelom (cijene iz 1970. g.)

1. Jednofazni priključak sa samonosivim kabelom PP/0-A 2 × 16 mm² — stup sa kukom — krov sa crijepom — duljine 20 m

— kabel PP/0-A 2 × 16 mm² 20 m	d 165,00
— pribor za stup sa kukom	d 45,56
— pribor za krov sa crijepom	d 50,09
— stezaljke Al Cu 2 ×	d 12,60
— plastična uvodnica 23 ∅	d 0,40
— obujmica OG 18—26 sa vijcima 3 ×	d 6,03
— rad	d 222,20
Svega	d 511,88

2. Trofazni priključak sa samonosivim kabelom PP/0-A 4 × 16 mm² — stup sa kukom — krov za crijepom — duljine 20 m

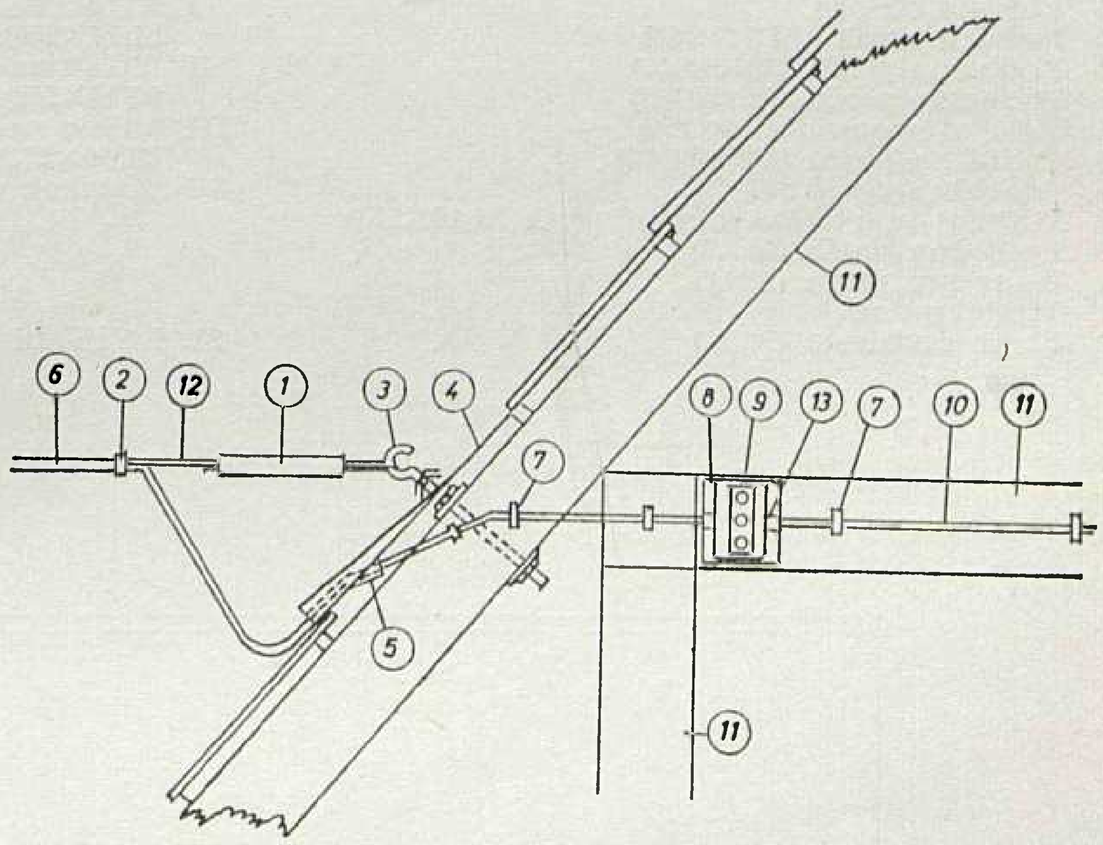
— kabel PP/0-A 4 × 16 mm² 20 m	d 241,00
— pribor za stup sa kukom	d 45,56
— pribor za krov sa crijepom	d 50,09
— stezaljke Al Cu 4 ×	d 25,20
— plastična uvodnica 23 ∅	d 0,40
— obujmica OG 18—26 sa vijcima 3 ×	d 6,03
— tavanski osigurač komplet	d 71,00
—rad	d 305,50
Svega	d 744,78



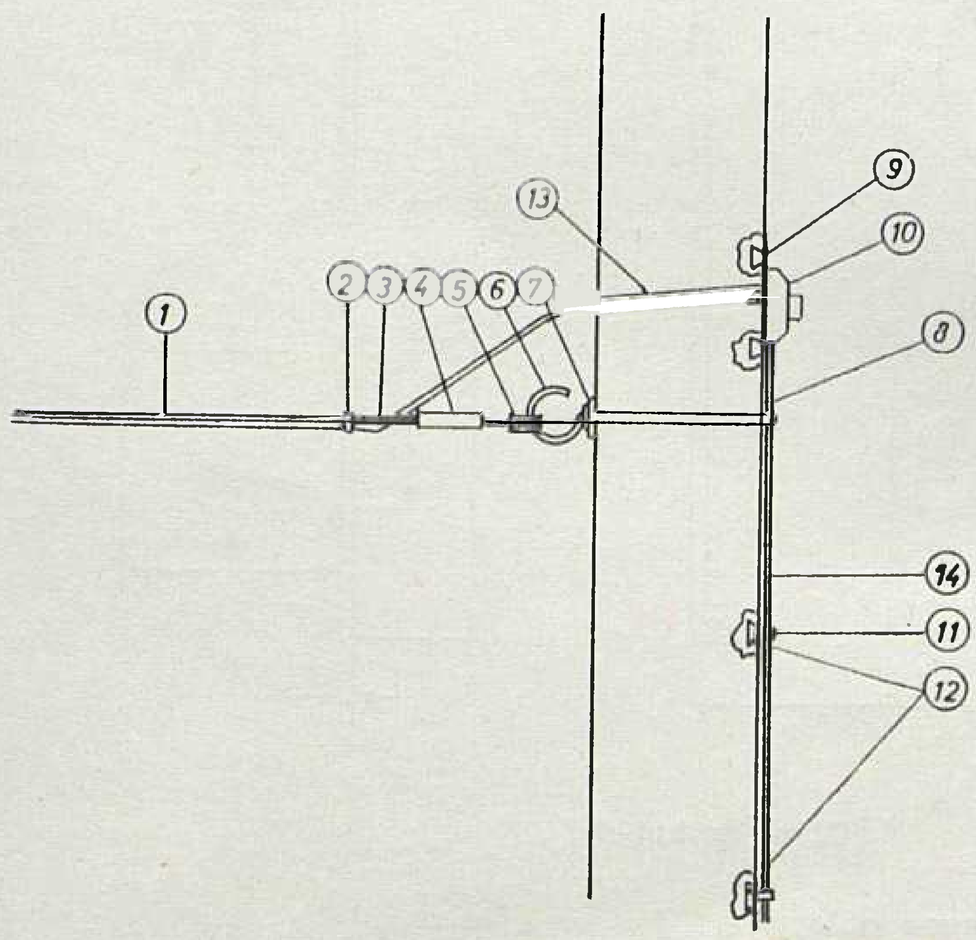
1 Samonosivi kabel PP/O-A
2 Nosno Če uže
3 Obujmica za zavješenje
4 Zatezni vijak
5 Otponska stezaljka
6 Limeni prsten
7 Stezaljka Al-Cu ili Al
8 Vijak za gredu
9 Krovna limena obloga
10 OG obujmica
11 Oklopljeni tavanski osigurač
12 Razvodna ploča
13 Nosač za samonosivi kabel
14 Obujmica

Sl. 1 Skica priključka sa samonosivim kabelom PP/O-A

1 Otponska stezaljka
2 Pocinčana vezica
3 Kukasti vijak (Pocinčani vijak M 14×350)
4 Krovna limena obloga
5 Alkaten cijev o 30
6 Samonosivi kabel PP/O-A
7 Odstojna OG obujmica
8 Zaštitni lim
9 Oklopljeni tavanski osigurač
10 PGP vodič
11 Krovna konstrukcija
12 Nosno čelično uže
13 Bergman plastična uvodnica Ø 23

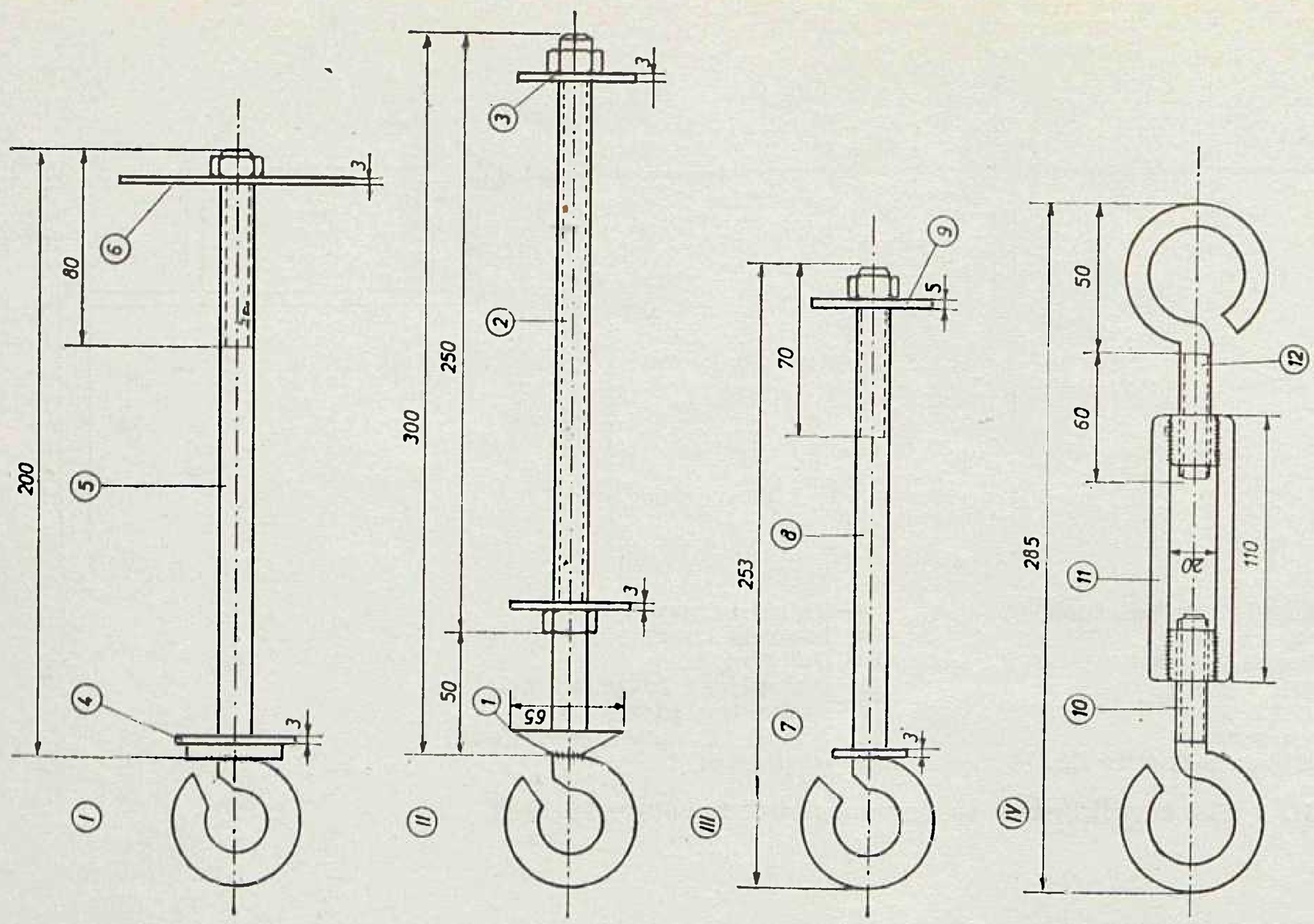


Sl. 2 Detalj zavješenja na krovnu konstrukciju



1 Kabel PP/O-A
2 Pocinčana vezica
3 Čelično uže
4 Zatezna stezaljka
5 Čelično jezgro
6 Vijak za zid — sa kukom
7 Podložna ploča (Pocinčani lim 50×50×3)
8 Podložna ploča (Pocinčani lim 80×100×3)
9 Drveni uložak
10 Oklopljeni osigurač
11 OG obujmica
12 Drveni uložak
13 Alkaten cijev O 1"
14 PGP vod

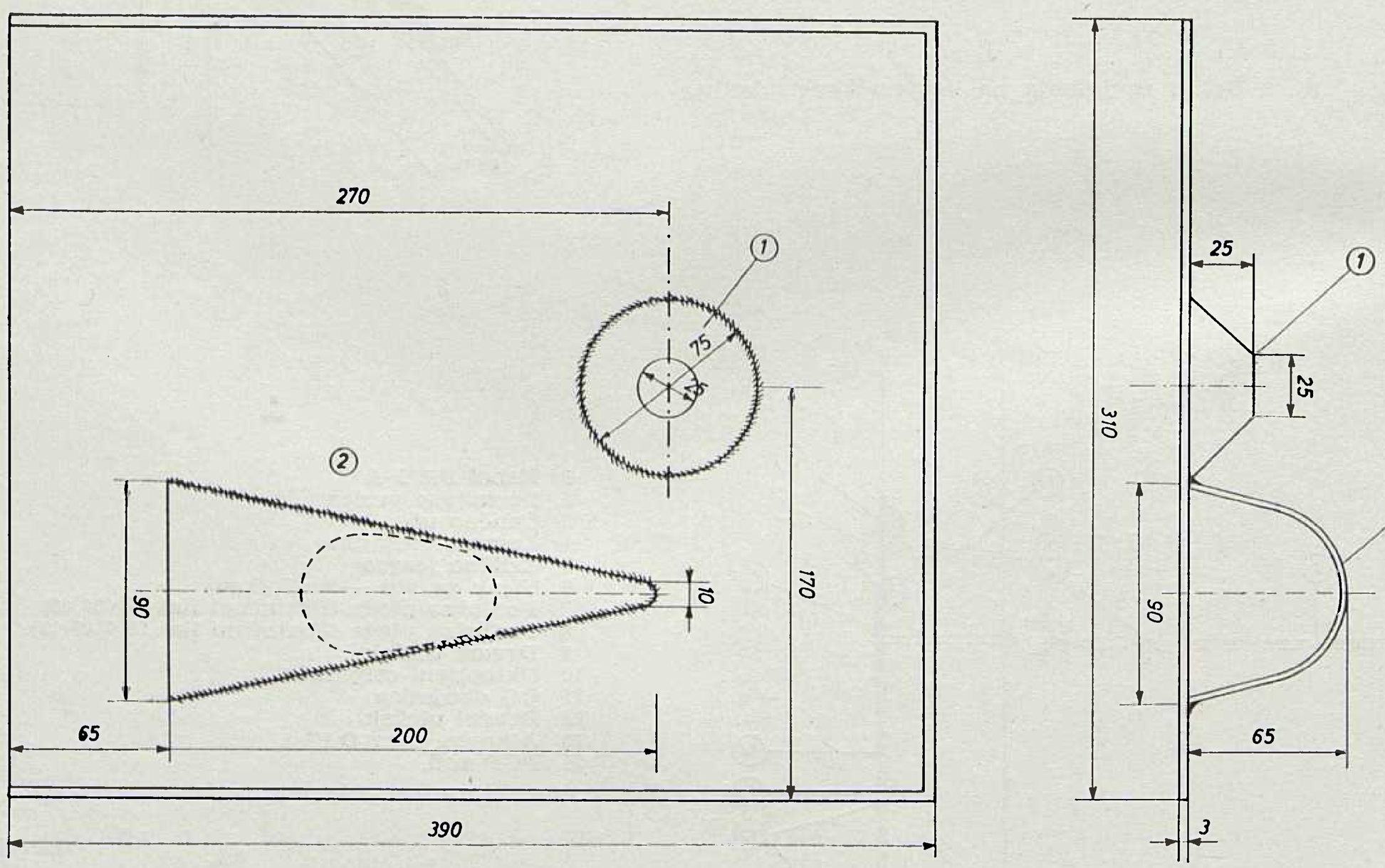
Sl. 3. Detalj zavješenja samonosivog kabela PP/O-4



1 Limena obloga
2 Matični vijak (M 14×250)
3 Podložna ploča (50×50×3)
4 Podložna ploča (50×50×3)
5 Matični vijak (M 14×250)
6 Podložna ploča (100×80×3)
7 Podložna ploča (31×3)
8 Matični vijak (Pocinčani vijak M 10×253)
9 Podložna ploča (50×3)
10 Kuka s vijkom (M 12)
11 Tijelo spone
12 Kuka s vijkom (M 12)

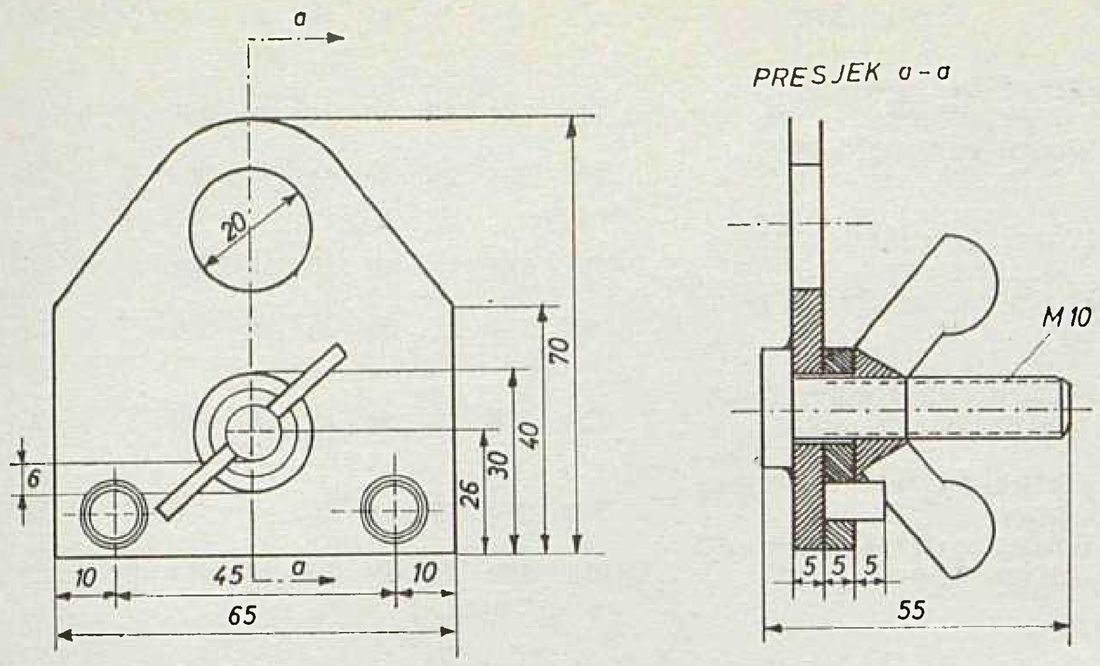
I Vijak za zavješenje na zid (Matični vijak - pocinčani M 14×250)
II Vijak za zavješenje na gredu (Matični vijak - pocinčani M 14×250)
III Vijak za zavješenje na stup (Matični vijak - pocinčani M 10×253)
IV Zatezni vijak (Pocinčani vijak M 1/2)

Sl. 4 Vijčani pribor za zavješenje samonosivog kabela PP/O-A



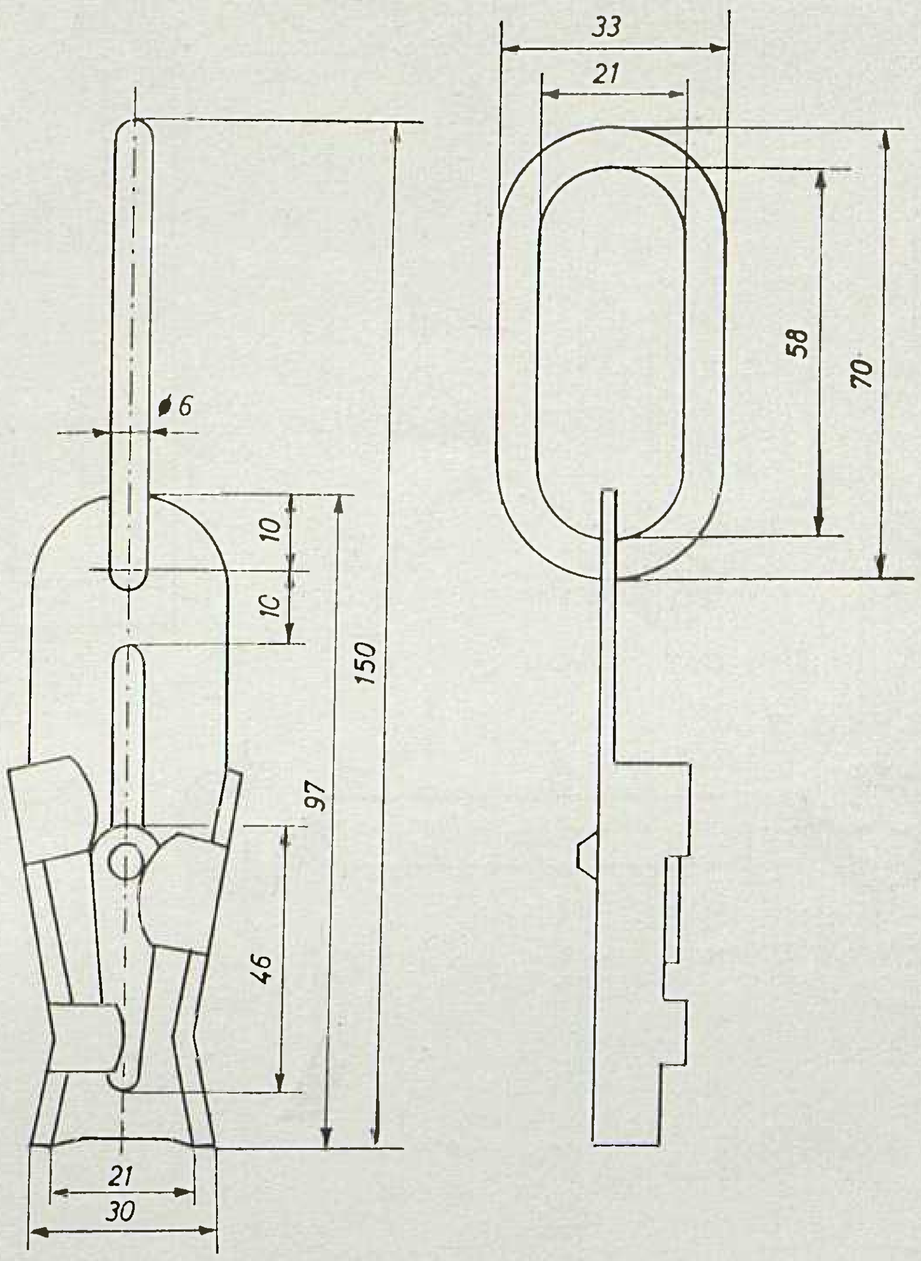
1 Otvor za kuku 2 Otvor za kabel

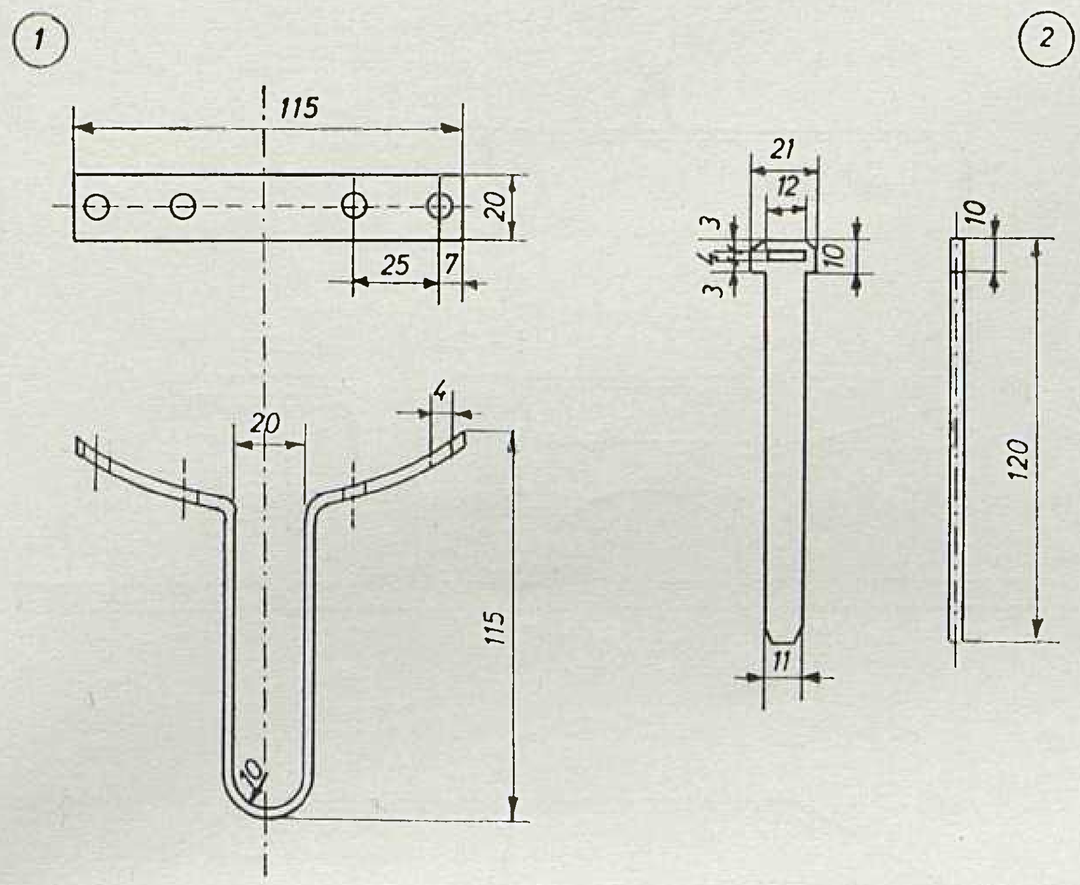
Sl. 5 Krovna limena obloga



Sl. 6 Ovjesna stezaljka

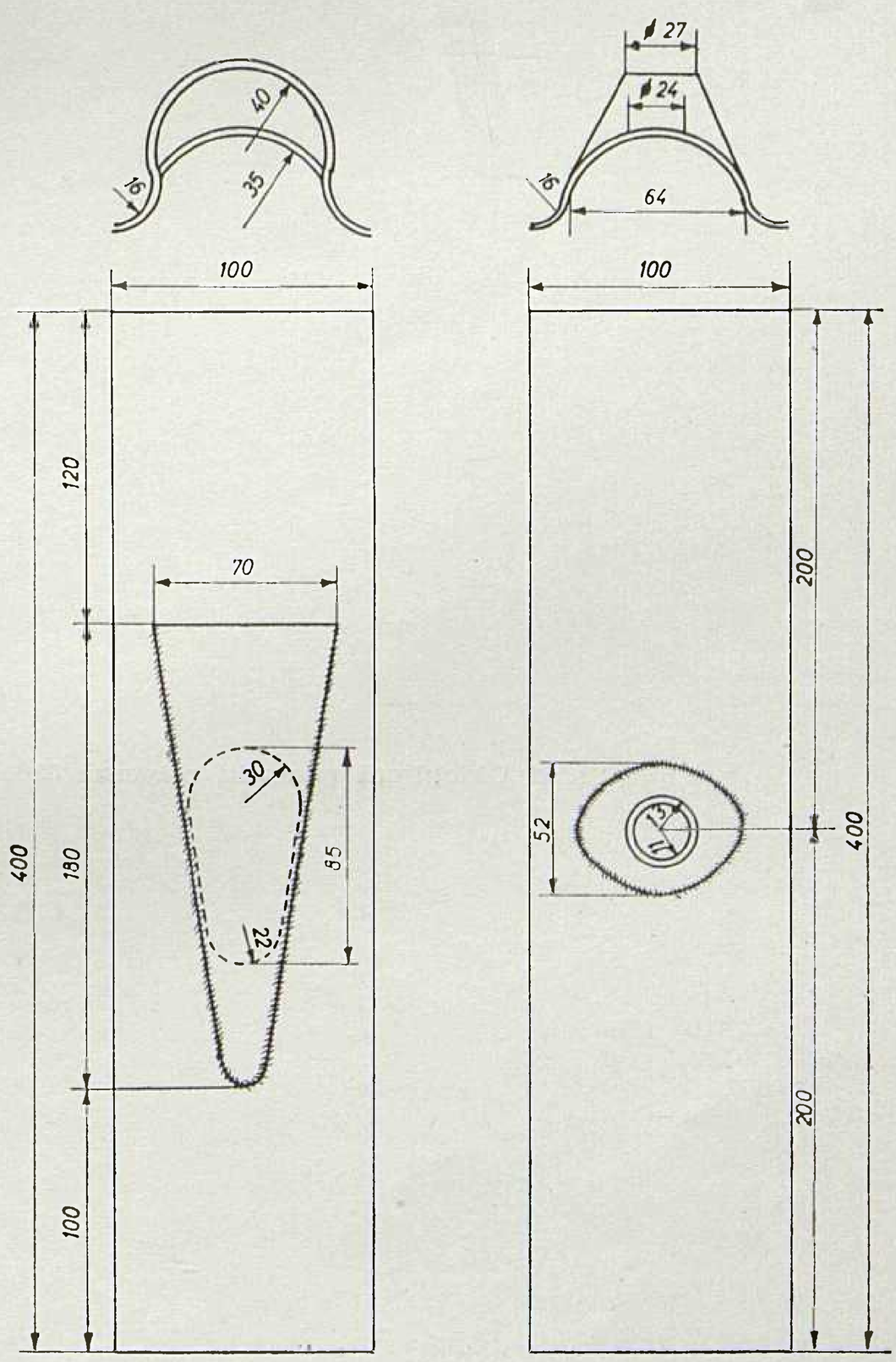
Sl. 7 Otponska stezaljka



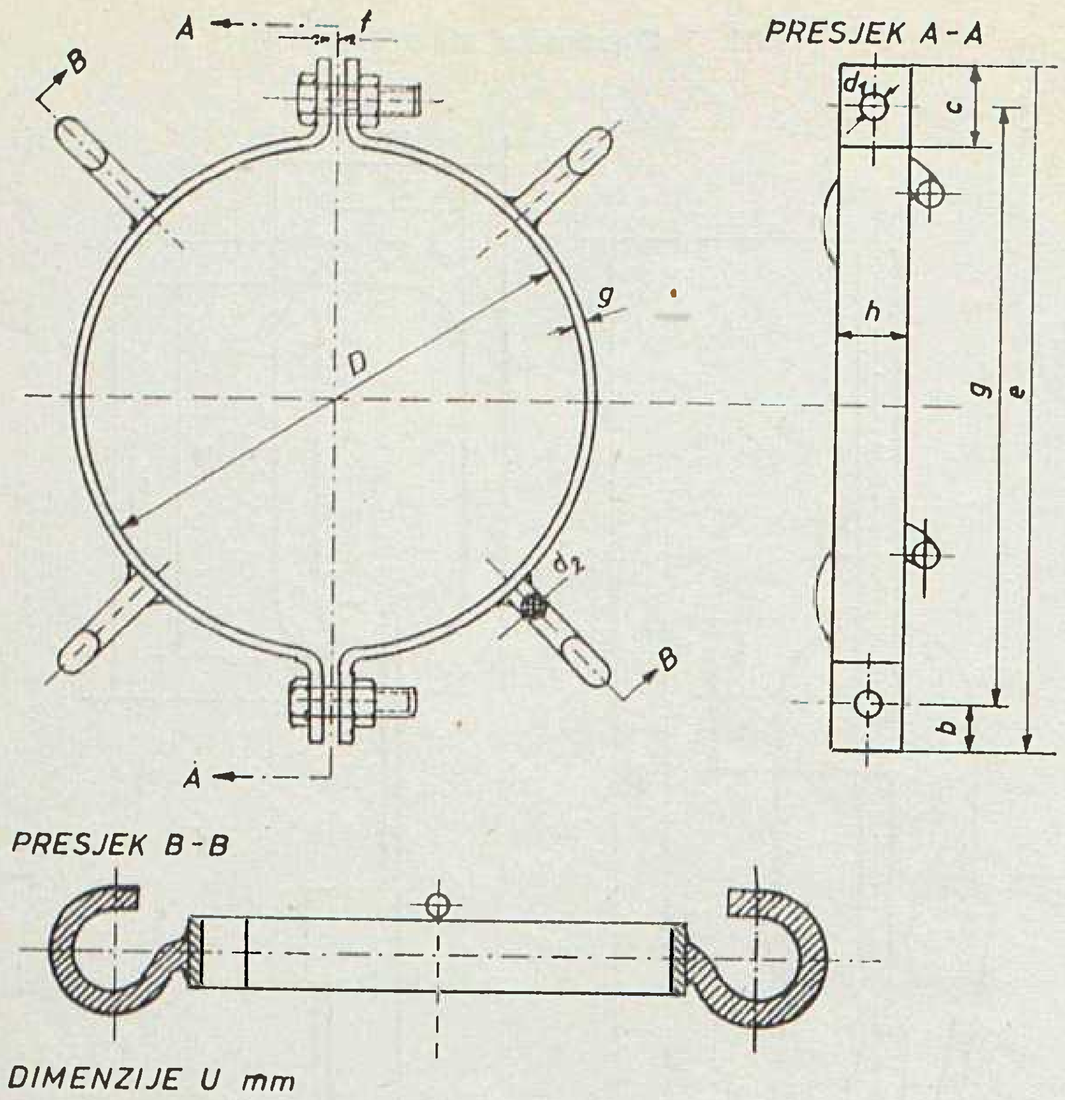


1 Pocinčana *U* obujmica
2 Limeni prsten

Sl. 8 Pribor za samonosivi kabel PP/O-A

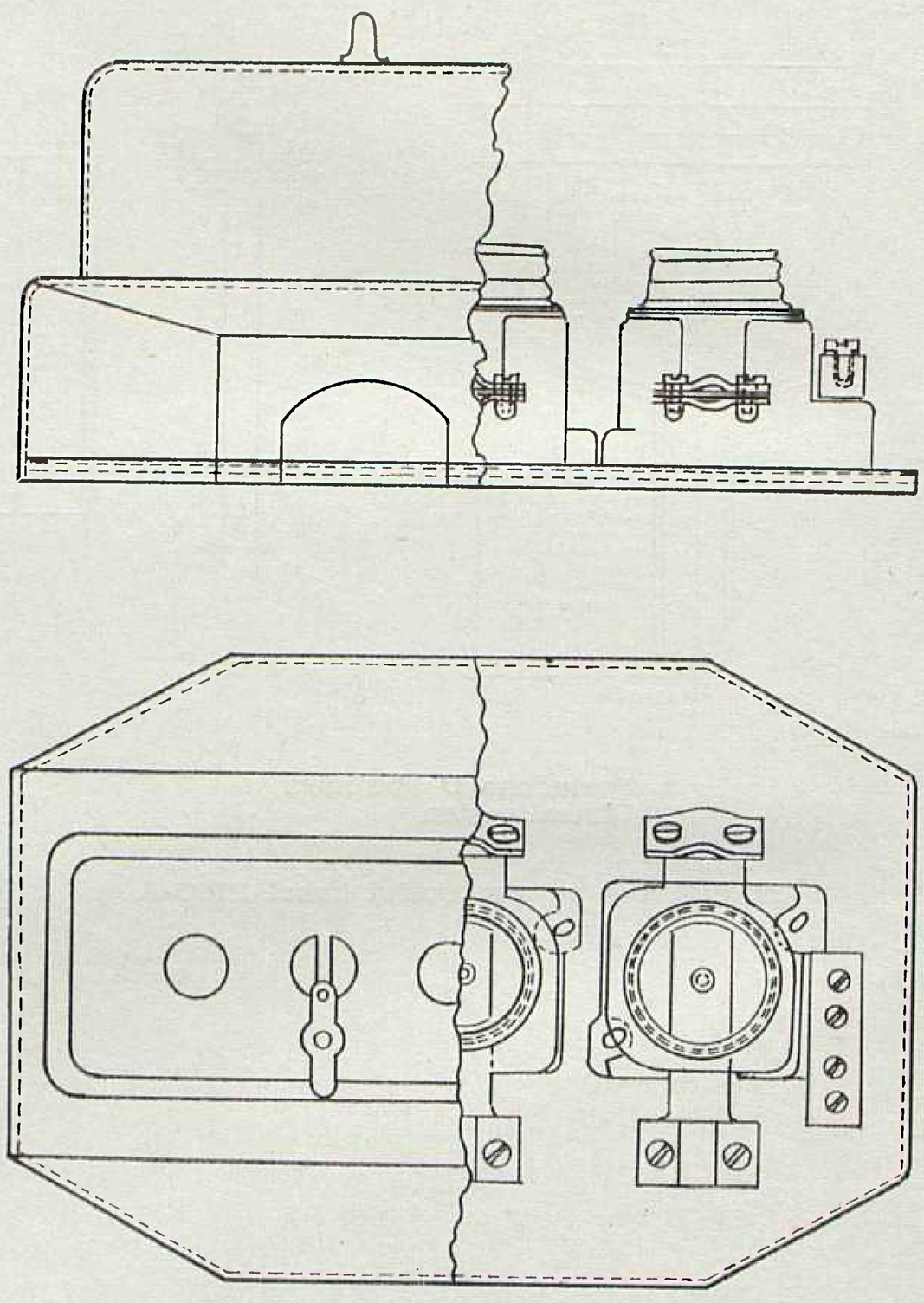


Sl. 9 Limeni krovni obruč za salonitni krov



Vrsta stupa	D	g	b	c	d_1	d_2	e	f	g	h
Nosni betonski stup NPs 12⁰ 9 m	145	185	15	30	10	10	205	5	5	25
Nosni betonski stup NPs 12⁰ 10 m	145	185	15	30	10	10	205	5	5	25
Kutni betonski stup As 20⁰ 9 m	175	215	15	30	10	10	235	5	5	25
Kutni betonski stup As 20⁰ 10 m	175	215	15	30	10	10	235	5	5	25
Kutno zatezni betonski stup AZs 40⁰ 9 m	230	270	15	30	10	10	290	5	5	25
Kutno zatezni betonski stup AZs 60⁰ 9 m	250	290	15	30	10	10	310	5	5	25
Kutno zatezni betonski stup AZs 60⁰ 10 m	250	290	15	30	10	10	310	5	5	25

Sl. 10 Obujmica za samonosivi kabel za betonski stup



Sl. 11 Oklopljeni tavanski osigurač 63 A

»Elektra« — Čakovec

ELEKTROPRIVREDA NEKIH ZEMALJA CENTRALNE AFRIKE

U člancima posvećenim elektroprivredi afričkih zemalja časopis Energy International pisao je o gotovo svim afričkim zemljama. U broju 8, od kolovoza ove godine, opisuje se elektroprivreda zemalja centralne Afrike. Obuhvaćene su one zemlje koje su nekad bile francuske kolonije, a danas održavaju vrlo tijesne veze s elektroprivredom Francuske (EdF). U većini ovih zemalja postoje privatne ili nacionalizirane kompanije koje se bave proizvodnjom, prijenosom i razdiobom električne energije. EdF šalje u te zemlje stručnjake, provodi obuku za kadrove tih zemalja u francuskim tehničkim školama, i općenito znatno utječe na elektroprivredu zemalja centralne Afrike: Mauritaniju, Senegal, Gabon, Čad, Niger, Mali, Kamerun i Obalu Slonovače.

Mauritanija

Mauritanija ima nacionanlu elektroprivrednu organizaciju a glavnog tehničkog rukovodioca postavlja EdF. Ona gotovo i nema industrije. Jedine razvijenije djelatnosti su ribolov i rudnici bakra.

Većina energetskih postrojenja su dieselelektrane locirane na pet glavnih mjesta:

— Nouakchott: dvije diesel jedinice po 220 kW, dvije po 500 kW i jedan turboagregat od 1,6 MW (od njega se 800 MW koristi za desalinaciju morske vode, a ostatak za električnu energiju).
— Rosso: dva dieselagregata po 75 kW i dva po 150 kW.
— Nouadhibou: jedanaest dieselagregata po 1 MW.
— Zouerate: dva dieselagregata po 1,1 MW i četiri po 2,2 MW.
— Kaedi: dva dieselagregata po 100kW i jedan od 200 kW.

Ukupna instalirana snaga svih proizvodnih kapaciteta u Mauritaniji iznosi danas 21,49 MW. Distributivna mreža je izgrađena i opremljena za napon 15 kV, ali zasad radi sa 5,5 kV, a niskonaponska mreža ima napon 220/380 V. Ukupna duljina nije poznata. Ukupna proizvodnja električne energije bilježi stalan porast, sa 0,4 GWh u 1960. godini, na 5,3 u 1965. i 17,5 GWh u 1970. godini.

Senegal

Senegal ima malo prirodnih izvora energije. Proizvodnja i distribucija električne energije je u rukama nekoliko samostalnih kompanija. Proizvodnja električne energije raste sa 129 GWh u 1960, na 237 GWh 1965. i 310 GWh u 1970. Ukupna instalirana snaga svih izvora je 56,38 MW. Značajnija postrojenja su:

— Bel Air I: sa pet turboagregata ukupne snage 12,8 MW.
— Bel Air II: sa četiri turboagregata ukupne snage 12 MW.
— Cap des Biches: sa jednim turboagregatom od 27,5 MW.
— St. Louis: sa jednim dieselagregatom od 1,2 MW,
— i Kaolack: sa jednim dieselagregatom od 1,1 MW,

dok je u nekoliko manjih dieselskih postrojenja instalirano ukupno 1,78 MW.

Distributivna mreža je 1968. imala 106 km voda 90 kV, 389 km od 30 kV, 265 km od 6,6 ili 5,5 kV i oko 1060 km niskonaponske mreže.

Gabon

Nacionalna elektroprivredna organizacija u Gabonu je Société d'Eau et d'Electricité du Gabon. Ona je udružena sa EdF. U suradnji sa EdF vlada Gabona gradi hidroelektranu Kinguele i hidroelektranu Poubara. Električna energija se proizvodi u ovim područjima:

— Liberville: jedna diesel jedinica od 1200 KS, tri od 1500 KS i pet jedinica od 2200 KS. U pespektivi bit će ugrađene još tri od 2200 KS. Distribucija obuhvaća 67 km voda 20 kV i 67 km od 220/380 V.
— N' Toum: tri diesel jedinice od 500 KS za pumpnu stanicu i selo N'Toum.
— Kinguele: hidroelektrana sa dva agregata od 9,6 MW za snabdijevanje grada Libervilla preko prijenosnog voda 90 kV dugog 100 km.
— Port Gentil I je parna termoelektrana sa tri turboagregata od po 2 MW i tri dieselagregata od po 1,2 MW. Port Gentil II ima tri diesel jedinice po 3 MW. Za ove dvije elektrane postoji slijedeća distributivna mreža: tri zračna voda od 5,5 kV duga 22 km, četiri kabela 5,5 kV duga 7 km i dva zračna voda 20 kV duga 15 km.
— Lamberene: dva dieselagregata od 135 kW, jednog 85 kW i jednog od 200 kW.
— Oyam: sa parnom termoelektranom sa dvije jedinice po 90 kW i jednom hidroelektranom sa 200 kW. Distributivna mreža ima ukupno 17,7 km visoko i niskonaponskog voda.

Čad

Električna distribucija je u Čadu pod kontrolom javne koncesije. Proizvodnja je 1960. godine iznosila 7,5 GWh, 1965. 19 GWh a 1970. godine 45 GWh. Glavno proizvodno postrojenje je u gradu Fort Lamy sa pet dieselagregata ukupne snage 11,4 MW. Osim ovog postrojenja postoji još nekoliko manjih postrojenja. Distributivna mreža u Fort Lamyju ima srednjenaponsku i niskonaponsku mrežu. Ukupno je 86255 km zračne i 30398 km kabelske mreže.

Niger

Proizvodnja i distribucija električne energije povjerena je lokalnoj kompaniji. Proizvodnja je 1960.

iznosila 7,8 GWh, 1965. god. 18,3 GWh a 1970. godine 40 GWh. Glavna proizvodna jedinica je u Niameyu. U Niamey I instalirano je šest jedinica po 1 MW, a u Niamey II jedna jedinica od 3,2 MW i jedna od 1,6 MW. Uz ove postoji još nekoliko manjih postrojenja.

U Nigeru postoji 55 km vodova 15 kV, 48 km od 5,5 kV i 135 km mreže 220/380 V i to je cjelokupni distributivni sistem Nigera.

Mali

Proizvodnju električne energije kontrolira privatna kompanija Energie du Mali. Porast proizvodnje električne energije posljednjih godina je nešto smanjen zbog novčanih teškoća. U 1960. godini proizvodnja je iznosila 15 GWh, u 1965. 28 GWh a u 1970. godini 40 GWh. Glavni izvor za snabdijevanje glavnog grada Bamaka je hidroelektrana Sotuba. Ona ima dvije Kaplan turbine i agregate snage 5,2 MW i godišnju proizvodnju od 35 MWh.

Distributivna mreža ima dva voda 30 kV ukupne dužine 25 km, jednog 5 kV voda dugog 44 km i oko 8000 km mreže niskog napona.

Kamerun

U Kamerunu EdF sudjeluje u dvije nacionalne elektroprivredne organizacije. Jedna od njih gradi i eksploatira hidropostrojenja za napajanje električnom energijom postrojenja aluminijske industrije u Yaoundeu. Druga organizacija provodi elektrifikaciju. Ukupna proizvodnja povećala se sa 890 GWh u 1960., na 1082 GWh u 1965. i na 1150 GWh u 1970. Ovaj iznos podijeljen je na ove organizacije: West Cameroun Electricity Corp. (10 GWh), Municipal plants (8,7 GWh), Energie Electrique de Cameroun (974,8 GWh) i Electricité du Cameroun (36,8 GWh).

Instalirana snaga u hidroelektranama od 155 MW bit će povećana na 195 MW puštanjem u pogon dviju novih grupa od 20 MW. Maksimalna proizvodnja iznosi 1,2 TWh. Distributivna mreža ima vodove 15, 30 i 90 kV.

Obala Slonovače

Ova zemlja ima nacionalnu elektroprivrednu kompaniju kojoj EdF pomaže na tehničkom planu. Postoje dva hidropostrojenja Ayame I i II i jedna parna termoelektrana Vridi, uz još nekoliko manjih lokalnih postrojenja rasutih po cijelom prostoru Obale Slonovače. Proizvodnja raste sa 65 GWh u 1960. godini, na 205 GWh u 1965. i 490 GWh u 1970. Najvažnije su hidroelektrane na rijeci Bia:

— Ayame I sa dvije grupe od po 10 MW i
— Ayame II sa dvije grupe od po 15 MW.

Ukupna proizvodnja iz ovih hidroelektrana iznosi 250 GWh. Najvažnije termoelektrane su:

— Abiđan sa tri dieselagregata od 2 MW, sa dvije parne termoelektrane od po 6 MW i jednom plinskom turbinom od 12 MW.

— Vridi: parna termoelektrana sa 132 MW puštena u pogon 1963. i jednom jedinicom od 32 MW puštenom u pogon 1970. godine.

Distributivna mreža ima vodove od 5,5 kV, 15 kV i 30 kV i niski napon 220/380 V. Prijenosni sistem se sastoji od dva voda 90 kV, svaki dug 140 km i mreže 30 kV ukupne duljine 500 km.

J. Moser

PERSPEKTIVE RAZVOJA ELEKTROENERGETIKE BRAZILIJE

Financijski ugovori sa svjetskom bankom omogućit će Braziliji da udvostruči instaliranu snagu u elektranama. Za to će trebati slijedećih 7 godina uložiti 800 milijuna dolara. Radi toga se očekuje da će oko 1980. godine Brazilija raspolagati sa 27.000 MW.

Brigu o ovim investicijama vodi poduzeće Eletrobras, državno poduzeće koje ima 16 pogona i 23 udruženih poduzeća. Ovo poduzeće je razradilo program razvoja elektroenergetike u Braziliji. Po tom programu predviđa se izgradnja nekoliko hidroenergetskih objekata koji će biti među najvećim u svijetu, a u isto vrijeme se predviđa izgradnja niza malih lokalnih dieselskih postrojenja.

Gradovi na sjeveru zemlje, Recife i Salvador napajat će se preko 800 km dugog dalekovoda, koji će prenositi snagu iz hidroelektrane Paulo Afonso na rijeci Sao Francisco u državi Bahia. Kad bude potpuno završena ova će elektrana imati instaliranu snagu od 1.000 MW, dok sada raspolaže sa 815 MW. Na istoj rijeci se gradi elektrana Tres Marias od 520 MW, koja ima zemljanu branu dugu oko 4 km. Procijenjeno je da sliv rijeke Sao Francisco ima potencijal od 12.000 MW.

Prema programu predviđa se da će na rijekama Rio Grande, Rio Paranapanema i Rio Salto biti izgrađena serija manjih elektrana. Na ovim rijekama izgrađeno je dosad nekoliko značajnijih elektrana. Jedna od njih je i Furnas Falls 900 MW, koja će u konačnoj izgradnji imati 1300 MW. Ova elektrana je udvostručila raspoloživu električnu energiju u južnim i centralnim dijelovima Brazilije. Nalazi se na rijeci Rio Grande oko 300 km sjeverno od Sao Paula.

Oko 140 km nizvodnije od Furnasa nalazi se hidroelektrana Estreito. Ona je puštena u pogon 1969. godine sa 533 MW, a konačno bi trebala imati 800 MW. Na istoj rijeci je hidroelektrana Jaguara oko 25 km uzvodno od Furnasa. Sadašnji instailrani kapacitet ove elektrane sa 400 MW treba povećati na 600 MW. Proširit će se i hidroelektrana Peixotos na istoj rijeci za daljnjih 300 MW.

Sva ova proširenja su moguća jer se potencijal rijeke Rio Grande procijenjuje na 8.000 MW. Predviđeni su radovi na objektima Porto Colombia (360 MW) i Volta Grande (400 MW), i izgradnja prijenosne mreže u južnom i centralnom dijelu Brazilije. Ovdje se nalaze višemilijunski gradovi Sao Paulo i Rio de Janeiro. Radi njihovog napajanja postoji danas 4377 km dalekovoda.

Najveće investicije će se uložiti u projekt Urubupunga na rijeci Parani u državi Sao Paulo. Godine

1969. ugrađeni su prvi agregati u hidroelektrani Jupia, koja čini prvi dio projekta Urubupunga. Kada bude završena ova elektrana će imati 14 agregata sa po 100 MW svaki. Oko 80 km uzvodno gradi se zemljana brana i iza nje hidroelektrana Ilha Solteira sa 20 Francis turbina po 160 MW, tako da će 1974—75 ove elektrane raspolagati sa 4600 MW. Na rijeci Parama moguće je izgraditi još toliko MW nizvodno od Jupie i Ilha Grande. Ukupna ulaganja u projekt Urubupunga iznose oko 600 milijuna dolara.

Na rijeci Rio Salto proširit će se hidroelektrane Xavantes, Iguacu i Salto Ontario, tako da sa sadašnjih 450 MW imaju 1000 MW. U tu svrhu utroćit će se 85 milijuna dolara.

S obzirom na instaliranu snagu u hidroelektrani Boa Esperanza, čini se da je 72 milijuna dolara velika investicija za 216 MW. Međutim, socijalni i privredni efekt izgradnje ove elektrane je mnogo veći. Elektrana se gradi na rijeci Parnaiba na sjeveroistoku Brazilije.

Bez obzira na tako veliki hidropotencijal, pokazala se potreba da se izgradi nuklearna elektrana od 500 MW. Očekuje se da će ovo postrojenje proraditi 1976. godine na obalnom pojasu u blizini Rio de Janeira.

(Prema: Energy Iinternational, No. 8. 1971.)

J. Moser

Francuski petogodišnji plan izgradnje nuklearnih elektrana

U Francuskoj su razrađeni planovi izgradnje novih nuklearnih elektrana u slijedećem petogodišnjem razdoblju. U tom periodu će Electricité de France izgraditi 7 ili 8 novih nuklearnih elektrana. One će imati instaliranu snagu od ukupno 8000 MW. Na taj način se žele spriječiti neugodne posljedice krize nafte u svijetu.

ETZ-B, Bd. 23 (1971) H. 10

J. M.

Cijena kWh iz nuklearne elektrane jednaka cijeni iz hidroelektrane

Prva nuklearna elektrana u Austriji gradit će se u mjestu Zwentendorf u pokrajini Niederösterreich. Ona će imati snagu 700 MW. Interesantno je da će cijena električne energije proizvedene u ovoj elektrani biti 3 do 3,1 Pf/kWh, a toliko iznosi i cijena proizvedenog kWh u dunavskim hidroelektranama. Ova nuklearna elektrana bi se trebala graditi četiri godine i u 1976. bi trebala biti u pogonu.

ETZ-B, Bd. 23 (1971) H. 10

J. M.

Elektrificiranost francuskih željeznica

Svršetkom 1969. godine bilo je u Francuskoj elektrificirano 9029 km željezničkih purga. To je 24,6% cjelokupne željezničke mreže. Međutim, po tim elektrificiranim prugama odvija se 77% cjelokupnog željezničkog prometa. Na dan 31. prosinca 1969. stanje prema naponima bilo je slijedeće: 4818 km sa 1500 V istosmjerno, 3966 km sa izmjeničnim monofaznim sistemom 25 kV, 50 Hz, dok je 245 km riješeno s nekim drugim sistemima.

ETZ-B, 12/70

J. M.

Broj zaposlenih u elektroindustriji SR Njemačke

Tjekom 1969. broj osoba zaposlenih u elektroindustriji Zapadne Njemačke povećao se za 100.000. Prvih mjeseci porast se usporio pa je u svibnju bilo zaposleno 757.000 radnika i 310.000 službenika. Za isto razdoblje plaće su se povećale za 15% prema prethodnoj godini.

ETZ-B, 12/70

J. M.

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA

KARLOVAC

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

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

Suradnja elektrodistribucije i »Rade Končara«

Tvornica »Rade Končar« i poduzeće »Elektroopskrba« potpisali su ugovor o poslovno-tehničkoj suradnji od 1971. do 1975. o opskrbi opremom elektrodistribucije SR Hrvatske.

Ugovoreno je da tvornica »Rade Končar« za to razdoblje osigura glavni dio opreme za elektrodistributivna postrojenja. To se u prvom redu odnosi na nova prijenosna postrojenja. Ugovoreno je također da proizvođač osigura i potrebne dijelove i uređaje za postojeće distributivne objekte.

Potpisivanje ugovora o poslovno-tehničkoj suradnji značajno je za oba partnera. *I. R.*

Izgradnja HE Čapljina

Sredinom ove godine otpočeli su pripremni radovi na izgradnji HE Čapljina, instalirane snage 450 MW s godišnjim kapacitetom od 850 milijuna kWh električne energije.

Buduća HE Čapljina, zajedno s već izgrađenim hidroelektranama u Dubrovniku i Trebinju, koristit će vodu iz sliva Trebišnjice i Neretve. Vrijednost ove hidroelektrane je i u tome, što će ona prva u zemlji imati reverzibilne turbine koje omogućuju kvalitetniju proizvodnju električne energije. *I. R.*

Mogućnost izgradnje naftovoda Rijeka — Bratislava

Predstavnici poduzeća naftne industrije iz Budimpešte i Praga razmotrili su na sastanku što je održan u Zagrebu početkom lipnja, plan i ponudu INE o izgradnji naftovoda Rijeka—Sisak—Botovo—Bratislava. Rafinerije u Mađarskoj i Čehoslovačkoj zainteresirane su za transport 10 milijuna tona nafte godišnje od Jadranskog mora do njihovih rafinerija.

Tijekom razgovora pronađena su zajednička rješenja pa se uskoro može očekivati njihov rezultat. *I. R.*

TS 110/30 kV Krasica u pogonu

Završeni su radovi na izgradnji I. etape TS 110/35 kV Krasica (kraj Rijeke), pa je postrojenje uključeno u redovan pogon. U I. etapi snaga transformatora je 2 × 20 MVA. Prvi transformator je montiran, a montaža drugog bit će završena do kraja godine. Novosagrađena transformatorska stanica u Krasici napaja se dalekovodom 110 kV HE Vinodol — HE Rijeka.

Zadatak je ovog postrojenja da omogući sigurnu opskrbu energijom industrijskog područja Bakar—Škrljevo, naročito bakarske luke i elektrovučne podstanice Meja i Vitoševo, zatim buduće tvornice peleta, crpne stanice budućeg naftovoda, i dr.

Nakon izvedenih montažnhi radova na drugom transformatoru pristupit će se konačnoj izgradnji TS 110/35 kV Krasica koja će imati ukupnu snagu transformacije 120 MVA. *I. R.*

Transformatorska stanica 110/35 kV Čakovec u pogonu

Završeni su građevni i montažni radovi na izgradnji transformatorske stanice 110/35 kV Čakovec. Nakon izvršenih tehničkih ispitivanja postrojenje je krajem svibnja ove godine pušteno u redovan pogon. Izgradnjom ovog prijenosnog postrojenja znatno će se poboljšati opskrba električnom energijom čakovečkog područja, koje će uskoro dosegnuti snagu od oko 12,3 MVA. Tu snagu ne bi mogla prenositi postojeća transformatorska stanica 35/10 kV u Čakovcu.

Osim toga nakon analiza se zaključuje da će se novom transformacijom na tom području gubici prijenosa smanjiti za nešto više od milijun kWh električne energije.

Transformatorska stanica 110/35 kV napajat će se postojećim dalekovodom 110 kV Nedeljanec—Čakovec i novoizgrađenim dalekovodom 110 kV Koprivnica — Čakovec. U prvoj etapi učinak redukcionih transformatora je 2 × 20 MVA, broj primarnih polja 4, te 9 sekundarnih polja.

Postrojenje 110 kV je otvorenog tipa, dok je komanda i 35 kV postrojenje izvedeno u zatvorenim prostorijama.

Investitor »Elektroprenos« iz Zagreba je građevne radove ustupio Međimurskom građevnom poduzeću, a montažu je izvelo poduzeće »Dalekovod«. Transformatori i veći dio elektro-opreme nabavljen je kod »Rade Končara«, a posebni mjerni i regulacioni uređaji su osigurani iz uvoza. *(I. R.)*

Završena gradnja DV 110 kV Sl. Požega — Nova Gradiška

Radovi na izgradnji dalekovoda 110 kV Sl. Požega — Nova Gradiška, u dužini od 32,3 km, potpuno su završeni. Gradnja je otpočela u siječnju ove godine. Vod je izveden na čeličnorešetkastim pocinčanim stupovima, tipa »jela«, s vodičima 3 × 150/25 Ač, zaštitno uže je od pocinčanog čelika presjeka 50 Če, a izolatori su kapasti, stakleni.

Izgradnjom dalekovoda 110 kV Sl. Požega — Nova Gradiška znatno će se poboljšati energetska situacija područja od Okučana do Batrine. Ovo konzumno područje napaja se dalekovodima 35 kV iz TS 110/35 kV Međurić pa je s obzirom na stalni porast potrošnje koja sada dosiže godišnju vrijednost od 7 do 8 MW bilo potrebno preći na napajanje višim naponom i sa dvije strane.

Novoizgrađeni dalekovod 110 kV Sl. Požega — Nova Gradiška polazi iz TS 110/80 kV Sl. Požega, što će biti završena krajem 1971, a krajnja točka buduća TS 110/35 kV Nova Gradiška. Dok ne budu izgrađeni ovi prijenosni objekti dalekovod 110 kV Sl. Požega — Nova Gradiška radit će pod naponom 35 kV.

Građevne i montažne radove na ovom dalekovodu izvele su stručne ekipe poduzeća »Dalekovod« iz Zagreba. *I. R.*

PROF. ING. VLADIMIR ŽEPIĆ

Nakon teškog bolovanja preminuo je 10. srpnja ove godine u Zagrebu prof. dipl. ing. Vladimir Žepić naš poznati i renomirani stručnjak. Svojom dobro poznatom energijom borio se dulje vremena da uspostavi svoje narušeno zdravlje, no teška boljetica odnijela je pobjedu. Prof. dipl. ing. Žepić rođen je 22. VIII. 1894. u Osijeku. Maturirao je u Zagrebu 1912, a diplomirao 1920. (uslijed ratnog prekida) na Visokoj tehničkoj školi u Berlinu. Svršetkom 1921. i početkom 1922. bio je na studijskom putovanju u Njemačkoj i Švicarskoj, zatim postaje šef projektnog, a kasnije i montažnog odjela ELIN-a u Zagrebu. To je doba izgradnje i projektiranja velikog broja elektrana i priključaka, gdje živo surađuje: Ogulin, Sušak (priključak na Tvornicu papira), Smederevo, Livno, Senj, Đakovo. Sudjeluje u projektiranju dalekovoda Skoplje — Tetovo, surađuje s hidroelektranom u Tetovu i gradskom mrežom u Skopju. Dalekovod i postrojenje 50 kV Dugi Rat — Split i čitav niz radova na elektrifikaciji naselja i industrije i njegovo su djelo.

Od 1924. do 1932. rukovodilac je tehničke službe i šef zagrebačke filijale Standard electric company. U to razdoblje spadaju opsežna projektiranja i gradnja električnih postrojenja koja on nadgleda: elektrana Slavonski Brod, Vinkovci, Delnice, Krk, Vareš, Samobor, Visoko i niz manjih projekata u Bosni i Hrvatskoj.

Od 1932. do 1941. rukovodi tehničkom službom u Gradskoj električnoj centrali u Zagrebu. U to doba je lokalna elektrifikacija prešla u oblasnu. Južno od Save provodi se u zajednici s Munjarom grada Karlovca, a sjeverno od Save GEC djeluje samostalno. Izgrađen je vod 30 kV Zagreb — Koprivnica i postavljena 30 kV TS u Božjakovini, te izvučeni 10 kV dalekovodi od Božjakovine do Ivaniča i od Križevaca do Bjelovara. S oslonom na 30 kV DV Zagreb — Karlovac razvija se i široka elektrifikacija područja južno od Save.

Godine 1941. i 1942. nalazi se u logorima u Jasenovcu i Staroj Gradiški.

Od 1942. do 1945. šef je tehničke službe za nove investicije u DEP-u u Zagrebu, a 1945. i 1946. tehnički direktor ELPOH-a. U to se vrijeme provodi organizacija elektroprivrednih poduzeća, posebno tehničke službe, organizirane su filijale u Hrvatskoj, a za Istru i Rijeku je osnovan ELPIRS sa sjedištem u Opatiji. Nakon toga je zamjenik direktora Elektrozapada, direktor Elektrobiro-a u Ministarstvu elektroprivrede, član trgovinske delegacije u Bernu, kao ekspert za elektrotehniku.

Od 1948. do 1952. je izvanredni profesor na Tehničkom fakultetu u Zagrebu na katedri »Rasklopna postrojenja« i »Električne centrale«. Stečena iskustva prenosi na mlađe generacije.

Od 1952. do 1958. u Glavnoj direkciji za elektroprivredu, zatim u novoosnovanom Institutu za elektroprivredu rukovodi laboratorijem za visoki napon, za slabu struju i telekomunikacije, i za električne zaštitne uređaje. Zatim radi u pogonskom odjelu Zajednice elektroprivrede kao referent za pogonsku problematiku, gdje se mnogo bavi publikacijama Zajednice i izdavanjem elektroprivredne statistike. Od 1. XI. 1961. nalazi se, nakon 45 godina rada, u mirovini, što ga nije spriječilo da i nadalje živo i uspješno sudjeluje u Elektroprivredi SR Hrvatske kao vanjski suradnik i stručni savjetnik. Svojim opsežnim stručnim znanjem i dobrim poznavanjem internacionalnih odnosa u domeni energetike i elektroprivrede mnogo pridonosi razvoju elektroprivrede Jugoslavije, a naročito elektroprivredi Hrvatske.

Profesor ing. Žepić je jedan od osnivača Kluba strojarskih i elektrotehničkih inženjera (1922), koji je kasnije prerastao u Elektrotehničko društvo Hrvatske. Kada je 1924. osnovana Svjetska konferencija za energiju u Londonu on je sekretar Jugoslavenskog nacionalnog komiteta sve do 1941. Iza rata do 1956. bio je predsjednik Nacionalnog komiteta i član egzekutivnog odbora.

Poznat je kao vrstan organizator, bio je često inicijator, organizator ili suradnik velikih međunarodnih

skupova i savjetovanja u našoj zemlji: glavnog godišnjeg zasjedanja Međunarodne elektrotehničke komisije u Opatiji 1953; proslave 100-godišnjice Nikole Tesle u Beogradu 1956, gdje su sudjelovali najeminentniji svjetski stručnjaci, — Svjetske konferencije za energiju, sekcionalnog zasjedanja 1957. u Beogradu i dr.

Koristeći svoje opširno stručno znanje on ga je u stručnim časopisima stavio široj stručnoj javnosti na upotrebu, a kao dugogodišnji suradnik časopisa »Energije« i urednik rubrike »Iz stručne literature« bio je naročito cijenjen.

Kao neumoran i savjestan radnik dobio je pokojnik za svog života niz priznanja i pohvala, a kao kolega i drug bio je srdačan i susretljiv, uvijek spreman da svojim bogatim stručnim iskustvom priteče u pomoć. Stoga je tužna vijest o njegovoj smrti duboko potresla sve one koji su ga znali, a naročito mlade suradnike i studente slušatelje njegovih predavanja na elektrotehničkom fakultetu, a duboka, iskrena žalost usadila se u srca onih koji su ga kao čovjeka visokog karaktera za njegova života štovali i voljeli.

Koliko je prof. Žepić bio voljen i cijenjen pokazao je njegov ispraćaj do mjesta vječnog počinka na Mirogoju u Zagrebu. Uz sudjelovanje mnoštva njegovih prijatelja, suradnika, poštovatelja i znanaca, oprostili su se od njega u ime Udružene elektroprivrede Hrvatske Radoslav Planić, dipl. ecc., u ime Elektrotehničkog fakulteta prof. dr ing. Božidar Stefanini, u ime Saveza društva elektroinženjera i tehničara Božidar Ribić, dipl. ing., a u ime Elektrotehničkog društva Zagreb Želimir Gojmerac, dipl. ing.

U profesoru ing. Vladimiru Žepiću gubimo čovjeka odličnog karaktera, znanstvenog stručnjaka, dobrog prijatelja i druga, za čije mu životno djelovanje, koje će daleko nadživjeti njegov zemaljski život, ostaje naša velika zahvalnost.

Dipl. ing. Božidar Filipović

TREĆE SAVJETOVANJE O ENERGETSKIM KABELIMA

Novi Sad od 17. do 19. studenog 1971.

Na II. savjetovanju o energetskim kabelima i izoliranim vodovima Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRÉ, krajem 1969. u Vrnjačkoj Banji, prihvaćeno je da se III. savjetovanje održi od 17. do 19. studenog 1971. u Novom Sadu.

Problematika savjetovanja

Problematika energetskih kabela i izoliranih vodova razmatrat će se u okviru šest stručnih grupa i to:

Grupa I — KONSTRUKCIONI PROBLEMI KABELA
Grupa II — POLAGANJE I SPAJANJE KABELA
Grupa III — EKSPLOATACIJA KABELA
Grupa IV — STANDARDIZACIJA I PROPISI
Grupa V — EKONOMSKI PROBLEMI U PROIZVODNJI I KORIŠTENJU KABELA
Grupa VI — PROBLEMATIKA IZOLIRANIH VODOVA

Upisnina za ovo savjetovanje iznosi po učesniku d 800.— (osamstotina), a uplaćuje se na žiro račun JUNAKO CIGRÉ Zagreb, Berislavićeva 6/I br. **301-8-2049** sa naznakom »za III. savjetovanje«. Sve informacije se dobiju na telefon 423-002.

PREFABRICIRANA BETONSKA TRANSFORMATORSKA STANICA 10/0,4 kV do 630 kVA

Tvornica el. uređaja u Sesvetskom Kraljevcu poduzeća »Rade Končar«, Isporučuje prefabricirane transformatorske betonske stanice koje su se pokazale veoma pogodne i naišle na vrlo veliki interes. Stoga u kratkim crtama iznosimo njezina svojstva.

Kućište transformatorske stanice izrađeno je iz laganog betona s povećanom toplotnom izolacijom. Na mjesto ugradnje doprema se u elementima i tu se jednostavnim postupkom sastavlja.

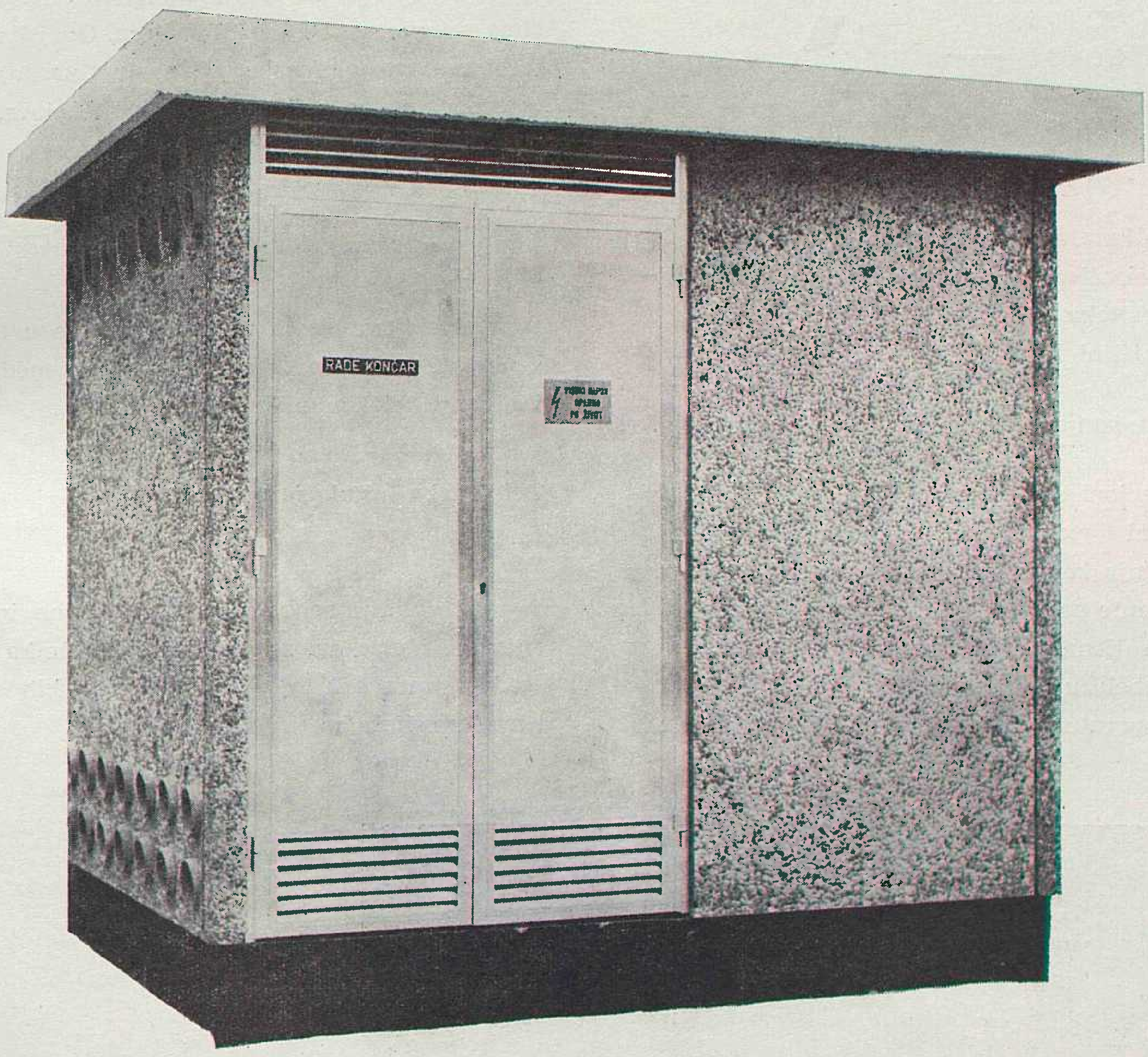
Zidovi su pojačani čeličnom armaturom koja je međusobno zavarena i spojena za zaštitno uzemljenje.

Sklapanje na visokonaponskoj strani vrši se sklopnim blokom Magnefix. Standardni sklopni blok sastoji se od dvije rastavne sklopke za vodna polja i od jedne rastavne sklopke s osiguračima za transformatorsko polje. Na zahtjev se sklopni blok može proširiti. Priključci su kabelski s maksimalnim presjekom 3×150 mm². U transformatorsku stanicu se ugrađuju standardni serijski transformatori proizvodnje »Rade Končar« tipa Tn 12, snaga od 315 do 630 kVA.

Stanica ima sedam kabelskih odvoda do 400 A i dva odvoda za javnu rasvjetu. Struja se mjeri s tri maksigraf ampermetra, a napon jednim voltmetrom s voltmetarskom preklopkom. Ugrađeni strujni transformatori omogućuju mjerenje ukupne energije kao i potrošak javne rasvjete. Na zahtjev se mogu isporučiti i druge izvedbe niskonaponskog sklopnog bloka.

Transformatorska stanica ima slijedeće karakteristike:

— Stanica je potpuno prefabricirana, tako da su radovi na mjestu postavljanja minimalni. Primjenom laganog betona, aluminijskih vrata, te hladnim cinčanjem unutarnjih čeličnih nosača, postigla se visoka klimatska postojanost, čime je održavanje svedeno na najmanju mjeru.
— Smanjenjem dimenzija visokonaponskog i niskonaponskog sklopnog bloka dobila se stanica malih dimenzija. Mala tlocrtna površina od 6 m² olakšava pronalaženje lokacije za smještaj u gusto naseljenim područjima.
— Koncepcija zgrade i opreme je takva da se mogu ugraditi transformatori snage od 315 do 630 kVA, što omogućuje povećanje snage transformacije u skladu s porastom potrošnje.
— Lijepi vanjski izgled omogućuje lako uklapanje transformatorske stanice u različite ambijente.



»RADE KONČAR«
PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE OPREME, PROJEKTIRANJE I MONTAŽU POSTROJENJA — ZAGREB

ELKA

TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA ZAGREB — JUGOSLAVIJA

TELEFONSKI KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIČNIM MASAMA

»Elka je potpuno usvojila proizvodnju najkvalitetnijih telefonskih kabela za centrale, telefonskih razvodnih (instalacionih) kabela, telefonskih kabela za mjesne mreže, i telefonske montažne i instalacione žice.

KABELI I VODOVI IZOLIRANI PVC-OM

Za centrale i signalne uređaje izrađuje ove tipove kabela sa izolacijom i plaštem od PVC-a:

TC-40 i
TC-46 prema JUS M.C4.140

Osnovne izmjerene karakteristike izolacije ovih kabela su:

Relativna dielektričnost	$\varepsilon' = 4$
Dielektrični faktor gubitaka	$tg\delta = 0{,}08$
Specifični izolacioni otpor	$r = 10^{15}\Omega$ cm

Osnovne izmjerene karakteristike gotovog kabela su:

Izolacioni otpor min.	R = 500 MΩ km
Radni kapacitet max.	C = 90 nF/km
Srednja kapacitivna veza	$C' \leqq 150$ pF/500 m
Gušenje preslušavanja	a = 8 nepera
Dozvoljena temperatura kabela u upotrebi	— 20° C do 70° C
Temperatura polaganja	— 5° C do 50° C.

Kabeli TC-40 i TC-41 proizvode se u konstrukcijama od 5 do 50 parica, trojki i četvorki s promjerima vodiča 0,5 i 0,6 mm.

Telefonski razvodni instalacioni kabeli

TR-40, prema JUS N. C4. 240.

Minimalni izolacioni otpor je 200 MΩ km, a maksimalni radni kapacitet 100 nF/km. Proizvodi se u konstrukcijama od 5 do 50 parica, trojki i četvorki s vodičima promjera od 0,5, 0,6 i 0,8 mm. Ovaj kabel se upotrebljava za telefonske i signalne uređaje u suhim prostorijama, za polaganje u cijev i zidove.

Telefonska montažna žica

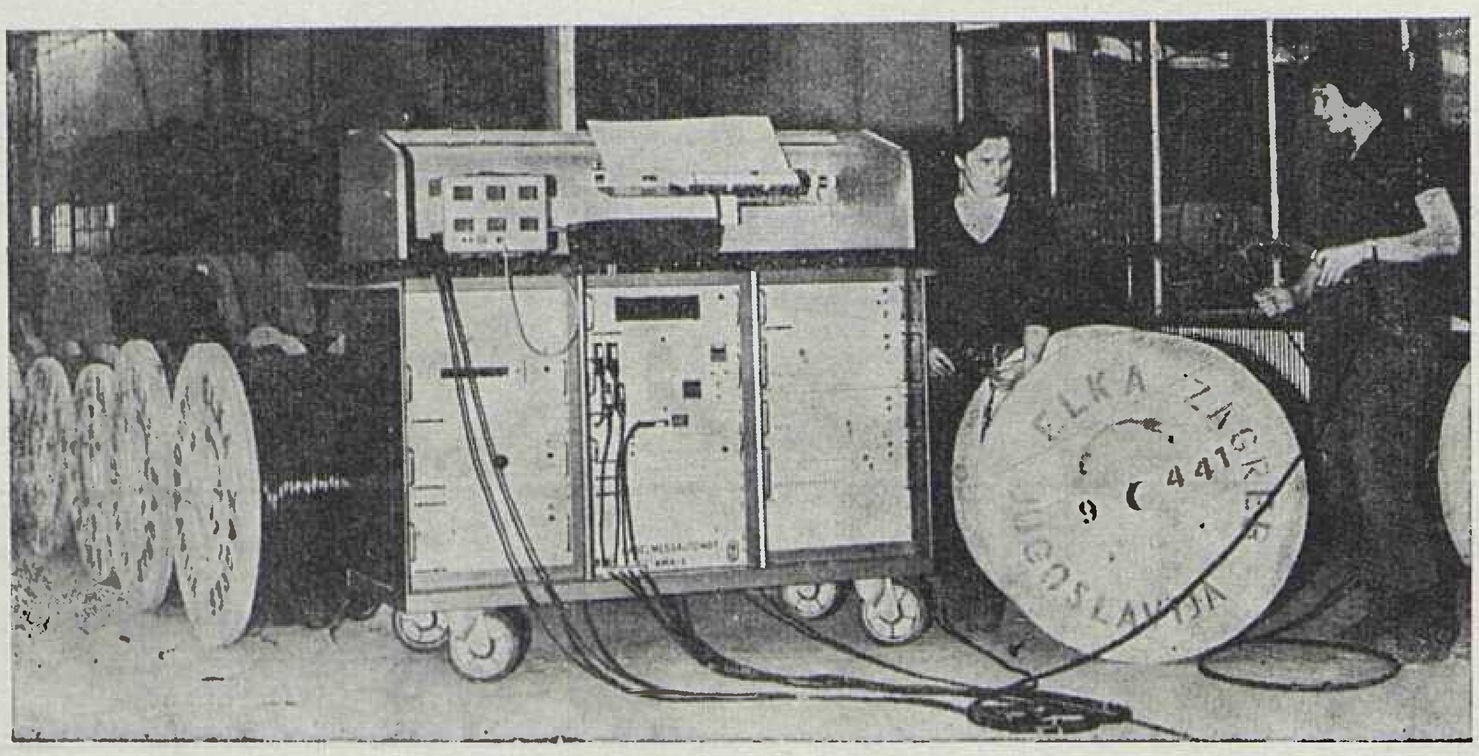
TM-20, jednobojna, dvobojna ili použena u snop od pet žica,

upotrebljava se za unutrašnje veze u telekomunikacionim uređajima i aparatima i za međusobno povezivanje telekomunikacijskih uređaja.

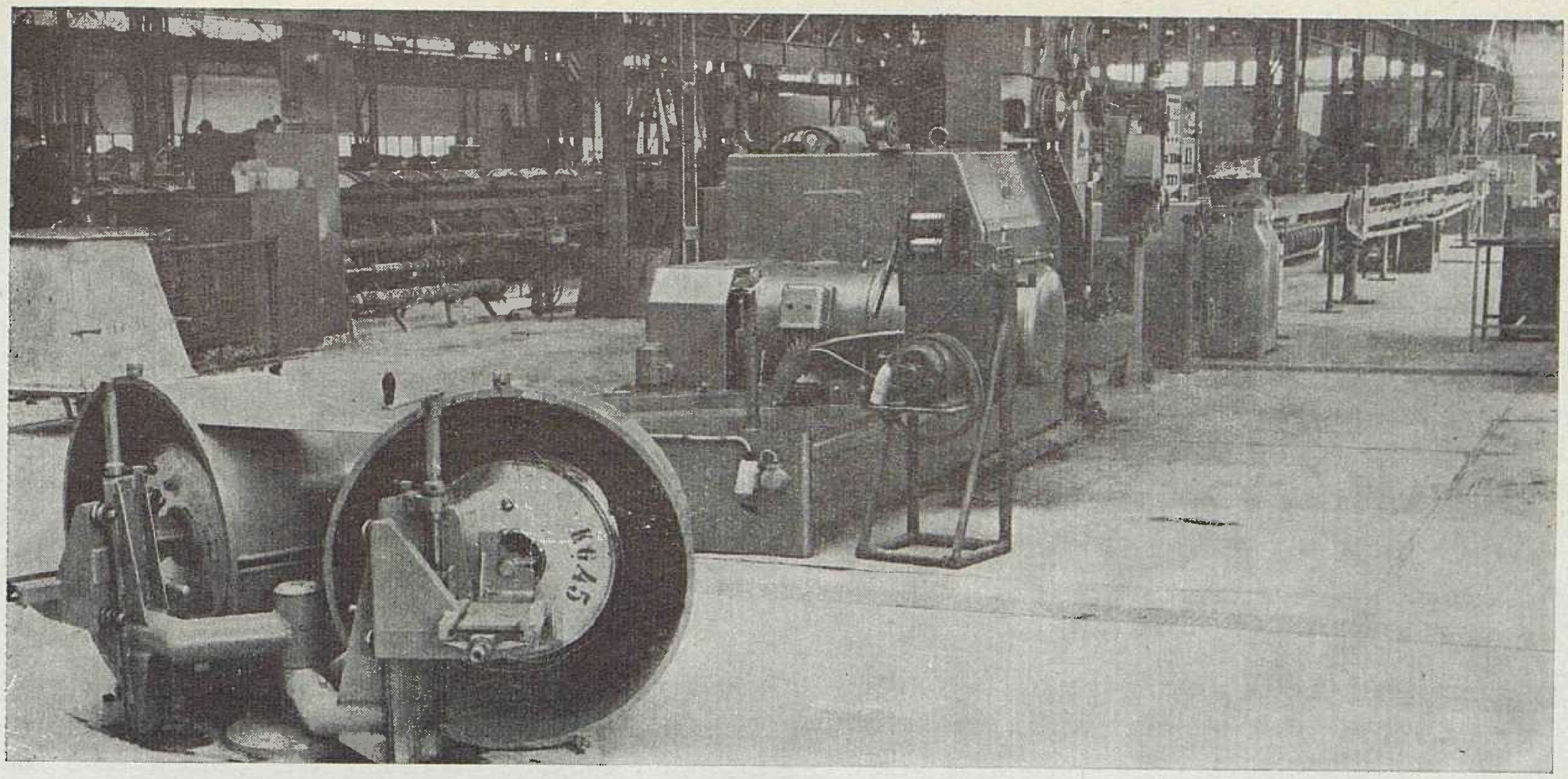
Telefonska instalaciona žica

TI 20,

upotrebljava se za telefonske kućne instalacije u cijevima i po zidu, za priključak zvučnika i signalnih uređaja, za ranžiranje glavnih kabelskih razdjelnika i međurazdjelnika.



Ispitivanje telefonskih kabela na najsuvremenijem uređaju tipa kabelmessautomat



Detalj iz pogona za proizvodnju telefonskih kabela

KABELI IZOLIRANI POLIETILENOM

Telefonski kabeli za mjerne telefonske mreže s izolacijom i plaštem od polietilena:

TK-30, TK-31 i TK-32, prema JUS N.C4.330
i TK-31, TK-32 i TK-33E, prema propisima JZPTT.

Osnovne izmjene karakteristike izolacije:

relativna dielektričnost	$\varepsilon' = 2{,}3$, kod 1000 Hz
dielektrički faktor gubitaka	$tg\delta = 0{,}003 \div 0{,}005$, kod 1000 Hz
dielektrična čvrstoća	F = 25 kV/mm kod 50 Hz

Osnovne izmjerene karakteristike gotovog kabela:

Radni kapacitet za zvijezda- četvorke
$C_{IV} \leq 50$ nF/km
a za paricu
$C_{II} \leq 60$ nF/km.

Izolacioni otpor gotovog kabela:

$R = 10.000\ M\Omega\ km$

Kapacitivna veza maksimalna

$c' \leq 500$ pF/500 m

Dozvoljena temperatura u eksploataciji

$t_0 = -30°$ C do $50°$ C

Dozvoljena temperatura pri pologanju

$t_p = 0°$ C do $40°$ C

Primjena:

TK- 30 za polaganje u kabelske kanale mjesnih telefonskih mreža,

TK- 31 za polaganje u kabelske kanale mjesnih telefonskih mreža gdje se zahtjeva zaštita od smetnji,

TK- 32 za polaganje u zemlju, po zidovima, preko mostova i svagdje gdje je potrebna i povećana mehanička zaštita.

TK- 32* i TK- 33E su samonosivi telefonski kabeli za ovjesno polaganje na različita uporišta na zemlji, krovovima, stupovima, posebno u industrijskim centrima sa zagađenom atmosferom, selima, prigradskim, naseljima i primorskim mjestima.

Svi se ovi kabeli proizvode u konstrukcijama od 5 do 50 parica i četvorki.

---

* TK-33 razlikuje se od TK-33E samo po tome što mu je plašt od PVC-a.

PODNE INSTALACIJE JAKE I SLABE STRUJE

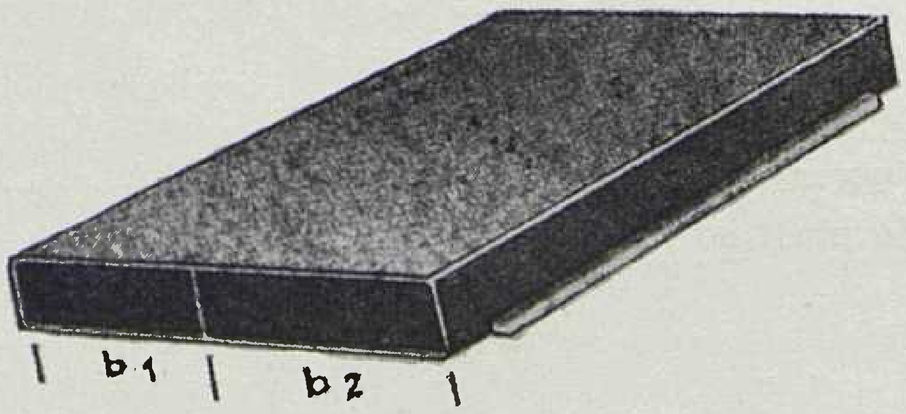
Moderna organizacija poslovanja u uredima, projektnim biroima, računskim centrima, laboratorijima, saobraćajnim i informativnim centrima, bankama, bolnicama, fakultetima i u drugim poslovnim objektima, zahtijevaju najsuvremenije sisteme električnih instalacija u tim objektima. Instalacije jake i slabe struje moraju ispunjavati slijedeće uvjete:

— zauzimati malo prostora,
— da su primjenljive u svim vidovima gradnje,
— omogućavati proizvoljnu adaptaciju prostorija u bilo kojem momentu,
— brzu i jeftinu montažu,
— sigurnu izvedbu u mehaničkom i električnom pogledu,
— kapacitet instalacije mora biti dovoljno dimenzioniran i za buduće potrebe,
— mreža priključnih mjesta mora biti fleksibilna, tj. mora postojati mogućnost da se broj i mjesto priključka može uvijek prilagoditi potrebama i željama korisnika instalacije,
— priključci instalacija jake i slabe struje terbaju biti, po mogućnosti koncentrirani na istim mjestima, da se mogu istovremeno koristiti,
— priključna mjesta moraju biti takva da se mogu proizvoljno kombinirati priključci za jaku struju i telefoniju, i da mogu biti zaštićeni zajedničkim ili odvojenim poklopcima.

Svi ovi zahtjevi mogu se danas postići isključivo i sigurno uz primjenu podnih instalacija koje se sastoje, uglavnom, od slijedećih elemenata:

A. Jednodjelnih ili dvodjelnih kanala iz čeličnog pocinčanog lima

Širina jednodjelnih kanala iznosi 90, 150 i 190 mm, a dvodjelnih ($b_1 + b_2$) : 90 (45 + 45) mm; 150 (60 + 90) mm; 190 (80 + 110) mm; 250 (110 + 140) mm i 350 (160 + + 190) mm. Visina kanala može biti 18 mm; 23 mm; 28 mm; 33 mm; 38 mm, 43 mm i 48 mm. Ovisno o visini kanala i izvedbi priključnih mjesta, vidi točku C, visina premaza ili izolacionog poda koji dolazi iznad betonske deke mora biti 50 do 80 mm.



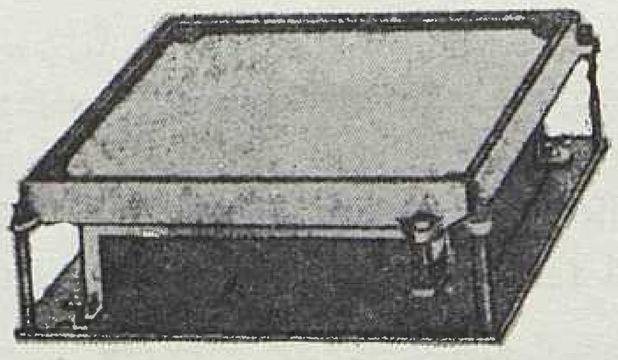
Sl. 1. Dvodjelni limeni kanal

Dvodjelni kanali su jednim svojim poljem predviđeni za vodove jake struje, a drugo polje za vodove slabe struje (telefoni, interfoni i sl.). U sastavu kanala se isporučuju pripadajući spojni elementi kao i koljena za priključak kanala na razvodne uređaje, odnosno na sistem zidnih-parapetnih instalacionih kanala.

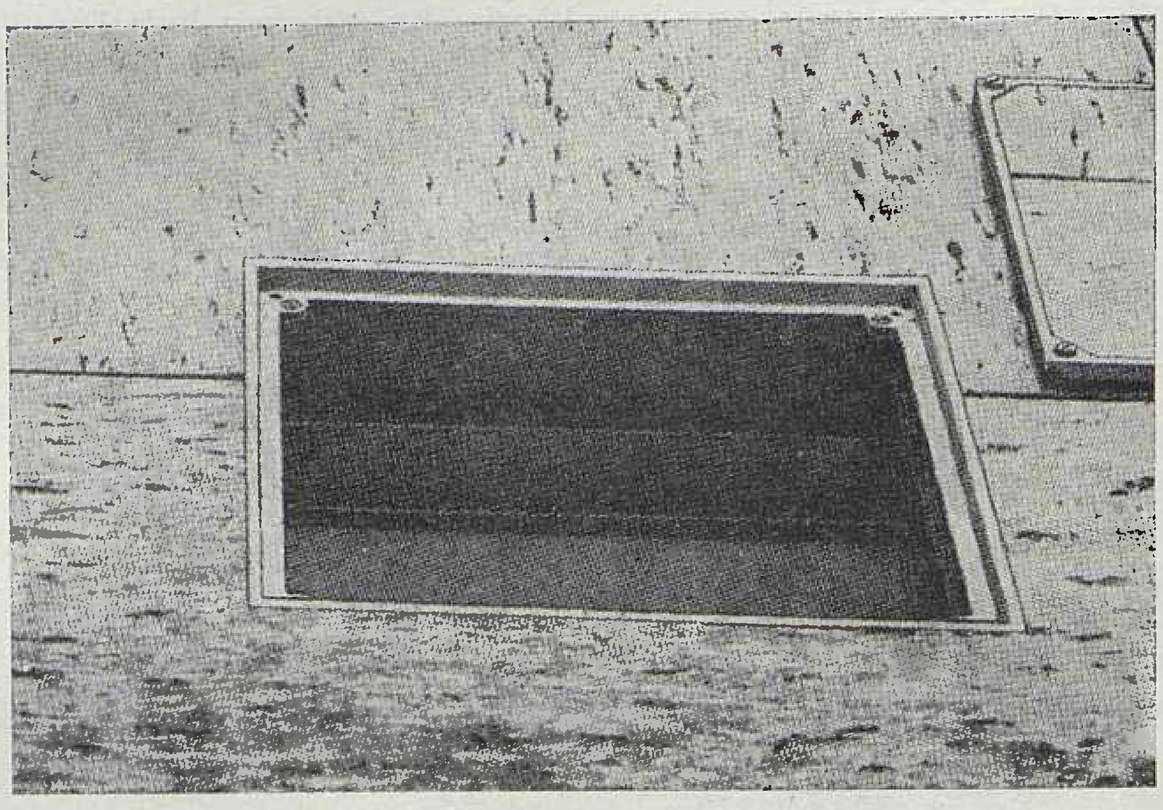
B. Razvodne kutije iz silumina

Kutije iz silumina su predviđene za nastavljanje, odvajanje i završavanje kanala i to ovisno o planu polaganja i spajanja vodova. Prema potrebi se u razvodne kutije mogu ugraditi priključne stezaljke za vodove jake struje, odnosno priključne letvice i reglete za vodove slabe struje i telefonije. U sastavu kutije se isporučuju posebni poklopci koji se isključivo koriste za potrebe transporta i monate, kao i pregradne pločice koje služe kao mehaničke pregrade na mjestu gdje se križaju vodovi jake struje s vodovima telefonskih instalacija.

Prema potrebi može se na poklopac razvodnih kutija ugraditi i priključni stupić, vidi točku C/c.



Sl. 2



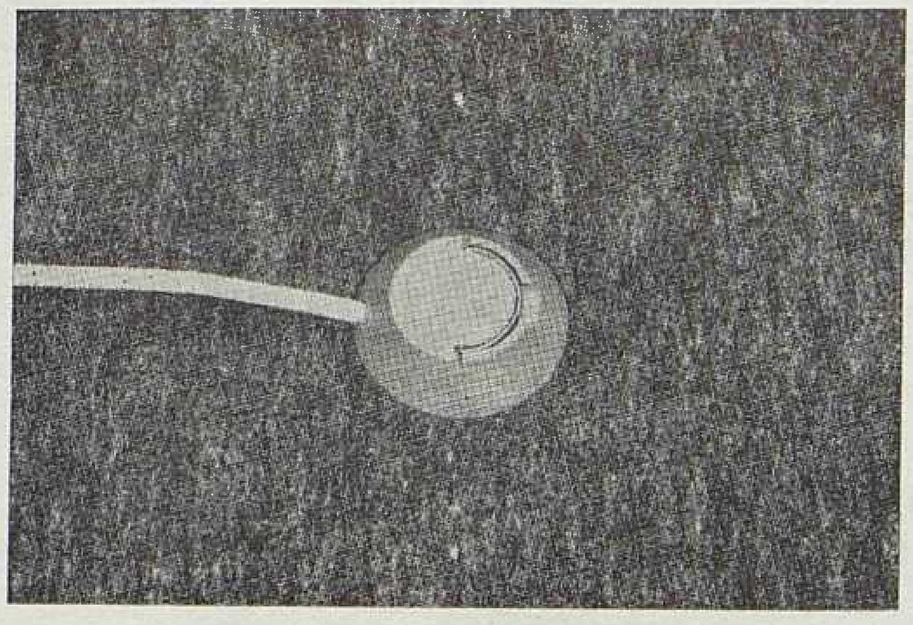
Sl. 3

Na sl. 2 i 3 — Razvodne kutije (dimenzije u skladu sa širinom i visinom kanala)

C. Priključna mjesta

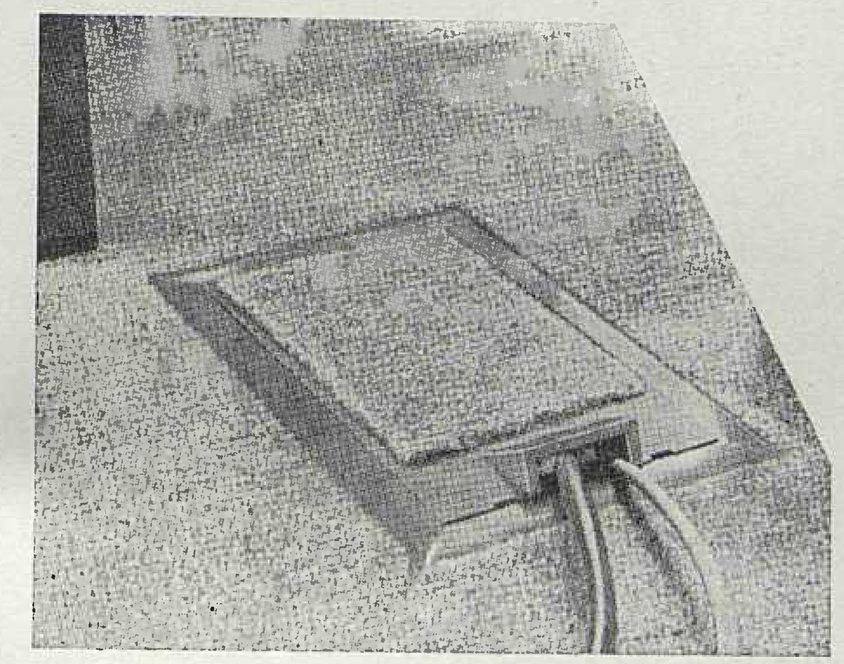
Podne instalacije predviđene su za tri različite izvedbe priključnih mjesta, s time da svaka izvedba omogućava mnogo kombinacija raznih izvedbi priključaka za instalacije jake i slabe struje.

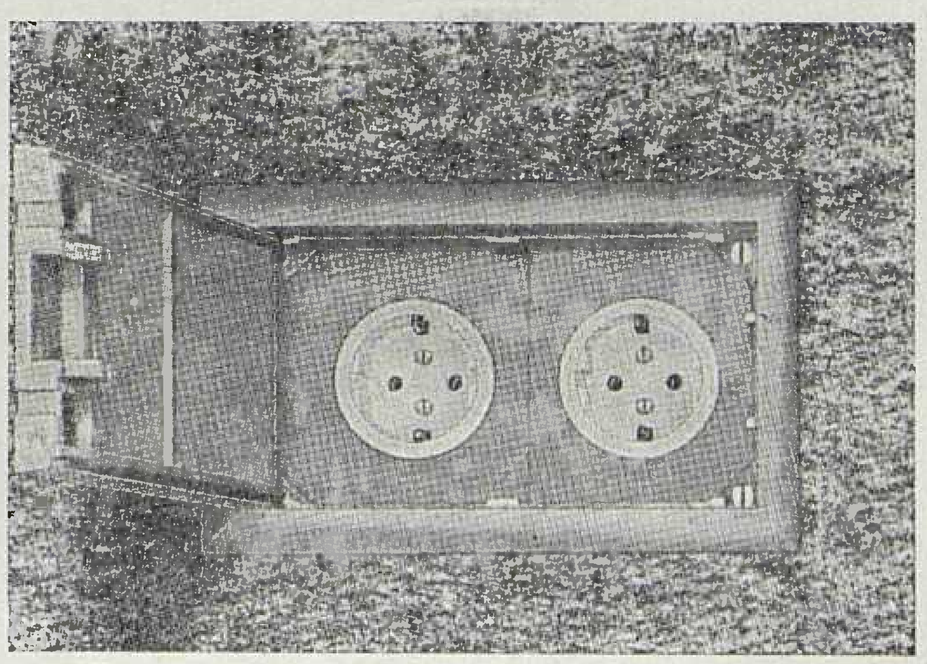
Pregled izvedbi priključnih mjesta:



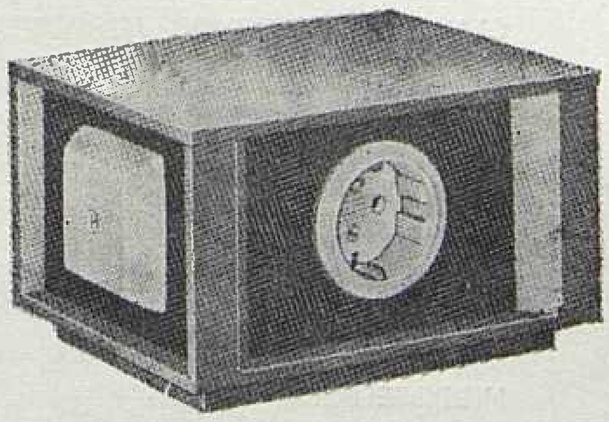
a) Priključno mjesto u visini poda, s jednim priključkom (za jaku ili slabu struju).

Mogu se i naknadno ugraditi. U tu svrhu se koristi odgovarajući alat za bušenje poda i limenih kanala.





b) Priključno mjesto u visini poda s dva ista ili različita priključna gnijezda.



c) Priključno mjesto iznad poda tzv. priključni stupić, u više izvedbi s mogućnosti 12 priključnih gnijezda.

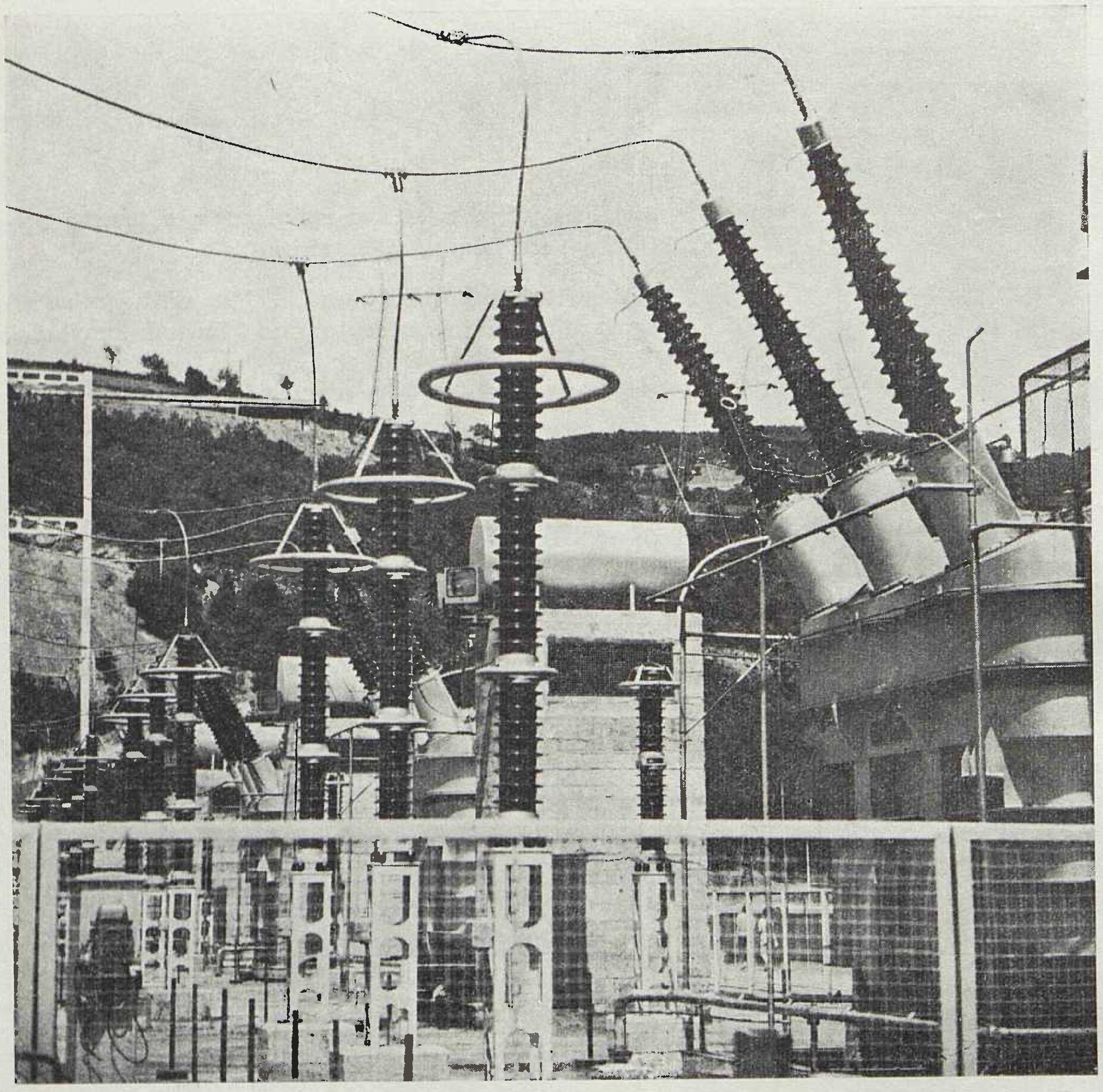
Potpune tehničke podatke o sistemu podnih instalacija i pripadajućim razvodnih ormarima možete dobiti u prodajno-tehničkoj službi tvornice.

Tvornica TEP
Zagreb

INGRA ZAGREB — JUGOSLAVIJA

POSLOVNO UDRUŽENJE ZA PROJEKTIRANJE, IZGRADNJU I PRODAJU OBJEKATA, POSTROJENJA I OPREME

ZAGREB, Ulica proleterskih brigada 62 • Tel. 515-355 • Pošt. pret. 277 • Telex: 21-239



PROIZVODNI PROGRAM

kompletan engineering, istraživanja, studije, projektiranje, izgradnja, prodaja i isporuka opreme, montaža i nadzor

ENERGETIKA

— hidroenergetska postrojenja
— pumpne stanice
— termoenergetska postrojenja
— prenos i distribucija električne energije

PROCESNA INDUSTRIJA

— prehrambena industrija
— industrija građevinskog materijala
— kemijska i petrokemijska industrija
— metalurška industrija

GRAĐEVINSKI RADOVI

— industrijska i energetska postrojenja
— ceste mostovi, brane itd.
— konsolidacija tla i reklamacija
— javne i stambene zgrade

ČELIČNE KONSTRUKCIJE

— industrijska postrojenja
— transportni uređaji
— mostovi
— cjevovodi

MONTAŽA

— industrijska i energetska postrojenja
— automatski i kontrolni uredaji

ZASTUPANJE INOZEMNIH FIRMI

— koordinacija uvoza i izvoza
— predstavljanje stranih firmi
— posredovanje u poslovnim transakcijama
— joint ventures sa domaćim i stranim partnerima
— aranžmani u vezi ulaganja stranog kapitala u cilju unapređenja suradnje sa stranim partnerima
— međunarodni transport i osiguranje

ČLANOVI POSLOVNOG UDRUŽENJA INGRA

ATM — Zagreb
BETON — Skopje
BRAĆA KAVURIĆ — Zagreb
DALEKOVOD — Zagreb
ĐURO ĐAKOVIĆ — Slavonski Brod
GRADIS — Ljubljana
HIDROTEHNA — Zagreb
INDUSTROMONTAŽA — Zagreb
JEDINSTVO — Zagreb
JUGOMONTAŽA — Zagreb
JUGOTURBINA — Karlovac
KONSTRUKTOR — Split
METALNA — Maribor
RADE KONČAR — Zagreb
TEHNIKA — Zagreb
TVORNICA PARNIH KOTLOVA — Zagreb
VENTILATOR — Zagreb
VIADUKT — Zagreb

GOD. 20 (1971) energija BROJ 11—12

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

TENDENCIJE U RAZVOJU OPSKRBE GRADOVA ENERGIJOM

Ivo Jamnicki, Zagreb

Prikazuje se značaj energije i udio rada na dobavi energije u cjelokupnoj djelatnosti čovječanstva. Iznose se faktori koji djeluju na energetski razvoj, raniji razvoj, današnje stanje i tendencije u budućoj svjetskoj opskrbi energijom, po opsegu i strukturi, s posebnim osvrtom na tendencije u opskrbi gradova energijom. Brojčano je prikazan, i na praktičnom primjeru iznesen, dosadašnji razvoj i plan buduće energetske opskrbe Zagreba.

DK 620.9 : 621.31

1. Uvod

Energija je uz transport, znanje i zdravlje jedna od osnovnih infrastruktura potrebnih za održavanje i razvoj života čovjeka. Više od jedne sedmine svoje cjelokupne djelatnosti troši čovječanstvo na to da bi se opskrbilo potrebnom mehaničkom, toplinskom, kemijskom i valnom energijom. Pravilna opskrba energijom je stoga od velikog značaja za cjelokupni društveni razvoj čovječanstva.

Procjena udjela energetske djelatnosti, u okviru ostalih osnovnih djelatnosti čovjeka u 1970, prikazana je u dijagramu sl. 1 za prosjek svijeta u cjelini i za prosjek u gospodarski razvijenim zemljama. Razvijenim zemljama smatraju se one kod kojih je narodni dohodak po žitelju, prema cijenama iz 1970, iznosi najmanje 1600 USA dolara godišnje.

Iz dijagrama na sl. 1 vidi se da po opsegu uloženog rada između svih osnovnih djelatnosti energija stoji na drugom mjestu, iza prehrane. Zapaža se također da udio energije raste s gospodarskom razvijenošću zemlje, dok udio prehrane opada. Može se stoga očekivati, da će već u bližoj budućnosti energija zauzeti prvo mjesto, ne samo u razvijenim zemljama, već i u svjetskom prosjeku. U nekoliko zemalja ona je na prvom mjestu već danas.

Pri iskazivanju udjela pojedinih djelatnosti navedenih u dijagramu izlučene su iz svih sektora, izuzevši energiju, intrastrukturno sve djelatnosti koje su u tom prikazu prethodno navedene. Tako je na primjer prijevoz prehrambenih proizvoda uključen u transport, dok su lokomotiva vlaka i motor automobila izdvojeni iz transporta i uključeni u sektor energije.

Energija ima danas, i po fizikalnoj vrijednosti i po opsegu u njenu dobavu uloženog rada i vremena čovjeka, primarno infrastrukturni karakter. Tek manjim dijelom energija predstavlja neposrednu potrebu čovjeka, kao npr. toplina zimi. Ona je značajna podstruktura u skoro svim proizvodnim djelatnostima, naročito suvremenim. Baš taj infrastrukturni karakter energije daje joj u suvremenom životu još veći značaj nego što bi joj pripadao po udjelu čovjekovog rada i vremena utrošenog u njeno namicanje.

Poseban značaj ima energija u izgradnji i životu suvremenih gradova. Izgradnja velikih stambenih, društvenih i poslovnih te industrijskih, prometnih i komunalnih objekata i uređaja, nezamislivi su danas bez upotrebe energije. Uz energiju je vezana cjelokupna industrijska proizvodnja; cjelokupni gradski transport i rad komunalnih institucija bili bi bez energije potpuno paralizirani. Teške poremećaje izazvalo bi pomanjkanje opskrbe energijom i u ostalim djelatnostima grada i u životu njegovih žitelja.

Sigurna i pouzdana opskrba energijom danas je jedan od osnovnih preduvjeta razvoja gradova i cjelokupnog života koji se u njima odvija. Energetska opskrba može se provesti na raznovrsne načine. Uzevši još u obzir i već spomenuti udio ljudskog rada i vremena potrebnog za namicanje energije, očito je da se opskrba gradova ne smije prepustiti stihiji. Nju treba planirati i usmjeravati tako da, uz osnovni uvjet što većeg stupnja zadovoljstva žitelja regije u kojoj se nalazi, osigurava brzi razvoj regije kojoj promatrani grad pripada.

Energetske potrebe raznih gradova međusobno se vrlo razlikuju i po vrsti i po količini potrebne energije, što ovisi o veličini i lokaciji grada, te karakteru djelatnosti koje ga obilježavaju. Još se jače razlikuju i načini opskrbe energijom pojedinih

---

Članak je izvod iz uvodnog izlaganja održanog na Međunarodnom sajmu opreme za gradove »URBANEX«, na Velesajmu u Zagrebu, prilikom »Dana energetike« dne 25. 6. 1971.

gradova; osim o potrebama za energijom, opskrba energijom ovisi još i o lokalnim energetskim prilikama grada i područja u kojem se nalazi. Stoga je nemoguće dati u jednom kraćem izlaganju prikaze suvremenih načina opskrbe gradova energijom. S obzirom na to da je najveći dio potreba za energijom vezan uz gradove, može se opći uvid u razvoj opskrbe gradova energijom ipak dobiti razmatranjem svjetskog energetskog razvoja u cjelini i faktora koji djeluju na svjetski i na lokalne energetske razvoje.

Svrha ovih izlaganja nije davanje konkretnih podataka za planiranje i usmjeravanje opskrbe gradova energijom, već davanje uvida u suvremeni razvoj te opskrbe, uz prikaz faktora koji na njega utječu. Stoga su prikazi većinom načelni a tek manjim dijelom i brojčani. Financijske vrijednosti dane su u USA dolarima, po njegovoj kupovnoj moći u 1970. godini; izlaganja imaju opći karakter, pa je kao ekonomsko mjerilo najbolje uzeti jednu od svjetskih moneta.

2. Faktori energetskog razvoja

Razvoj energetske opskrbe gradova usmjeravaju brojni faktori. Može ih se razvrstati na: 1) Prirodne i opće društvene značajke grada i regije u kojem se grad nalazi; 2) Energetske značajke grada i njegove regije; 3) Razne interese i nepoznanice budućnosti; 4) Svjetski gospodarski, tehnički i energetski razvoj; 5) Ekonomiju energetske opskrbe; 6) Opće energetske planove razvoja; 7) Mjere za usmjeravanje razvoja.

Od prirodnih i općih društvenih značajki grada i regije ističu se: — Geografske i klimatske značajke — Društveno uređenje i politički položaj — Demografske, gospodarske i kulturne značajke grada — Radne vještine, navike i shvaćanja žitelja — Životni standard žitelja — Stupanj privredne i tehničke razvijenosti regije — Zdravstveni, biološki i estetski zahtjevi.

Od energetskih značajki grada i njegove regije ističu se: — Energetska sirovinska osnova regije — Energetski kapaciteti u pogonu i izgradnji — Potrošnja i dobava energije — Energetske značajke okolnih regija.

Razni interesi dijelom promiču, no dijelom i koče pravilni razvoj energetske opskrbe. U te interese ulaze: — Interesi okolnih regija — Interesi pojedinih energetskih grana i grupacija — Interesi financijskih institucija — Osobni interesi pojedinaca.

Od faktora neizvjesnosti budućnosti treba spomenuti: — Otkrića novih nalazišta nafte, plina i radioaktivnih rudača — Brzinu razvoja svjetske tehnološke revolucije — Ratne i ostale političke zaplete u zemlji i u svijetu — Vođenje opće gospodarske i energetske politike zemlje.

Svjetski privredni, tehnički i energetski razvoj ima ogromni utjecaj na razvoj energetske opskrbe pojedinih regija i gradova. Svjetska podjela rada i međunarodna izmjena dobara djeluju neizbježivo i na energetski razvoj svih područja u svijetu a time i na razvoj energetske opskrbe gradova.

Ekonomija energetske opskrbe je jedan od najutjecajnijih faktora usmjeravanja i razvoja te opskrbe. Ona obuhvaća sve faze dobave energije od njene proizvodnje, prijenosa i distribucije do njenog trošenja.

Planiranje opskrbe gradova energijom značajno je ne samo za razvoj te opskrbe nego i za cijeli razvoj grada. Njime se, naime, utvrđuje onaj razvoj koji je za grad najpovoljniji.

Mjere za usmjeravanje razvoja energetske opskrbe značajni su faktor za usmjeravanje tog razvoja prema optimumu utvrđenom planiranjem.

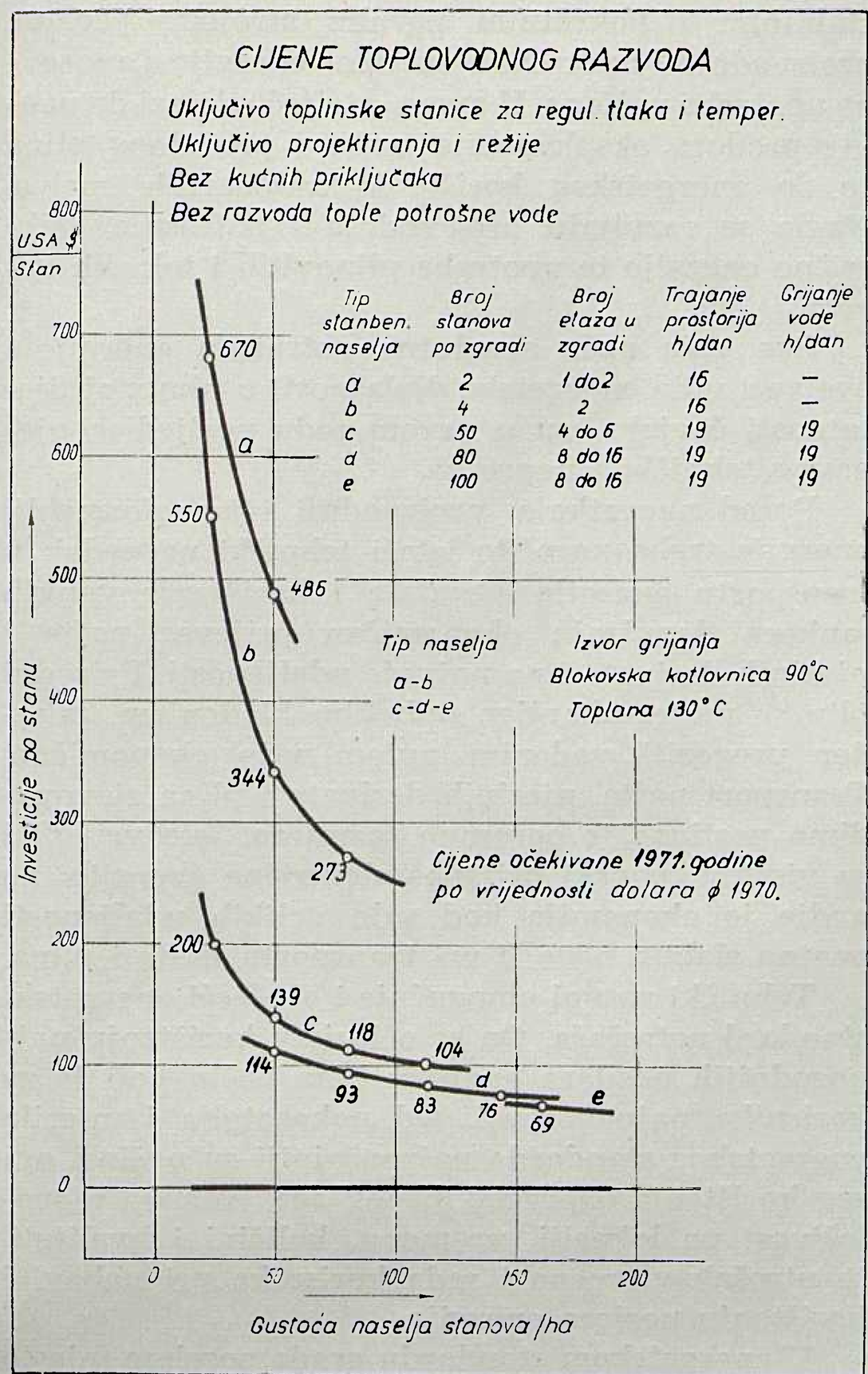
3. Ekonomija energetske opskrbe gradova

Ekonomija energetske opskrbe gradova mora se uklopiti u opću društvenu ekonomiju promatranog grada i regije u kojoj se grad nalazi. Pri tom se ekonomija za grad mora podrediti općoj društvenoj ekonomiji svoje regije u cjelini. Razvoj grada ne smije ići na štetu regije, u protivnom će doskora doći do kočenja razvoja grada. Ekonomija energetske opskrbe grada svodi se time na opću društvenu ekonomiju njegove regije u cjelini.

Ekonomiju energetske opskrbe grada ne smije se mjeriti samo što manjim troškovima za postizavanje energetskog efekta. U obzir treba uzeti i postignuti energetski standard žitelja te retrogradno djelovanje na privredni razvoj grada i regije u cjelini, a naročito na to da blagodati energetske opskrbe grada uživa što veći broj njegovih žitelja. Svrha i opseg ovih izlaganja ne dopuštaju da se osnove i postupak utvrđivanja navedene društveno ekonomske optimalnosti iznesu ovdje detaljno. (Njih se može naći u referatu autora ovih izlaganja na 8. plenarnom zasjedanju Svjetske konferencije za energiju — Bucuresti, 6/7 1971. i u članku časopisa »Energija«, br. 5/6 1971., pod naslovom »Osnove regionalno društveno ekonomske optimalizacije korištenja energije«.) Stoga se ovdje navode samo neki od faktora ekonomije energetske opskrbe gradova.

Rastom gospodarskog potencijala raste naglo i vrijednost ljudskog rada i slobodnog vremena čovjeka. Ekonomija ljudskog rada i vrijednost vremena imaju i u suvremenoj opskrbi energijom sve veći značaj. Ta opskrba orijentira se zato sve više na plemenite nosioce energije, kao što su topla voda, plin i električna energija, tj. one nosioce kod kojih konačni korisnik energije treba utrošiti što manje truda i vremena da bi se opskrbio potrebnom, korisnom toplinskom, mehaničkom, kemijskom, odnosno valnom energijom.

Kao primjer utrošenog rada i vremena u korištenju energije može se navesti da se kod upotrebe ugljena u kućanstvu, neovisno o namjeni korištenja, za njegovu nabavku, dopremu, uskladištenje, nošenje u stan, loženje, čišćenje peći i odnošenje šljake, utroši po 1 toni ugljena u prosjeku oko 30 sati rada članova kućanstva. A vrijednost toga



Dijagram D—31

vremena je, kod visoke privredne razvijenosti zemlje, veća od svih troškova dobivanja istog energetskog efekta pomoću prirodnog plina, gdje je rad pri njegovoj upotrebi praktički jednak nuli.

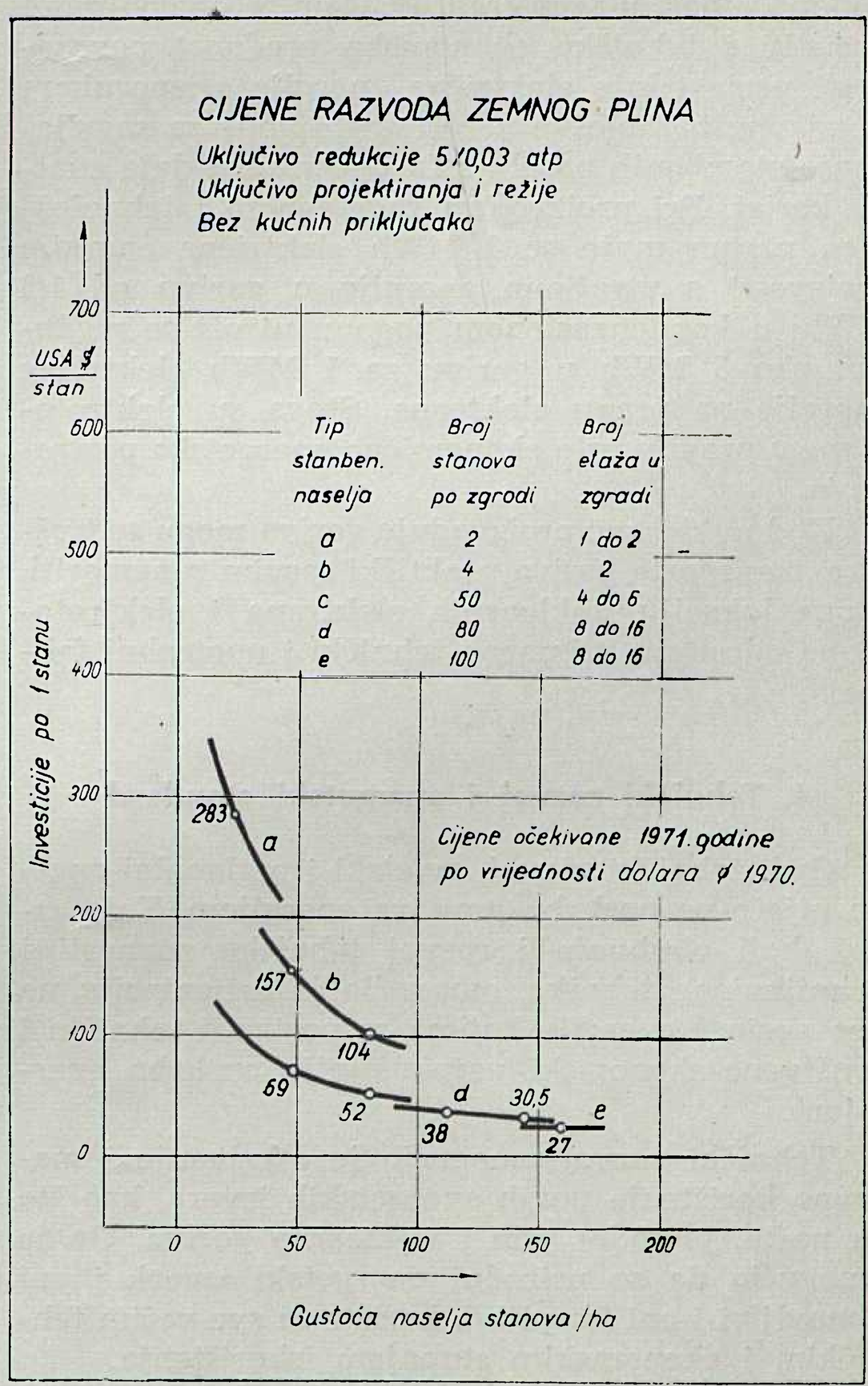
Upotreba električne energije, plina i vrele vode, uvjetovana dijelom razvojnim tehnološkim potrebama, a dijelom navedenom uštedom rada kod konačnih potrošača energije, te ogromna potražnja tekućih goriva, dovele su do toga da se danas preko 80% cjelokupnog rada za dobavu korisne energije utroši za izgradnju energetskih objekata i uređaja; na manipulacije u vezi s dobavom energije utroši se danas manje od 20% energetske djelatnosti čovjeka. Ovo ukazuje na to da je za ekonomiku suvremene energetike uz fizikalno tehničku ekonomiju rada bitna ekonomika investicija za proširenu reprodukciju a ne ekonomika manipulativnih troškova.

Kao primjer značaja investicija u suvremenoj energetici može se navesti da hidroelektrana čija izgradnja stoji 200 milijuna USA dolara zapošljava danas najviše do 100 ljudi. Godišnja vrijednost te investicije je najmanje 30 mln. $/god, a plaće osoblja, zajedno sa svim doprinosima iznose najviše 1,5 mln. $/god. Omjer ljudskog rada uloženog u investicije prema radu energetskog pogonskog osoblja iznosi u ovom slučaju čak 20 : 1!

Ekonomija investicija jedan je od glavnih razloga naglog prodora prirodnog plina u suvremenu energetsku opskrbu. Kao primjer može se navesti da instalacija za postizanje korisnog toplinskog učina od 1 MW u naselju manje stambene gustoće zahtijeva ukupnu investiciju, od izvora nosioca energije do trošila potrošača, od oko 100 tisuća dolara pri upotrebi prirodnog plina a oko 400 tisuća dolara, u prosjeku, kod upotrebe električne energije. Iz toga je očito da se električna energija u pravilu ne treba upotrebljavati za zimsko grijanje prostorija.

Visina investicija jedna je od glavnih faktora za utvrđivanje načina toplinske opskrbe stambenih naselja. Osim prethodne usporedbe ukupnih investicija pri upotrebi prirodnog plina i električne energije daje se u dijagramima D—31 i D—32 prikaz investicija toplovodnog razvoda i razvoda prirodnog plina.

Iz ovih se prikaza vidi da faktor ekonomike utječe na to da se u naseljima s malom gustoćom stanova postavlja plinska toplinska opskrba, a u naseljima s velikom gustoćom stanova centralna opskrba toplom ili vrelom vodom.



Dijagram D—32

Nagli razvoj supstitucije krutih goriva s tekućim, uzrokovan je uglavnom manipulativnim troškovima pri proizvodnji ugljena. Energija sadržana u ložnom ulju, nekoliko je puta veća od energije sadržane u ugljenu proizvedenom uz isti utrošak rada, kao pri proizvodnji ložnog ulja.

Nagli razvoj upotrebe električne energije i motornih goriva uzrokovan je ne samo ekonomikom troškova, već i tehnološkom nužnosti njihove upotrebe.

Kod uspoređivanja društvene ekonomije upotrebe raznih nosilaca energije treba uzimati u obzir i energetski standard koji se njima postiže, no također i utjecaj na privredu regije kojoj grad pripada. To se odnosi kako na privredu koja dobavlja nosioca energije, tako i na izradu objekata i opreme potrebne za dobavu i upotrebu nosioca energije.

Veliki utjecaj na društvenu ekonomiju grada ima sigurnost i pouzdanost dobave energije i njezina kvaliteta. Kada se izvori i proizvodnja sekundarnih nosilaca energije nalazi izvan vlastite regije potrebno je osigurati dobavu sa nekoliko strana.

Jeftina proizvodnja tekućih i plinovitih goriva, a još više njihov jeftin transport vodom i cjevovodima čine da se proizvodnja električne energije za opskrbu gradova, pored one na velikim ugljenokopima, unosi u sam grad. Pri tom se obično može koristiti i tehničko ekonomska prednost povezanosti proizvodnje električne energije s isporukom zagrjevno tehnološke pare i vrele vode za zagrijavanje stambenih naselja. Ta povezanost daje znatnu korist. Pri proizvodnji zagrjevnom i tehnološkom parom može se 1 MWh električne energije proizvesti s utroškom energije u gorivu od 1,5 MWh; u kondenzacionom pogonu utroši se međutim oko 3 MWh u gorivu za 1 MWh električne energije na pragu elektrane. Stoga su elektrotoplane u pravilu vrlo ekonomična energetska postrojenja.

Kod nuklearne proizvodnje goriva mogu se troškovi transporta goriva praktički sasvim zanemariti. Stoga lokaciju nuklearnih elektrana i elektrotoplana određuju primarno tehnički i upotrebni faktori.

4. Tehnički razvoj i energetski standard

Opći tehnički razvoj, svjetski i regionalni znatno utječe na opskrbu gradova energijom. Taj razvoj, koji obuhvaća i razvoj tehničke znanosti i primijenjene tehnike, omogućio je orijentaciju na one nosioce energije kojima se postiže i tehnički i društveno-ekonomski najpovoljnija opskrba energijom.

Tehnički razvoj omogućio je otkrivanje i masovno korištenje novih energetskih izvora, kao što su nafta, prirodni plin i nuklearna goriva. On je omogućio da se prirodni energetski izvori, i oni obnovljivi i oni iscrpljivi, koriste sa sve većim tehničkim i ekonomskim stupnjem iskorištenja.

Posljedica brzog tehničkog razvoja u prošlom stoljeću bila je proizvodnja mehaničke energije stabilnim i pokretnim parnim strojem, početak proizvodnje i upotrebe električne energije i masovna upotreba ugljena. U ovom stoljeću dolazi do naglog prodora eksploatacije nafte i prirodnog plina te do energetskog korištenja nuklearnih goriva. Naglo se razvijaju proizvodnja i potrošnja električne energije te upotreba plinovitih i tekućih goriva.

Sve veća opća apsolutna potražnja energije i sve veći udio energetske djelatnosti u ukupnoj djelatnosti čovjeka, su u prvom redu posljedica njegovog tehničkog napretka.

Pored napretka u proizvodnji i transformaciji energije treba naročito istaći tehnički napredak u transportu energije. Gradnja i korištenje velikih tankera dopuštaju ekonomičan prijevoz nafte i njezinih derivata i na najveće udaljenosti. Prirodni plin se može, ukapljen dubokim hlađenjem, također prevoziti vodenim putem vrlo ekonomično. Transport nafte, njezinih derivata i plina cjevovodima postigao je ogromne razmjere. Isto vrijedi i za visokonaponski prijenos električne energije; no ovdje je ekonomija kod vrlo velikih udaljenosti znatno slabija nego li pri transportu nafte i plina.

Tehnički razvoj omogućuje i sve veći energetski standard potrošača. On se očituje u korištenju najpogodnijih nosilaca energije i na način koji je za korisnika najpovoljniji. Od pokazatelja i mjerila energetskog standarda najznačajniji su način i opseg korištenja energetskih nosilaca, njihova raspoloživost po lokaciji, vremenu, količini i kvaliteti, te utrošak vremena i rada korisnika pri nabavi i korištenju nosioca energije.

U energetskom standardu grada posebno mjesto zauzima toplinski standard grijanja stanova. Tu se danas razlikuju 4 stupnja standarda: niski, srednji, visoki i najviši.

U niski stambeni toplinski standard ubraja se danas grijanje stana krutim i tekućim gorivom iz kanistra, te ukapljenim plinom iz boca u individualnim pećima.

Upotreba plina iz komunalnih gradskih i blokovskih mreža u individualnim pećima, te električno grijanje prostorija, smatra se danas srednjim toplinskim standardom. Pri tome se, naime, griju samo glavne prostorije stana dok nusprostorije stana i stubišta nemaju vlastitog grijanja U srednji standard ubrajaju se i centralna etažna i kućna grijanja kod kojih se stanar mora sâm brinuti za nabavke goriva i održavanja instalacija.

U visoki toplinski standard ubrajaju se etažna i centralna grijanja prostorija toplom vodom ili vrućim zrakom, kod kojih se korisnik ne brine za dobavu nosioca energije kojim se grije voda ili zrak. To zagrijavanje obavlja se obično tekućim i plinovitim gorivom ili vrelom vodom iz blokovskih kotlovnica ili iz elektrotoplana.

Najviši toplinski standard obuhvaća pored visokog standarda grijanja još i klimatizaciju sa podešavanjem vlažnosti zraka i hlađenjem kada je to potrebno.

Usporedno s rastom opće privredne razvijenosti obično se povećava i energetski standard gra-

đana. Benzinske stanice se postavljaju u gradu sve gušće i sve su bolje opskrbljene raznim vrstama kvalitetnih goriva i drugim artiklima za cestovni promet. Povećavati bi se morali i pouzdanost dobave i kvalitet električne energije (napon i frekvencija). Organizira se servisna dostava goriva potrošačima i nadzor nad radom njihovih osnovnih energetskih uređaja. Posebno se ističe nagla zamjena upotrebe krutih goriva plinom i električnom energijom pri zagrijavanju potrošne vode i kod kuhanja, te stalni rast toplinskog standarda u grijanju prostorija.

Ekonomska ispitivanja pokazuju da je za gušća stambena naselja najpovoljniji način zimskog grijanja, centralno grijanje putem vrelovodnih mreža. Kod manjih naselja ekonomski je najpovoljnije zagrijavanje vode tih mreža u blokovskim kotlovnicama naselja. Kod vrlo velikih naselja najpovoljnije je zagrijavanje vode u elektrotoplanama; naročito kada se iz njih dobavlja i zagrjevno tehnološka para za industriju.

Iz prethodnog slijedi da tehnički razvoj i energetski standard usmjeruju opskrbu gradskih potrošača energijom (potrošačka energija) sve više na direktnu dobavu pare i vrele vode iz elektrotoplana. Ujedno raste i direktna upotreba plina i tekućih goriva.

U dobavi sekundarnih nosilaca energije gradovima javlja se tendencija lociranja njihove proizvodnje iz primarnih nosilaca u sam grad ili što bliže njemu. Time se dosadašnja tendencija povećavanja udjela sekundarnih nosilaca u ukupnoj dobavi energije gradu (temeljna energija) okreće natrag k povećavanju udjela primarnih nosilaca. Međutim u potrošačkoj (konzumnoj energiji) udio sekundarnih nosilaca energije se stalno povećava, kako je već spomenuto.

Zdravstveni i biološki faktor nameće tehnici razvoja gradskog prometa zahtjev za preorijentaciju pogona tekućim gorivima na električni pogon, ili bar na smanjenje štetnih sagornih plinova tih goriva. Oni su, naime, najopasniji zagađivač gradske atmosfere. Stoga treba u daljnjoj budućnosti očekivati u gradovima i masovnu upotrebu električnih vozila. Teško je predvidjeti da li će pri tom prevagnuti pogon na principu linearnog motora (kretanje magnetskog polja na kolovoznoj traci) ili električna energija iz akumulatora ili proizvedena u gorivnoj ćeliji; u svakom slučaju javljat će se tendencija smanjivanja upotrebe tekućih goriva za pogon cestovnih vozila.

Očito je da će električna energija imati sve veći udio u energetskoj opskrbi gradova. Na to će utjecati ne samo njezina tehnološka neophodnost i najveća podesnost za brojne procese i namjene, već i zahtjev za što većom čistoćom gradske atmosfere.

5. Svjetski energetski razvoj

Opseg i struktura energetske opskrbe mijenjali su se u posljednje vrijeme još brže od uvodno prikazanog udjela energetske djelatnosti u ostalim djelatnostima čovjeka. Rast potroška i promjene strukture korištenja svjetskih primarnih nosilaca energije, za razdoblje od godine 1880. do 1970. prikazani su u dijagramu »D—51«.

Energija sadržana u nosiocima energije eksploatiranih svjetskih energetskih izvora, u razdoblju od 1860. do 1970. godine, prikazana je i brojčano na tablici T—51, a u postocima udio energije sadržane u pojedinim nosiocima na tablici T—52. Proizvodnje prikazane dijagramom D—51 i tablicama T—51 i T—52 ne prikazuju točno korištenje energetskih izvora u navedenim godinama već godišnje prosjeke u razdoblju oko dotične godine.

Svjetsko korištenje energetskih izvora

T-51) Energija u tisućama TWh/god.
(1 TWh = 1 mlrd kWh = 860 Tcal)

Razdoblje	Vodne snage	Biljno gorivo	Ugljeni i ligniti	Naftna goriva	Prir. plin	Nukl. gorivo	Svega Svijet
1860.	0,0	3,9	1,1	0,0	—	—	5,0
70.	0,0	4,0	1,7	0,0	—	—	5,7
80.	0,0	4,1	2,6	0,0	0,0	—	6,7
90.	0,0	4,1	3,9	0,1	0,1	—	8,2
1900.	0,0	4,2	5,8	0,2	0,1	—	10,3
10.	0,0	4,2	8,7	0,5	0,2	—	13,6
20.	0,1	4,3	9,9	1,0	0,3	—	15,6
30.	0,2	4,4	10,2	2,0	0,7	—	17,5
40.	0,3	4,5	11,7	3,0	1,0	—	20,5
1950.	0,5	4,6	12,5	5,4	2,3	—	25,3
55.	0,7	4,7	14,7	8,4	3,3	0,0	31,8
1960.	1,0	4,7	17,5	11,2	5,0	0,0	39,4
65.	1,3	4,6	18,0	16,0	7,5	0,1	47,5
1970.	1,7	4,4	18,4	24,0	11,2	0,3	60,0

T-52) Udjeli pojedinih nosilaca energije u %

Razdoblje	Vodne snage	Biljno gorivo	Ugljeni i ligniti	Naftna goriva	Prir. plin	Nukl. gorivo
1860.	0,3	77,5	22,0	0,2	—	—
70.	0,2	69,8	29,5	0,5	—	—
80.	0,2	60,0	38,5	1,0	0,3	—
90.	0,2	50,0	47,7	1,5	0,6	—
1900.	0,2	40,7	56,2	1,9	1,0	—
10.	0,3	30,8	63,7	3,7	1,5	—
20.	0,6	27,6	63,5	6,4	1,9	—
30.	1,1	25,2	58,5	11,4	4,0	—
40.	1,5	22,8	57,2	14,6	4,9	—
1950.	2,0	18,2	49,4	21,3	9,1	—
55.	2,2	14,8	46,2	26,4	10,4	0,0
1960.	2,5	12,0	44,3	28,4	12,7	0,1
65.	2,7	9,7	38,0	33,6	15,8	0,2
1970.	2,8	7,4	30,6	40,0	18,7	0,5

Nafta je unesena samo s iznosom koji otpada na proizvodnju goriva, tj. bez dijela proizvodnje tehnoloških derivata nafte, kao što su maziva ulja, parafin, bitumen, petrolkoks, razna otapala i sirovi benzin za petrokemiju.

U prirodni plin uključeni su i prirodni gazolini koji se dobivaju iz naftnog (kaptažnog) plina.

Živa snaga ljudi i životinja, čija se mehanička energija cijeni na 0,3 tisuće TWh godišnje, a skoro se ne mijenja već desetljećima, nije obuhvaćena u ovim prikazima.

Primarna hidroenergija unesena je kao mehanička energija vode zahvaćene za proizvodnju mehaničke energije (mlinovi i dizanja za navodnjavanja) i električne energije (izračunata je iz vodom proizvedene energije primjenom srednjeg stupnja korištenja uzetog sa 0,7 TWh/TWh).

Nuklearna energija uzeta je s energijom goriva sagorenog u reaktoru.

Energija plime i oseke uključena je u hidroenergiju. Geotermalna energija i energija vjetra su zanemarene jer se danas koriste tek s oko desetak TWh/god. što je u svjetskom razmjeru zanemarivo maleni iznos.

Naglasiti treba da se prethodni prikazi odnose na ukupnu temeljnu, tj. na ukupnu utrošenu energiju, svijeta u cjelini. Potrošačka energija tj. energija koju su primili konačni potrošači energije, što obuhvaćaju vanenergetske privredne potrošače (industrija, promet, ostalu privredu) te vanprivrednu potrošnju (domaćinstva, dio prometa, vanprivredne institucije, vojska) je danas znatno manja od navedene temeljne energije. Stoljećima je potrošačka energija bila praktički jednaka temeljnoj energiji. S iznimkom drvenog ugljena nisu se koristili nikakvi sekundarni nosioci energije, već samo primarni. Danas pak konačni potrošači troše pretežno sekundarne nosioce energije.

Procjena izvršena za 1970. godinu pokazuje da su konačni potrošači energije (vanenergetski) cijeloga svijeta potrošili te godine ukupno oko

44 tisuće TWh

potrošačke energije. Od toga je bilo oko

32 tisuće TWh sekundarnih nosilaca

a samo oko

12 tisuća TWh primarnih nosilaca.

Ostatak do 60 kTWh temeljne energije od

16 tisuća TWh

utrošen je na gubitke pri proizvodnji sekundarnih nosilaca energije, na gubitke u prijenosu i dostavi, te na povećavanja skladišta.

Preorijentacija konačnih potrošača od primarnih nosilaca energije (prirodne snage, biljno gorivo, ugljeni, nafta, prirodni plin i nuklearna energija) na sekundarne nosioce (koks, derivati nafte, gradski, ukapljeni i otpadni plinovi, para i vrela voda, električna energija) uslijedila je dijelom iz tehnoloških a dijelom iz ekonomskih razloga.

Glavni razlozi brzom rastu potroška energije i promjenama energetske strukture su:

1) Porast stanovnika zemlje
2) Rast ekonomskog potencijala i životnog standarda
3) Kvarenje sirovinske baze
4) Razvoj prirodnih i tehničkih znanosti
5) Otkrivanje značajnih rezervi nafte i prirodnog plina.

Tendenca opadanja upotrebe biljnih goriva (gorivno drvo, biljni otpaci, otpadna građa) te stagnacija u proizvodnji i upotrebi fosilnih krutih goriva (ugljeni, ligniti, treset) nastavit će se u bližoj i u daljnjoj budućnosti. Blagi rast može se očekivati u korištenju vodnih snaga, brzi rast imat će korištenje nafte i prirodnog plina, a vrlo brzi rast korištenje nuklearnih izvora energije. U daljnjoj budućnosti doći će vjerojatno do usporavanja brzine porasta upotrebe nafte. Jedan od razloga za to bit će i sprečavanje zagađivanja zraka u gradovima, koji će se morati orijentirati na električna vozila.

U dobavi potrošačke energije ispoljava se tendencija orijentacije na plemenite sekundarne nosioce energije tj. plin, električnu energiju, paru i vrelu vodu kod kojih je rad potrošača minimalan.

Usporedno s tim orijentira se dostava nosilaca energije potrošačima sve više na žice (električna energija) i cjevovode (plin, tekuća goriva, para i vrela voda).

6. Planiranje energetske opskrbe gradova

Pri planiranju energetske opskrbe grada treba težiti postizavanju optimalnog općeg društveno ekonomskog razvoja regije u kojoj se grad nalazi. Razvoj regije ima tako veliki utjecaj i na razvoj grada, da se ne smije zanemariti. Zadovoljstvo žitelja grada i regije kojoj grad pripada, te brzina rasta privrednog potencijala regije su osnovni cilj koji se želi postići planiranjem energetske opskrbe grada. Stoga osim malih troškova treba pri planiranju uzeti u obzir i postignuti energetski standard grada i utjecaj na privredni razvoj regije.

Osim faktora relevantnih za razvoj energetske opskrbe grada, navedenih u točki 2 ovog izlaganja, treba pri planiranju energetske opskrbe uzeti u obzir i planove predvidivog budućeg općeg društvenog razvoja grada i regije.

Opseg izlaganja ne dopušta da se detaljnije iznese koje sve planove treba iz okvira plana općeg društvenog razvoja uzeti u obzir pri energetskom planiranju. Istaći ipak treba, broj svih i aktivnih žitelja, broj stanova, produktivnost rada, društveni proizvod i narodni dohodak, neto osobna primanja — rad i slobodno vrijeme aktivnih žitelja, razvoj industrije i razvoj prometa.

Treba naglasiti da se kod planiranja razvoja industrije moraju posebno i pojedinačno planirati razvoj i energetske potrebe bazične industrije. Specifični potrošak energije bazične industrije, računat po jedinici stvaranog društvenog proizvoda, je obično po 10 i više puta veći od onog prerađivačke industrije. Potrošak energije prerađivačke industrije može se planirati na osnovi korelacija između potroška energije i stvaranja društvenog proizvoda (ili fizičkog obujma) i industrije u cjelini. Naravno da i kod bazične i kod potrošačke industrije treba uzimati u obzir zahtjeve što se postavljaju određenim vrstama nosilaca energije, uvjetovane tehnološkim procesom.

U planiranju energetske opskrbe prometa treba se u pravilu poći od planova koje su postavili planeri željezničkog, cestovnog, pomorskog, riječnog i zračnog prometa. Nosilac energije je tu većinom tehnološki predodređen, a gdje i nije (npr. po-

gon željezničke vuče) utjecaj nosilaca energije na ekonomiku tog prometa je tako malen da se u pravilu može zanemariti.

Opskrbu energijom domaćinstva planira se, kako je već prethodno spomenuto, na temelju postavljenog plana energetskog standarda žitelja grada. Različita rješenja pri odabranom energetskom standardu moguća su u prvom redu pri toplinskoj opskrbi domaćinstva. Rješenja tu ima mnogo, pa je stoga toplinska opskrba domaćinstva najsloženiji dio utvrđivanja optimalne opskrbe grada energijom. Potrebno je ekonomski analizirati veliki broj kombinacija rješenja zimskog grijanja prostorija, zagrijavanja potrošne (sanitarne) vode i kuhanja. Tek na osnovi takvih analiza i ostalih faktora može se utvrditi izbor optimalnih nosilaca energije za toplinsku opskrbu domaćinstva za razne predjele grada i za razne načine stambene izgradnje.

Energetska opskrba potrošača van industrije, prometa i ostalih privrednih djelatnost te domaćinstva (komunalne djelatnosti, bolnice, škole, trgovine i ugostiteljstvo, poslovne prostorije, obrt i zanatstvo, društvene institucije) može se planirati na osnovi korelacija potroška energije domaćinstva i potrošača. Ta potrošnja, označena zajedničkim imenom komunalna, iznosi u privredno razvijenim zemljama obično 25 do 30% od potroška domaćinstva.

Planiranje mora biti dugoročno, najmanje za 30 godina unaprijed. Toliki je, naime, normalni vijek trajanja stabilnih energetskih instalacija i u proizvodnji i u raspodjeli energije. Kraći je vijek trajanja trošila kod potrošača kod kojih se energija nosilaca pretvara u korisnu mehaničku, toplinsku, kemijsku ili valnu energiju. Još kraći je uglavnom vijek trajanja pokretnih trošila energije, naročito onih transportnih. Pri zamjeni dotrajalih trošila dolazi često do promjene upotrijebljenog nosioca energije. Tako se npr. peć na kruto gorivo danas u pravilu zamjenjuje s peći na tekuće ili plinsko gorivo, a često i radijatorom na toplu vodu, a parna lokomotiva se zamjenjuje dizelskom ili električnom.

S obzirom na naprijed navedeno, mora se kod planiranja novih energetskih postrojenja računati s radom za prilike koje treba očekivati u budućnosti, a ne za današnje prilike. Ovo se odnosi u prvom redu na cijene, koje se s vremenom mijenjaju.

7. Usmjeravanje energetske opskrbe gradova

Razvoj energetske opskrbe gradova usmjeravaju faktori navedeni i opisani u prethodnim izlaganjima. Pri tom se ta opskrba obično neće razvijati onako kako bi za grad i za njegovu regiju u cijelini bilo društveno ekonomski najpovoljnije. Osim prirodnih i opće društvenih značajki razvoja, te ostalih faktora koje determiniraju opseg i vid (vrstu) korisne energije, djeluje i niz faktora o kojima ovisi izbor nosilaca energije, a djelomično i opseg njihove upotrebe. Najvažniji od njih su cijene nosilaca energije.

Ovdje treba spomenuti da se potrošači kod svojih odluka o izboru nosioca energije ravnaju u pravilu prema momentano važećim cijenama, a ne prema cijenama koje se mogu očekivati u budućnosti. Stoga se može dogoditi da konačni potrošač, ili proizvođač sekundarne energije postavi instalaciju u kojoj se koristi nosilac energije, koji već u trenu stavljanja u pogon, za potrošača nije najpovoljniji. Osim toga rješenje koje je ekonomski najpovoljnije za potrošača ne mora biti uvijek najpovoljnije za regiju u cjelini. Stoga gospodarski instrumenti koji reguliraju cijene nosilaca energije moraju biti takvi da je optimum za svakog potrošača ujedno i dugoročni društveno ekonomski optimum regije u kojoj se potrošač nalazi.

Osim što utječu na formiranje cijena društveno politički organi imaju još niz drugih mogućnosti da utječu na energetski razvoj,a naročito na energetsku strukturu.

Mjere za pravilno usmjeravanje opskrbe gradova energijom mogu se razvrstati u 5 osnovnih grupa i to:

A) Opće mjere u energetici i privredi
B) Mjere osiguranja i dobave energije gradu
C) Mjere za razvod i dostavu energije potrošačima
D) Usmjeravanje potrošača na optimalnu energetsku opskrbu
E) Izrada dugoročnih i operativnih studija i planova za energetsku opskrbu grada.

Nemoguće je u ovom izlaganju detaljnije opisati sve mjere iz svake grupe; one zavise o lokaciji grada i zatečene energetske situacije. No ipak se treba navesti da su većinom najvažnije, a ujedno i najsloženije i najteže provedive, mjere spomenute pod »A«. Njih donose, u pravilu, najviši društveno politički organi regije u kojoj se grad nalazi. Mjere pod »B« i »C« provode poduzeća energetskih grupacija. Provedbu mjera pod »D« i »E« osiguravaju organi grada odobravanjem planova, donošenjem raznih propisa i financiranjem izrada studija i planova.

8. Primjer razvoja toplinske opskrbe grada

Tendencije u razvoju opskrbe gradova energijom mogu se najbolje vidjeti na primjeru dosadašnjeg razvoja i na planu usmjeravanja budućeg razvoja nekog većeg grada. U tu svrhu koriste se ovdje podaci elaborata Zavoda za komunalnu djelatnost grada Zagreba i Instituta za elektroprivredu — Zagreb pod naslovom »Usmjeravanje opskrbe Zagreba toplinskom energijom« iz 1966. godine, te stvarne toplinske opskrbe u 1970. godini. Prikaz se, doduše, odnosi samo na toplinsku energiju; u njemu nisu izneseni podaci o opskrbi vezanoj na proizvodnju mehaničke, kemijske i valne energije. No, toplinska opskrba predstavlja najveći dio od ukupno potrebne energije. U 1970. godini iznosio je njezin udio u ukupnoj korisnoj energiji Zagreba 80% (mehanička + valna 11%, kemijska 9%); u konzumnoj (potrošačkoj) energiji iznosio je udio za proizvodnju toplinske 67% (za mehaničku 21%,

valnu 2%, kemijsku 10%). Stoga se, u pomanjkanju dugoročnog plana ukupne opskrbe energijom, tendencije dugoročnog razvoja energetske opskrbe grada mogu već dobro uočiti iz prikaza razvoja toplinske opskrbe.

Razvoj strukture i apsolutnih količina utroška toplinske potrošačke (konzumne) energije tj. energije sadržane u nosiocima, što je za namicanje topline troše konačni potrošači područja užeg Zagreba, za godine 1964. i 1970. i plan za godine 1980. i 2000. prikazan je na dijagramu D—81.

Isti razvoj za toplinsku temeljnu energiju tj. energiju sadržanu u primarnim nosiocima proizvedenim na području grada, i svim uvezenim nosiocima energije na gradsko područje (primarnim i seknudarnim zajedno), upotrebljenim za dobavu topline, prikazan je na dijagramu D—82.

U dijagramima su unesene i apsolutne količine energije u TWh (1 TWh = 1 mlrd kWh = 860 Tcal) i udjeli u % pojedinih nosilaca energije. Stoga detaljniji kvantitativni opisi ovdje nisu potrebni.

Spomenuti treba da se stvarne potrošnje u 1970. godine (unesene u dijagrame D-81 i D-82) znatno razlikuju od potrošnji planiranih u prethodno spomenutom elaboratu. Glavna odstupanja od plana pojavila su se u bržoj zamjeni ugljena ložnim uljima i u manjoj ukupnoj potrošnji energije. Ta su odstupanja posljedica nesprovedenih mjera što su predložene radi postizavanja optimalnog opće društvenog i energetskog razvoja regije. Zbog takvog kretanja do danas morao se je promijeniti i prvobitni plan za 1980. godinu. Ponovno treba naglasiti da su u dijagramima D-81 i D-82 unesene samo potrošnje potrebne za toplinsku opskrbu užeg Zagreba. Stoga u ukupnoj opskrbi treba dodati benzin i dizl gorivo za mehaničku energiju u prometu, električnu energiju za mehaničku, kemijsku (elektrolize) i valnu energiju (rasvjeta, radio, televizija), te tehnološka goriva za kemijsku, a u temeljnoj još i vodne snage i goriva za proizvodnju električne energije na području Zagreba. Ti nosioci energije povećat će količine navedene u dijagramima D-81 i D-82 za oko 30% i to u svim promatranim godinama.

9. Zaključak

Na temelju prethodno iznesenog, može se zaključiti da se u energetskoj opskrbi gradova mogu očekivati slijedeće tendencije:

Opskrba konačnih potrošača toplinskom energijom orijentirat će se u zonama veće gustoće potrošnje topline sve više na paru i vrelu vodu iz elektrotoplana i velikih industrijskih kotlova i na kotlovnice naselja u područjima udaljenim od zona velike potrošnje.

U zonama male teritorijalne gustoće topline najbolje je toplinu namicati upotrebom prirodnog plina svagdje gdje ga ima. Tamo gdje tog plina nema upotrebljavat će se ložna ulja; zbog sprečavanja zagađivanja zraka morat će se koristiti većinom lagana ložna ulja.

Gradski plin se koncentrira samo na područje gdje je već ranije uveden, uz stalno sužavanje tog područja. Često je najpovoljnija potpuna zamjena prirodnim plinom.

Butanski plin će se upotrebljavati tamo gdje nema prirodnog i gradskog plina, i kao prethodnica prvom, naročito na gradskim perifernim zonama.

Električna energija se u toplinskoj opskrbi danas orijentira uglavnom na kuhanja u objektima s toplim i vrelovodnim grijanjima. Ona se pretežno upotrebljava za kuhanje i grijanje potrošne vode svuda gdje još postoji zimsko grijanje prostorija krutim gorivima, a nije za te svrhe uveden plin. U tom slučaju je obično opravdano dopunsko električno grijanje prostorija; u prvom redu uz primjenu dvotarifnih brojila. U budućnosti će biti sve značajnija i njezina upotreba za pogon klimatizacionih uređaja.

Potrebe za mehaničkom energijom uređaja u zgradama vršit će se i nadalje skoro isključivo električnom energijom. Električna energija je naravno nezamjenjiva u elektro-kemijskim procesima i u proizvodnji valne energije. Upotreba električne energije u gradskom prometu danas skoro stagnira. U bližoj budućnosti sve češće će se upotrebljavati u prigradskim i podzemnim šinskim vozilima.

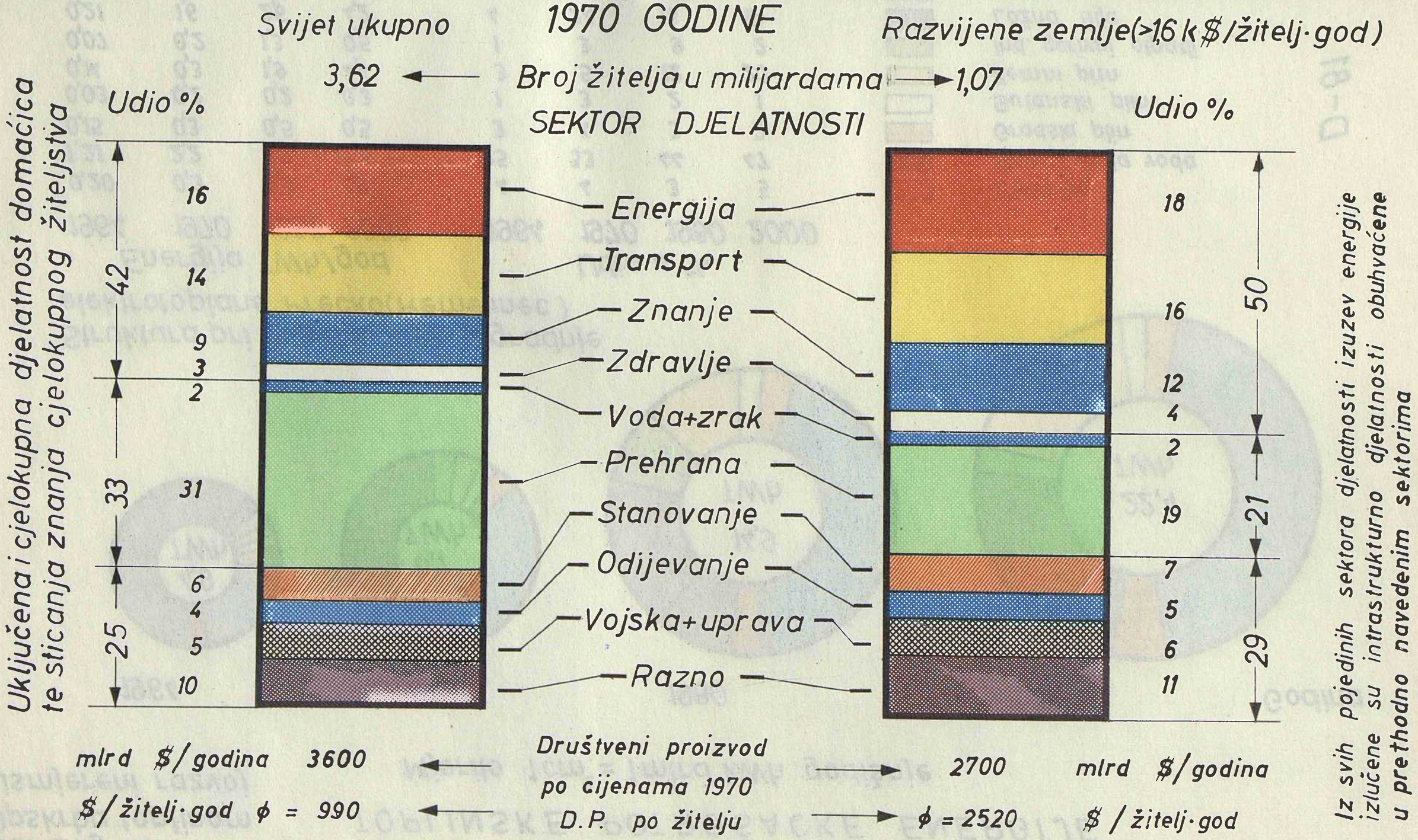
U daljnjoj budućnosti može se očekivati masovna upotreba električne energije i u cestovnim vozilima, bilo na principu linearnog motora, bilo na principu upotrebe akumulatora. U vezi s vjerojatnom budućom ekonomičnom proizvodnjom električne energije nuklearnim putem i primjenom novih procesa za direktnu pretvorbu kemijske energije goriva u električnu energiju, može se u daljnjoj budućnosti očekivati i masovna toplinska upotreba električne energije. Očito je da će današnji veliki udio električne energije u potrošačkoj energiji neprestano rasti.

Dostava energije konačnim potrošačima orijentira se s obzirom na prethodno, sve više na žicu i cjevovode. Udio razvoza nosilaca energije vozilima u ukupnoj dostavi energije potrošačima stalno će opadati.

Proizvodnja potrošačke energije, koja je u bližoj prošlosti imala tendenciju lociranja na nalazišta primarnih nosilaca, počet će se opet približavati potrošaču, tj. gradu. Cjevovodni masovni transporti nafte i plina, a pogotovo njihov vodni transport na veće udaljenosti, jeftiniji je, naime, od transporta derivata nafte i električne energije, makar i na najvišem naponu. Još izrazitija je predznost lokacija u blizini grada nuklearnih elektrana. Ne treba očekivati da će se prijenos pare i vrele vode moći ikada ekonomično obaviti i na vrlo velike udaljenosti. Elektrotoplane, koje uz električnu energiju isporučuju i toplinu parom i vrelom vodom, smještat će se i u budućnosti na samo gradsko područje.

Tehnika izgradnje nuklearnih energetskih postrojenja već danas je tako napredovala da unašanje nuklearnih elektrotoplana na gradsko područje neće u budućnosti predstavljati opasnost za grad i njegove žitelje.

UDJELI POJEDINIH SEKTORA U UKUPNOJ DJELATNOSTI ČOVJEČANSTVA 1970 GODINE



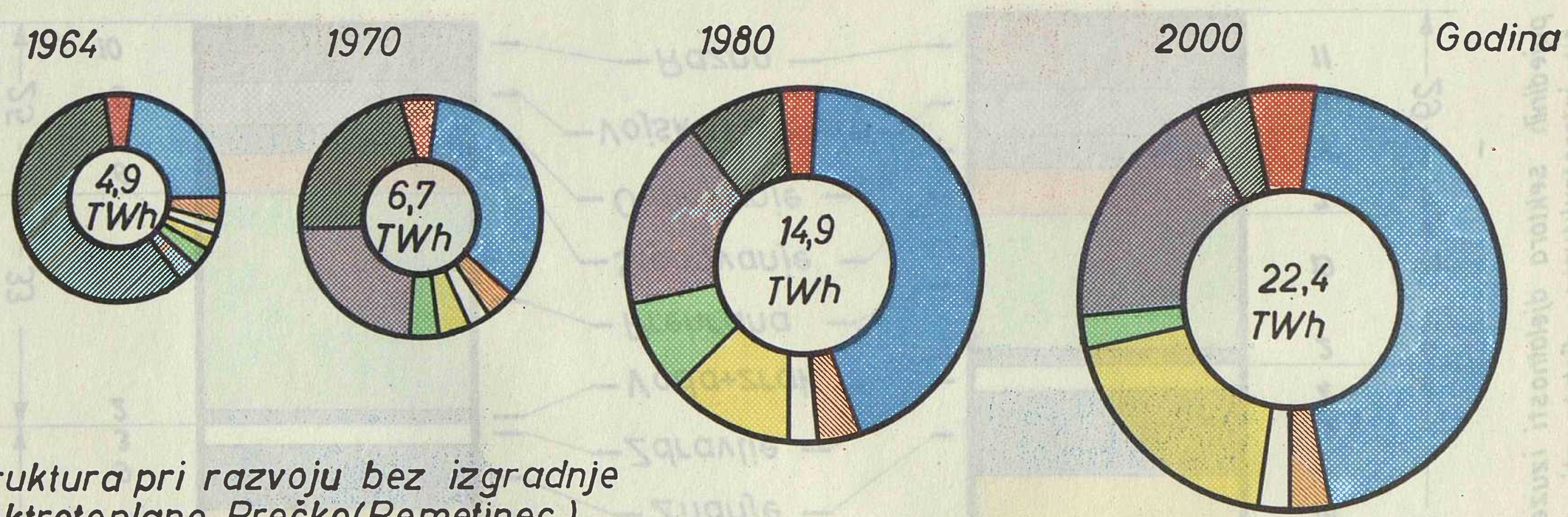
5. 1971

D-11

Uži Zagreb
Opskrba toplinom
Usmjereni razvoj

STRUKTURA TOPLINSKE POTROŠAČKE ENERGIJE

Mjerilo 1cm² = 1mlrd kWh godišnje



Struktura pri razvoju bez izgradnje elektrotoplane Prečko(Remetinec)

Energija TWh/god				Udio u %				
1964	1970	1980	2000	1964	1970	1980	2000	
0,20	0,3	0,5	1,0	4	4	3	5	Elektrika
1,21	2,2	6,5	10,5	25	33	44	47	Para i vrela voda
0,15	0,3	0,5	0,5	3	4	3	2	Gradski plin
0,03	0,2	0,2	0,3	1	3	2	1	Butanski plin
0,14	0,3	1,9	4,4	3	5	12	20	Zemni plin
0,07	0,2	1,3	0,5	1	3	9	2	Ind. gorivni otpadi
0,21	1,6	2,6	4,2	4	24	18	19	Ložna ulja
2,89	1,6	1,4	1,0	59	24	9	4	Drvo, ugljen, koks

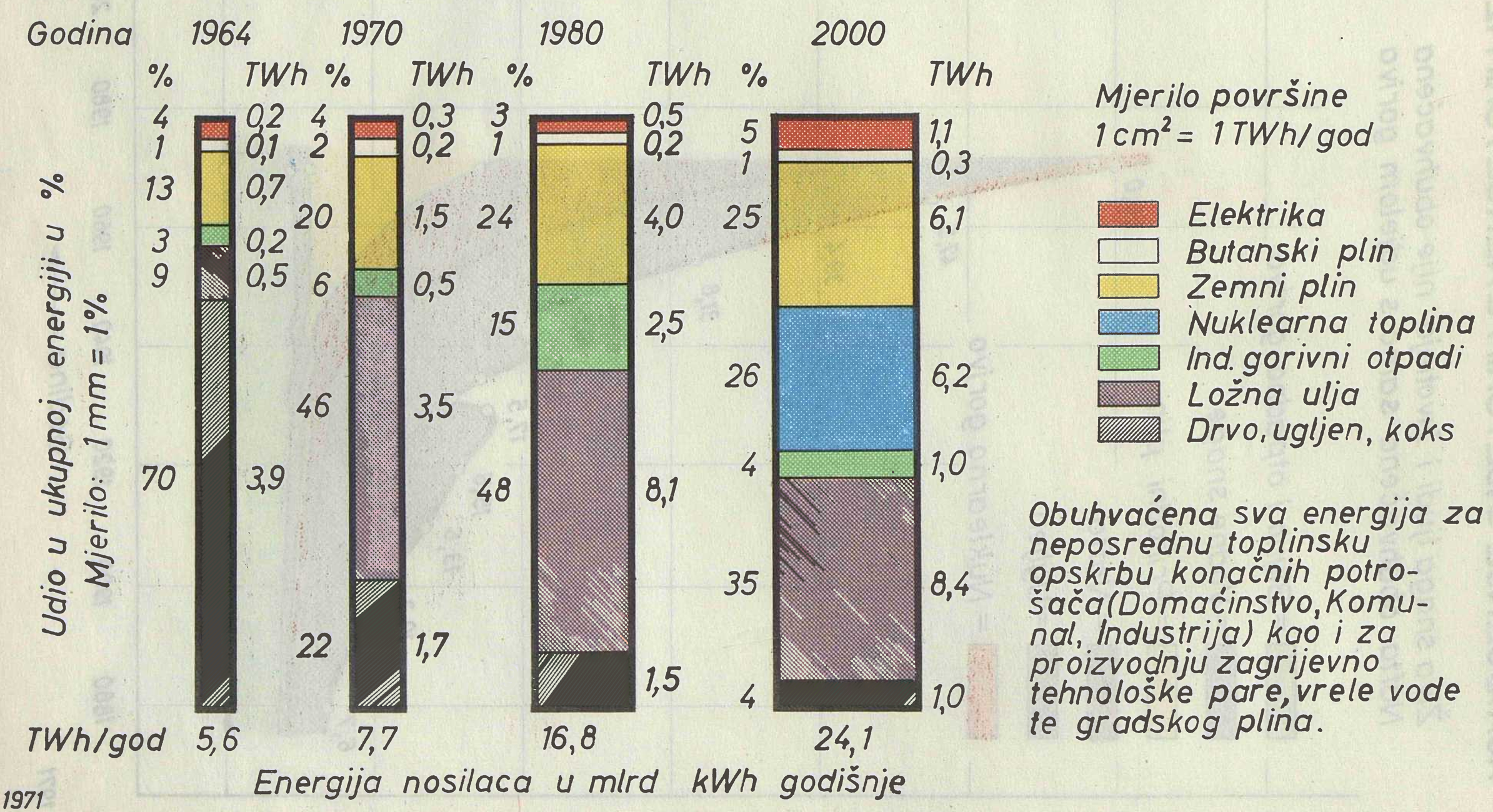
D-81

3.1971

Uži Zagreb
Opskrba toplinom
Usmjereni razvoj

D-82

DOBAVA I STRUKTURA TOPLINSKE TEMELJNE ENERGIJE

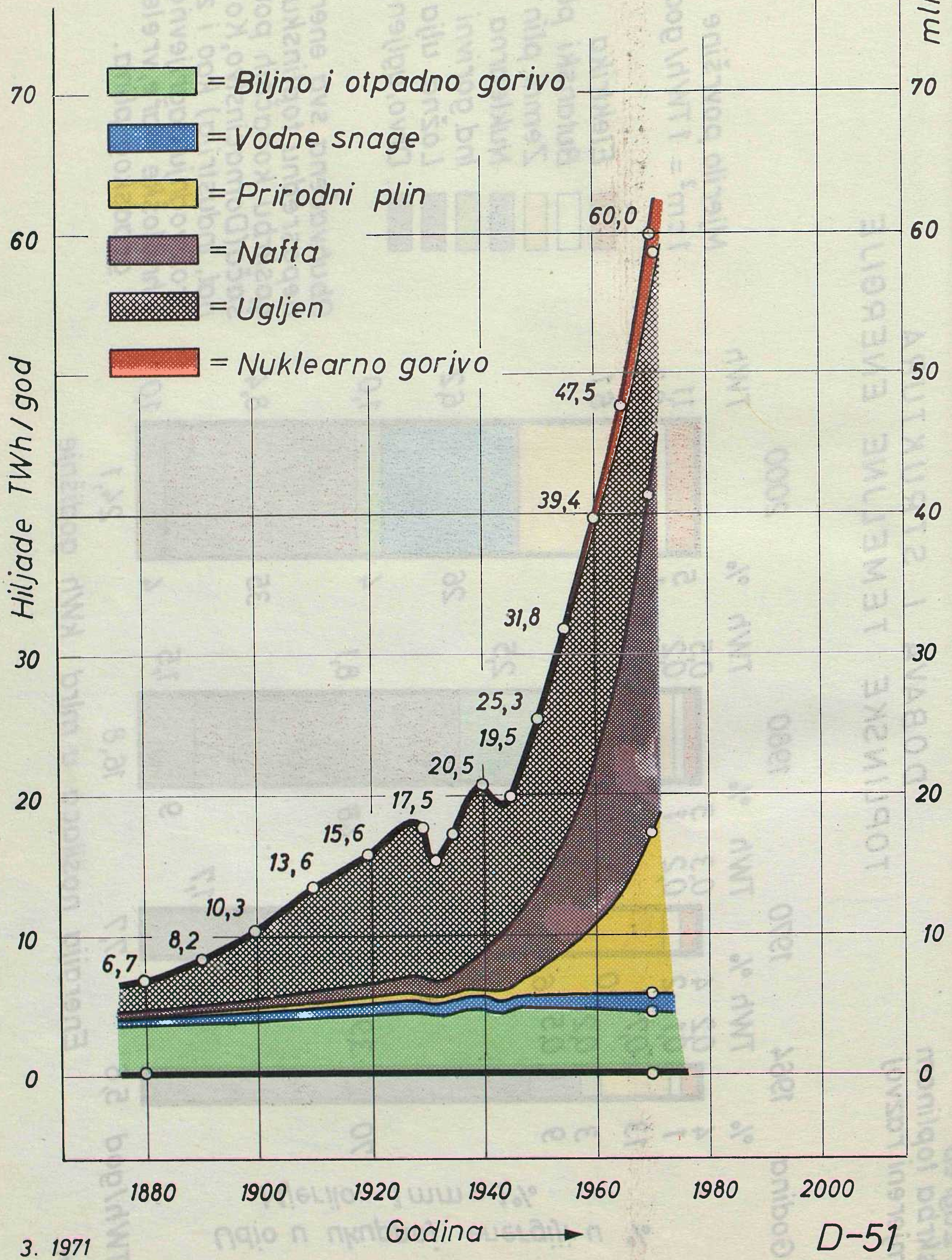


Obuhvaćena sva energija za neposrednu toplinsku opskrbu konačnih potrošača (Domaćinstvo, Komunal, Industrija) kao i za proizvodnju zagrijevno tehnološke pare, vrele vode te gradskog plina.

3. 1971

KORIŠĆENJE SVJETSKIH ENERGETSKIH IZVORA

Živa snaga ljudi i životinja nije obuhvaćena
Nafta obuhvaćena samo s udjelom goriva



3. 1971

D-51

Razvoj opskrbe gradova energijom postaje sve složeniji. Ne treba ga prepustiti stihiji, već ga planirati tako da se postigne optimum i za grad i za regiju u kojoj se grad nalazi. Da bi se razvoj usmjerio prema utvrđenom optimumu potrebno je uvijek poduzimati niz mjera. Te mjere imaju djelomično širi regionalni, a dijelom uži, gradski karakter, a krajnji im cilj mora biti postizavanje stalnog brzog rasta blagostanja i visoki stupanj zadovoljstva što većeg broja žitelja grada i regije u kojoj se grad nalazi.

Literatura

1) UN — *»World Energy Requirement in 1975 and 2000«* — International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy — Genève 1955 — A/Conf. 8/P/902.
2) I. Jamnicki — *»Usmjeravanje opskrbe Zagreba toplinskom energijom«* — Zavod za komunalnu djelatnost grada Zagreba + Institut za elektroprivredu, Zagreb 1966.
3) I. Jamnicki — *»Nafta i plin u energetskoj ekonomici Jugoslavije«* — Jugoslavenska Akademija znanosti i umjetnosti — Simpozij o nafti 1966.
4) OECD — *»Energy Policy Problems and Objectives«* — Paris 1966.
5) UN — ESC — *»Facteurs influant sur l'exactitude de la planification, et des previsions dans le domaine de l'énérgie«* — Genève 1968 — ECE/Energy — Doc. N° 4.
6) UN — *»Statistical Yearbook 1969«* — Statistical Office of the UN — New York 1970.
7) I. Jamnicki — *»Basic Approach to Regional Socio-economic Optimization of Energy USE«* — Referat № 5.1—182 na 8. plenarnom zasjedanju Svjetske konferencije za energiju — Bucuresti 1971.
8) *Podaci domaćih i stranih energetskih stručnih časopisa o kretanju proizvodnje i potrošnje nosilaca energije u godinama 1969. i 1970.*

Kratice:

UN = United Nation — New York
ESC = Economic and Social Concil (UN) — New York
OECD = Organization for Economic Co-operation and Development.

Naslov pisca: Ivo Jamnicki, dipl ing., znanstveni savjetnik Instituta za elektroprivredu, Zagreb

PREDMONTAŽNI PREGLEDI I REVIZIJE POSTROJENJA, ISPITIVANJA I REZULTATI PROBNOG POGONA TERMOELEKTRANE SISAK

Drago Dragičević, Zagreb

Nakon što su dani neki osnovni podaci o Termoelektrani Sisak, u članku se daje pregled radova na reviziji i kontroli opreme u fazi montaže, koji su zbog njezinog oštećenja prilikom transporta, lošeg prijema i konzervacije na gradilištu, loše završne obrade i montaže u tvornicama, na ovom objektu neuobičajeno veliki. Zahvaljujući provedenim revizijama i sistematskim ispitivanjima, što ih je pretežno provela pogonska posada, novi blok je ušao u probni pogon bez većih problema i zastoja.

DK 621.311.22

1. Osnovni tehnički podaci postrojenja Termoelektrane Sisak

Izgradnja Termoelektrane Sisak započela je polaganjem kamena temeljca 8. VII 1967. godine, a početak montaže prvog kotlovskog dijela uslijedio je 20. III 1968. godine. Termoelektrana Sisak prvi put je sinhronizirana u Jugoslavenski elektroenergetski sistem 3. X 1970. godine, te je do 1. IX 1971. proizvedeno na generatoru 590 GWh, a blok postrojenja je u tom razdoblju bilo u pogonu 6353 sati, no što se tiče spremnosti postrojenja elektrane proizvodnja je mogla biti dvostruko veća, da se energija mogla plasirati u sistem, ili da je u nekim kritičnim razdobljima bilo na raspolaganju više goriva. Treba naglasiti, da još uvijek nije dovršeno proširenje Rafinerije Sisak kapaciteta 2000000 t/god. iz koje će Termoelektrana Sisak dobivati najveće količine mazuta. Dakle, zakasnilo se s dovršenjem proširenja Rafinerije, pa je to i bio jedan od najbitnijih uzroka manjku goriva za TE Sisak.

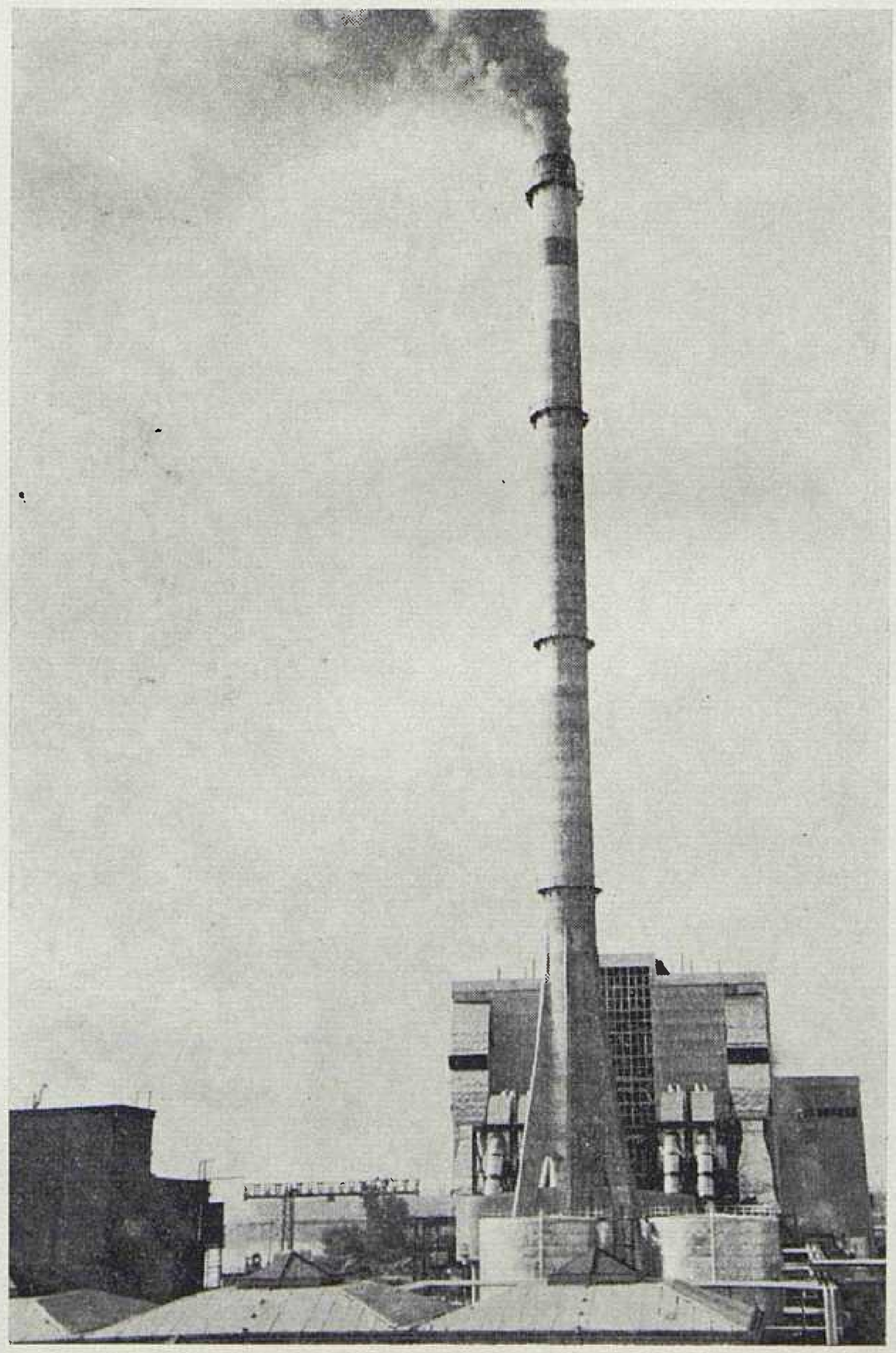
Tijekom prvog dijela izgradnje, izgrađen je samo jedan blok nazivne snage 210 MW. Maksimalno moguća dnevna proizvodnja je 5 GWh, a godišnja 1260 GWh. Potrošak mazuta pri nominalnom opterećenju kotla je 52,5 t/h, specifični potrošak na pragu elektrane oko 2400 kcal/kwh i vlastiti potrošak električne energije oko 6%. Mjerenja specifičnih potrošaka za različite režime rada nisu još obavljena, pa nije moguće točno navesti odgovarajuće podatke.

Uporabno gorivo za loženje kotla je mazut ili plin, kombinacija mazuta i nisko-oktanskih benzina, a naknadno su izvedene i isprobane instalacije za spaljivanje tzv. »slop goriva«.

Parni kotao je dvokorpusni, tj. sastoji se od dva kotla, s potpuno odvojenom regulacijom i upravljanjem, pa je moguć rad s jednim ili s oba korpusa koja su u svakom času jednako opterećena. S obzirom, da još uvijek nisu dovršena ispitivanja svih režima rada, a s garantnim ispitivanjima i utvrđivanjima normativa rada nije se još ni započelo, možemo reći da je tehnički minimum bloka u radu s jednim korpusom 70 MW, a sa dva korpusa 140 MW. Ipak treba istaknuti, da je 70 MW 30% opterećenje snage bloka. Da li će navedeni minumum biti nešto manji, to će se znati nakon navedenih ispitivanja, kao i ostale karakteristike bitne za ocjenu stupnja fleksibilnosti bloka.

Blok se sastoji od osnovnog postrojenja: parne turbine tipa K-200-130 Lenjingradskog metalskog zavoda snage 210 MW pri nominalnim parametrima pare 130 ata i 535 °C/535 °C (međupregrijanje), turbogeneratora tipa TGV-200 Harkovskog zavoda »Elektrotjažmaš« snage 210 MW (247 MVA) pri faktoru snage 0,85, napona 15,75 kV, pritiska vodika za hlađenje generatora do 4 atp i dvokorpusnog protočnog parnog kotla tipa P-56 Podoljskog mašinostroiteljnog zavoda kapaciteta 660 t/h pri parametrima pare 140 ata i 540 °C/540 °C.

Uzbuda generatora obavlja se s pomoću dva motor-generatora, od kojih je jedan u radu, a drugi



Sl. 1 TE Sisak pri potpali kotla. (16. 8. 1970. izvršeno je ispuhivanje visokotlačnih cjevovoda)

u rezervi, s pripadajućim automatskim regulatorom napona i drugim pomoćnim uređajima.

Toplinska shema bloka osigurava slijedeće režime rada:

— upuštanje bloka u pogon iz hladnog stanja,
— upuštanje bloka u pogon iz različitih toplinskih stanja,
— obustavu bloka,
— normalnu eksploataciju bloka,
— momentalno rasterećenje turbogeneratora do opterećenja praznog hoda,
— ispiranje kotla i turbine i
— tlačnu probu svih ogrjevnih površina kotla.

Regulacija tehnološkog procesa obavlja se pomoću elektronske regulacije. Shema automatike osigurava: reguliranje opterećenja bloka, napajanje kotla vodom, dovod goriva, dovod zraka za izgaranje goriva, podtlak u ložištu kotla, temperaturu primarne i sekundarne pare i dovod napojne vode u liniju ubrizgača za regulaciju temperature pare. Također je izvedena automatska zaštita kotla, koja djeluje pri nastupu kvarova na postrojenjima, čije je djelovanje usmjereno na odstranjivanje poremećaja, lokalizaciju kvara ili na isključenje postrojenja. Automatizacija postrojenja, što smo je kraće nazvali RiM (regulacija i mjerenje) sastoji se od: automatske regulacije, daljinskog upravljanja, tehnoloških zaštita, toplinsko-tehničke kontrole, tehnoloških blokada i tehnološke signalizacije.

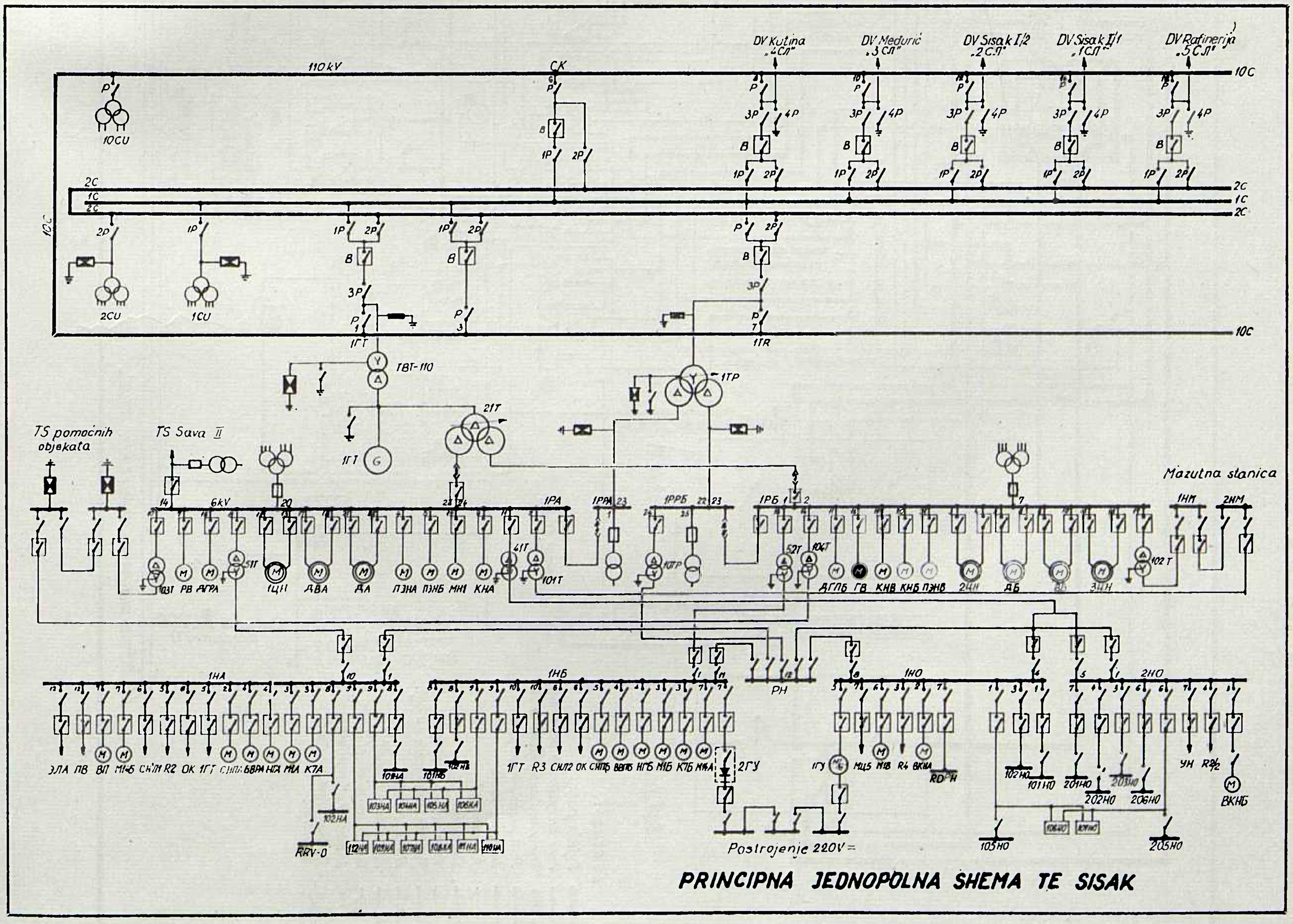
Kao što rekosmo automatska regulacija osigurava normalan tok tehnološkog procesa u parnom kotlu.

Daljinsko upravljanje omogućuje pogonskom osoblju upuštanje i obustavu agregata, uključivanje i reguliranje pojedinih veličina na rastojanje, s komandnog pulta gdje su smješteni uređaji upravljanja.

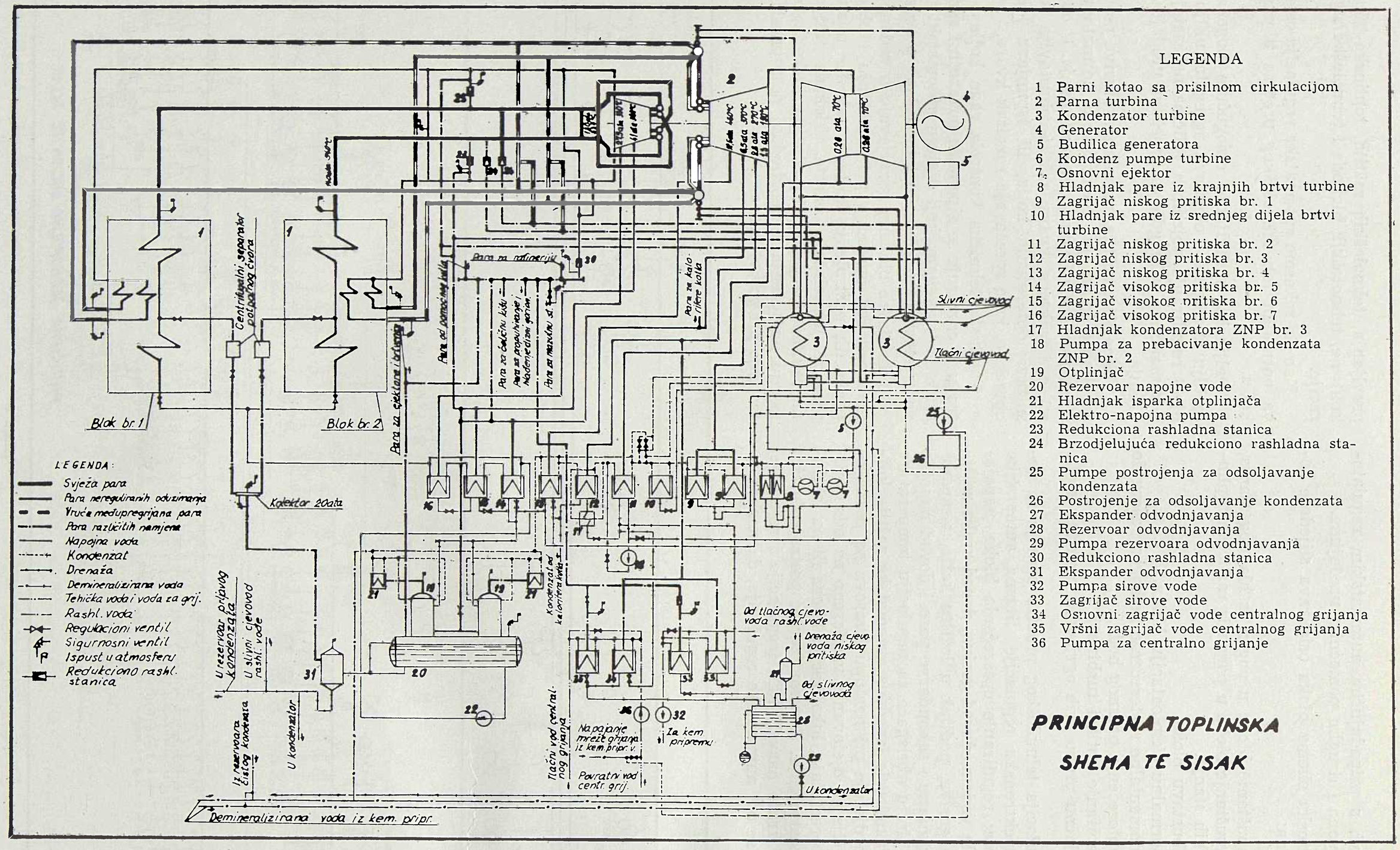
Tehnološka zaštita automatski otkriva pojavu i razvijanje kvara pri narušavanju normalnog režima rada kotla i pomoćnog postrojenja. U ovisnosti o karakteru kvara zaštita obustavlja kotao, snižava opterećenje kotla, ili ispunjava lokalne operacije, koje sprečavaju razvitak kvara.

Toplinsko-tehnička kontrola rada kotla i postrojenja ostvaruje se s pomoću pokaznih i samopisaćih instrumenata, koji djeluju automatski i koji vode neprekidnu kontrolu tehnološkog procesa.

Tehnološke blokade ispunjavaju u zadanoj postupnosti red operacija pri upuštanju i obustavi pomoćnih postrojenja kotla, a također u slučaju prorade tehnoloških zaštita. Blokade isključuju nepravilne operacije pri posluživanju kotla, osiguravaju isključenja u neophodnoj postupnosti postrojenja pri pojavi kvara.



Slika 2



LEGENDA

1 Parni kotao sa prisilnom cirkulacijom
2 Parna turbina
3 Kondenzator turbine
4 Generator
5 Budilica generatora
6 Kondenz pumpe turbine
7 Osnovni ejektor
8 Hladnjak pare iz krajnjih brtvi turbine
9 Zagrijač niskog pritiska br. 1
10 Hladnjak pare iz srednjeg dijela brtvi turbine
11 Zagrijač niskog pritiska br. 2
12 Zagrijač niskog pritiska br. 3
13 Zagrijač niskog pritiska br. 4
14 Zagrijač visokog pritiska br. 5
15 Zagrijač visokog pritiska br. 6
16 Zagrijač visokog pritiska br. 7
17 Hladnjak kondenzatora ZNP br. 3
18 Pumpa za prebacivanje kondenzata ZNP br. 2
19 Otplinjač
20 Rezervoar napojne vode
21 Hladnjak isparka otplinjača
22 Elektro-napojna pumpa
23 Redukciona rashladna stanica
24 Brzodjelujuća redukciono rashladna stanica
25 Pumpe postrojenja za odsoljavanje kondenzata
26 Postrojenje za odsoljavanje kondenzata
27 Ekspander odvodnjavanja
28 Rezervoar odvodnjavanja
29 Pumpa rezervoara odvodnjavanja
30 Redukciono rashladna stanica
31 Ekspander odvodnjavanja
32 Pumpa sirove vode
33 Zagrijač sirove vode
34 Osnovni zagrijač vode centralnog grijanja
35 Vršni zagrijač vode centralnog grijanja
36 Pumpa za centralno grijanje

PRINCIPNA TOPLINSKA SHEMA TE SISAK

Slika 3

Uređaji tehnološke signalizacije informiraju pogonsko osoblje o stanju postrojenja u toku rada i upozoravaju na približavanje parametara pare opasnim iznosima i saopćavaju o pojavi havarijskih stanja kotla i drugih postrojenja.

Ukratko se može reći, da je kompletna oprema bloka sovjetske proizvodnje, osim 110 kV rasklopnog postrojenja, što ga je isporučio »Rade Končar«, postrojenja kemijske pripreme vode, što je isporučila »Jugomontaža« u kooperaciji s »Ruthnerom« iz Austrije, te pomoćnog kotla (koji služi za upuštanje bloka u pogon) što ga je isporučio TPK iz Zagreba. Uređaje klimatizacije isporučila je »Klima« iz Celja, automatsku telefonsku centralu »Nikola Tesla« iz Zagreba, a uređaje visokofrekventne telefonije i distantne zaštite za 110 kV dalekovode, BBC Švicarska.

Projekt 110 kV rasklopnog postrojenja izradio je »Elektroprojekt« iz Zagreba, projekt elektrostrojarskih postrojenja i regulacije LOTEP iz Lenjingrada, a građevinske projekte Industroprojekt iz Zagreba.

Kompletnu montažu obavilo je poduzeće »Braća Kavurić« iz Zagreba sa ATM-om, a izvedbu građevinskih radova »Hidroelektra«, »Industrogradnja« i »Geotehnika«. Uvoznik opreme bila je »Elektroopskrba« iz Zagreba preko Technopromexporta iz Moskve.

Slika 1 prikazuje TE Sisak pri prvoj potpali kotla 16. VIII 1970., kada je izvršeno ispuhivanje visokotlačnih cjevovoda kotla »A«. Slike 2 i 3 prikazuju principijelnu toplinsku i jednopolnu shemu TE Sisak.

2. Predmontažni pregledi i revizije elemenata postrojenja

Nakon završetka radova montaže željezne konstrukcije objekta i pri početku montaže elemenata postrojenja, detaljniji pregled je pokazao:

— da oprema nije bila dobro konzervirana, s obzirom na rok stajanja na gradilištu,
— da neki dijelovi opreme nisu u tvornici kvalitetno obrađeni,
— da oprema nije bila sasvim ispravno prihvaćena i na gradilištu uskladištena tako da bude zaštićena od raznih štetnih utjecaja,
— da su neki dijelovi opreme bili oštećeni prilikom transporta od isporučioca do naručioca i
— da nitko od investitora nije bio na preuzimanju opreme ni u jednoj tvornici isporučioca.

Takvo stanje je nalagalo, da se odmah osposobe sve pogonske radionice i angažiraju svi pogonski ljudi da pregledaju elemente postrojenja. Nastojalo se da se još u tijeku montaže postrojenja, odstrani što više neispravnosti s elemenata postrojenja i cijelih postrojenja, kako bi se elektrana što prije i što kvalitetnije dovršila i stavila u probni rad. Naše poduzeće je ozbiljno računalo na električnu energiju, koju je trebala proizvesti ova elektrana.

Takav pristup uočenim problemima dao je očekivane rezultate, što će se kasnije još zornije vidjeti, i bio je bez sumnje potez koji se mnogostruko isplatio, i uz kasniji kontinuitet pojedinačnih i kompleksnih ispitivanja eliminirao mnogobrojne nedostatke i osigurao od prvog ulaska u pogon gotovo kontinuirani rad postrojenja sa minimalnim smetnjama.

Odjeli strojarskog održavanja, elektro održavanja i odjel za regulaciju i mjerenje imaju svoje radionice i laboratorij, pa je bilo dogovoreno i učinjeno, da svaki odjel svoju opremu pregleda, revidira i po potrebi doradi, kako bi se ispitan element mogao tijekom montaže ugraditi u odgovarajuće postrojenje.

Ukratko, provedeni su pregledi i revizije svih 118 crpki, od toga 30 domaće proizvodnje. U postrojenja elektrane ugrađeno je 4800 ventila i zasuna. Prije ugradnje revidirano je 2000 komada kompletne visokotlačne armature od NO 25 do NO 400 pripadajućeg tlaka NP 25 do NP 250. Od niskotlačne armature revidirano je oko 1500 komada, nazivnog otvora NO 10 do NO 1600 i pritiska NP 3 do NP 16. U preostalu armaturu spadaju sitniji ventili, pipci i slavine, koje nisu prethodno revidirane. Može se reći, da smo na cjelokupnoj armaturi postojeće brtve zamijenili novima. Izvršene su revizije 360 reduktora za regulaciju ventila i zaklopki na zračnim i dimovodnim kanalima, revizije zaklopki u zračnim i dimovodnim kanalima, revizije pet kranova, pregledana su i revidirana 602 elektromotora, svi prekidači, sklopnici, komandne ploče, zaštitni releji, uređaji upravljanja i mjerenja, skoro svi elementi regulaciono-mjernih uređaja i uređaja upravljanja (primjerice: regulatori, diferencijatori, diferencijalni manometri, termopari, signalizatori, davači, pokazni manometri, pokazni i samopisaći instrumenti, krajnje sklopke i sl.).

Izvršene su veće dorade brušenjem i tuširanjem na dosjednim površinama kućišta cilindara turbine visokog i srednjeg tlaka, na prirubničkim spojevima obaju trostepenih parostrujnih ejektora, na hladionicima otparka otplinjača, na hladioniku kondenzata niskotlačnog zagrijača br. 3, prevalcovana su 72 komada cijevi u glavnom hladioniku ulja, dorađivana su statorska kola na jednoj napojnoj pumpi, jedna napojna pumpa je otvarana i zatvarana pet puta, jer se zaribavala već kod ručnog zakretanja, zamijenjeno je 100 ventila u kemijskoj pripremi vode (domaće proizvodnje), koji još ni sada ne zadovoljavaju s obzirom na propusnost — ne zatvaraju potpuno. Također je zamijenjeno oko 50 ventila u crpnoj stanici tekućeg goriva, tijekom tlačne probe došlo je do puknuća vanjskog plašta zagrijača napojne vode visokog pritiska br. 7, što ga je isporučilac opreme na vrijeme zamijenio novim. Pri tlačnoj probi niskotlačnog zagrijača kondenzata br. 2 došlo je do propuštanja na 14 cijevi, koje su blindirane, a na 8 cijevi je zapaženo površinsko oštećenje.

Tijekom stavljanja u pogon uređaja obesoljavanja kondenzata deformirale su se i napukle dijafragme triju kationskih izmjenjivača zbog lo-

šeg dimenzioniranja, pa su ponovno izrađene i ugrađene nove dijafragme, tako da danas radi kompletno postrojenje obesoljavanje kondenzata. Nemoguće je, i nepotrebno, navađati sve nedostatke i pronađene i otklonjene na pojedinim elementima postrojenja, ali treba naglasiti da je toga bilo mnogo i da je svaki element prošao preglede i ispitivanja i tek onda bio ugrađen u pojedine sklopove postrojenja. O svim nedostacima pedantno su vođeni podaci, što će korisno poslužiti pri budućoj izgradnji i analizama za donošenje konačnih sudova o cjelokupnom pothvatu izgradnje i organizacije rada, vođenju nadzora itd.

Tijekom transporta oštećena je jedna lopatica rotora turbine niskog tlaka u 26. redu, i na licu mjesta zamijenjena novom bez naknadnog balansiranja rotora turbine.

Rotor generatora oštećen je pri pretovaru sa sovjetskog vagona na evropski na graničnom prelazu Čop jer je rotor uhvaćen čeličnim užetom za rukavac vratila umjesto za valjak rotora, kao što je propisano i kao što je bilo na transportnom sanduku označeno. Oštećenje vratila popravljeno je kod montaže generatora — poliranjem.

Na rotoru asinhronog motora 1100 kW, 6 kV rezervnog uzbudnog agregata došlo je prilikom transporta do oštećenja rukavca vratila, pa smo morali rotor otpremiti u tvornicu »Rade Končar«, gdje je izvršena obrada rukavca i lijevanje novih blazinica kliznog ležaja.

Za ove radove i ispitivanja do ulaska u pogon, pogonska organizacija utrošila je oko 200.000 radnih sati. Treba reći, da je na ovim radovima radila kraće vrijeme i grupa radnika iz TE Jertovec, manja grupa radnika iz Željezare Sisak i da je neke revizione radove obavilo montažno poduzeće »Braća Kavurić«. Radni sati ovih grupa nisu uračunati u gornji iskaz radnih sati, kao ni radni sati kompletnog inženjerskog kadra pogona, koji je od dolaska u pogonsku organizaciju permanentno nadzirao montažu postrojenja.

3. Ispitivanje postrojenja, uhodavanje pojedinih sklopova i preuzimanje na rukovanje

Prije pristupa ispitivanjima i podešavanjima pojedinih uređaja izradili smo »Centralnu uputu za ispitivanje, podešavanje, preuzimanje na rukovanje i vođenje probnog pogona postrojenja Termoelektrane Sisak«, u kojoj su bili definirani cilj i svrha upute, organizaciona shema vođenje poslova, preuzimanje postrojenja i sklopa postrojenja iz montaže na rukovanje (kompletno postrojenje elektrane bilo je podijeljeno na 400 sklopova), pojedinačno ispitivanje, probni rad i probni pogon. U ovoj uputi bili su detaljno razjašnjeni odnosi između službe izgradnje i pogonske organizacije s jedne strane, i izvođača montažnih radova i isporučioca opreme s druge strane, u skladu s postojećim ugovorima.

Tijekom izgradnje naročito pomno su kontrolirana montažna svarna mjesta metodom ultrazvuka, a sumnjivi i jako važni varovi kontrolirani su dodatno i izotopskom metodom (oko 10% od svih varova). Na oba kotla bilo je oko 11.000 montažnih varova, pa kod tlačnih proba i dosadašnjeg pogona nije popustio niti jedan var, niti je uslijedilo pucanje cijevi na kotlovima.

Kao drugi organizacioni zahvat može se navesti upotreba kontrolne knjige za sve pokretne mehanizme. U nju su pisani svi radovi obavljeni na pokretnim mehanizmima, pa se na taj način osigurao ispravan redoslijed radova na pripremi pokretnih mehanizama za upuštanje u pogon. Tako se svakog trenutka znalo što i koliko je posla učinjeno na pokretnim mehanizmima. Prihvaćena logika nije dopuštala da se bilo što zaboravi, niti da se pokretni mehanizam stavi u pogon, ako za to nije bio pripravan.

Nadalje, uvedene su manipulativno-operativne knjige za elektro i strojarsko postrojenje s pomoću kojih smo odredili režim rada i slijed davanja naloga za stavljanje pojedinih postrojenja u pogon ili obustavu, kako bi se izbjegle bilo kakve pogreške i osigurali životi radnika i ostalih učesnika tijekom ispitivanja, što su provedena na postrojenjima elektrane. Treba naglasiti, da smo zahvaljujući ovim uputama i manipulativno-operativnim knjigama, ukratko ovom organizacijom, prošli bez ozljede učesnika u ovim složenim poslovima, što je u ovakvim radovima doista vrijedno da se istakne. Kažem, u ovim radovima, jer su radnici pogonske organizacije uz pomoć sovjetskih specijalista izvršili sva ispitivanja, osim jednog manjeg dijela visokonaponskih ispitivanja, što ih je izvršio Institut za elektroprivredu iz Zagreba.

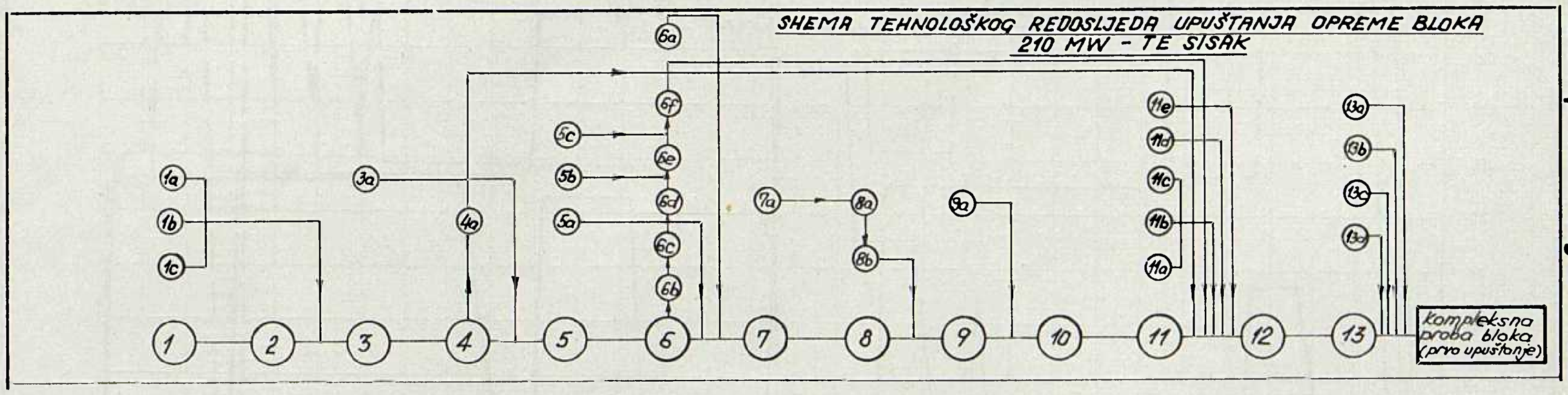
Osnovni zadatak pojedinačnih ispitivanja sastojao se u:

- provjeri odgovarajućih radova danih projektom u osnovnim i radnim nacrtima,
- provjeri kvalitete izvršenih radova po sklopovima postrojenja,
- provjeri ispunjenja uputa isporučioca opreme, građevinskih normi i pravila i odredaba iz tehničkih propisa, što ih kontroliraju odgovarajući inspektorati,
- određivanju gotovosti postrojenja za kompleksnu probu,
- provjeri rada pokretnih mehanizama tijekom satnog rada u praznom hodu, i aparatura pod naponom.

Do kompleksnog ispitivanja bloka morali su biti izvršeni slijedeći radovi:

- vodo-kemijsko čišćenje kotlova, osnovnih cjevovoda i drugih elemenata postrojenja,
- hidrauličko ispitivanje kotla i cjevovoda,
- propuhivanje parovoda svježe pare i parovoda međupregrijanja,
- podešavanje i provjera RiM-a i daljinskog upravljanja mehanizmima regulaciono-zapornih organa,
- podešavanje i proba auto-regulatora i tehnoloških zaštita, koje osiguravaju kompleksno ispitivanje bloka,

1 — Upuštanje crpki sirove vode
2 — Puštanje u pogon kemijske pripremne vode
3 — Ispiranje mreže cjevovoda odsoljene vode
4 — Čišćenje kondenzatora i ispiranje kondenz crpki I i II stepena i probna vrtnja
5 — Ispiranje niskotlačnog cjevovoda od kondenz. pumpi, ispiranje cjevovoda za čeličnu kišu i probna vrtnja crpki za čeličnu kišu
6 — Upuštanje u probni rad pomoćnog kotla
7 — Propuhivanje cjevovoda niskog pritiska
8 — Demontaža cjevovoda za propuhivanje cjevovoda niskog tlaka, čišćenje deaeratora
9 — Ispiranje usisnog dijela napojnih crpki i njihova probna vrtnja
10 — Vodeno-kemijsko ispiranje kotlova
11 — Montaža cjevovoda za ispuhivanje cjevovoda visokog pritiska
12 — Ispuhivanje cjevovoda visokog pritiska i regulacija sigurnosnih ventila
13 — Dovođenje u projektno stanje toplinske sheme bloka



Slika 4

1a — Ispiranje cjevovoda usisa crpki rezervoara kondenzata
1b — Ispiranje rezervoara 1000 m³ i antikorozivno zaštićivanje
1c — Revizija crpki rezervoara, postavljanje zaštitne mrežice i dovod napona na motornu crpku
3a — Montaža privremenog cjevovoda za ispiranje niskotlačnih cjevovoda
4a — Probni rad postrojenja za odsoljavanje kondenzata
5a — Demontaža privremenog cjevovoda za ispiranje cjevovoda niskog tlaka
5b — Dovod napona u crpnu stanicu tekućeg goriva
5c — Podešavanje kontrolno mjernih uređaja i daljinskog upravljanja crpne stanice tekućeg goriva
6a — Montaža cjevovoda za propuhivanje cjevovoda niskog pritiska
6b — Montaža privremenog cjevovoda za propuhivanje cjevovoda stanice za tekuće gorivo
6c — Propuhivanje cjevovoda stanice tekućeg goriva
6d — Demontaža cjevovoda za propuhivanje stanice tekućeg goriva
6e — Probni rad crpki stanice tekućeg goriva
6f — Probni rad crpne stanice tekućeg goriva
7a — Dovod napona u obalnu crpnu stanicu
8a — Dovođenje napona na motore napojnih crpki
8b — Upuštanje obalne crpne stanice, ispiranje cjevovoda tehničke vode
9a — Dovršenje montaže privremenih cjevovoda za vodo-kemijsko ispiranje kotlova
11a — Završetak montažnih radova na turbini
11b — Probni rad uljnog sistema turbine
11c — Ispitivanje vakuum sistema i probni rad uređaja za prekretanje turbine
11d — Završetak preuzimanja montažnih radova kotlovske opreme, probni rad pomoćnog kotla opreme
11e — Završetak montaže plinskih uređaja, dovođenje plina na kotao
13a — Probni rad elektrolize — proizvodnja vodika
13b — Završetak montaže i ispitivanja uređaja regulacije, mjerenja, tehnoloških zaštita signalizacije i daljinskog upravljanja
13c — Završetak cjevovoda za dovod hidrazina i amonijaka
13d — Završetak instal. za uzimanje proba za kem. analizu, završeno preuzimanje postrojenja po sklopovima.

— odstranjenje defekata postrojenja uočenih pri ispitivanjima i preuzimanju postrojenja, i prvih pojedinačnih upuštanja i
— kompletiran i obučen pogonski personal (s provjerom znanja), pripremljene upute za rad na radnom mjestu u smjeni i tehnološke sheme, pripremljena tehnička dokumentacija o kvaliteti materijala parovoda i napojnih cjevovoda, njihovih svarnih mjesta, sređeni ispitni materijali o hidrauličkim probama kotla, parovoda i drugih postrojenja, atesti o ispitivanju kompletnog otpora uzemljenja, napona koraka i dodira itd.

Naposljetku postavljen je osnovni zadatak kompleksne probe bloka, koji se sastojao u slijedećem:

— provjera rada bloka pod opterećenjem,
— otkrivanje kvarova i smetnji u postrojenju, što sprečavaju konstantan i siguran rad bloka.

Pod kompleksnom probom podrazumijeva se rad postrojenja bloka s punom snagom pri nominalnim parametrima u neprekidnom trajanju od 72 sata bez ikakvih smetnji. Nakon toga se postrojenje predaje u redovnu proizvodnju (to je bio kriterij isporučioca opreme).

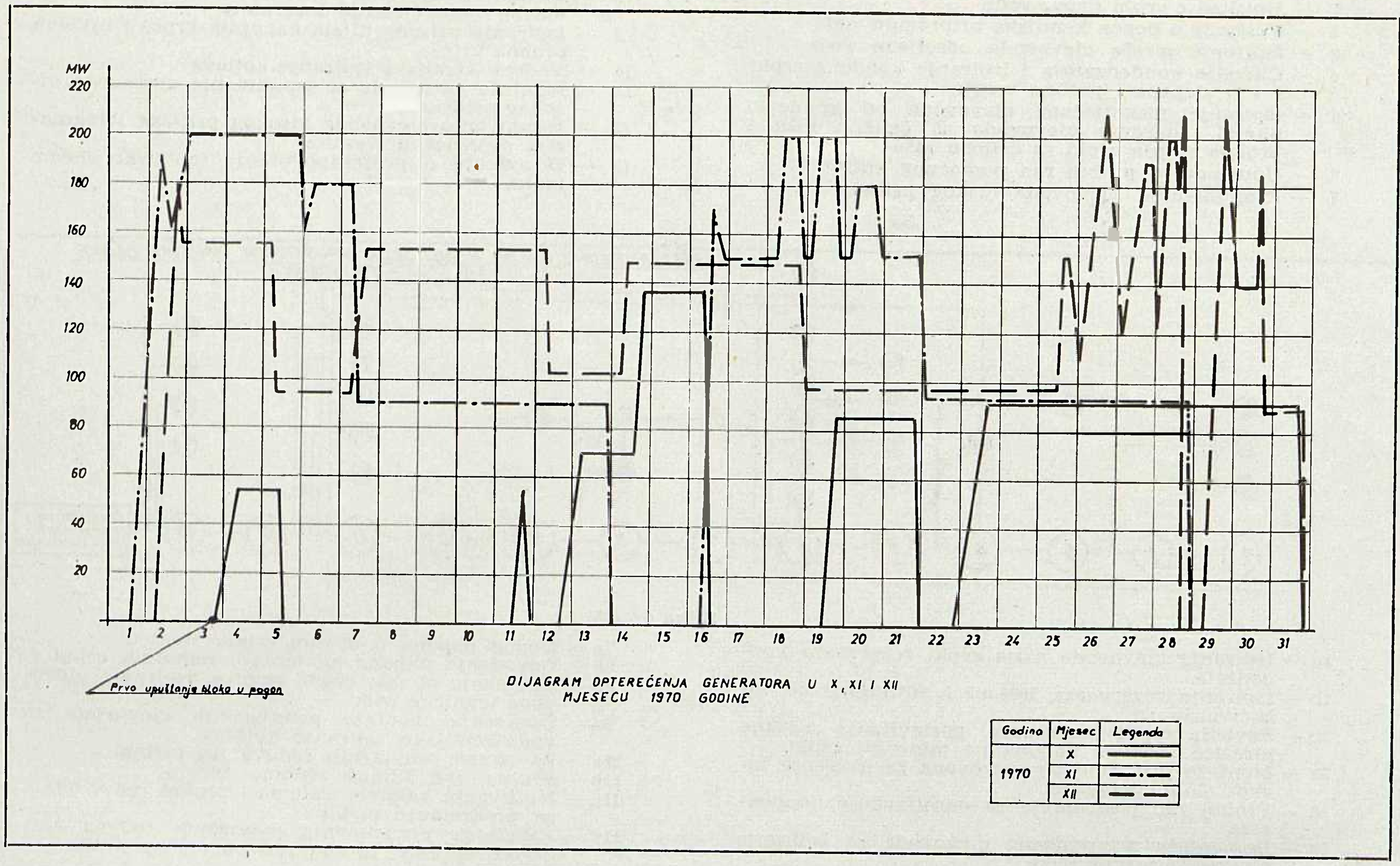
Opisana ispitivanja dana su na slici 4 — shema tehnološkog redoslijeda upuštanja opreme bloka 210 MW TE Sisak. Na njoj se vide slijedovi pojedinačnih primarnih i sekundarnih ispitivanja svih postrojenja, koja su na kraju svih zahvata tehničkom logikom omogućila kompleksnu probu.

Za svaki zahvat predstavljen u shemi bio je prethodno napisan program i plan rada s kojima se upoznalo radnike, kako bi se radne operacije odvijale što djelotvornije u najkraćem vremenu.

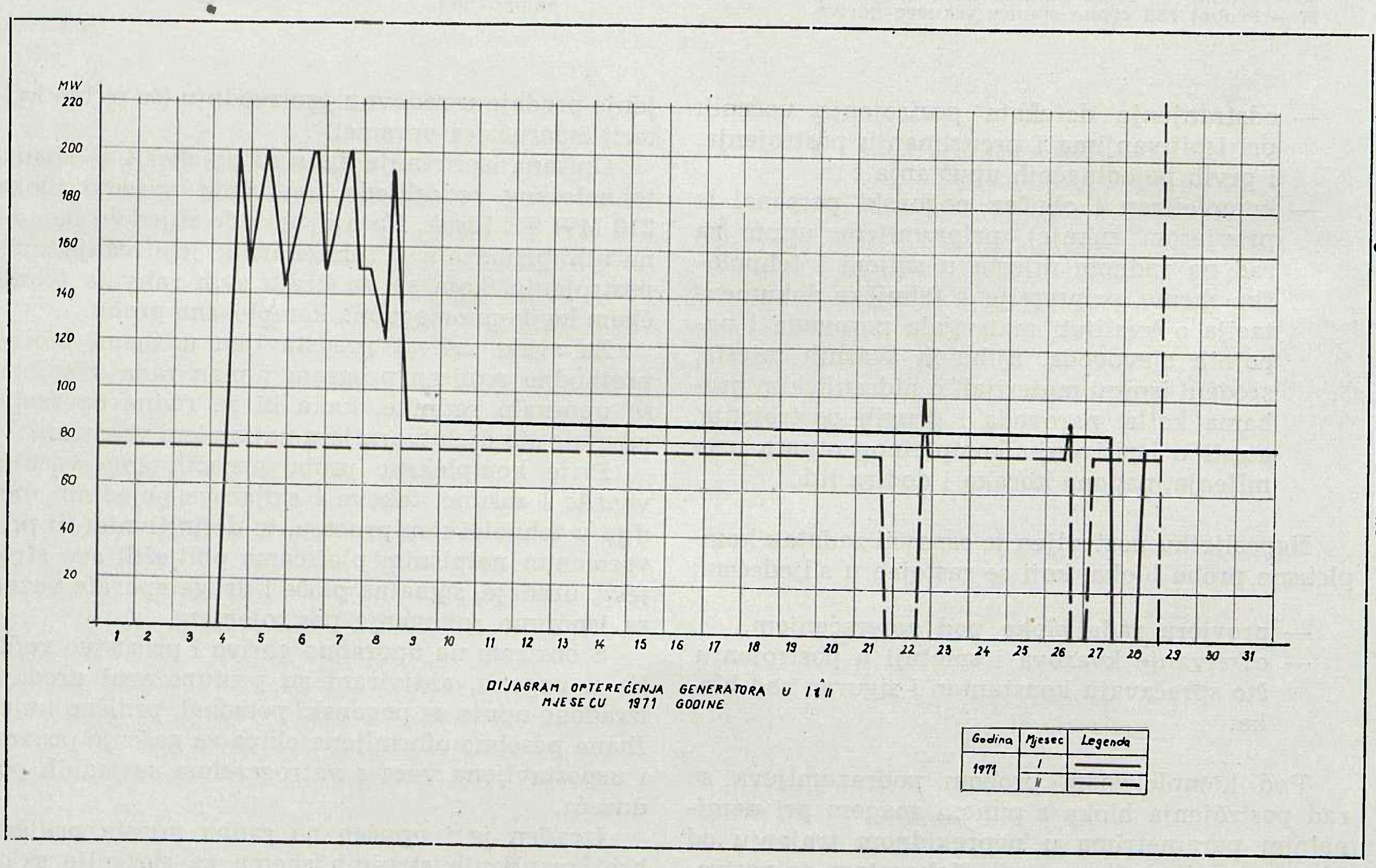
Prije kompleksne probe označili smo važnije ventile i zasune, tokove i smjerove pojedinih medija u tehnološkom procesu, te definitivnim ili privremenim natpisnim pločicama obilježili sve strojeve, uređaje, signalne ploče i druge aparate važne za ispravno rukovanje postrojenjem.

S obzirom na uporabno gorivo i prisustvo vodika u pogonu, aktivirani su protupožarni uređaji, izrađene upute za pogonski personal, prilično uvježbana posebno oformljena ekipa za gašenje požara, i uspostavljena veza s vatrogascima susjednih poduzeća.

Izrađen je i upućen na radna mjesta priličan broj razvijenih strujnih shema za složenije sklo-



Slika 5



Slika 6

pove postrojenja, kako bi pogonski personal mogao u što kraćem vremenu pronaći i otkloniti smetnju.

Ispitivanja i upuštanja postrojenja, predstavljenih na sl. 4, trajala su od 2. veljače do 27. rujna 1970. godine.

4. Kompleksna proba i probni pogon

Dvadeset i sedmog rujna 1970. u 15 sati prvi put su pokrenuti rotori turboagregata parom. U 17 sati je postignuto 3000 °/min, i na tom broju okretaja je ostao turboagregat do 18,24 sata istog dana. Turboagregat je obustavljen zbog nešto većeg zagrijavanja ležaja br. 5 na turbini (prvi ležaj do generatora). U tom trenutku pomišljalo se na najgore, jer smo stalno imali na umu diferencijalno slijeganje temelja turboagregata, koje je od prvog centriranja turboagregata (15. 6. 1969) do stabilizacije slijeganja početkom prosinca 1969. iznosilo 25 mm, što smo smatrali glavnim uzrokom većeg zagrijavanja ležaja br. 5. Odlučili smo obustaviti turboagregat i otvoriti ležaj, izvršiti parnu probu kotlova A i B, što smo i učinili, te tuširati blazinice ležaja br. 5 nakon čega smo opet pokrenuli TA. Drugog listopada kada smo postigli 2800 °/min uslijedilo je pogoršanje vakuuma u kondenzatoru, nakon čega smo ustanovili uzrok pogoršanju vakuuma. U 22,20 sati ponovo smo postigli 3000 °/min. Od tada su vršena električna ispitivanja generatora (snimanje karakteristike praznog hoda i kratkog spoja) pri 3000 °/min sve do 3. X 1970. u 20,25 h, kada je blok TE Sisak prvi put sinhroniziran na jugoslavenski elektroenergetski sistem. Petog studenog 1971. već je bila završena kompleksna proba sa punom snagom, kako je ranije definirana.

Pretpostavljajući tok rada bloka u upusno-ispitnom razdoblju. Razdoblje nakon prve sinhronizacije bilo je podijeljeno na 7 faza rada, koje su bile definirane kako slijedi:

1. Kompleksna proba bloka tijekom četiri dana rada, gdje je bila zamišljena prva sinhronizacija, podizanje opterećenja do 50 MW, rad s ovim opterećenjem u toku 4 sata, zatim podizanje opterećenja do 100 MW i rad s ovim opterećenjem 8 sati, podizanje tereta na 202-210 MW i rad kod ovog opterećenja 72 sata.

2. Obustava bloka i pregled postrojenja u trajanju od 7 dana.

3. Rad bloka tijekom 12 dana s opterećenjem od 180-200 MW, u tom vremenu bi se izvršila razna pogonska ispitivanja.

4. Obustava rada bloka 10 dana zbog pregleda i revizija određenih elemenata postrojenja.

5. Rad bloka tijekom 18 dana pod punim opterećenjem.

6. Obustava rada bloka 7 dana.

7. Rad bloka pod punim opterećenjem po dispečerskom voznom redu tijekom neprekidnih 3000 radnih sati za svaki korpus kotla.

Napomena: Vrijeme obustave bloka pri revizijama postrojenja i otklanjanja prethodno spomenutog poremećaja trebalo se usaglasiti ovisno o opsegu rada i postojanja raspoložive radne snage. Pretpostavljeni koeficijent radnog vremena za prvi mjesec rada bloka je 0,25—0,30, a za drugi 0,70—0,75.

Na slici 5 i 6 dani su dijagrami ostvarenja rada bloka TE Sisak za X, XI i XII 1970, te I i II mjesec 1971. Iz njih se može zaključiti, da je postrojenje jako dobro krenulo i da nisu bile nužne predviđene obustave, koje bi bitno pogoršale tešku energetsku situaciju, kakva je tada vladala u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije. Koeficijent radnog vremena za prvi mjesec rada bloka bio je 0,64, a za drugi mjesec 0,80, što potvrđuje ranije istaknutu uspješnost rada bloka u usporedbi s radom blokova ove snage u SSSR-u i u našoj zemlji.

Slika 7 daje pregled ispada i obustava bloka i njihove uzroke, što smo ih nastojali temeljito izučiti i na taj način polučiti prva iskustva u radu bloka ovog tipa i snage.

Prema projektu isporučioca opreme izolaciju cjevovoda trebalo je izvesti perlitnim i sovelitnim segmentima u 1—4 sloja, što je zavisilo o temperaturi medija i promjera cjevovoda. Ovako izvedenu izolaciju trebalo je zaštiti pocinčanim limom.

Kod prvih izolacionih radova spomenutim materijalom, montažer je naišao na izvjesne teškoće kod slaganja izolacionih elemenata, naročito na koljenima cjevovoda. Svaki sloj izolacije slagao se iz više segmenata, a segmenti su se međusobno povezivali čeličnom žicom ili trakom. Posljednji sloj je trebalo zagladiti šamotnim mortom i nakon toga zaštititi pocinčanim limom.

Zatim je uslijedio dogovor između investitora i izvođača, da se perlitni i sovelitni elementi izbace i umjesto njih postavi staklena vuna odgovarajuće debljine i zaštiti aluminijskim limom. Prema dogovoru je izolacija i izvedena.

Tijekom probnog pogona ustanovili smo, da na nekim cjevovodima izolacija nije dobro izvedena, jer je površinska temperatura na zaštitnim limovima iznosila čak 140—150 °C. Mjesta nezadovoljavajuće izolacije su označena, izolacija popravljena i sada su temperature na zaštitnim limovima izolacije cjevovoda u dozvoljenim granicama.

Iz tablice 1 se vidi da je bilo potrebno prilično vremena, da se blok ponovo stavi u pogon nakon ispada iz rada. To se može objasniti time što je bilo nužno ustanoviti razlog ispada, pa ponovno pokrenuti postrojenje i što je personal bio suočen s prvim manipulacijama. Treba naglasiti još jednu osobito važnu činjenicu u ovom slučaju, a to je, da je dozvoljeno pokretanje turbine iz toplog stanja samo onda, kada razlika temperatura metala gornjeg i donjeg dijela kućišta nije viša od 30 °C. No, kod prvih ispada iz pogona ustanovili smo, da se temperature metala gornjeg i donjeg dijela kućišta srednjeg tlaka vrlo brzo razilaze (donji dio se brže hladi, vidi sl. 7) i to je bio glavni

PREGLED UPUŠTANJA I OBUSTAVA

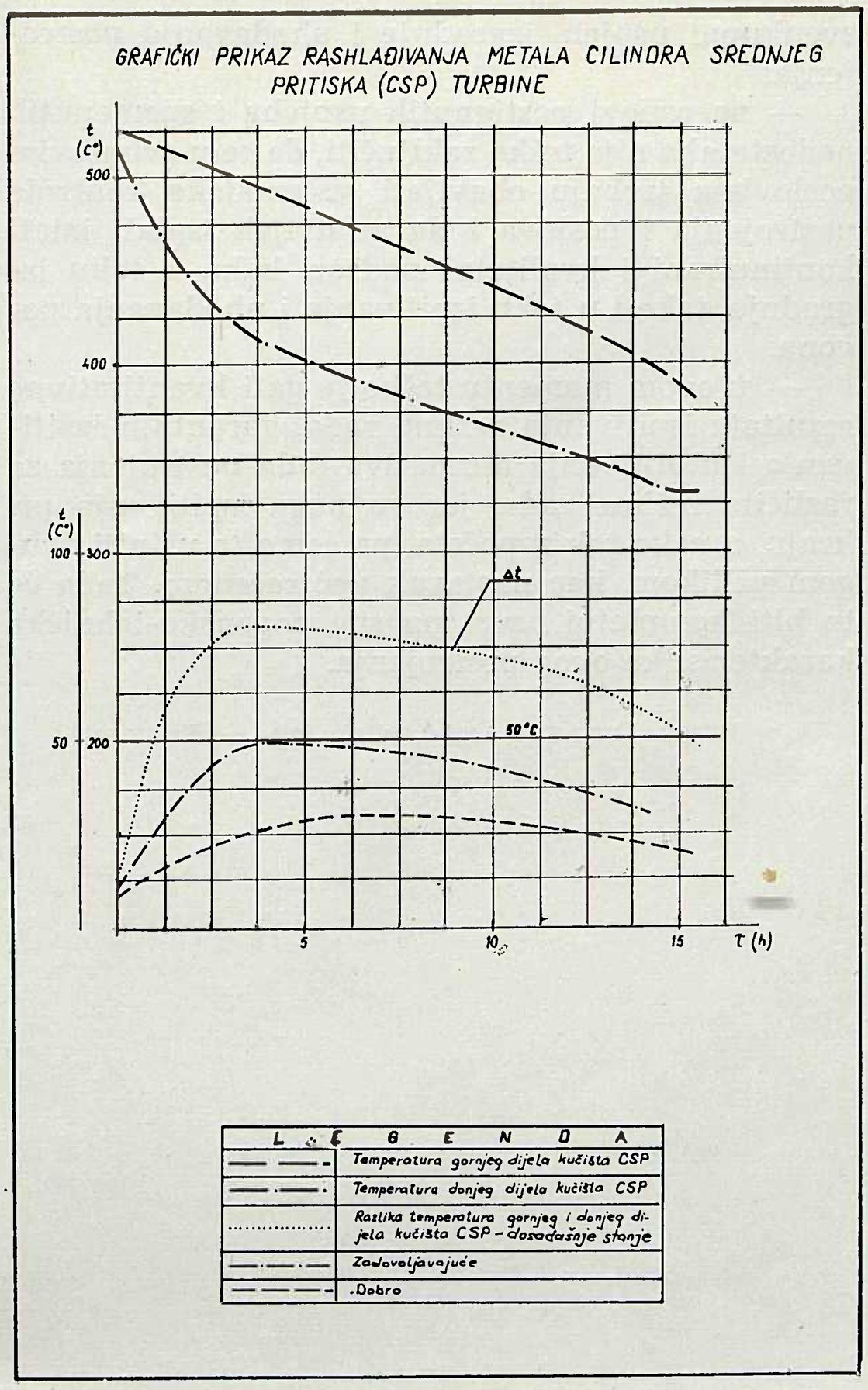
Tablica 1

Red. broj	Datum ulaska u pogon	Datum ispada ili obustave	Uzrok ispada	Primjedba
1	3. 10. 1970. u 20,25h prva sinhronizacija	5. 10. 1970. u 12,25h	Pomoćni kotao ostao bez plina, pao tlak u plinovodu STRUŽAC - SISAK	Vanjski uzrok neovisan o elektrani.
2	11. 10.1970. u 16,00h	11. 10. 1970. u 22,57h	Relejna zaštita izbacila iz pogona tlačni ventilator kod prelaza iz prve u drugu brzinu.	Relejna zaštita nisko podešena.
3	12. 10. 1970. u 20.15h	16. 10. 1970. u 10,40h	Crpke rashladne vode povukle zrak — oboren vakuum i nestalo vode za hlađenje vodika, odnosno smanjeno hlađenje vodikom.	Zaštita po vakuumu isključila blok. Rotirajuća sita su se začepila nečistoćom — nije radio uređaj za ispiranje sita — nepažnja strojara crp. stan. rashladne vode.
4	19. 10. 1970. u 9.48h	21. 10. 1970. u 22.40h	Pad tlaka i temperature brtvene pare.	Radi podhlađenja labirintnih brtvenica na turbini došlo do pada vakuuma — nije odreniran parovod od pomoćnog kotla do kolektora 18 ata — nepažnja pogonske posade i greška u projektu.
5	22. 10. 1970. u 21,46h	31. 10. 1970. u 17,10h	Prekid napajanja kotla, kotao havarijski isključen.	Dozemni spoj u regulacionoj shemi napajanja ventila RPK — proboj na bloku upravljanja.
6	1. 11. 1970. u 14,20h	14. 11. 1970. u 0,15h	Planska obustava bloka.	Zatraženo obustavljanje bloka radi otkljanjanja sitnih defekata na postrojenju. Izmjena ventila na bajpasu napojnog cjevovoda — radovi na reduktoru rotacionih sita cirk. pumpi. Dopakivanje sitne armature.
7	16. 11. 1970. u 5,35h	28. 11. 1970. u 22,25h	Obustava bloka po nalogu dispečera.	Radi dobre hidrološke situacije blok preko državnih praznika obustavljen.
8	2. 12. 1970. u 5,32h	28. 12. 1970. u 16,55h	Narušena statistička stabilnost generatora kosinus φ iznad 0,96, zaštita proradila i isključila blok.	Nije biouključen u rad automatski regulator napona, jer nije bio dovršen.
9	29. 12. 1970. u 6,26h	31. 12. 1970. u 21,30h	Obustava bloka po nalogu dispečera.	Radi dobre hidrološke situacije, blok preko državnih praznika obustavljen.
10	4. 1. 1971. u 5,00h	27. 1. 1971. u 17,53h	Kvar u sistemu uslijed čega je došlo do sniženja napona u 110 kV sistemu i porasta struje uzbude generatora (u to vrijeme nije još bio aktiviran automatski regulator napona.	Generator isključen ručno iz mreže.
11	28. 1. 1971. u 11,02h	21. 2. 1971. u 19,47h	Puknuće cijevi za hlađenje čelične kiše na kotlu »B«.	Uslijed puknuća cijevi za hlađenje čelične kiše, došlo do pražnjenja napojnog spremnika — proradila signalizacija niskog nivoa u dearatoru, te je zaštita po padu tlaka na napojnoj pumpi isključila blok.
12	22. 2. 1971. u 14,11h	26. 2. 1971. u 19,17h	Ispad kotla »A« iz pogona zbog zatvaranja ventila napojne vode na tlačnoj strani napojne pumpe.	Prilikom prevođenja napojne pumpe u remont, strojar napojnih pumpi pogrešno zatvorio ventil.
13	27. 2. 1971. u 2,07h 29. 3. 1971. u 4,10h	20. 3. 1971. u 23,00h	Blok obustavljen na zahtjev Termoelektrane Sisak radi propuštanja ventila 03 na napojnom sklopu kotla »B«.	Prilikom isključenja bloka iz sistema, došlo do oštećenja sklopke uzbude generatora (Agp). Istovremeno je zataio jedan pol prekidača 110 kV, te je blok isključen rezervnom zaštitom sabirnica 110 kV.
14	12. 4. 1971. u 15,50h	12. 4. 1971. u 4,31h	Do sada nerazjašnjen uzrok ispada.	

razlog sporijeg ulaska u pogon. Čekalo se na približavanje spomenutih temperatura. Ova činjenica nas je uputila na zaključak, da je špric-izolacija na turbini kućišta srednjeg tlaka nekvalitetno izvedena i da je to uzrok brzog razilaženja temperatura.

Kućište turbine tipa K-200-130 izrađeno je od perlitnog čelika, pa svaki 1 °C razlike temperature na unutarnjoj i vanjskoj površini stijenke kućišta izaziva unutarnje termičko naprezanje reda 20 kp/cm². Zbog toga se pri pojavi značajnijih temperaturnih razlika mogu pojaviti nedopustivo velika termička naprezanja, koja mogu izazvati deformacije pojedinih dijelova turbine. Smatra se, da razlika temperature od 10 °C gornjeg i donjeg dijela kućišta turbine, izaziva progib osi kućišta za 0,1 mm.

Treba reći, da se donji dio kućišta turbine uvijek brže hladi od gornjeg, što se objašnjava:



Slika 7

— donji dio kućišta ima dopunsko odavanje topline kroz potporne oslonce, cjevovode oduzimanja, drenažu i odsis iz brtvenica,

— oko vrućeg kućišta stvara se prirodni zračni tok, budući da se vrući zrak podiže odozdo na gore, a na njegovo mjesto dolazi hladniji, koji u prvom redu oplahuje donji dio kućišta turbine,

— dosta je teško postići čvrsto nalijeganje sloja toplinske izlocije debele oko 400 mm na donjem dijelu kućišta, osim toga toplinska izolacija donjeg dijela kućišta može se odlijepiti od metala, što stvara mogućnost cirkulacije zraka preko površine metala i ubrzava hlađenje.

Tijekom svibnja blok TE Sisak bio je u tekućem remontu. Tada su pregledana sva postrojenja pa se pristupilo popravku onog što nije zadovoljilo u probnom pogonu.

Pregledom izolacije turbine konstatirano je:

— Na donjem dijelu kućišta turbine visokog i srednjeg tlaka izolacija se na preglednim mjestima odvojila od stijenke za oko 15 mm. Uzroci izolacije su bili tamno-smeđe, pepeljasto-sive ili crvenkaste boje ovisno o mjestu uzimanja uzorka. Izolacija nije imala vlaknastu strukturu, već je bila rahla i pod pritiskom prstiju se pretvarala u prašinu. Iz toga se zaključilo, da je izolacija pod djelovanjem visoke temperature kućišta visokog i srednjeg pritiska turbine (540 °C) izgorjela.

— Na preglednim mjestima gornjeg dijela kućišta srednjeg tlaka turbine nisu primijećene ove pojave. Izolacija je zadržala svoju prirodnu boju, vlaknastu strukturu, i dobro naliježe uz stijenku. Izolaciju turbine izradila je »Termika« iz Ljubljane. Gornji dio kućišta turbine izveden je od sovjetske izolacije, a donji od engleske, jer se sovjetska izolacija na donji dio kućišta vrlo teško lijepila kod nanošenja špricanjem, možda zbog neadekvatnog tlaka na uređaju za nanošenje izolacije. Način pripreme ovih izolacija prije upotrebe bitno se razlikuje što izvođač najvjerojatnije nije uvažio, pa je to bilo uzrokom da izolacija izgori. Tijekom spomenutog remonta preizoliran je donji dio kućišta srednjeg tlaka tako, da je prvi sloj debljine 100—150 mm izveden od sovjetske izolacije, a ostalo od engleske, jer više sovjetske izolacije nismo imali. Spojni cjevovodi i cjevovodi oduzimanja srednjeg tlaka bili su izolirani staklenom vunom, pa smo i njih tijekom ovog remonta izolirali špric-izolacijom, kako bi se što više smanjilo spomenuto brzo hlađenje. Na kućištu visokog tlaka zbog kratkoće vremena, nedostatka izolacije i drugih okolnosti nije ovog puta ništa urađeno. Rezultate ovog zahvata ispitat ćemo kod prve obustave ili ispada, no sigurno da će trebati temeljito preizolirati kućišta visokog i srednjeg tlaka, da bi se turbina bez smetnji mogla upuštati u pogon iz toplog stanja.

Prema uputi isporučioca turbine dozvoljen je rad turbine kod frekvencije 49.5—50,5 Hz, a svako odstupanje od ovog iznosa djeluje naročito nepovolino na lopatice rotora niskog tlaka. Tijekom X, XI i XII mjeseca 1970. i I, II i III 1971, frekvencija je odstupala od gornjeg iznosa gotovo uvijek na niže 72,5 sata ukupno. Bilo je slučajeva, kad je frekvencija bila niža i od 48 Hz.

Zbog toga smo pregledali lopatice rotora niskog tlaka bez otvaranja kućišta i ustanovili, da je došlo do pucanja čeličnih segmenata, koji služe za ukrućenje lopatice i to: u redu 26 između 65. i 66. lopatice, u redu 27 između 34. i 35. lopatice i u redu 28 između 85. i 86. lopatice. Zamijenili smo puknute segmente novim, iz postojeće rezerve. Pucanje segmenata izazvao je česti rad turbine kod većih odstupanja frekvencije na niže od standardne.

Od značajnijih zahvata u ovom remontu vrijedno je spomenuti, da smo otklonili kapanje ulja na ležaju turbine br. 5, na napojnim pumpama. Izvršili ispitivanje vakuum sistema i otklonili neke uzroke pogoršanja vakuuma, poboljšali sistem brtvljenja vodika u generatoru, izveli neke rekonstrukcije na drenažama i sl. Primijećeno je intenzivno nanošenje mulja u ulaznu građevinu zahvata rashladne vode, pa će je najvjerojatnije trebati čistiti jednom godišnje.

Zaključak

— Opisani način predmontažnih pregleda opreme, revizija prije ugradnje pojedinih elemenata postrojenja, provedbe pojedinačnih ispitivanja i kompleksne probe, otklanja mnogobrojne nedostatke na postrojenjima i svodi na minimum »dječje bolesti« novoizgrađenog objekta, koji u vrlo kratkom vremenu po prvom upuštanju u pogon postaje siguran i sposoban za kontinuirani pogon;

— uključivanje pogonskog osoblja u revizije, ispitivanja, direktno učešće u montaži i nadzor, najbolji je sistem osposobljavanja kadrova, uz teoretsku izobrazbu i specijalizacije, kako za pogonsko osoblje eksploatacije, tako i za osoblje održavanja postrojenja;

— stupanj organizacionih priprema svih radova o kojima je bilo riječi bitno utječe na kvalitetu obavljenih poslova, rokove dovršenja objekta i na sveukupni uspjeh, izgradnje i uhodavanja postrojenja;

— na osnovi postignutih uspjeha i spomenutih nedostataka nije teško zaključiti, da se u svim ovim poslovima trebaju obavljati sistematske kontrole postrojenja i poslova i da se uvijek isplati imati kontinuirani i kvalitetni nadzor, kako u toku izgradnje, tako i u toku ispitivanja i uhodavanja pogona.

— u ovom momentu teško je dati kvantitativne rezultate ispitivanja režima rada, garantnih ispitivanja i utvrđivanja normativa rada postrojenja za različite režime rada, jer su neka ispitivanja pri kraju, a neka tek započeta, pa ćemo to učiniti drugom prilikom, kao nastavak već rečenom. Tada će to biti kompletni osvrt na sve pogonsko-tehničke karakteristike ovog postrojenja.

Drago Dragičević, dipl. ing. — TE Sisak

VODOVI 110 kV S VODIČIMA U SNOPU ZA PRIJENOS VELIKIH SNAGA

Boris Markovčić, Zagreb

Razmotrena je mogućnost upotrebe vodova 110 kV s vodičima u snopu za prijenos velikih snaga na kraće udaljenosti u urbaniziranim područjima.

DK 621.316.1

Opskrba velikih gradova električnom energijom postaje u svijetu ozbiljan problem. S jedne strane jaki i koncentrirani konzum traži velike snage, a s druge strane, zbog jake urbanizacije vrlo je teško naći pogodne trase za nadzemne vodove. Rješenje kabelima, osim što je vrlo skupo, traži široke podzemne pojase zbog velikog broja vrlo opterećenih kabela, pa se po mogućnosti izbjegava.

Donedavna taj problem kod nas jedva da je postojao, no on se rastom potrošnje i urbanizacijom ispoljujej sve oštrije.

Dio stanica 400 kV, pred čijom se izgradnjom upravo nalazimo, predviđen je da napaja što neposrednije jake konzumne centre transformacijom 400/110 kV. Snage transformacije u jednoj stanici 400/110 kV, prema sadašnjem predviđanju, kretale bi se od 250 MVA do 900 MVA, a u budućnosti vjerojatno još više.

Navedene snage treba razvesti pod naponom 110 kV do distributivnih stanica. Pri tom se javljaju dvije mogućnosti. Kod potrebe napajanja veće površine, manje gustoće opterećenja sa stanicom 400/110 kV negdje u težištu konzuma, sa sabirnica 110 kV izlazilo bi mnogo vodova u svim smjerovima. U drugom slučaju, redovno kod velikih gradova, stanica je locirana podalje od centra konzuma, u području male gustoće opterećenja što se sve više povećava idući prema gradskim gustim stambenim i industrijskim zonama. U takvom je slučaju potrebno s velikim snagama ući što dublje u konzumno područje i u nekoj pogodnoj točki izvršiti razvod prema distributivnim stanicama. Problem je okarakteriziran time, što treba velike snage prenijeti na razmjerno male daljine (10 do 30 km), uz što manje zauzimanje prostora. To znači da prijenos treba izvršiti sa što manje trojki, ali uz uvjet da u slučaju ispada jedne od njih, preostale moraju biti u mogućnosti da preuzmu njezin teret.

Izloženi zadatak se može vrlo dobro riješiti tzv. teškim vodovima, s vodičima u snopu, velike strujne opteretivosti.

Kao što je poznato, vodiči u snopu ušli su u upotrebu prilikom uvođenja vrlo visokih napona u tehniku prijenosa. Smanjenje specifičnog električnog polja, a s time u vezi smanjenje gubitka korone i RTV smetnje bili su osnovni razlozi njihove upotrebe. Kod 110 kV, međutim, još ne treba poduzeti nikakve mjere za svladavanje električnog polja, ali se mogu iskoristiti i druga dobra svojstva snopa, a to su velika strujna opteretivnost uz malu širinu trase i snižena reaktancija trojke što također dobro dolazi kod ograničenih padova napona.

Prije daljnjeg razmatranja ovog problema potrebno je definirati neke pojmove u vezi s opterećenjem voda. Kao »ekonomsko opterećenje« neka bude ono opterećenje koje traži specifičnu gustoću struje 1 A/mm² presjeka aluminija kod nazivnog napona 110 kV. »Donja termička granica opterećenja,« nazovimo je tako, dana je opterećenjem prema DIN 48204-1950, a vrijedi za potpuno miran zrak i temperaturu okoline od + 40° C, dok je »gornja termička granica« određena prema DIN 48204-1965, za brzinu vjetra od 0,6 m/s i temperaturu okoline od 35° C.

Što se tiče Đulovih gubitaka i ekonomske gustoće praktički je svejedno da li je potreban presjek vodiča sadržan u jednom ili u dva užeta po fazi jednakog ukupnog presjeka, no što se tiče termičke opteretivosti, tu postoje osjetne razlike. Npr. ako se umjesto jednog užeta 490/65 Ač uzmu dva užeta 240/40 Ač po fazi, termička se opteretivost povećava za 32% [od 980 A na 1290 A].

Općenito uzevši za užeta vodiča različitih presjeka termička je opteretivost razmjerna sa $q^{0,64}$, gdje je q presjek vodiča. Prema tome termička se opteretivost kod jednakog presjeka, ali podijeljenog na 1,2 odnosno 3 užeta u snopu odnosi kao 1:1,30 :1,50. Ako pak usporedimo opteretivost snopa od dva i tri vodiča jednakog ukupnog presjeka dobijemo odnos 1:1,15. Dakle razlika je samo 15%. Treba primijetiti da se navedeni odnosi kod alučel užeta različitih odnosa aluminija i čelika ponešto razlikuju od navedenih. Uže koje uz jednaki presjek aluminijskog plašta ima veći presjek čelične jezgre može se termički nešto više opteretiti. Ako uzmemo npr. strujne opteretivosti alučel užeta prema DIN 48204-1965.

1 x 680/85	: 2 x 340/30	: 3 x 230/30	dobijemo odnos graničnih struja u A
1150	: 2 x 790	: 3 x 630	
1	: 1,37	: 1,64	
	1	: 1,19	

što se donekle razlikuje od prethodnog.

U daljnje razmatranje uzet će se samo snop od 2 užeta, jer više užeta u snopu ima prednosti samo kod vrlo kratkih vodova i kod sabirnica, o čemu će još biti govora.

Užeta koja dolaze kod nas u obzir za visoko operetive vodova 110 kV svakako bi bila standardizirana užeta koja se najviše upotrebljavaju, a to su 240/40 Ač, 360/57 Ač i 490/65 Ač.

Za snop od dva užeta navedenih presjeka izračunata su prije definirana karakteristična opterećenja i gubici snage, za tri različite duljine voda, kod faktora snage 0,90. Vrijednosti su upisane u tablicu 1.

Karakteristična opterećenja i gubitak snage

Tablica 1

Presjek	2 × 240/40 Ač		2 × 360/57 Ač		2 × 490/65 Ač	
Ekonom. opt. A	486		720		980	
kod 110 kV MVA	93		137		187	
Donja term. gr. A	1060		1330		1600	
kod 110 kV MVA	200		250		300	
Gornja term. gr. A	1290		1620		1960	
kod 110 kV MVA	245		305		370	
Gubitak snage MW kod donje termičke granice	MW	%	MW	%	MW	%
15 km	3,3	1,8	3,5	1,5	3,7	1,4
25 km	5,5	3,0	5,9	2,6	6,2	2,3
35 km	7,7	4,3	8,2	3,6	8,7	3,2
Gubitak snage MW kod gornje termičke granice	MW	%	MW	%	MW	%
15 km	5,6	2,5	6,0	2,2	6,4	1,9
25 km	9,3	4,2	10,0	3,6	10,6	3,2
35 km	13,0	5,9	14,0	5,1	15,0	4,5

Budući da su termičke granice definirane maksimalnom temperaturom vodiča od 80°C, kod niskih temperatura okoline može se vodič opteretiti znatno iznad gornje termičke granice. U dijagramu sl. 1 nacrtan je grafički odnos dopuštenog opterećenja jedne trojke s dva vodiča u snopu u ovisnosti o temperaturi okoline. Velika preopterećenja dolaze u obzir kod kvara i ispada kad ekonomija prijenosa nije u pitanju, već maksimalna tehnička mogućnost prijenosa. U našem slučaju važna je strujna opteretivost i dopušteni gubitak napona.

U tablicu 2 uneseni su, u postocima gubici napona za tri dužine voda 110 kV, s dva vodiča u snopu, kod triju karakterističnih opterećenja.

Gubitak napona u % kod 110 kV

Tablica 2

Presjek	240/40 Ač			360/57 Ač			490/65 Ač		
Opterećenje MVA	A 200	B 245	C 323	A 250	B 305	C :00	A 300	B 370	C 426
Dužina voda									
15 km	4,9	6,0	7,9	5,4	6,3	9,0	6,3	8,0	9,4
25 km	8,4	10,3	14,4	9,3	11,8	15,9	11,2	14,2	16,5
35 km	12,1	15,0	20,5	14,0	17,2	23,2	16,2	20,5	24,2

U tablici označuje:

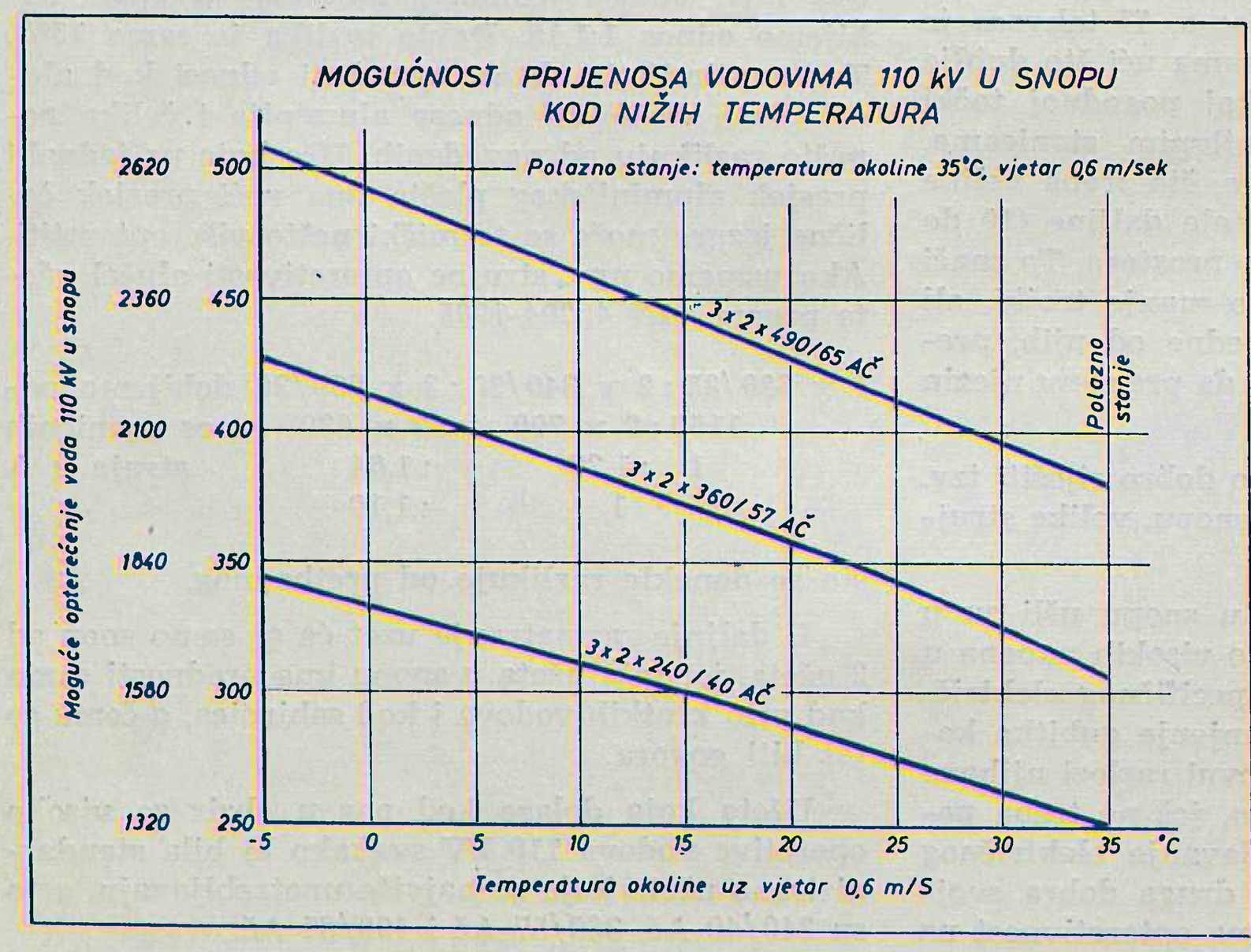
A donju termičku granicu opterećenja (40° C, bez vjetra)

B gornju termičku granicu opterećenja (35° C, vjetar 0,6 m/s)

C gornju termičku granicu opterećenja, ali kod temperature okoline od 5° C (vidi sl. 1).

Osim strujnih ograničenja u pogonu treba također računati i s naponskim ograničenjima, i zbog toga su u gornjoj tablici dani gubici napona za tri karakteristična opterećenja.

U svakom konkretnom slučaju treba utvrditi koliki se gubici napona mogu dopustiti u teškom prijenosnom vodu 110 kV, uzimajući kod toga u obzir promjene napona u mreži 400 kV, mogućnost regulacije na transformaciji 400/110 kV i 110/30 kV, 110/10 kV, kao i prilike daljnjeg razvoda vodovima 110 kV iz razvodne stanice. Teško je pretpostaviti da bi se u zdravom pogonu mogao dopustiti veći gubitak napona (u prijenosnom teškom vodu 110 kV) od nekih 7%, a u kvaru 10%. Neka budu navedene vrijednosti uzete ovdje kao naponski limiti za daljnje razmatranje. Iz tablice se vidi



Slika 1

da upravo naponski uvjeti ograničuju mogućnost potpunog iskorištenja teških vodova u pogledu strujne opteretivnosti kod nižih napona i nešto većih udaljenosti. Kod 110 kV dolaze u obzir dužine vodova 15 do 20 km, dok bi se kod još nižih napona, npr. 35 kV ova udaljenost smanjila na trećinu, i nešto manje.

Upotreba od tri ili četiri vodiča u snopu dolazi u pitanje kod još kraćih udaljenosti, jer kod snopa s više vodiča strujna opteretivost raste brže nego što se smanjuje reaktancija, pa naponsko ograničenje nastupa već kod manjih duljina voda. Npr. snop 3 x 240/40 Ač prema snopu jednakog ukupnog presjeka aluminija 2 x 360/57 Ač ima 20% veću strujnu opteretivost, ali samo 11% manju reaktanciju.

Ako usporedimo vrijednosti iz tablice 2 i naponske limite što smo ih prije uvrdili, vidimo da preoptrećenje navedeno pod c) već kod duljine voda od 25 km ne bi mogli ni kod jednog presjeka iskoristiti zbog prevelikih gubitaka napona. Kod duljine od 35 km ne možemo vod opteretiti niti do donje termičke granice, pa prema tome vodovi u snopu gube svoju namjenu i svoje prednosti. Navedene činjenice upućuju na to da treba težiti smanjenju reaktancije voda, što se može postići smanjenjem razmaka faza, a povećanjem razmaka vodiča u snopu. Za svakih 10% smanjenja odnosa $\frac{d_s}{r'}$ (odnosa srednjeg razmaka faza i doknadnog polumjera vodiča) reaktancija pada za 0,006 oma/ /km. Doknadni polumjer r' povećava se razmjerno sa $\sqrt{a}$, gdje je a razmak užeta snopa. Npr. r' se poveća za 10%, ako se razmak užeta poveća od 38 na 45 cm. Smanjenje, pak srednjeg razmaka vodiča d_s također u našem slučaju ne bi bilo teško postići, jer zbog mnogo prijelaza i kutova, kao i sigurnosti voda u urbaniziranom području ionako ne dolaze u obzir veliki rasponi s velikim provjesima.

Već je na početku izneseno da velika prednost voda sa snopovima leži u tome, što se na uskom pojasu trase mogu prenijeti velike snage. Naročita se ušteda u zauzimanju trase postiže, ako se na istim stupovima montira više trojki u snopu (višesistemski vodovi).

Prema podacima poduzeća »Elektroprenos« — Zagreb, neki tipovi vodova 110 kV zauzimaju slijedeće širine:

Mogućnost prijenosa po širini voda MW/m

Tablica 3

	Jednosistematski Ač			Dvosistemski Ač		
	240/40	2×240/40 snop	360/57	240/40	2×240/40 snop	360/57
Širina voda m	6,0	6,4	6,0	6,6	7,0	6,6
Mogućnost prijenosa MVA/m						
donja term. gran.	16,6	31,3	20,8	30,3	57,2	38,8
gornja term. gran.	20,4	38,3	25,5	37,0	70,0	47,5

Budući da vodovi ostaju nepromijenjene širine za sva tri promatrana presjeka vodiča, možemo lako učiniti usporedbu s obzirom na mogućnost prijenosa kroz koridor trase.

Mogućnost prijenosa po širini voda MW/m

Tablica 4

	Dvostruki vod sa dva vodiča u snopu Ač		
	240/40	360/57	490/65
Mogućnost prijenosa MVA/m:			
donja term. granica	57,2	71,6	86,0
gornja term. granica	70,0	87,4	106,0
gornja term. granica +5°C	90,0	115,0	122,0

U području Zagreba predviđena je u neposrednoj budućnosti izgradnja transformatorske stanice 400/110 kV, gdje bi se mogli primijeniti teški vodovi. Udaljenost od TS 400/110 kV do glavne razvodne stanice 110 kV bila bi oko 15 km. Snaga tipskih transformatorskih jedinica još nije određena, a u razmatranju su snage 250, 300 i 400 MVA. Konačno će biti izabrane jedna ili najviše dvije veličine.

Predviđeno je da jedna transformatorska jedinica bude vezana s glavnom razvodnom stanicom s dvije trojke s vodičima u snopu. U slučaju ispada jedne od njih preostala bi trebala, po mogućnosti, prenositi kroz kraće vrijeme cijeli teret.

U tabelici 5 unesene su karakteristike prijenosa snage triju navedenih veličina transformatora, vodovima 110 kV dužine 15 km, alternativno za tri promatrana presjeka vodiča.

Za svaku veličinu snage navedena je nominalna struja (kod 110 kV), specifična gustoća struje po mm² aluminija, gubitak snage i gubitak napona u zdravom pogonu kod punog opterećenja. U krajnjoj desnoj koloni naveden je raspon gubitaka napona za snagu od 250 MVA do 400 MVA, ako se u slučaju kvara moraju prenositi jednom trojkom. Kod presjeka 240/40 Ač tu snagu nije moguće prenijeti kod temperature okoline od +5 °C koja je uzeta kao najniže, jer tada prijenosna snaga dostiže tek 320 MVA.

Za izbor presjeka odlučna su dva kriterija:

a) tehnička mogućnost prijenosa kod kvara,
b) ekonomsko opterećenje, odnosno gustoća struje u zdravom pogonu.

U vezi s tehničkom mogućnosti prijenosa kod kvara treba se odlučiti da li zdravi vod mora uvijek biti u stanju da prenese cijelu snagu jedne transformatorske jedinice ili takva mogućnost mora postojati samo u zimskim mjesecima kada je opterećenje visoko a temperatura najviše npr. + 5 °C. Za prvi je slučaj mjerodavna gornja termička granica, a za drugi granično termičko opterećenje kod +5 °C. Ovim kriterijima za pojedine transformatorske snage odgovarali bi slijedeći presjeci:

Tipske trafo jedinice i opterećenja vodova Tablica 5

Trafo MVA	Nomin.	Dvostruki vod 110 kV, 15 km, vodiči u snopu 2×240/40 Ač					
		po vodu	gustoća	gubitak snage uk.		gubitak napona %	
400/110 kV	A	A	A/mm²	MW	%	normalno	kod opterećenja
250	1310	655	1,35	2,32	0,93	3,0	6,0 . . . 7,9 %
300	1570	785	1,62	3,40	1,13	3,6	250 . . . 320 MVA
400	2100	1050	2,15	6,26	1,57	5,5	
				Dvostruki vod 110 kV, vodići u snopu			2 × 360/57 Ač
250			0,91	1,60	0,64	2,6	
300	kao prethodno		1,09	2,40	0,80	3,2	5,2 . . . 9,0
400			1,46	4,40	1,10	4,5	250 . . . 400 MVA
				Dvostruki vod 110 kV, vodiči u snopu			2 × 490/65 Ač
250			0,67	1,15	0,32	2,5	5,0 . . . 8,1 %
300	kao prethodno		0,80	1,68	0,40	3,0	250 . . . 400 MVA
400			1,07	3,12	0,55	3,9	

Presjek 490/65 Ač za prijenos snage od 400 MVA zadovoljio bi tek kod temperature okoline ispod +27,5 °C (dijagram sl. 1).

Presjeci vodova tehnički usklađeni sa snagama transformatora

Tablica 6

Transformator	Gornja term. granica + 35 °C	Gornja term. granica + 5 °C
250 MVA	240/40 Ač	240/40 Ač
300 MVA	360/57 Ač	240/40 Ač
400 MVA	490/65 Ač	360/57 Ač

Iz tablice 5 se vidi da i s gubicima napona kod navedenih presjeka ne bi bilo poteškoća.

Definirati drugi kriterij, u vezi s ekonomijom zdravog pogona, prilično je teško s obzirom na stalne promjene troškova gradnje vodova, a još više i promjene cijena električne energije.

Jedan od pokazatelja ekonomskog opterećenja je specifična gustoća struje u vodiču, kod nas uobičajena 1 A/mm² aluminija.

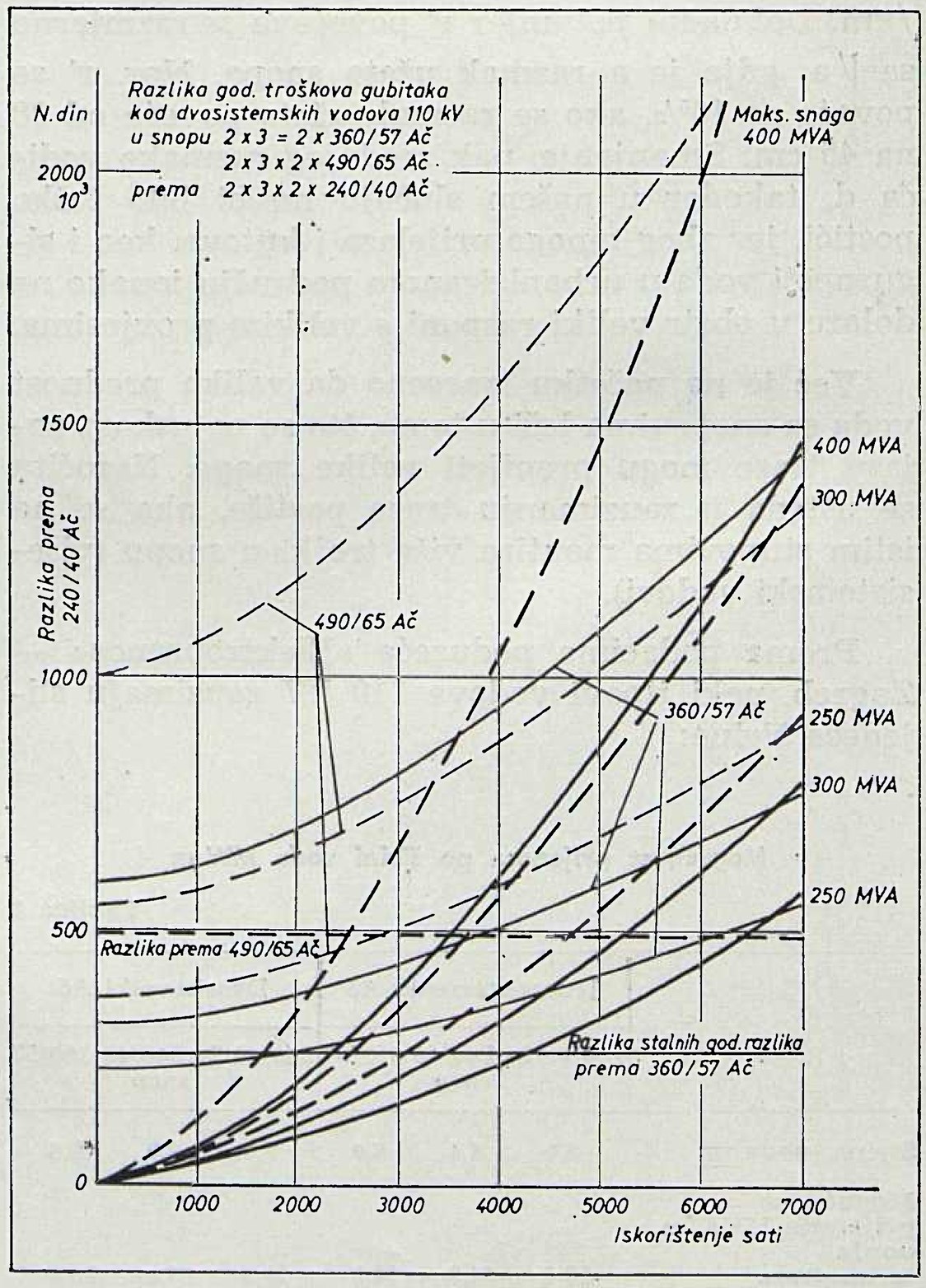
Prema ovom kriteriju trebalo bi u našem slučaju odabrati slijedeće presjeke u skladu s gustoćama navedenim u tablici 5.

Tablica 7

Snaga trafa MVA	Presjek
250	360/57 Ač
300	360/57 Ač
400	490/65 Ač

Pokušalo se ovo pitanje riješiti i konkretnije, tako da se usporede uštede na godišnjim troškovima zbog smanjenih gubitaka u vodovima s većim presjecima i povećani godišnji troškovi vezani na povećanje investicije takvih vodova.

Kako je već istaknuto zbog nestabilnih cijena ovakav je postupak nesiguran, ali je nemoguće učiniti nešto bolje. U pomanjkanju drugih mogućnosti uzete su postojeće cijene uvozne snage i energije iz Bosne i to 324.000 d/MW i 7,5 para/kWh. Na temelju tih cijena izrađen je dijagram (sl. 2) razlike godišnjih troškova gubitaka u vodu s vodičima 240/40 Ač i vodovima s vodičima 360/57 Ač odnosno 490/65 Ač. Drugim riječima, ovo je godišnja ušteda na gubicima, ako se izgrade vodovi s većim presjekom.



Slika 2

S druge strane veći presjeci traže veće investicije, a kao posljedicu imaju veće stalne godišnje troškove.

Prema grubim proračunima investicije za dvosistemske vodove u snopu bile bi slijedeće:

Razlika investicija za povećane presjeke

Tablica 8

	240/40 Ač	360/57 Ač	490/65 Ač
Jedinične invest. d/km	530.000	670.000	790.000
Investicije za 15 km voda	8,000.000	10,000.000	11,800.000
Razlika prema 240/40 Ač	—	2,000.000	3,000.000
Razlika stalnih god. troškova uz stopu od 13 %	—	260.000	494.000

Razlike stalnih godišnjih troškova ucrtane su u dijagramu sl. 2, pa su dobivena presjecišta s krivuljama razlike troškova gubitaka. Na temelju tog i takvog načina računanja proizlazi da iz ekonomskih razloga treba uzeti presjek 240/40 Ač samo kod transformatorske jedinice 250 MVA, ako je iskorištenje 1750 sati, ili manje. Presjek 360/57 Ač ekonomičan je kod jedinice 250 MVA kod iskorištenja između 1750 i 2750 sati. Za sva veća iskorištenja, odnosno za jedinice 300 i 400 MVA, ekonomično je uzeti presjek 490/57 Ač.

Sličan se račun može, međutim, izvesti i drugim putem, na temelju srednje cijene kWh. Srednja nabavna cijena kreće se momentano oko 13 para/ /kWh. Elektroprenos — Zagreb, 1971. Ako na temelju toga izračunamo razliku godišnjih troškova gubitaka dobijemo snop krivulja koje izlaze iz točke ∅, a kod iskorištenja od 7000 sati spajaju se s krivuljama dobivenim prethodnim postupkom. Prema presjecištima tih krivulja s razlikom godišnjih stalnih troškova dobiju se za svaku transformatorsku jedinicu uz određeno iskorištenje maksimuma ekonomski presjeci voda.

Ekonomski presjeci vodova

Tablica 9

Transformator MVA	240/40 Ač	360/57 Ač	490/65 Ač
250	0 ———	4250 h ———	4750 h i više
300	0 ———	3500 h ———	3700 h i više
400	0 ———	2300 h ———	2500 h i više

Kao rezime cijelog razmatranja moglo bi se zaključiti, pretpostavljajući iskorištenje negdje između 3500 i 4500 sati (budući da je predviđena izgradnja termoelektrana u području vezanih na 110 kV da bi se za dvosistemske vodove u snopu mogli prihvatiti presjeci (kod dužine voda od oko 15 km).

kod snage transformatora	250 MVA	240/40 Ač
	300 MVA	360/57 Ač
	400 MVA	490/65 Ač

Vidi se da je rezultat kod oba postupka prihvaćanje većih presjeka. No, to vrijedi samo tada, ako je stopa godišnjih troškova realna, tj. ako su uvjeti dobivanja kredita realni.

Na kraju treba upozoriti još na jednu pojavu kod opterećivanja vodova u snopu do termičke granice, a to je znatna potreba jalove snage koju uzima vod. To je i razlog više da se takvi vodovi ne mogu upotrijebiti za veće daljine. Ako izračunamo saldo jalove snage, tj. jalovu snagu koju vod daje, odbijemo od jalove snage koju vod treba, potreba jalove snage iz mreže iznosi kod različitih opterećenja (bez obzira na termičku granicu):

Potreba jalove snage MVAr

Tablica 10

Km	150 MVA	300 MVA	400 MVA
1	0,51	2,2	3,9
15	7,1	32,5	58,5
30	14,2	65	117

To je već prilična količina jalove snage. No, ako se uzme da npr. snazi od 300 MW, da se može prenijeti do potrošača i potrošiti, treba bilo otkuda dodati još barem 240 MVAr, gubitak jalove snage na 15 km iznosi 13,5%, i to u slučaju preopterećenja, dok se ta vrijednost u zdravom pogonu kreće oko 2%.

U slučaju kvara treba dakle imati u sistemu odgovarajuću rezervu jalove snage.

Naslov pisca: Boris Markovčić, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb.

OSJETLJIVOST ZEMLJOSPOJNOG ELEKTRONSKOG RELEJA SA STAJALIŠTA VARIJABILNOSTI OTPORA KVARA

Elio Sterpin, Pula

DK 621.316.9

Prikazane su karakteristike zemljospojnih releja elektronskog tipa ističući njihovu granicu osjetljivosti, ovisno o otporu kvara. Na svršetku se daje primjer proračuna udešenja takve zaštite.

Zemljospojne zaštite najviše se upotrebljavaju u srednjenaponskim mrežama s izoliranim zvjezdištem, za selektivno otkrivanje kvarova na vodovima između faze i zemlje.

Budući da ove vrste kvarova u većini slučajeva nisu trajne već nestaju nakon nekog vremena (0,1—0,2 s) nije nužna velika brzina djelovanja zemljospojnih releja za razliku od nadstrujnih releja, čak je i nepoželjna, sa stajališta neprekidnog rada.

Međutim, kvar može biti i opasan ako ne dođe do djelovanja zaštite, jer se može proširiti i biti opasan za ljude.

Prema tome glavna osobina zemljospojne zaštite mora biti visoka osjetljivost o kojoj treba voditi računa.

Karakteristike koje definiraju osjetljivost zemljospojnog releja varmetarskog tipa su strujna i naponska veličina.

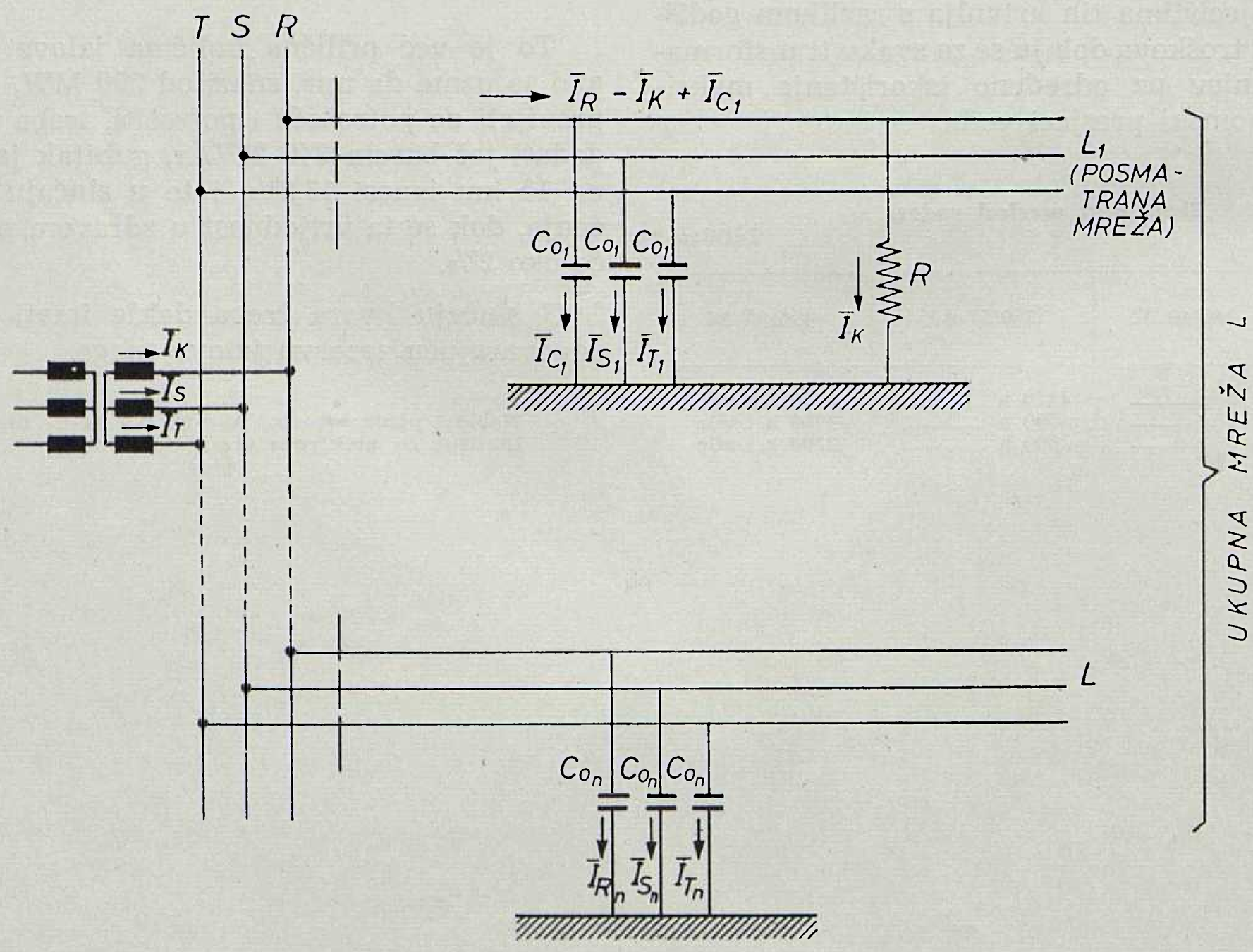
Suvremene izvedbe tih releja omogućavaju regulaciju obih veličina nezavisno jedne od druge, na razne nivoe osjetljivosti (naprimjer 4 nivoa strujne regulacije i 4 naponske regulacije omogućavaju 16 raznih polja regulacije). Iz toga proizlazi da je moguće odabrati najpovoljnije udešenje releja i željenu osjetljivost u odnosu na zaštićenu mrežu.

Treba napomenuti da nije preporučljivo udesiti osjetljivost releja iznad neke određene granice, da ne bi nepotrebno djelovao. Zemljospojni relej treba udesiti na razumnu osjetljivost, uvjetovanu prisutnošću nultih struja i napona i u normalnim uvjetima rada mreže, (kao primjer neka posluže mjerenja u Puli u TS 35/10 kV Centar U_o = 0,16 V, i u TS 35/10 kV Gregovica U_o = 0,24 V).

Najveća osjetljivost koju je moguće udesiti kod zemljospojnih elektronskih releja je reda mVAr-a. Međutim, kao kriterij za odabiranje nivoa osjetljivosti releja uzima se veličina otpora kvara.

Polje promjenljivosti tog otpora, na osnovi statističkih podataka, vrlo je široko i kreće se od 0 do nekoliko stotina k Ω. Npr. prilikom pada vodiča na suhu ili ledenu zemlju, na neku granu, betonski stup, ili pada na strani potrošača (inverzni kvar).

Iz teorije je poznato da struja kvara prethodi nultom naponu za 90°. Taj argument nije ovisan o otporu kvara. Osim toga odnos I_0 prema U_0 je također konstantan i nezavisan o otporu kvara. Odnos I_0 prema U_0 definiran je od same admitancije preostale zdrave mreže prema zemlji. Ta admitan-



Sl. 1 Ekvivalentna shema zemnog spoja

cija gledana sa sekundara mjernih transformatora definira za svaku vrijednost nultog napona koji je funkcija otpora kvara, odgovarajuću struju kvara.

Ako se prijenosni odnosi naponskog odnosa strujnog transformatora označuju sa p_u i p_i tada su struja i napon kvara koji djeluju na relej dani izrazom:

$$I_0 = \frac{I_0}{p_i} \qquad u_0 = \frac{3\,U_0}{p_u}$$

Njihov odnos predstavlja, ono što je već rečeno, admitancija zdrave mreže viđena sa releja, tj.

$$\frac{i_0}{u_0} = \omega\,(C_0 - C_{01})\,\frac{p_v}{p_i} \qquad (1)$$

gdje je

Co — ukupni kapacitet prema zemlji po fazi čitave mreže
Col — kapacitet promatrane mreže.

Do ovog izraza dolazi se postepeno iz ekvivalentne sheme zemnog spoja prema slici 1.

Koristeći račun i metodu simetričnih komponenti na ukupnu mrežu dobije se izraz

$$\bar{U}_0 = -\frac{\bar{U}_f}{1 + j\,3\,\omega\,C_0\,R} \qquad (2)$$

Gdje je

U_0 — nulta vrijednost napona ili napon zvjezdišta prema zemlji
U_f — fazna vrijednost napona
C_0 — ukupni kapacitet mreže
R — otpor kvara.

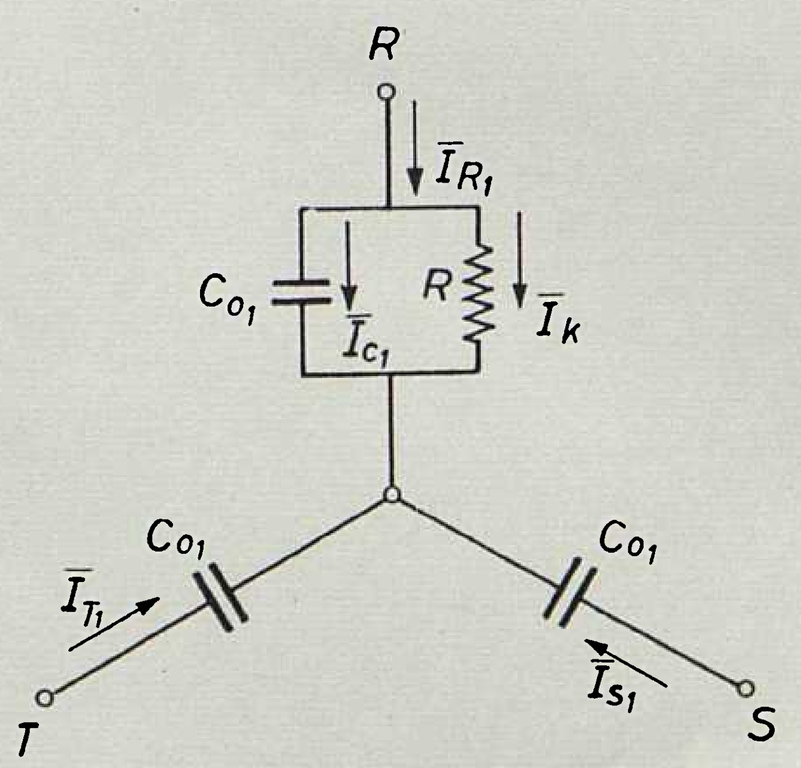
Apsolutna vrijednost tog izraza iznosi

$$U_0 = \frac{U_f}{\sqrt{1 + 9\,\omega^2\,C_0^2\,R^2}} \qquad (3)$$

Iz sl. 1, promatrana mreža L_1 pretvara se u ekvivalentnu zvijezdu kao na slici 2.

Iz te ekvivalentne zvijezde i izraza (2) opet pomoću simboličnog računa izračunava se vrijednost nulte struje u mreži L_1

$$\bar{I}_{01} = \frac{\bar{U}_f \cdot j\,3\,\omega\,(C_0 - C_0)}{1 + j\,2\,\omega\,C_0\,R} \qquad (4)$$



Sl. 2 Ekvivalentna zvijezda spoja

Ta struja, koja teče uslijed napona U_0, zavisi o admitanciji

$$Y_{01} = \frac{I_{01}}{U_0} = -\,j\,3\,\omega\,(C_0 - C_{01})$$

a to je izraz (1).

Ako se sada produkt $u_0 \cdot i_0$ uzima kao najmanja snaga koju relej može registrirati onda se može iz prethodnih izraza dobiti vrijednost otpora kvara.

To vrijedi kada je:

$$u_0 \cdot p_v = \frac{3\,U_f}{\sqrt{1 + 9\,\omega^2\,C_0^2\,R^2}} \qquad (5)$$

$$i_0 \cdot p_i = \frac{3\,U_f\,\omega\,(C_0 - C_{01})}{\sqrt{1 + 9\,\omega^2\,C_0^2\,R^2}} \qquad (6)$$

Rješenje po R glasi

$$R = \frac{1}{3\,\omega\,C_0}\sqrt{\frac{9\,U_f^2}{u_0^2 \cdot p_v^2} - 1} \qquad (7)$$

ili

$$R = \frac{1}{3\,\omega\,C_0}\sqrt{\frac{9\,U_f^2\,\omega^2\,(C_0 - C_{01})^2}{i_0^2 \cdot p_i^2} - 1} \qquad (8)$$

S jednim i drugim izrazom dolazi se do R a to je maksimalni otpor što ga relej može registrirati.

S praktične strane poželjno je »a priori« odrediti osjetljivost releja na osnovi otpora koji se želi selekcionirati.

Uvrštenjem odabrane vrijednosti R u formulu (3), izračunava se nulti napon a zatim nulta struja i na osnovi tih rezultata udešuje se relej.

Primjer proračuna udešenja elektronske zaštite

Pretpostavlja se da treba udesiti zemljospojnu zaštitu nekog voda 10 kV u sastavu radijalne kabelske mreže ukupne dužine 40 km. (L) kao na slici 1. Neka 10 km bude dužina promatranog voda (L_1) kapaciteta 0,16 μF/km.

Prijenosni odnosi:

— naponskog transformatora

$$p_v = \frac{10.000}{\sqrt{3}} \Big/ \frac{100}{3} = 173$$

— strujnog transformatora

$$p_i = \frac{200}{5} = 40$$

— ukupni kapacitet iznosit će

$$C_0 = 0{,}16 \cdot 10^{-6} \cdot 40 = 6{,}4 \cdot 10^{-6}\,F$$

— admitancija koja određuje struju releja je

$$Y_0 = \omega\,C_0\,(1 - k_c)\,\frac{n_v}{n_i} = 314 \cdot 6{,}4 \cdot$$

$$\cdot\,10^{-6}\left(1 - \frac{10}{40}\right)\frac{173}{40} = 65{,}2 \cdot 10^{-4}\,S$$

k_c — odnos dužina promatrane merže L_1 prema ukupnoj mreži L.

Ako se sad ograniči osjetljivost releja na 5.000 Ω i uvrsti ta vrijednost otpora dobije se:

$$U_0 = \frac{U_f}{\sqrt{1 + 9\,\omega^2 C_0^2 R^2}} =$$

$$= \frac{10.000 / 1{,}73}{\sqrt{1 + 9 \cdot 314^2 \cdot 6{,}4^2 \cdot 10^{-12} \cdot 5^2 \cdot 10^6}}$$

$$U_0 \cong 190 \text{ V}$$

— napon na releju izračunava se

$$u_0 = \frac{3\,U_0}{p_v} = \frac{3 \cdot 190}{173} = 3{,}3 \text{ V}$$

— struja kroz relej

$$i_0 = u_0 \cdot Y_0 = 3{,}3 \cdot 65{,}2 \cdot 10^{-4} = 0{,}0216 \text{ A} = 21{,}6 \text{ mA}$$

I konačno na osnovi tih rezultata udešuje se elektronski zemljospoj releja.

Zaključak

Činjenica je da su prema današnjim statistikama rada, opisani elektronski releji sa svojom osjetljivošću u usporedbi sa elektromehaničkim definitivno riješili problem selektivnosti zemljospoja u radijalnim mrežama srednjeg napona s izoliranim zvjezdištem.

Evo primjera usporedbe osjetljivosti tih dviju vrsti releja:

a) Elektromehanički zemljospojni relej RE 55 »Iskra« — Kranj ima najniže udešenje približno 5 VAr-a
b) Firma »DATA CONTROL« iz Milana daje prema prospektu za svoj zemljospojni elektronski relej DTvw najniže udešenje od 4 mVAr.

Pri upotrebi zemljospojnih elektronskih releja preporučuje se korištenje obuhvatnih strujnih transformatora da bi se što bolje iskoristila osjetljivost releja.

Budući da kod elektrodistribucije postoji tendencija uzemljenja 35 kV nultočke transformatora u TS 110/35 kV preko malog otpora, to elektronski zemljospojni releji mogu naći korisnu primjenu u mreži 10 kV.

Naime, i bez promjene sadašnjeg režima rada s izoliranom nultočkom zbog velike osjetljivosti releja može se pogon učiniti sigurnijim. S tim u vezi može se podsjetiti na prednost takvog rada:

a) Smanjenje indukcije na telegrafskim i telefonskim linijama,
b) relativno male struje kvara i prolazni karakter kvara,
c) zemljospojni kvarovi ne stvaraju termička i dinamička naprezanja opasna za aparate.

Nedostaci:

Pojavljuju se intermitirana pražnjenja prema zemlji koja stvaraju prenapone srednje frekvencije amplitude reda 2,5 U_f.

Literatura

E. Prestigiacomo — *La protezione selettiva delle linee radiali a neutro isolato contro i guasti monofasi a terra.* Elettrificazione 1969.
G. Barich — A. Castellani — *Protezioni elettroniche nelle reti a M. T.* Rendiconti A. E. I. 1968.
N. Faletti — *Transmissione e distribuzione dell'energia elettrica* Ed. Patron 1967.

Naslov pisca: Elio Sterpin, dipl. ing., »ELEKTROISTRA«, Pula

PREDSTAVNICI DISTRIBUCIJE SRH POSJETILI FIRMU »HAZEMEYER« U HOLANDIJI

U organizaciji poduzeća »Rade Končar« i »ELDIH« iz Zagreba, i firme Hazemeyer iz Holandije, posjetilo je 25 učesnika tvornicu Magnefix koja proizvodi postrojenja visokog napona kao i neka distributivna poduzeća koja te uređaje primijenjuju.

Put je trajao od 21. do 30 svibnja 1971. Učesnici puta bili su direktori distributivnih poduzeća iz cijele SRH, kao i predstavnici Poslovnog udruženja, poduzeća za distribuciju električne energije SRH.

Iz Zagreba je put vodio preko Austrije i Njemačke do mjesta Hengelo u Holandiji, gdje se nalazi tvornica Magnefix uređaja.

Za vrijeme jednodnevnog boravka u Hengelou (24. V 1971.) održano je predavanje o organizaciji elektroprivrede Holandije i demonstracija rada Magnefix uređaja 3, 10—12, 15 i 24 kV. Prikazani su filmovi o proizvodnji, ispitivanju i upotrebi tih uređaja.

U Holandiji ima 9 proizvodno-distributivnih provincijskih i 75 distributivnih poduzeća. Prije 5 godina počela je gradnja mreže 380 kV, koja je danas stalno u pogonu paralelno sa 380 kV mrežom Zapadne Njemačke i Belgije.

Svim provincijskim elektranama upravlja se iz jednog kontrolnog centra u organizaciji Keme. Sva poduzeća u Kemi imaju svoje akcije.
Osnovni podaci holandske elektroprivrede:

površina	34.000 m²
stnovnici	12,500.000
maksimalno opterećenje	6.510 MW (XII. 1970)
snaga generatora	9.100 MW
potrošnja	35.100 GWh
potrošnja po stanovniku	2.750 kWh
izvoz	11,6 GWh

Porast opterećenja od

1960. do 1970.	130%
godišnji porast	8%

Ukupna potrošnja električne energije podijeljena je na industriju 70%, porast 8%-udvostručenje za 8,5 godina, i domaćinstvo 30%, porast 11,5%-udvostručenje za 6,5 godina.

Proizvodnja električne energije u samom početku nije bila državna, već privatnih poduzeća.
Tako je godine 1880. firma Šmit proizvodila struju jednim istosmjernim dinamo strojem, što je služilo za pogon mljekare. Nakon toga je počela proizvodnja električne energije u Roterdamu i Amsterdamu. Državni rudnici trebali su također energiju, pa su se i oni počeli elektrificirati sa 5 ili 6 kV, ali pojedinačno.

Prvi prijenos u Holandiji je izgrađen na potezu Hag-Roterdam napona 25 kV. Zatim je izgrađena visokonaponska mreža koja je ta područja obuhvatila vodovima 50 kV. Ti su naponi još i danas u upotrebi kao distributivni naponi.

U Holandiji su u upotrebi slijedeći naponi:

5, 6, 10,25, 50, 110, 220 i 380 kV, a prevladava napon 10 kV.

U centru Holandije u pogonu je prva nuklearna elektrana snage 50 MW, a u gradnji je još jedna snage 400 MW, locirana u južnom dijelu zemlje.

Sve više elektrana pelazi na loženje uljem, a 15% elektrana radi na zemni plin.
U 1980. godini, kako se predviđa, trebalo bi biti:

20% elektrana na ugljen
20% elektrana na naftu
60% elektrana na plin.

Nagli porast potrošnje električne energije u kućanstvu donosi i velike probleme.
Investicije za izgradnju postrojenja su velike, pa nije moguće na vrijeme pokriti rastuće potrebe kućanstva.

Za budućnost se računa sa 2000 W u domaćinstvu po stanu, prema sadašnjem opterećenju od 1200 W.

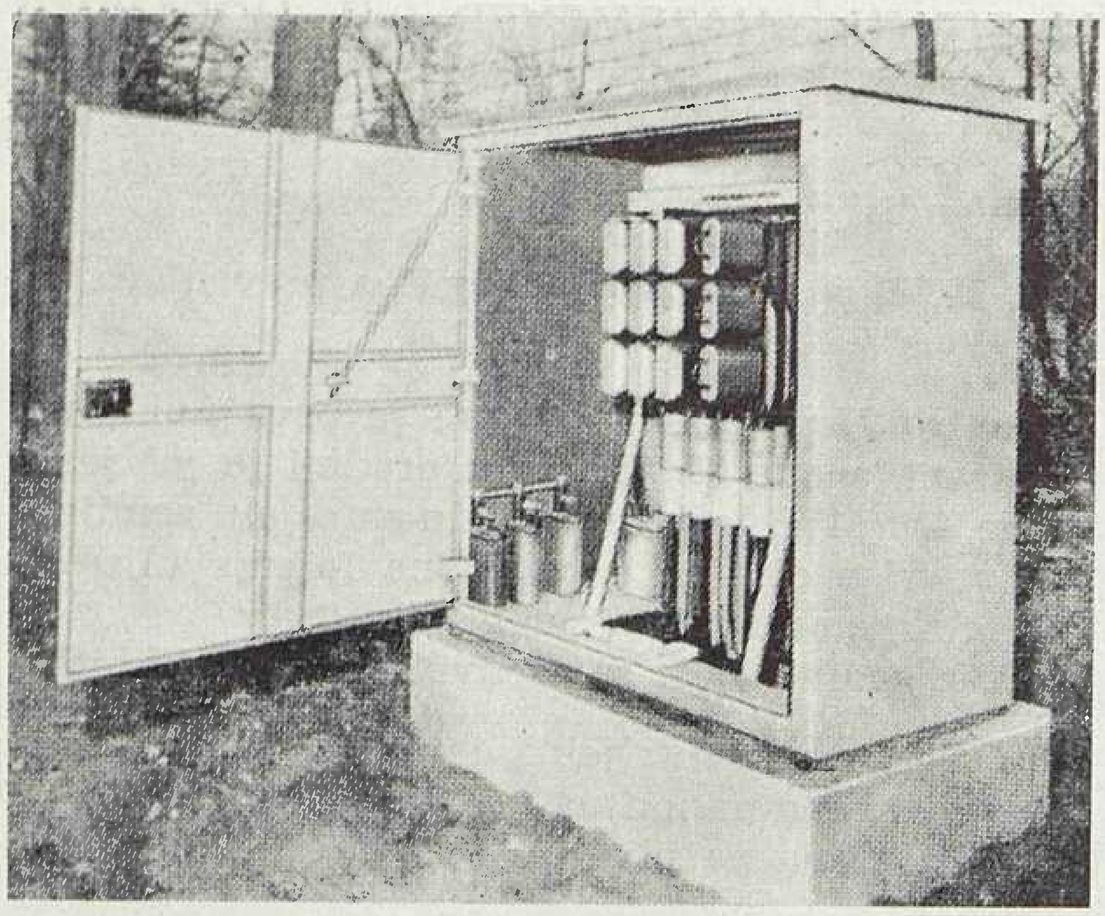
U jednom od stambenih područja u malom gradu gdje je smješteno 25 stanova na jedan hektar, izračunati su troškovi kabelske i nadzemne mreže. Podaci su iz godine 1967. Oni pokazuju da su troškovi nadzemne mreže 4600 GLD/stanu, a kabelske svega 634 GLD/stanu. Ova razlika je zbog toga što slaba nosivost pješćanog zemljišta zahtijeva velike dodatne troškove za fundiranje stupova.

Prema tome je cjelokupna gradska i seoska mreža 3 i 10 kV izvedena u kabelu, a i niskonaponska mreža je uglavnom kabelska, ili vrlo kratka nadzemna.

Kabelska mređa niskog napona u pravilu se upotrebljava u gradovima i za priključke većih gospodarstva, a u selima s više domaćinstava razvod niskog napona se obavlja nadzemnom mrežom.

Treba naglasiti da sela u našem smislu nema. Potrošnja električne energije je relativno visoka,

Sl. 1 Predstavnici distribucije SRH razgledavaju blindiranu stanicu



Sl. 2 Četiri kabelska spoja sa zaglavcima za plastične kabele

pa su radi toga i nadzemne mreže duge nekoliko stotina, do najviše dvije tisuće metara.

Veća seoska gospodarstva imaju svoje transformatorske stanice 3/0,4 kV, snage 40 kVA, a osnovni razvod je 10 kV.

Upotreba Magnefix uređaja

U cijeloj Holandiji se Magnefix uređaji primijenjuju već više od 16 godina, ali su to u prvo vrijeme bili samo uređaji 3 kV. Već od gotovo 11 godina primijenjuju se i Magnefix uređaji 10 kV, a pojedinačno i uređaji 24 kV.

Primjena Magnefix uređaja nije došla kao rezultat mode, već kao tehnička i ekonomska nužnost, kako bi se zadovoljili tehnički uvjeti uz znatno sniženje troškova investicija.
Iz usporednog pregleda troškova klasične i Magnefix transformatorske stanice proizlazi da je Magnefix stanica jeftinija za 42% od klasične. Iako su Magnefix uređaji u Holandiji u upotrebi više od 11 odnosno, 16 godina, do sada nije bilo na njima havarije, a niti su imali problema u pogonu.

Magnefix uređaji 10—12 kV izrađeni su kao rasklopni uređaji s dvostrukom izolacijom epoksidnih smola, s jednopolnim (jednofaznim) uključivanjem i isključivanjem u višev rsnim izvedbama sa slijedećim osnovnim tehničkih podacima:

nominalni napon	10—12 kV
nominalna struja	400 A
frekvencija	50 Hz
nominalna iskopna struja-vršna vrijednost	30 kA
nominalna struja kratkog spoja	14,4/1 sek.
nominalna udarna struja-vršna vrijednost	30 kA
visokonaponski osigurači po	DIN 43625
maksimalni presjek priključnih kabela	3×180 mm²
(uskoro se predviđa pojačanje na presjeke	3×240 mm²).

Ovi se uređaji mogu upotrebljavati u preklopnim čvornim točkama kabela, u kabelskim razvodnim ormarićima u klasičnim i specijalnim transformatorskim stanicama, u zgradama, višekatnicama i sl., te kao uređaji otvorene izvedbe u prostorijama novih stanica ili pri rekonstrukciji i proširenju postojećih.

Naročito treba spomenuti da se dvostrukom izolacijom svih vodljivih dijelova postiže potpuna sigurnost od dodira i eventualnih proboja koji bi mogli ugroziti pogonsko osoblje.

Svako se postrojenje, bez obzira na oblik izvedbe, pojedinačno kompletno ispituje i nakon toga daje pogonska garancija.

Ovi uređaji traju veoma dugo i vrlo su snažni, pa se drže u pogonu gotovo bez ikakvog održavanja i remonta. Jedini izmjenjivi dio su tzv. goreći kontakti koji se moraju mijenjati nakon 1000 isklapanja, što praktički znači nikada.

Montaže i postavljanja na mjestu djelovanja su vrlo jednostavne i kratkotrajne jer se s uređajem isporučuju i svi pomoćni priključni elementi, spojnice, kabelske glave, uređaji za uzemljenje, posebno izvedeni jednofazni kabeli za priključak na transformatore i ostalo.

Postrojenje je tako konstruirano da omogućava prekapčanja nominalnih struja, pa čak i struja kratkog spoja bez obzira da li su te struje visokog induktivnog, odnosno kapacitivnog odnosa. Brzina prekapačanja je potpuno neovisna o posluživanju pogonskog osoblja.

U isključenom stanju vidljivi su razdvojeni kontakti, a međusobno blokiranje onemogućuje izmjenu visokonaponskih osigurača prije rasklapanja odgovarajućeg rastavljača tog polja. Također je i uzemljenje vodljivih dijelova blokirano rasvaljačem pa ne postoji mogućnost krivih manevara.

Cijela konstrukcija je otporna na udarce, visoke i niske temperature i pri transportu neosjetljiva na trešnju.

Uređaji za mjerenje napona su specijalne izvedbe i na posebni zahtjev se isporučuju uz rasklopno postrojenje.

Ime »Megnefix« dolazi od riječi »magnetski fiksirano«, jer je to princip kojim se drže kontakti u vodljivom spoju.

Osim prethodno spomenutog može se naglasiti da je konstrukcija postigla visoku čvrstoću na proboj, vrlo nisku mogućnost koncentracije vlage, otpornu moć na lom, veliku mehaničku čvrstoću i neophodnu homogenost materijala.

Za eventualne zamjene kontakata u gasnim komorama svi kontakti su predviđeni kao razdvojivi i mogu se po potrebi odvinuti i zamijeniti novim.

Na zatvorenoj kapi svake faze rastavljača snage može se ugraditi i magnetski indikator prolaza struje kratkog spoja, čime se postiže mogućnost registracije dijela kabelske trase u kvaru. Ovaj dodatni uređaj se podešava na struje između 450 i 1000 A i to samo u tvornici, pa se kod narudžbe mora odrediti struja reagiranja magnetskog indikatora.

Kabelski priključci na rasklopna polja izvode se s kompletnim materijalom iz tvornice, ali kako

se u Holandiji i Njemačkoj upotrebljavaju kabeli s bakrenim žilama, to za priključak aluminijskog kabela treba posebno naručiti stezaljke za spoj na sabirnicama Magnefix uređaja.

Firma Hazemeyer je do sada isporučila preko 25.000 takvih kompletnih postrojenja cijeloj srednjoj Evropi, ali još nije imala zahtjeve za popravak ili zamjenu.

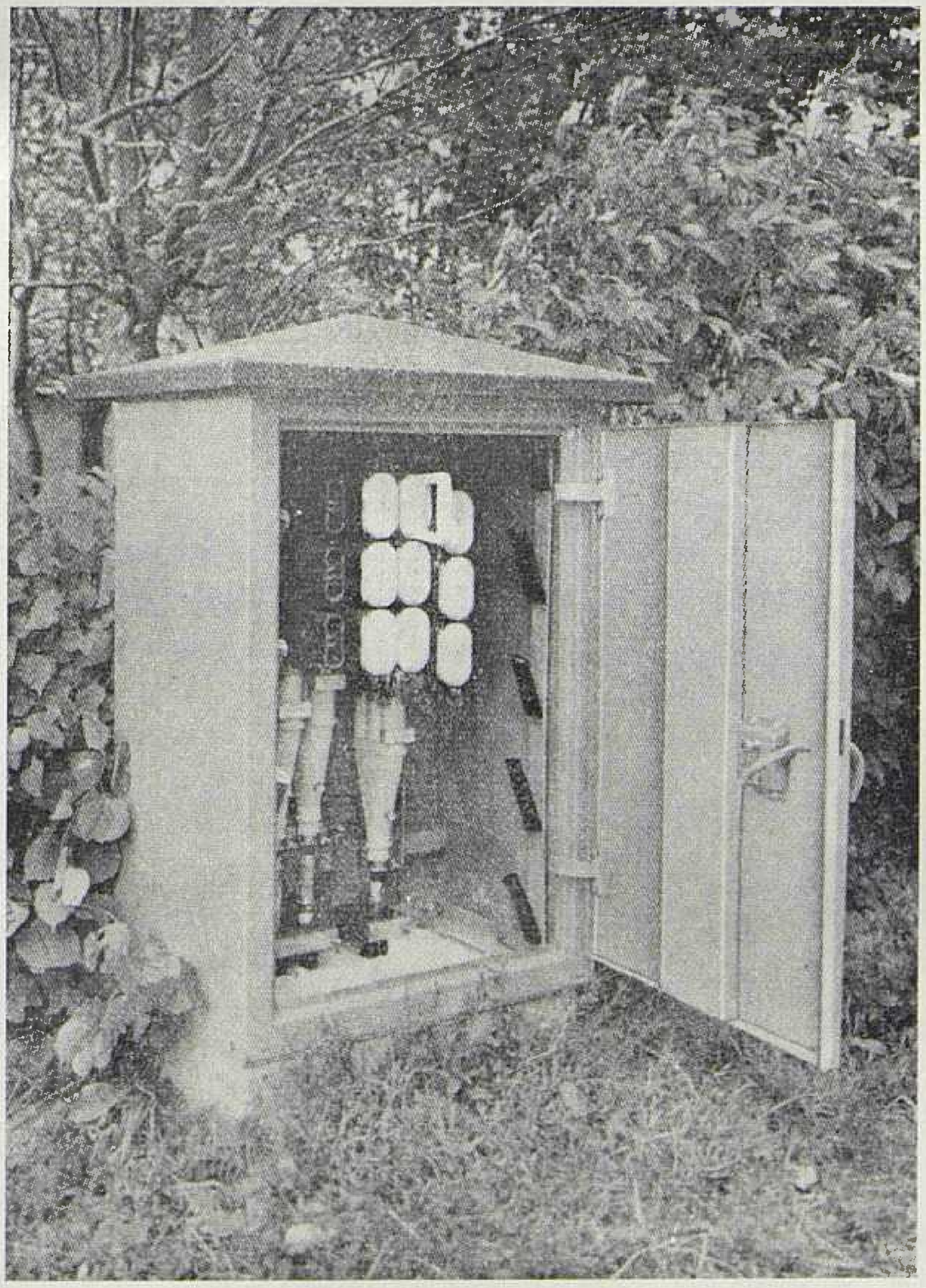
Kompletno postrojenje može se izvesti kao ovjesno na zid ili neku drugu konstrukciju, ili se isporučuje s nosećom konstrukcijom na kojoj je predviđena mogućnost učvršćenja kabela, uzemljenja i sl.

Prema podacima proizvođača ovi se uređaji mogu primijeniti za rasklopne snage od 250 MVA i to za kabele presjeka 70 mm² minimalne dužine 200 mm, odnosno, za kabele 150 mm² minimalne dužine 360 mm.

Radi orijentacije navodimo da je tipično postrojenja s dva kabelska polja i jednim trafo-poljem ovih dimenzija:

visina	1.510 mm
širina	480 mm
dubina zajedno s ručicom za posluživanje	740 mm

U usporedbi s blindiranim tipskim čelijama 10 kV koje su kod nas tipizirane u gradskim kabelskim stanicama to je smjanjenje prostora za oko 80%. Na taj način se može doći i do jednostavnije i daleko manje konstrukcije tipske građevine za transformatorsku stanicu, pa je i poduzeće »Rade Končar« izradilo jednu takvu stanicu od betonskih elemenata koja se zajedno s temeljem isporučuje na određeno mjesto. Tlocrtna površina stanice je oko 20% današnje, tipa »Zagreb—64«.



Sl. 3 Petlja i osigurani otcijep

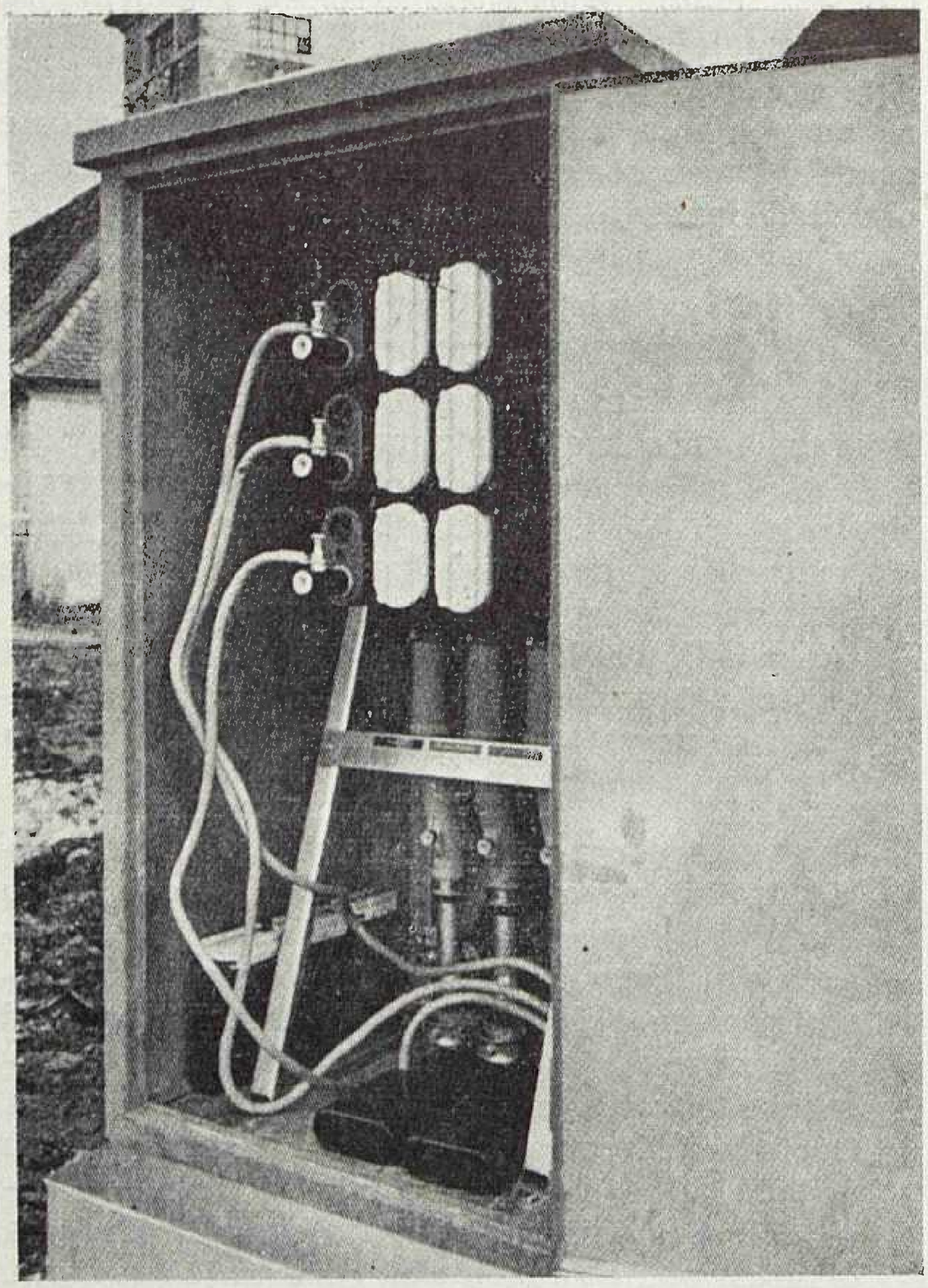
Tako se postiže ne samo ušteda u troškovima građevinskog dijela, već brza i tipska izgradnja što zauzima daleko manji prostor na terenu.

Za usporedbu se može naglasiti da je pored brze isporuke i vrlo kratke montaže cijena novog tipa stanice »R. Končar« s Magnefix uređajima i transformatorom 400 kVA oko 42% jeftinija od transformatorske stanice istog kapaciteta i jednopolne sheme tipa »Zagreb-64« koju imamo danas.

Od ostalih prednosti ovog tipa izvedbe 10 kV postrojenja, i problema u vezi s pogonom u mreži, mogu se navesti i ove (odgovori su dobiveni na stručnom putovanju):

1. Osim smanjenja veličine i smanjenih investicionih troškova ovakav tip stanice, a pogotovo u kombinaciji sa suhim transformatorima, omogućuje njihovo lociranje gotovo u samom centru konzuma čime se uveliko smanjuje razvod niskonaponske mreže koja čini veliki dio cjelokupnih troškova investicija za elektrifikaciju.
2. Održavanje postrojenja i remonti praktički su nepotrebni, a izvedba uređaja ne zahtijeva posebni napor. Bez obzira na to svaki uređaj ima detaljne upute za montažu, rukovanje i reviziju.
3. Slaba točka ovih uređaja su konstruktivno zatvoreni visokonaponski osigurači pa se pri odabiranju osigurača mora voditi računa o tome da su izolirani od odvođenja topline i da se prema tome moraju više dimenzionirati kako bi izdržali nominalne struje opterećenja bez pregaranja. Osigurači trebaju biti odlične kvalitete, testirani kod proizvođača, uz garanciju rada u ovim uređajima.
4. Rasklopno postrojenje tipa Magnefix ne omogućuje primjenu stalnog mjerenja struje na visokom naponu čime se praktički isključuje i mogućnost mjerenja električne energije na visokom naponu, odnosno, treba ovo postrojenje kombinirati s mjernom ćelijom klasičnog tipa.
5. Jednofazno isključivanje ovih rastavljača ima za posljedicu privremene nesimetrije napona pa se ne preporučuje upotreba Magnefix uređaja u industrijskim pogonima s elektromotorima. Također je upotreba ovakvih uređaja vezana i za odgovarajuću prekostrujnu zaštitu, tako da za slučaj postavljenih releja za isključenje vodova u zemnom spoju ili kod uzemljene nul točke na 10 kV strani nije moguće upotrijebiti ove uređaje bez odgovarajuće sekcionirane mreže s interpoliranim rasklopnim transformatorskim stanicama sa sklopkama, odnosno učinskim rastavljačima s osiguračima.

Ovdje naročito treba naglasiti iskustvo elektrodistributera iz Zapadne Njemačke koji primijenjuju jednofazno isključenje visokonaponskih postrojenja već više od 60 godina bez posebnih problema.



Sl. 4 Tri kabelska polja od kojih je jedno uzemljeno

Primjena opisanih uređaja može se u tehničkom i ekonomskom pogledu samo preporučiti uz uvjet da se primijenjuju u pripremljenim mrežama, da se poštuju tehničke osobine i karakteristike tog postrojenja, te da odnosi u cijeni budu najmanji.

U našim bi se gradskim kabelskim mrežama mogli ovakvi uređaji primjenjivati u svim stanicama, osim u onim koje služe kao čvorne i rasklopne, za povezivanje transformatorskih stanica 35/10 kV i rasklapanje kabela na različite smjerove napajanja. To znači da se mogu upotrijebiti u najmanje 80% slučajeva.

Zatim je (25. V 1971.) delegacija otputovala u Zwolle, gdje je smješteno sjedište poduzeća koje se bavi proizvodnjom, prijenosom i distribucijom električne energije. Domaćini su nam iznijeli osnovne karakteristike poduzeća:

Prodaja električne energije iznosi 3,000.000 MWh. Od toga 1,500.000 MWh prodaje potrošaćima, a ostalo sitnim distributivnim poduzećima. Potrošnja po kućanstvu u 1970. iznosila je 3.350 kWh.

Maksimalno opterećenje	520 MW
Najveći trafo 10/0,4 kV	400 kVA
Najveći trafo 220/110 kV	350 MVA
Instalirana snaga transformacije 110/10 kV	1.347 MVA
Dalekovodi 220 kV, dužine	100 km
Dalekovodi 380 kV, dužine	110 km
Kabelski vodovi 10 kV, dužine	3.500 km
Kabelski vodovi 3 kV, dužine	1.569 km
Broj potrošača	1,000.000

Opskrba električnom energijom ovog područja obavlja se pomoću kabelskih vodova 3 i 10 kV, a velikih potrošača pomoću visokonaponskih postrojenja.

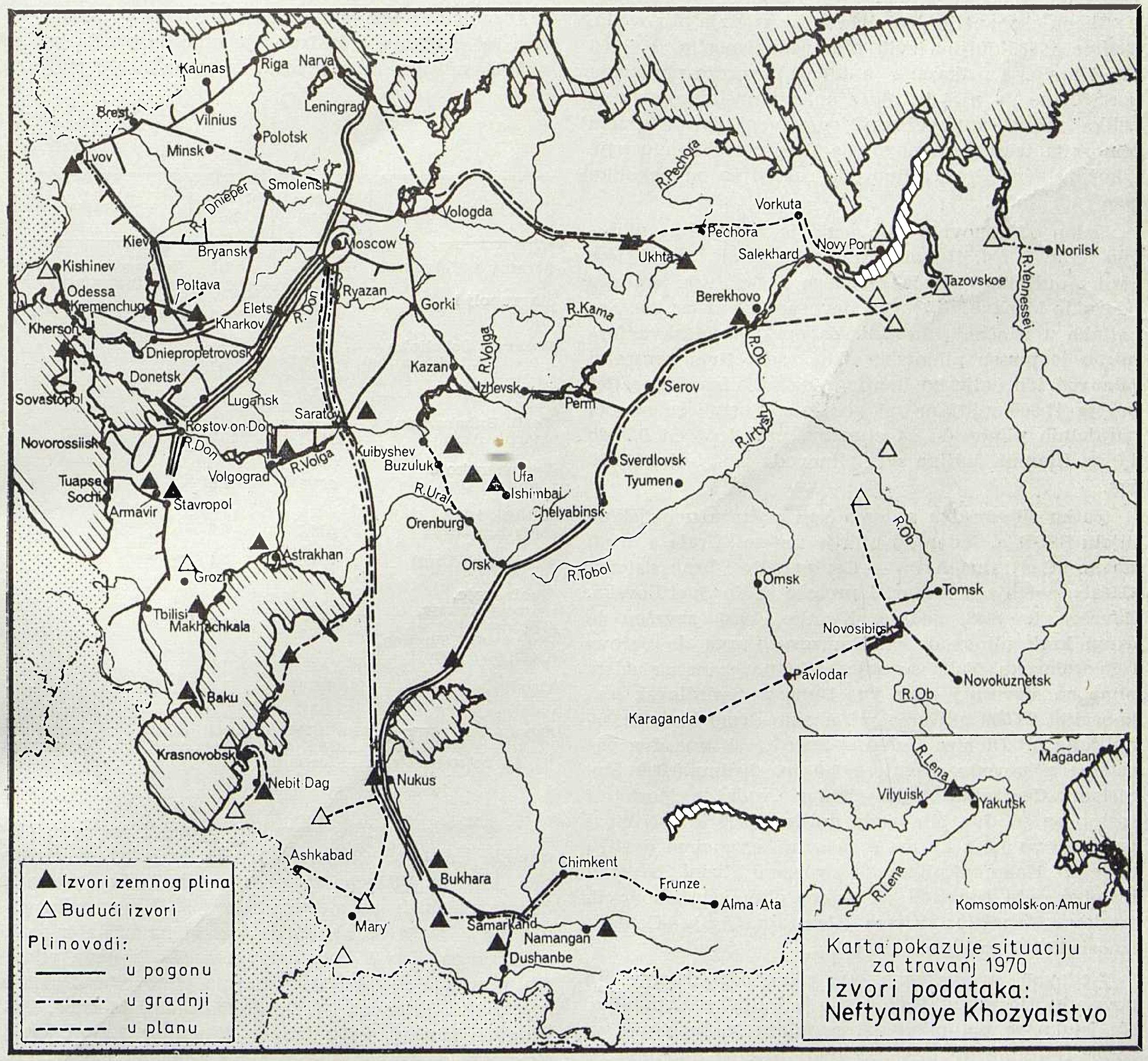
Gospodarstvo ima opterećenje od oko 15 kW, a po dva gospodarstva se napajaju iz transformatorske stanice 3/0,4 kV snage 40 kVA. Tendencija poduzeća je da se kabelska mreža 3 kV zamijeni sa 10 kV, s time da se ugrađuju prefabricirane stanice sistema Magnefix. Da bi nadoknadili manjak u radijalnoj mreži 3 kV, uveli su agregate od 20 kVA, što se automatski puštaju u pogon. Oni su prijenosni i donose se prema potrebi na samo mjesto.

Svim transformatorskim stanicama 110/10 kV daljinski se upravlja. Cijene električne energije nisu jedinstvene. Sitna distributivna općinska poduzeća imaju cijenu veću za 1 cent/kWh odnosno 12% veću. Prosječna proizvodna cijena eletkrične energije je 5,5 centi/kWh, a prosječna prodajna cijena iznosi 8 centi/kWh.

Treći dan boravka u Holandiji posjećen je Roterdam (26. V 1971) najveći lučki grad Evrope, a peti (27. V 1971) grad Hag. U oba grada su posjećena elektroprivredna postrojenja sa ugrađenim Magnefix uređajima.

Cijelo putovanje je vrlo uspjelo, jer su osim razgledavanja Magnefix uređaja, izmijenjena iskustva s predstavnicima distribucije Holandije.

Dimitrij Kadijev, dipl. ing. »Elektra — Čakovec«



IZVORI ZEMNOG PLINA I MREŽA PLINOVODA U SSSR-u

Današnje prognoze o rezervama zemnog plina u SSSR-u govore o 12 trilijuna (10^{12})m^3 plina, o kojima se sigurno zna, i o daljnjih 60 . 10^{12} m^3 još neispitanih. Krajem 1970. je potrošnja zemnog plina u SSSR-u iznosila 200.000 10^6 m^3/god, što znači da se godišnje potroši 60. dio rezervi za koje se sigurno znade. Mreža plinovoda u SSSR-u iznosila je krajem 1970. godine 65000 km. Zemni plin je tijekom te godine koristilo 49,2 % gradskog i 16,4 % seoskog stanovništva cijelog SSSR-a. Pri tom treba znati da SSSR ima površinu od 5,6 milijuna km^2 nastalih taloženjem i još 3 do 4 milijuna km^2 površina koje tek treba istražiti. Sve, ovo govori o potencijalnim i neotkrivenim rezervama plina i nafte u SSSR-u.

Proizvodnja i upotreba zemnog plina u SSSR-u traje svega 15 godina. Prije 1956. godine prirodni zemni plina bio je istraživan samo kao usputni pratilac istraživanja nalazišta nafte. Isto tako je i vađen, kao nusprodukt. U 1950. godini godišnja proizvodnja je iznosila 5800 . 10^6 m^3. Plin je tada predstavljao 3 % ukupnog potroška energije. Proizvodnja zemnog plina u 1960. bila je točno 11 puta veća nego 1950.

Sa 45 300 milijuna m^3 u 1960, porast ide na 70 000 milijuna u 1962, 130 000 milijuna u 1965, 145 000 mili-

juna u 1966. i do 195 800 milijuna m³ u 1970. godini. Jedanaesterostruka ekspanzija iz 1950. do 1960. nastavila se sa nešto manjim porastom. Naime, porast od 1960. do 1970. godine je četverostruk. To je još uvijek vrlo nagli i veliki porast.

Sličnu ekspanziju doživjela je i izgradnja plinovoda. Godine 1958. duljina svih plinovoda iznosila je 5 000 km. Na slici 1 prikazana je današnja mreža plinovada u SSSR-u. Na njoj se može opaziti nastojanje da se velika nalazišta povežu u jedinstveni čvrsti sistem plinovoda, tako da se mogu podmiriti potrebe industrije i kućanstava. Mreža plinovoda sastoji se od nekoliko osnovnih linija.

Jedan od osnovnih plinovoda je »centralni« plinovod. Kao i ostali magistralni plinovodi i ovaj ima veliku duljinu. Pomoću njega se opskrbljuje gradsko područje Moskve plinom iz sjevernog Kavkaza i iz Šebelinke u istočnoj Ukrajini. Za opskrbu Moskve formiran je prsten plinovoda oko grada. Ovaj centralni plinovod ide dalje do Lenjingrada i Talina. Kapacitet mu je 41 500 milijuna m³ godišnje. Sastoji se od pet paralelnih plinovoda sa cijevima promjera od 0,7 do 1,0 m. Ukupna duljina svih plinovoda iznosi oko 11.000 km.

Zatim slijede dva sistema koji počinju u azijskom dijelu SSSR-a. Jedan od njih je sistem »Ural« a drugi sistem »Centralna Azija — Centar«. Prvi krak sistema »Ural«, počinje u Buhari i proteže se do Sverdlovska. Završen je 1963. godine. Kasnije, 1966. završen je drugi krak plinovoda od Berezevoj/Purga do Serova i Sverdlovska. Tako su zajednički povezana nalazišta plina na sjeveru i jugu. Dio Buhara—Sverdlovsk ima kapacitet 20 000 milijuna m³, a onaj drugi krak 11 000 milijuna m³ Dionica Buhara—Sverdlovsk ima dva paralelna plinovoda promjera 1,0 m, dužine 3 000 km. Sistem »Centralna Azija—Centar« vodi do Moskve i sastoji se od dva plinovoda duljine 2300 km. Njihovi promjeri su 1,0 i 1,2 m., a sa svim ograncima dostižu 6610 km. Kako ovi plinovodi prolaze u blizini Saratova i Volgograda izgrađen je sistem plinovoda oko ovih gradova. Kapacitet sistema »Centralna Azija—Centar« iznosi 29 000 milijuna m³ plina.

Nedavno su završena dva plinovoda sistema što povezuju Ukrajinu, Bjelorusiju i Baltičke Republike. Na istoku se ovi plinovodi napajaju iz Šebelinke sa 25 000 milijuna m³ plina. Iz ovih sistema napajaju se Harkov, Kijev, Dnjepropetrovsk, Odesa i niz drugih gradova. Zapadni dio sistema napaja se iz nalazišta Dašava sa 9300 milijuna m³ godišnje. Ovaj dio napaja gradove Brest, Minsk, Vilno i Rigu, kao i niz gradova zapadne Ukrajine. Iz Lavova plinovod prelazi u Čehoslovačku. Predviđeno je da ovaj sistem služi za izvoz plina u ČSSR, Austriju i niz drugih zemalja.

Slijedeći sistem počiva na Saratovu i Volgogradu i proteže se uzduž rijeke Volge, po kojoj i nosi ime. Taj sistem ide sve do Gorkog. Pušten je u pogon 1969. i ima kapacitet od 19 000 milijuna m³ godišnje.

Postoje još dva relativno manja sistema u pogonu. Jedan od njih je Kavkaski, ima kapacitet od 8700 milijuna m³ godišnje i napaja Armeniju, Geogiju i Azerbejdžan. Izvor plina nalazi se u Bakuu. Drugi sistem je u centralnoj Aziji, ima kapacitet 6500 milijuna m³ godišnje. Kroz njega teče plin za Samarkand, Taškend, Alma Atu i druge gradove. Oba sistema su u pogonu od 1. 1. 1970. Zajedničko im je to, da se preko njih uvozi plin u SSSR. Kod kavkaskog sistema uvozi se plin iz Irana kod Astare, a kod centralnoazijskog iz Afganistana preko rijeke Amur-Darije. Uvoz plina iz Afganistana tek je započeo i predviđa se 2300 milijuna m³ godišnje, a iz Irana je otpočeo prošle godine sa 5000 milijuna m³ i povečat će se na 10 000 milijuna m³.

Tablica 1

Plinsko polje	Veličina 10^6 m³	Udio %	Opaska
Saratov i Volgograd	160,0	1,3	Volgograd 11% visokih hidrougljika
Stavropolj i Krasnodar	587,6	4,9	Stavropolj 12,4 %
Dašava i Šebelinka (pa. i ist. Ukrajina)	725,2	6,0	
Vuktil, Ukta i dr.	382,6	3,2	Vuktil 20,4 %
Gazli, Buhara i dr. (cent. Azija)	2014,7	16,7	
Vasjuganskoje (gornji Ob)	223,5	1,8	
Viljusk i Ust (gornja Lena)	276,7	2,3	
Orenburg (Ural)	573,4	4,4	8,7 %
Gubinskoje, Urengorskoje, Medvešeje i dr. (područje Tjumen, Ob, Taz i Pur)	6773,8	56,0	
Ostali	408,9	3,4	

Opaska: Zemni plin obično sadrži metan sa manje od 6 % visokih hidrougljika, ako ih ima više vrlo je pogodan za petrokemijsku industriju.

U SSSR-u postoje razrađeni projekti za nove plinovode i sisteme. Najznačajniji je među njima sistem pod imenom »polarno svjetlo« koji bi trebao povezati bogata nalazišta na sjeveru Sibira sa konzumnim područjem. Da bi se iskoristila bogata nalazišta kao što su Tjumen, Taz i Pur, uglavnom oko zaljeva rijeke Ob, predviđa se izgradnja sistema plinovoda »Polarno svjetlo« od Tjumena i Ukte do Vologde i Moskve. Duljina će iznositi 1 200 km, a dijametar 1,2 m. Ovaj sistem bi se trebao spojiti i na plinovod Gorki—Lenjingrad—Talin, zatim produžiti do Minska i spojiti sa zapadnim sistemom. Kapacitet ovog plinovoda iznosi 20 000 milijuna m³ godišnje.

Što se tiče rezervi zemnog plina koje treba u što skorijoj budućnosti eksploatirati, najbolje je pogledati tablicu 1, koja pokazuje kako su bogate one sigurne rezerve plina u SSSR-u. Plinska polja u zapadnoj Ukrajini predviđena su za izvoz plina u Zapadnu Nzemačku, Francusku i Italiju. Ali preko sistema »Polarno svjetlo« stizat će u te zemlje i plin iz područja Tjumena.

Sveukupno SSSR ima oko 600 plinskih polja. Treba očekivati da će biti otvorena nova. Posebno se mnogo očekuje od nalazišta u azijskom dijelu SSSR-a. Proizvodnja plina u toj regiji neprestano raste sa 40 000 milijuna m³ godišnje u 1960, na 80 000 milijuna m³

u 1970. do 120 000 milijuna m³ u 1980, po planu. U to treba uračunati 70 do 75 000 milijuna m³ iz nalazišta u Tjumenu, tako da se očekuje oko 200 000 milijuna m³ plina godišnje iz ovog dijela SSSR-a.

Predviđa se realizacija ugovora sa skandinavskim zemljama pa, bi SSSR izvozio svoj zemni plin preko Finske, Švedske do Norveške, tako da se izgradi plinovod od Talina do Helsinkija i dalje.

Pregovori s Japanom predviđaju izvoj zemnog plina u Japan, prvo samo sa otoka Sahalina, a kasnije i kroz transsibirski plinovod. Kao što se vidi, treba očekivati da će mreža plinovoda u SSSR-u uskoro dostići ukupnu dužinu od 100 000 km.

Prema: M. Swiss: Soviet Natural Gas: Past and Future Energy International, No. 8, 1971.

J. Moser

PORAST PROIZVODNJE I OPTEREĆENJA U 7 ZEMALJA U. C. P. T. E.

U izvještajima organizacije U.C.P.T.E. za I. i II. tromjesečje 1971. g. ima zanimljivih podataka o porastu potrošnje i raspoloživosti elektrana u zemljama članicama, pa su neki podaci ovdje sakupljeni i izneseni.

1. Rezime predviđanja za 1971. g.

a) Predviđa se da će u prosincu 1971. g. maksimalno opterećenje zemalja U.C.P.T.E. dostići 95.000 MW, što će za 8,2 % biti više nego u istom mjesecu 1970. g.

b) Od tog opterećenja moraju, kod loših hidroloških prilika, 68 % pokriti termoelektrane, prema 66,7 % u 1970. g. Maksimum će biti u veljači kad će udio termoelektrana biti 72 %.

c) Maksimalna snaga termoelektrana povećat će se za 11,1 %, tako da će instalirana snaga do svršetka godine iznositi 84.000 MW.

d) Srednje trajanje neraspoloživosti dostići će, prema procjeni, 815 sati, prema 721 u 1970. godini. Razlog tome je što termoblokovi od 125 MW i 200 MW u Francuskoj prelaze na loženje uljem.

e) Osim u Belgiji, gdje bi manjak snage mogao iznositi oko 20 MW, ne očekuje se nigdje manjak snage. Slobodne termičke snage, u lošim hidrološkim prilikama, bit će u zimskim vrhovima oko 4000 MW, prema 2000 u 1970.
U prosincu su slobodne snage raspoložive u prvome redu u Njemačkoj, Italiji i Nizozemskoj. Za sada nema pretička snage iz modernih jedinica.

2. Ostvarenje potrošnje i proizvodnje električne energije u nekim zemljama članicama U. C. P. T. E u prvom polugodištu 1971.

Belgija

U prvih 5 mjeseci bio je porast potrošnje u prosjeku 5,5 %, dok je u 1970. iznosio za isto razdoblje 9,6 %.

Maksimalna snaga termoelektrana povećala se za jednu jedinicu od 290 MW i jednu od 20 MW (turbojet).

SR Njemačka

Ukupna potrošnja (javne, industrijske i željezničke elektrane) povećana je u I. tromjesečju 1971. za 8 %, a u II. za 6 % prema istom razdoblju 1970. g.

Raspoložive energije bilo je dovoljno i nije bilo poteškoća u dobavi.

Maksimalno opterećenje iznosilo je 33.000 MW, što je samo malo manje od opterećenja u IV. tromjesečju 1970.

Od planiranog novog porasta snage u elektranama od 3500 MW ušlo je u prvoj polovini 1971. u pogon 1200 MW.

Francuska

U prvom tromjesečju ukupni porast potrošnje iznosio je 5,8 %, a u II. samo 3,2 % dok je potrošnja u travnju bila ispod potrošnje u istom razdoblju 1970. g.

Raspoložive vodne snage bile su početkom godine znatno deficitnije nego u 1970. g. Naročito je bila sušna prva polovica ožujka.

Na 1. 7. 1971. g. bile su akumulacije samo 70 % pune, prema 80 % istog datuma 1970, ali poteškoća nije bilo.

Smatra se da i dalje neće biti poteškoća dobavom električne energije.

Italija

Raspoloživost vodnih snaga bila je za vrijeme zime 1970/71. ispod vrijednosti dugogodišnjeg prosjeka.

Porast potrošnje u siječnju bio je 3,2 %, a u veljači 4,5 % viši od potrošnje u istim mjesecima 1970. U drugom tromjesečju porast je iznosio 4,3 %.

Proizvodnja hidroelektrana bila je 12,2 % veća, a pražnjenje bazena za 937 GWh manje. Termoelektrane proizvele su 2,4 % energije više.

Luksemburg

Potrošnja u I. tromjesečju bila je jednaka kao u istom razdoblju 1970, ali je maksimalno opterećenje poraslo za 5,6 %. U drugom tromjesečju porast potrošnje je iznosio 3,0 % a opterećenje 2,6 %.

Stagnaciju u I. tromjesečju obrazlaže se promjenom programa rada željezara koje su najvažniji domaći potrošači. Opća potrošnja porasla je u 1970. za 12,7 %.

Nizozemska

Porast prema istim mjesecima u 1970. iznosio je za I. tromjesečje 7,5 % (što je ispod planiranih 10 %),

a u II. tromjesečju 7,7 %, dok se najveći mjesečni porast pojavio u lipnju od 11,2 %. Razlog tome bile su izrazito loše vremenske prilike.

Maksimalna raspoloživa snaga nije se promijenila (9100 MW). Predviđa se da će se u III. tromjesečju povećati za 750 MW.

Austrija

Nakon nešto slabijeg porasta u posljednjem tromjesečju 1970. od 6 %, u prvim mjesecima 1971. porast potrošnje je iznosio 8,3 %, 7,1% i 12 %. Porast u industriji bio je daleko niži. Ostvaren je sa 4 %.

Ovako veliki porast u općoj potrošnji svodi se na jaku zimu i sve veću upotrebu akumulacijskog električnog grijanja. Grijanje je povećalo samo u području Beča opterećenje za 70 MW.

Porast potrošnje u II. tromjesečju bio je nešto slabiji i iznosio je samo 5 %. U cijeloj prvoj polovini godine tendencija porasta opće potrošnje razvija se na nivou 10-godišnjeg podvostručenja.

Mogućnost proizvodnje hidroelektrana iz prirodnog dotoka bila je 10 % ispod prosjeka, pa se zbog toga voda obilno trošila iz godišnjih akumulacija. U II. tromjesečju proizvodnja je bila 7 % ispod prosjeka. Akumulacije su bile samo 35 % pune, što je znatno ispod traženog. Zbog takvih hidroloških prilika udio termoelektrana u proizvodnji bio je znatno veći. One su proizvele 300 GWh više nego u II. tromjesečju 1970. Proizvodnja temeljena na loživom ulju povećana je za 40 %, na zemnom plinu za 25 %, a na smeđem ugljenu za 10 %.

Švicarska

Proizvodnja hidroelektrana u zimi 1970/71. bilo je za 852 GWh ili 14,9 % veća nego u zimi 1969/70.

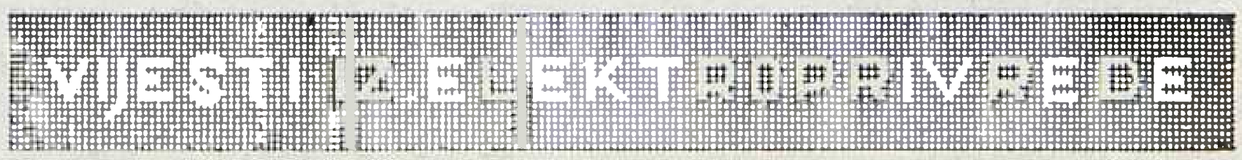
Sadržaj akumulacija bio je 33 % veći, što je omogućilo visoku proizvodnju. Krajem I. tromjesečja još su akumulacije imale samo 13,9 % više vode od prošle zime. U II. tromjesečju proizvodnja je bila 0,1 % ispod one u II. tromjesečju 1970. Dobre hidrološke prilike u travnju povećale su sadržinu akumulacija za 34 %, a u svibnju za 67,4 %, prema istom razdoblju prošle godine.

Potrošnja u zemlji porasla je bez elektrokotlova u I. tromjesečju za 5,4 %, a uzimajući u obzir kotlove i akumulacione pumpe za 7,1 %. U II. tromjesečju porasti su bili 4,3 % odnosno 6 %.

Maksimalno opterećenje poraslo je u ožujku za 0,7 %, ali je u travnju palo za 2,9 % u usporedbi s odgovarajućim mjesecima 1970.

(Prema Quartalsbericht U.C.P.T.E. II. 1971 i III. 1971.)

B. Markovčić



IZGRAĐENA PRVA MREŽNA ISPITNA STANICA U KAKNJU

Dovršeni su radovi na izgradnji naše prve mrežne ispitne stanice u Dobrnji kod Kaknja, koju je osnovao Istraživačko-razvojni centar »Energoinvesta« iz Sarajeva. Lokacija ovoga objekta izabrana je u blizini Kaknja, gdje se nalazi jedno od jakih čvorišta jugoslavenske mreže 220 kV.

Izgradnjom ovog postrojenja omogućit će se istraživačka ispitivanja velikim snagama električnih aparata i uređaja visokog napona, kao što su prekidači, rastavljači, osigurači, te energetski i mjerni transformatori.

Nakon završenih radova izgradnje prve etape mrežne ispitne stanice postrojenje je pušteno u probni rad. U početnoj fazi rada vršit će se jednofazno ispitivanje aparata do 35 kV sa snagom prekidanja 1500 MVA, te jednofazno ispitivanje prekidanja kondenzatorske baterije do 35 kV, te jednofazno ispitivanje termičke i dinamičke izdržljivosti aparata i uređaja visokog napona.

U toku su radovi na realizaciji plana izgradnje i druge etape. Po završetku tih radova stanica će biti osposobljena za trofazna ispitivanja kratkog spoja već spomenutih uređaja, zatim za jednofazna indirektna kratkospojna ispitivanja prekidača do 220 kV, jednofazna ispitivanja prekidanja vodova u praznom hodu za napone do 220 kV, jednofazna ispitivanja transformatora u praznom hodu do 145 kV i trofazna ispitivanja termičke i dinamičke izdržljivosti aparata visokog napona.

Za kompletne radove na prvoj i drugoj etapi izgradnje ispitne stanice u Dobrnji uloženo je oko 40 milijuna novih dinara. Glavni dio investicija osigurao je Istraživačko-razvojni centar za energetiku poduzeća »Energoinvest«, a djelomično i Savezni fond za naučna istraživanja.

U planu je da se pristupi i radovima na trećoj etapi. Tako će biti realiziran konačni program izgradnje prve jugoslavenske mrežne ispitne stanice.

Potpunim uređenjem stanice ostvarit će se mogućnost ispitivanja aparata od 220 kV i 380 kV od oko 15.000 MVA, što će zadovoljiti potrebe svih naših proizvođača elektroopreme i elektroprivrede.

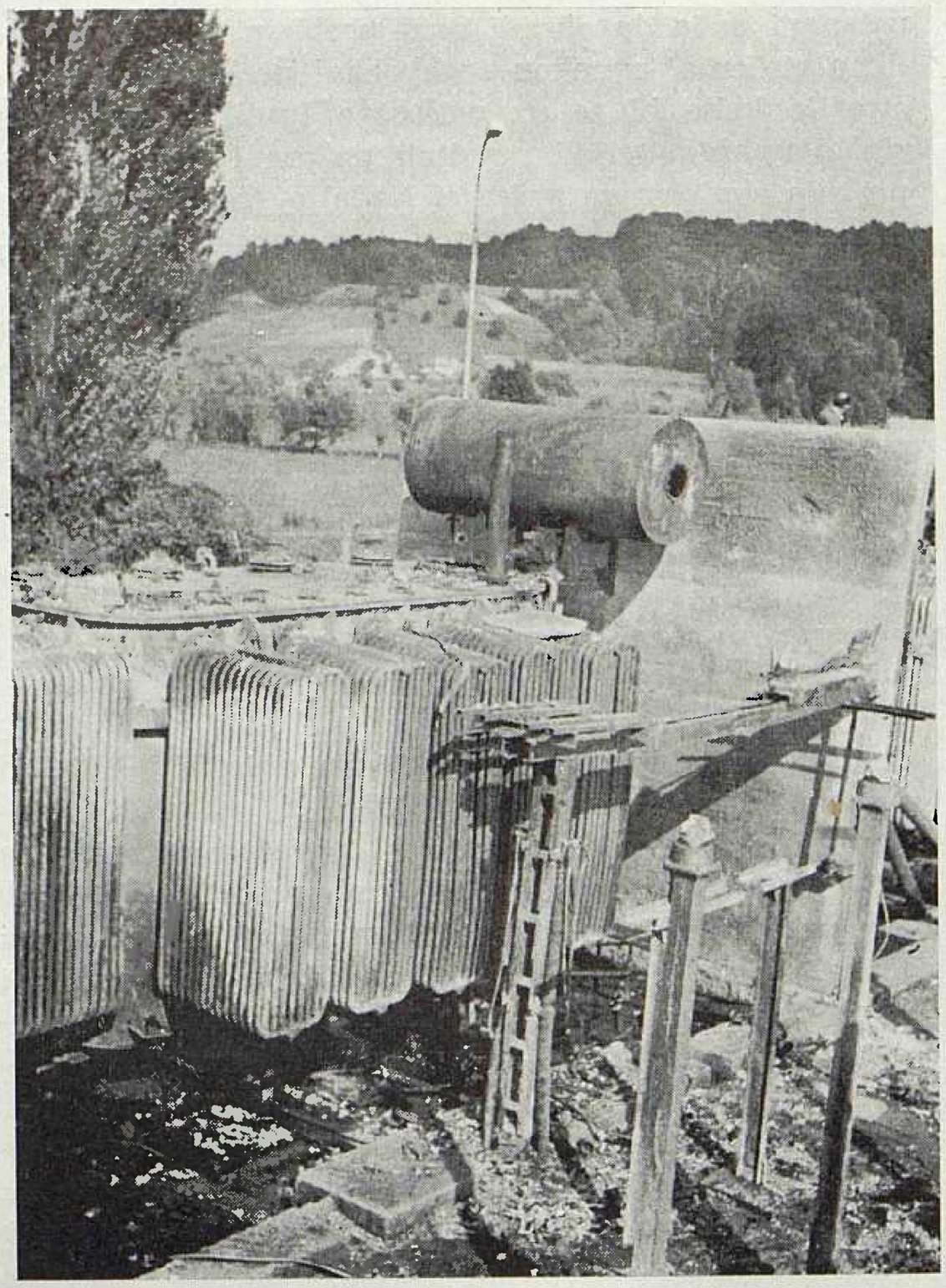
I. R.

IZGRADNJA TE »OBRENOVAC III«

Izgradnja trećeg agregata od 300 MW za termoelektranu ulazi u završnu fazu. Uskoro će se pristupiti radovima na izgradnji treće faze ove termoelektrane. Prva dva agregata TE Obernovac I i II, svaki po 210 MW, već su u pogonu. Po srednjoročnom planu razvoja energetike na području SR Srbije TE Obrenovac III ući će u redovnu proizvodnju najkasnije do 1975.

I. R.

POŽAR U TS 110/30 kV ZABOK



Požar 8. 8. 1971. u TS 11/35 kV, Zabok

U TS 110/30 kV Zabok 8. kolovoza o. g. je nastao požar koji je potpuno uništio jedan, a teže oštetio i drugi transformator, kao i dijelove ostalog postrojenja. U trenutku požara u pogonu su bile dvije transformatorske jedinice 110/30 kV snage 20 MVA. Četiri dana i noći bila je mrtva transformacija 110/30 kV, što je izazvalo velike gubitke, jer ova stanica napaja važno industrijsko čvorište sjeverne Hrvatske.

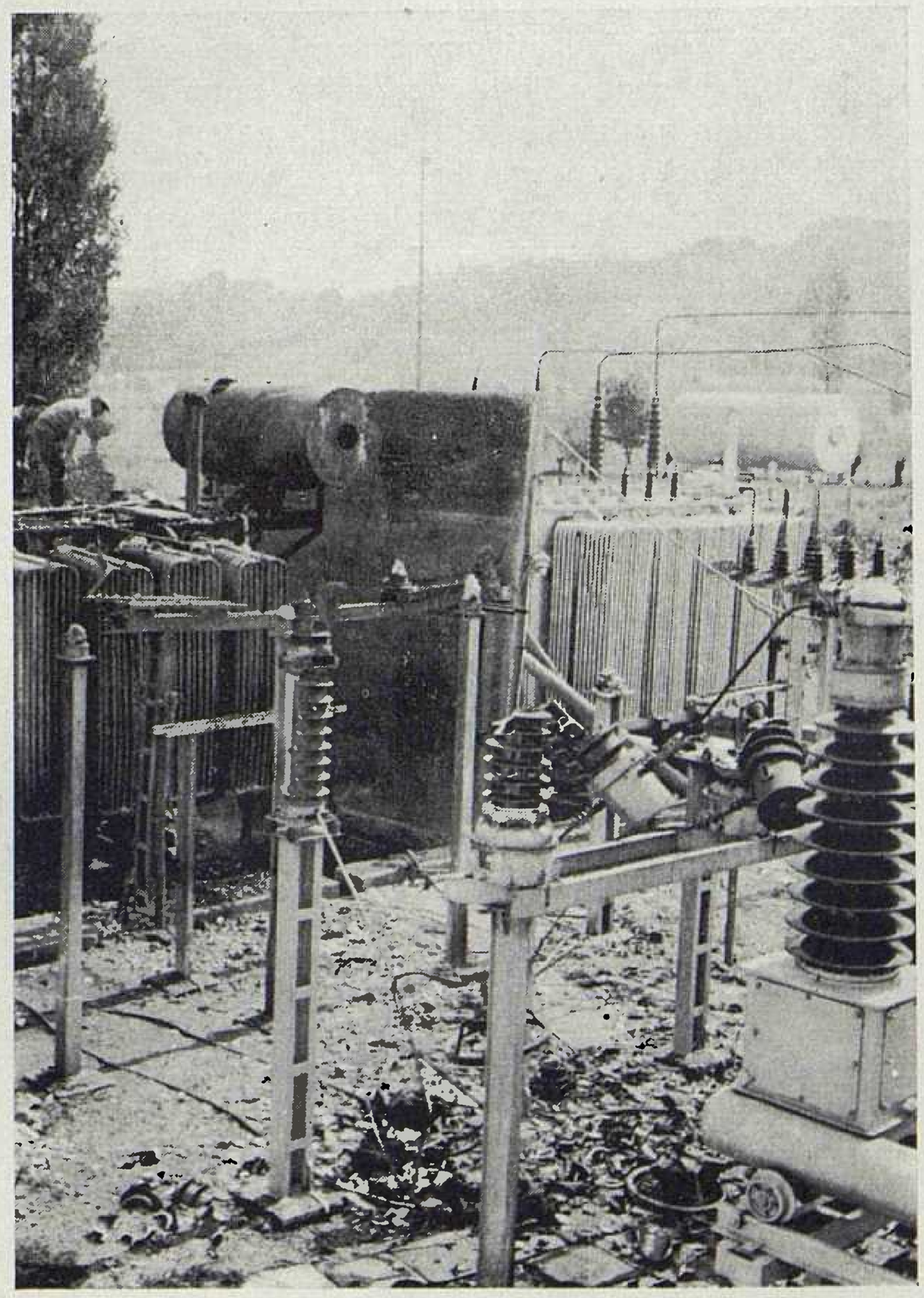
Uzrok požara

Havariju je izazvao električni proboj uslijed atmosferskog prenapona u transformatskoj ćeliji. Zaštitni releji nisu isključili učinske prekidače pa uslijed enormno duge struje kratkog spoja i intermitirajućeg napona kratkog spoja luk se prenio na 110 kV stranu transformatora, a tada su ispali prekidači na dalekovodima u susjednim stanicama u vremenu od 0,1 i 0,7 sek.

Paljenje ulja nastupilo je na provodnim izolatorima. U kratkom vremenu transformator se pretvorio u vatrenu buktinju, a plamen je dosezao visinu 3 do 5 m.

Intervencija mjesnih vatrogasaca nastupila je 20 do 30 minuta poslije izbijanja požara. Oni su pokušali plamen ugasiti prašinom, ali bez uspjeha. Plamen na transformatoru ugasila je vatrogasna četa iz Zagreba, koja je stigla 60—70 minuta nakon izbijanja požara.

Oštećeni transformatori i dijelovi postrojenja



I nakon gašenja plamena još je transformator tinjao i povremeno se palio. Šesnaest sati nakon izbijanja požara vatrogascima je uspjelo da ga potpuno ugase. Tek onda kada je ispušteno sve ulje i transformator napunjen vodom.

Radne ekipe »Elektroprenosa« pokazale su veliku požrtvovnost u osposobljavanju postrojenja za pogon. Četvrti dan pušten je u pogon drugi transformator, a već treći dan nakon požara stajala je rezervna jedinica, dopremljena iz Zagreba, na temeljima uništenog transformatora.

Nakon požara stručnjaci »Elektroprenosa« su zaključili, da treba što prije pristupiti ispitivanju postojećih protupožarnih propisa koji se primjenjuju u elektroprivrednim postrojenjima.

Stručnjaci »Elektroprenosa« predlažu da se nekoj ustanovi dade da obradi ovaj problem, i nađe praktična rješenja, a nakon toga obavi praktične demonstracije kako bi se uz prisustvo ljudi iz pogonskih službi upoznao cijeli razvitak požara i praktički isprobala sredstva za gašenje. Nadalje, treba preći i na obuku ljudstva zaposlenog u transformatorskim stanicama.

Preporučuje se da ovu inicijativu prihvate sva elektroprenosna poduzeća i da pridonesu zajedničkim rješenjima o zaštitnim protupožarnim mjerama u elektroprivrednim postrojenjima. *I. R.*

OPRAVDANOST OSTVARENJA PETOGODIŠNJEG PLANA »ELEKTRE« ZAGREB

Predstavnici distributivnog poduzeća »Elektra« iz Zagreba detaljno su upoznali rukovodioce Privredne komore grada Zagreba s pojedinostima teške elektroenergetske situacije na svom području.

Poduzeće »Elektra« danas obuhvaća područje od 15 000 km² s oko jedan milijun i 800 000 stanovnika. Na samo područje Zagreba otpada površina od 2400 km² i s potrošnjom od oko 1,4 milijarde kWh godišnje. Na većem dijelu toga područja energetske prilike ne zadovoljavaju, porast potrošnje u stalnom je rastu, pa će se bez ubrzanog razvoja distributivne mreže i postrojenja, situacija još više pogoršati. Uzrok takvom stanju dobrim dijelom leži i u investicijama za koje treba osigurati oko 300 milijuna dinara.

Da bi se zadovoljile energetske potrebe Zagreba distributivno poduzeće je razradilo petogodišnji plan o razvoju elektroenergetske situacije na svome pod-Buduće potrebe glavnog grada Hrvatske su ove:

Vršno opterećenje će se do kraja 1975. povećati za oko 60 %, a za daljnjih pet godina za 2 i po puta. Da bi se osigurala potrebna energija plan predviđa da bi do 1975. trebalo uz postojećih 90 km položiti još 68 km visokonaponskih vodova od 30 kV. Broj gradskih transformatorskih stanica trebalo bi povećati od 1400 na 2230, kabelsku mrežu od 900 km proširiti za još 740 km, uz sadašnjih 3100 km nadzemnih vodova postaviti još 1950 km. Petogodišnji plan »Elektre« predviđa i temeljitu rekonstrukciju dotrajale mreže i modernizaciju prijenosnih postrojenja novom opremom i drugim aparatima i uređajima.

Za ostvarenje usvojenog programa što će ga provesti »ELEKTRA« u razdoblju do 1975, potrebne su investicije od oko 633 milijuna dinara. U ova ulaganja nisu uračunate zaostale investicije od 300 milijuna dinara.

Predstavnici Privredne komore Zagreba upoznati s problemom teške elektroenergetske situacije u Zagrebu dat će punu podršku zahtjevima poduzeća »Elektra«. Osim toga komora će tražiti od mjerodavnih fatkora, da u svakom pogledu pomognu realizaciju petogodišnjeg plana što ga je usvojila »Elektra«.

I. R.

»RADE KONČAR« IZVOZI U SSSR

Tvornica »Rade Končar« ugovorila je izradu i isporuku većeg broja transformatora i tipiziranih transformatorskih stanica u SSSR. Isporuke će uslijediti tijekom 1972. i to u drugom i trećem tromjesečju. Ugovorena je isporuka 670 transformatora, veličine 51. 100, 160, 250, 315, 630 i 2500 kVA, i oko 320 transformatorskih stanica. Vrijednost ugovorene opreme iznosi oko 1,5 milijuna dolara.

I. R.

KREDIT ZA PRIJENOSNA POSTROJENJA

Prijenosno poduzeće »Elektroistok« iz Beograda upotrijebit će odobreni kredit Beogradske banke u iznosu od 110 milijuna dinara za dovršenje transformatorskih stanica 220/110 kV u Nišu, Pančevu i Novom Sadu. Drugi dio odobrenog kredita utrošit će se za radove na vodovima 220 kV Beograd III — Beograd VIII — Pančevo — Zrenjanin. Ovi objekti će postepeno ulaziti u pogon do kraja 1972.

I. R.

NOVE TRANSFORMATORSKE STANICE — PROŠIRENJE PRIJENOSNIH MOGUĆNOSTI NA PODRUČJU PODUZEĆA »ELEKTROPRIVREDA« — ZAGREB

Plan izgradnje novih i proširenje postojećih transformatorskih stanica 110/35 kV na području »Elektroprivrede« iz Zagreba uspješno je realiziran u 1971. Tijekom godine stavljena su u pogon ova postrojenja:

— TS 110/35 kV Jarun, sa dva transformatora po 60 MVA, proizvod tvornice »Rade Končar«,
TS 110/35 kV Čakovec, sa dva transformatora po 22 MVA,
TS 110/35 kV Koprivnica, I etapa, izgrađena je s dva transformatora po 20 MVA, proizvod »ELTA« — Poljska,
TS 110/35 kV Našice sa dva transformatora po 20 MVA, i dva autotransformatora za transformaciju 30/35 kV,
TS 110/35 kV Osijek II, sa dva transformatora po 40 MVA, proizvod »Rade Končar«,
TS 110/35 kV Sl. Požega, sa dva transformatora, od 22 MVA,
TS 110/35 kV Vukovar, imat će jedan transformator 22 MVA. Bit će u pogonu krajem godine.
TS 110/35 kV Ivanić Grad, ugrađuje se transformator od 22 MVA, koji će u prvo vrijeme raditi pod naponom 35 kV.

Proširene su slijedeće transformatorske stanice:

U TS 110/35 kV Sisak montirana su dva transformatora po 40 MVA, proizvod »GANZ« — Mađarska. Jedan od postojećih transformatora u toj stanici od 31,5 MVA premješten je u Međurić, a drugi u Zabok.

U TS 110/35 kV Varaždin, montirana su dva transformatora, proizvod »GANZ« — Mađarska. Postavljanjem ovih transformatora omogućeno je varaždinskom području da pređe na napon 35 kV. Dva transformatora snage po 20 MVA premješteni su u novosagrađenu stanicu Našice.

Proširenje TS 110/35 kV Vinkovci obuhvatilo je izgradnju novog postrojenja 35 kV, komande i pomoćnog pogona, ugrađen je drugi transformator 20 MVA, i kompletirana postojeća i nova dalekovodna polja.

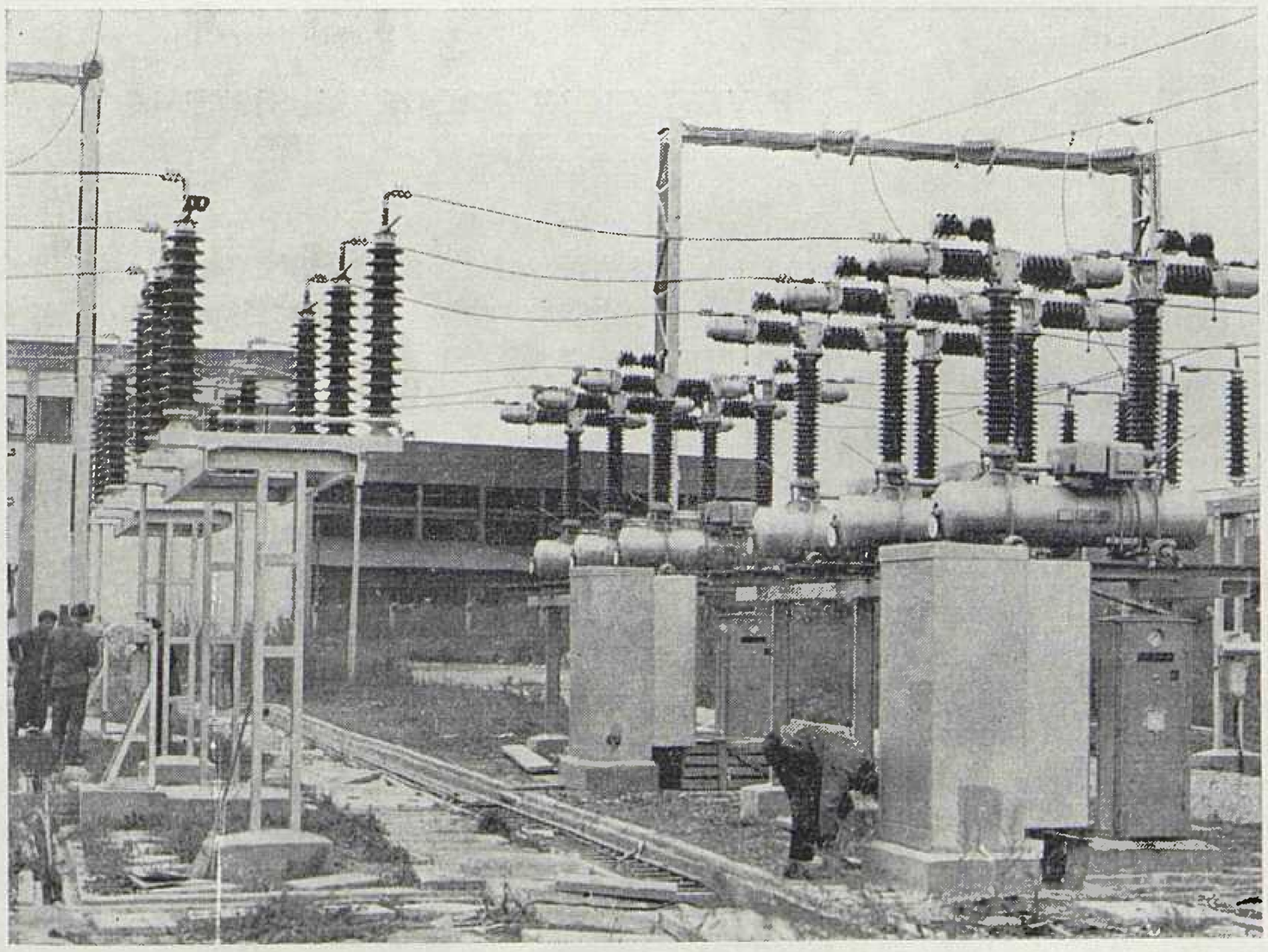
U TS 110/35 kV Međurić, montiran je drugi transformator od 31,5 MVA i izvršeni su radovi na spajanju signalnih i mjernih kabela, aparata na komandnoj i relejnoj ploči. Dva transformatora po 20 MVA, proizvod »ELTA« — Poljska, postavljeni su u TS 110/35 kV Karlovac. U toj stanici postavljen je i mjerni strujni transformator 35 kV.

U TS 110/35 Zabok, postavljen je i drugi transformator snage 20 MVA sa poljima 110 i 35 kV. Kompletirano je i dalekovodno polje 110 kV prema Konjščini s učinskom sklopkom, mjernim transformatorima i distantnom zaštitom.

U cjelosti su dovršeni radovi na drugoj transformaciji 110/30 kV, 60 MVA u TS 110/30 kV Toplana—Žitnjak.

Opsežna proširenja transformatorskih stanica 110/35 kV izvedena su u stanicama Sl. Brod, Bjelovar, i Lički Osik.

Montažne radove pojedinih postrojenja obavile su stručne ekipe »Elektroprenosa«, poduzeća »Dalekovod«, »Braće Kavurića« i dr. Glavni dio opreme nabavljen je kod domaćih proizvođača, a u isporuci opreme učestvovale su i inozemne tvrtke.



Postrojenje nove TS 110/35 kV u Slavonskoj Požegi

Zagrebačka »Elektroprivreda« je u 1971. uložila znatna financijska sredstva za investiciono održavanje prijenosnih postrojenja. Radovi su izvedeni na ovim objektima:

na TS 110/35 kV Rakitje, Resnik, Klara i Nedjeljanec obavljeni su veći radovi na građevinskim objektima. U TS Lički Osik izrađeno je postolje za transformatore, a u Mraclinu je zamijenjen prekidač.

Potrebno je istaknuti razradu glavnih projekata za gradnju novih stanica 110/35 kV Podravska Slatina, Nova Gradiška, a proširenja II. izvest će se u stanicama Virovitica, Zabok, Jarun i dr.

U TS 220/35 kV Mraclin namjerava se postaviti drugi kompenzator. Do sada su primljene ponude stranih proizvođača iz Italije, Zap. Njemačke, SSSR-a, Engleske i Švicarske, a od domaćih tvornice »Rade Končara«. Izrađena je studija za izgradnju TS 220/110/35 kV Koprivnica i na osnovi triju izrađenih varijanti interna komisija je pregledala teren za postrojenje, kao i mogućnost raspleta DV 220, 110 i 35 kV. Realizacija navedenih planova izvest će se u 1972.

I. R.

DRUGA ETAPA IZGRADNJE DV 220 kV TUZLA-ĐAKOVO

Uz postojeći dalekovod 220 kV Tuzla—Đakovo krajem 1970. otpočela je gradnja novog voda 220 kV Tuzla—Đakovo. Investitori izgradnje novog voda su »Elektroprenos« iz Zagreb i »Elektroprenos« iz Sarajeva.

Na dionici Sava—Đakovo, dužine oko 26,3 km, čiji je investitor »Elektroprenos« iz Zagreba, posve su završeni građevni i montažni radovi. Vod je izgrađen na čelično-rešetkastim stupovima, oblik »jela«, presjeka vodiča 3 × 360/57 Ač, zaštitno uže 95 Če. Ova dionica ne može ući u pogon tako dugo, dok se ne završi i bosanska dionica tj. od TE Tuzle do Save, dužine oko 68,7 km, čiji je investitor »Elektroprenos« iz Sarajeva. Ova će dionica vjerojatno biti završena krajem 1971.

Istovremeno izgradnjom novog dalekovoda otpočeli su radovi na proširenju transformatorske stanice 220/110 kV Đakovo. Proširenje je obuhvatilo montažu transformatora snage 150 MVA što ga je proizvela tvornica »Rade Končar«.

Radove na izgradnji dalekovoda kao i proširenje transformatorske stanice izvelo je zagrebačko poduzeće »Dalekovod«.

Nova postrojenja imaju veliko elektroenergetsko značenje za sigurno napajanje slavonskog područja.

I. R.

REZERVOAR ZA GORIVO

U sklopu Termoelektrane-Toplane Zagreb izgrađen je i drugi rezervoar za tekuće gorivo zapremnine 20.000 m³. Izgradnjom novog rezervoara uz već postojeći kapaciteta 40 tisuća m³, može se osigurati potrebno gorivo za proizvodnju električne i toplinske energije u TE—TO za višemjesečno razdoblje.

I. R.

PROJEKT DALEKOVODA 110 kV MEĐURIĆ — NOVA GRADIŠKA

Izvršen je izbor trase i dobivena suglasnost zainteresiranih poduzeća i ustanova. Investitor je s poduzećem »Dalekovod« sklopio ugovor za izvođenje projektnih radova. Geodetski radovi su gotovi, a probno kolčenje je u završnoj fazi. Geomehanička ispitivanja su u toku. Radovi na gradnji ovoga objekta počet će 1972. godine, a u programu je da budu završeni u roku od dvije godine.

I. R.

DV 110 kV NAŠICE-DONJI MIHOLJAC

Područje Slavonije dobilo je još jedan novi energetski objekt izgradnjom voda 110 kV Našice — Donji Miholjac, dužine oko 29,00 km. Vod će se napajati iz TS 110/35 kV Našice, a krajnja točka će biti buduća TS 110/35 kV Donji Miholjac. Dok se ne izgradi ta transformatorska stanica vod će raditi pod naponom 35 kV. Da bi se stvorila pogonska sigurnost treba hitno pristupiti temeljitoj rekonstrukciji postojeće mreže 35 kV na tome području, u prvom redu vodova 35 kV Osijek — Valpovo i Osijek — Našice.

Potpunim prijelazom dalekovoda na napon 110 kV postoji eventualno mogućnost prijenosa električne energije u susjednu Mađarsku.

Dalekovod 110 kV Našice — Donji Miholjac izveden je čelično-rešetkastim stupovima, tip »jela«, vodiči su presjeka 3 × 150/25 mm² Alče, zaštitno uže 1 × 50 mm² . Če-II, a izolatori su stakleni F-8 »Sediver«.

Isporuku opreme, kao i kompletne građevne i montažne radove izvelo je poduzeće »Dalekovod«.

Izgradnju ovog dalekovoda, uz glavnog investitora »Elektroslavoniju«, pomogle su privredne organizacije iz Valpova, oročenjem sredstava kod Komunalne banke Valpovo, zatim Kombinat »Belišće« i Skupština općine Donji Miholjac. Ukupne investicije iznose oko 4 milijuna i 760.000 dinara.

I. R.

INVESTICIONI PROGRAM SISTEMA DISPEČERSKOG CENTRA

Poduzeće »Elektroprivreda« iz Zagreba izradilo je program za uređenje informativnog sistema regionalno-regulacionog dispečerskog centra Zapad u Zagrebu — I etapa. Do sada su izvršeni slijedeći radovi:

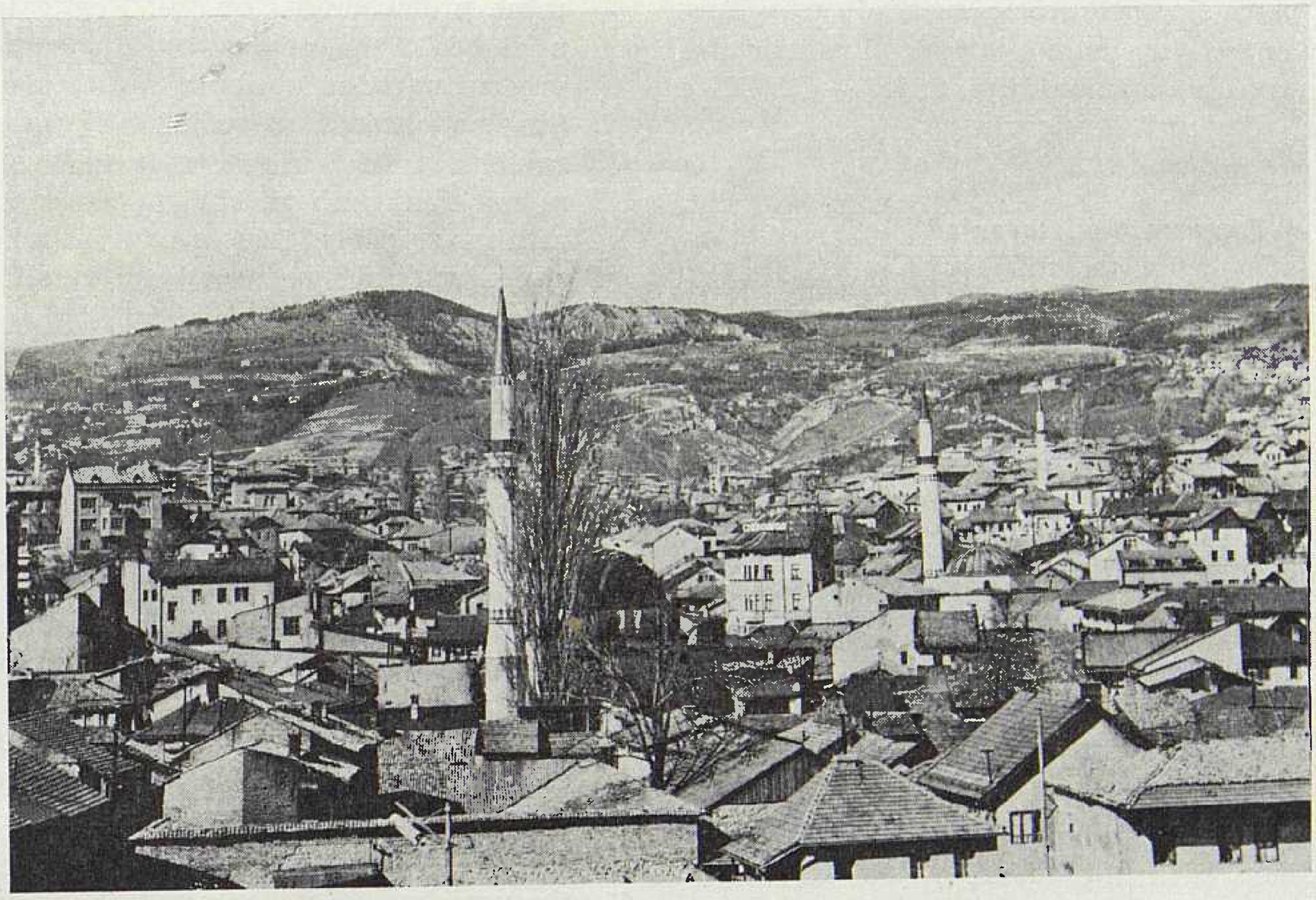
Naručena je usmjerena UKV veza DC Zagreb — TE Sisak — TS Međurić — TS Đakovo — »Elektroslavonija« — Osijek s pasivnim relejom na Sljemenu i aktivnim relejima u TE Sisak, Psunj i Lončarski Vis. Isporučilac ove opreme je RIZ-Zagreb.

Naručena je pogonska EATC za TS Sisak I, od »Nikole Tesle« iz Zagreba.

Naručene su 4 VF veze preko »Elektroopskrbe« od Brown-Boveri et Cie, Baden — Švicarska.

Tvornica »Mihajlo Pupin« — Beograd isporučila je VF skretnicu 50 W/75 oma. Isporuka ugovorene opreme uslijedit će prema planu ove i iduće godine.

I. R.



IV. SAVJETOVANJE O EKSPLOATACIJI I III. SAVJETOVANJE O IZGRADNJI 400, 220 i 110 kV PRIJENOSNE MREŽE SFRJ, SARAJEVO-ILIDŽA 1971.

Od 5. do 8. listopada 1971. g. održano je u Sarajevu četvrto savjetovanje o eksploataciji i treće savjetovanje o izgradnji prijenosne 400, 220 i 110 kV mreže SFRJ.

Na tom je savjetovanju kao i na prethodna tri 1963. u Portorožu, 1967. u Budvi, i 1969. u Primoštenu, u referatima i diskusijama iznošena stručna problematika iz oblasti eksploatacije i izgradnje visokonaponske mreže. Izmjena iskustava između stručnjaka i dogovor o budućem radu je bez sumnje od velike vrijednosti, kako za stručnjake elektroprijenosnih poduzeća, tako i za stručnjake koji se bave planiranjem razvoja, projektiranjem, izgradnjom prijenosne mreže SFRJ i proizvodnjom opreme za elektroenergetska postrojenja. Za savjetovanje je odštampan zbornik od 44 referata. Referati su, po sadržaju i ozbiljnosti stručne problematike koju su obrađivali, bili vrlo interesantni, tako da će oni zapaženiji na savjetovanju biti objavljeni i u stručnim časopisima. Diskusija o referatima je bila vrlo živa i konstruktivna a zaključci koji su donjeti odražavaju veliko zanimanje za dalje unapređenje eksploatacije i izgradnje prijenosne mreže SFRJ.

Organizaciju savjetovanja, obradu, štampanje i dostavljanje referata, izvršila je Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, a organizaciju smještaja učesnika kao i radne prostorije za nesmetan i uspješan rad savjetovanja poduzeće »Elektroprenos«, Sarajevo — kao domaćin. »Elektroprenos« je organizirao i uspjelu ekskurziju na Trebević i posjetu izložbi »Umetnost na tlu Jugoslavije od praistorije do danas« u Skenderiji.

Sudeći po raspoloženju većine učesnika organizacija savjetovanja je u potpunosti uspjela, zahvaljujući punoj koordinaciji, od prvih priprema do završetka savjetovanja, između organizatora i domaćina savjetovanja.

Savjetovanju na Iliđi prisustvovalo je ukupno 225 stručnjaka. Domaćin slijedećeg savjetovanja u 1973. godini bit će »Elektroprenos« — Matulji, a mjesto održavanja: uvala Skot ili Opatija.

Organizacija i tijek Savjetovanja

Svečano otvaranje savjetovanja bilo je 5. listopada 1971. u 09.30 sati u dvorani hotela »Terma« na Ilidži.

Primljeni i odštampani referati dostavljeni su prije savjetovanja svim učesnicima, a bili su razvrstani u četiri osnovna područja i to:

— referati iz područja eksploatacije i održavanja elektroenergetskih postrojenja — II. grupa, ukupno 8 referata;
— referati iz područja relejne zaštite, mjerenja električne energije, automatskog ponovnog uključiva-

nja, pojave atmosferskih i unutrašnjih prenapona i regulacije napona, — III, IV, V, VI, VII i VIII grupa, ukupno 19 referata;
— referati iz područja održavanja elektroenergetskih postrojenja prijenosne mreže u ratnim uvjetima — I. grupa, ukupno 4 referata;
— referati iz područja međusobne suradnje u uniformiranju, perspektivne izgradnje i eksploatacije dalekovoda najviših napona i tipizacije, — X, XI i XIII grupa, ukupno 12 referata.

Program Savjetovanja

Program savjetovanja odvijao se kako slijedi:

Utorak, 5. X. od 16 do 19.30 raspravljalo se o referatima grupe II.

Srijeda 6. X. od 8 do 12 i od 16 do 19.30 diskusija o referatima iz III, IV, V, VI, VII, i VIII. grupe.

Četvrtak, 7. X. od 8 do 12 raspravljalo se o referatima grupe I, a poslije podne od 17.30 — 19 održao je Boris Markovčić, dipl. inž, predavanje s dijapozitivima o Razvoju i tendenciji prijenosa velikih snaga u svijetu.

Petak 8. X. od 8 do 12 govorilo se o referatima grupe X, XI. i XII, a poslije podne su doneseni zaključci savjetovanja.

Komisije za zaključke su poslije svakog obrađenog područja na osnovi diskusije davale prijedloge zaključaka, a 8. X. 1971. prije svečanog zatvaranja savjetovanja, na plenarnom sastanku su pročitani zaključci, izvršene posljednje ispravke, izmjene, dopune i definitivno prihvaćeni zaključci.

Zaključci

1. Organizirati širi sastanak stručnjaka iz elektroprivrede i elektroindustrije za koji bi se odredila i obradila određena stručna pitanja, značajna za rad elektroprivrednih postrojenja u ratnim uvjetima, kojima do sada nije posvećeno dovoljno pažnje, i za koja nemamo stručnih rješenja.
2. Da bi se izradili realni ratni planovi i provele konkretne i kvalitetne pripreme, treba od odgovarajućih saveznih organa zahtijevati potrebe za pojedine uže i šire regije za električnom energijom, što treba poslužiti za sagledavanje cjelokupnog tehnološkog procesa.
3. Na osnovi konkretnih ratnih zadataka treba definirati vlastite pripreme elektroprivrednih organizacija na taj način što bi se uočile neophodne potrebe za elektro opremom i materijalom po asortimanu i količini, vodeći računa da zajedno sa stalnim robnim rezervama federacije čine nužnu cjelinu.
4. Da bi se provjerila spremnost elektroprivrede u izvršavanju zadataka u ratnim uvjetima i realnost dosadašnjih ratnih priprema, potrebno je da se tijekom 1972. godine orglanizira vježba. Vježba bi se organizirala u suradnji sa Saveznim sekretarijatom za narodnu obranu.
5. Uz pomoć nadležnih organa treba osigurati da tijekom ratnih priprema elektroprivredni kadrovi vježbanjem budu osposobljeni za rješavanje zadataka vezanih za popravak i održavanje postrojenja.
6. U okviru ratnih priprema treba konkretno i detaljno analizirati mogućnosti »ostrvskog« načina rada u pojedinim regijama važnim sa stajališta ratne proizvodnje i otpora. Regije treba sagledati u zajednici sa odgovarajućim organima za privredu i narodnu obranu.
7. Stručno obraditi utjecaj 380 kV mreže s odgovarajućim postrojenjima, radi uočavanja svih promjena značajnih za rad prijenosne djelatnosti u ratnim uvjetima. Ovo se odnosi, kako na tehnička rješenja, tako i na asortiman i količine potrebnih rezervi.
8. Pri planiranju izgradnje prijenosne mreže u regijama koje su važne za narodnu obranu treba osigurati takva tehnička rješenja koja povećavaju stupanj sigurnosti napajanja potrošača.
9. Određena stručna pitanja od zajedničkog interesa za rad prijenosnih postrojenja u ratnim uvjetima takve su prirode da zahtijevaju studijsku obradu i izradu odgovarajućih projekata. Zbog toga je potrebno izraditi dugoročniji plan i osigurati materijalna sredstva za njegovu realizaciju.
10. Tijekom ratnih priprema osigurati tehničku dokumentaciju neophodnu za rad i popravak elektroenergetskih postrojenja (klasificiranje, mikrosnimanje i izbor).
11. Za uspješno provođenje ratnih priprema elektroprivrede neophodno je raspolagati s određenim informacijama (uobičajene i specijalno povjerljive), kojim trebaju osigurati jedinstveni informativni sistem elektroprivrede.
12. U diskusiji je istaknuta potreba daljeg studijskog i analitičkog rada u rješavanju naponsko-reaktivnih problema u elektroenergetskom sistemu SFRJ, pa bi u tom smislu trebalo poduzeti slijedeće:
    — Preporučuje se da se pri JUGEL-u formira odgovarajuće radno tijelo, koje će permanentno pratiti naponsko-reaktivne probleme u eksploataciji i planiranju elektroenergetskog sistema.
    — Preporučuje se da se u važnijim elektroenergetskim postrojenjima uvede mjerenje i očitavanje neophodnih energetskih veličina za praćenje naponsko-reaktivnih prilika,
    — Ukazano je na postojanje poteškoća pri iznalaženju optimalnih ekonomsko-tehničkih rješenja za ugradnju izvora reaktivne energije zbog nedostatka jedinstvenih kriterija u pogledu vrednovanja električne energije, što bi trebalo regulirati jedinstvenom metodologijom.
13. Ukazuje se na značaj predloženog načina crtanja shema vezivanja i djelovanja. Preporučuje se upotreba oznaka elemenata standardiziranih prema DIN propisima kao i unifikacija shema.
14. Na osnovi dosadašnjih rezultata ukazuje se na veliku korist primjene termovizije za pravovremeno otkrivanje mjesta potencijalnih kvarova u elektroenergetskim postrojenjima.
    Termovizija bi mogla unaprijediti klasičan način remonta, pa bi trebalo osigurati sredstva za njenu širu primjenu, kao i za druga preventivna mjere-

nja i ispitivanja radi povećanja pogonske sigurnosti prijenosnih postrojenja.
Također se preporučuje nabavka i primjena i drugih jednostavnijih uređaja za mjerenje, odnosno indiciranje povišenih temperatura, naročito tamo, gdje se ne može primijeniti termovizija.

15. Kod projektiranja budućih postrojenja sinhronih kompenzatora treba imati u vidu dosadašnja iskustva u eksploataciji i rekonstrukcijama postojećih postrojenja.

16. Ukazuje se na potrebu daljeg sistematskog rada na analizama havarija u prijenosnoj mreži izazvanih posebnim meteorološkim uvjetima.
— Treba nastojati da se u ovakvim slučajevima izlaskom na lice mjesta što brže, prikupi što više potrebnih podataka o uzrocima nastalih oštećenja kao i o ponašanju konstrukcija stupova, provodnika, izolatora itd.
— Iako je povremeno djelovanje vjetra i leda u više slučajeva bilo uzrok havarija na dalekovodima, ne treba uopćavati niti unositi u propise, jer bi to neopravdano povećalo investicije na svim dalekovodima.
— Kod pojedinih dionica dalekovoda, koje mogu biti ugrožene ovakvim opterećenjem, treba to uzeti u obzir uz detaljnije proučavanje.

17. Pojačanjem postojeće meteorološke aktivnosti u elektroprivredi poboljšat će se uvjeti za poduzimanje odgovarajućih sigurnosnih mjera u projektiranju i u eksploataciji prijenosne mreže.
Uočavanjem ugroženih područja i uvođenjem posebnih mjerenja putem eksperimentalnih stanica za kompleksno proučavanje štetnih meteoroloških utjecaja učinit će se znatan napredak na ovom području.

18. Uočava se korist i potreba za daljim unapređivanjem statistike pogonskih događaja, pa se preporučuje svim elektroprivrednim organizacijama da rade na usavršavanju jedinstvenog načina prikupljanja i obrade statističkih podataka, a isto tako da ih koriste elektroprivredne organizacije i industrija.

19. S obzirom da se konkretna primjena elektroničkih računala može očekivati tijekom ovog desetljeća u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije, a da je problematika dosta široka i obuhvaća različite oblasti primjene (zaštita, registracija, statistika, upravljanje i dr.), predlaže se Upravnom odboru JUGEL-a da sastavi radnu grupu od energetičara i elektroničara, koja će stalno pratiti mogućnost ovakvih primjena, koordinirati rad u pojedinim poduzećima, omogućiti razmjenu iskustava i pripremiti teren za primjenu u našoj zemlji kada ekonomsko-tehnički uvjeti budu takvi da primjena bude opravdana.

20. Prihvaćaju se informacije o primjeni elektronskih zaštitnih, mjerno pretvaračkih i uređaja za signalizaciju.
— Konstatira se da postoji određena poteškoća kod primjene statičkih distantnih releja (iskustva »Elektroprenosa« Sarajevo), predlaže se detaljnija analiza uzroka smetnji prije nego što se pređe na širu primjenu. Rezultate ovih analiza treba komisija za zaštitu JUGEL-a dostaviti zainteresiranim poduzećima.
— Potrebno je organizirati korekciju tehničkih uvjeta za uređaje za signalizaciju i registraciju pogonskih događaja, kojima bi odgovarale izlazne karakteristike uređaja s usvojenim načinom vođenja statistike, radi što jače automatizacije registracije, sakupljanja i obrade podataka.
— Preporučuje se ekipni studijski rad na problemima daljinskog upravljanja i objavljivanja dosadašnjih iskustava s tog područja.
— Potrebno je ubrzati donošenje tehničkih uvjeta za područje daljinskog upravljanja.
— Uočava se nekvalitetnost projektiranja daljinskog upravljanja, pa se predlaže pri projektiranju potpuna koordinacija između proizvođača opreme, naručitelja i projektanta.

21. Preporučuje se svim proizvodno-prijenosnim i prijenosnim organizacijama da omoguće ugradnju brojila prenapona čime bi se prikupio veći broj podataka o prenaponima na području Jugoslavije.

22. U vezi s jugoslavenskim standardom za ventilne odvodnike prenapona, predlaže se usklađivanje JUS-standarda iz 1966. s najnovijim preporukama IEC-a iz 1970. godine.
Isto tako se preporučuje da se u posebnim preporukama obrade problemi koje obrađuje IEC preporuka 99—1A.

23. Treba pratiti rad kalibriranih zaštitnih varničara i na osnovi podataka o radu razmjenjivati iskustva između prijenosnih organizacija.

24. Na osnovi mjerenja umjetnim strujnim udarima u dalekovodni stup, predlaže se usvajanje preporuka za stimuliranje i organizaciju rada na teoretsko-istraživačkom području, o ponašanju izolacije izložene kratkotrajnim naponskim impulsima kao i na prikupljanju podataka o kvarovima izazvanim ovim pojavama.

25. U vezi s postojećim jugoslavenskim standardom o koordinaciji i izolaciji u visokonaponskim postrojenjima utvrđuje se da postoji niz novih aspekata u okviru IEC-a. Preporučuje se, da se ne pristupi reviziji ovih standarda do konačnog usvajanja i publikacije novih preporuka IEC-a.

26. Prilikom izrade smjernica za prijemna ispitivanja velikih transformatora, preporučuje se koordinacija između zainteresiranih elektroprivrednih organizacija, proizvođača opreme i instituta. Ovakva suradnja bila bi potrebna i kod izrade smjernica za preuzimanje ostale krupne opreme.

27. Preporučuje se elektroprivrednim institutima da izvrše koordiniranu pripremu za osposobljavanje ispitivanja komutacionih prenapona u visokonaponskoj mreži Jugoslavije.

28. Nova dostignuća na području telemehanike, telemjerenja i telekomunikacija obvezuju energetičare da budu nosioci u izradi koncepcija upravljanja prijenosnog sistema. Predlaže se da ubuduće i stručnjaci za telekomunikaciju učestvuju na ovim savjetovanjima.

29. Treba razmotriti mogućnost, da informativni list »Elektroprenosa« po svom značaju pređe u opće glasilo svih elektroprenosnih djelatnosti zemlje.
30. Dosadašnja zapažanja i iskustva o eksploataciji 380 kV mreže interesantna su za sve one koji stoje pred tim problemom, pa se preporučuje da se ovi problemi i dalje obrađuju i publiciraju.
Osim toga se preporuča, da se i dalje radi na ispitivanjima koja će biti interesantna elektroprivredi.
31. Kod optimiranja razvoja mreže užih regija i urbanih područja, treba posvetiti naročitu pažnju prikupljanju ekonomskih podataka po grupama troškova i po njezinoj strukturi.
32. Prihvaća se sugestija izrade JUS standarda za provodnike AlMgl. Time se daje mogućnost većeg izbora materijala za provodnike i zaštitnu užad, imajući u vidu dosad predviđene materijale, kao što su AlFe, Fe, Alumoweld.
33. I nadalje treba raditi na obradi problematike napajanja većih gradskih centara električnom energijom. Pri rješavanju ovih problema potrebna je najuža koordinacija između elektroprivrede, urbanista i svih nadležnih organizacija.
34. Kada u planiranju, izgradnji i eksploataciji elektroprivrednih objekata iskrsnu problemi, predlaže se da JUGEL na zahtjev zainteresiranih elektroprivrednih organizacija odmah sazove skup stručnjaka, koji bi te probleme riješio.
35. Preporuča se da JUGEL ispita dokuda se stiglo sa donošenjem nove redakcije za dalekovode koji bi, uz ostalo obuhvatili i napon 380 kV. Također se predlaže da komisija Upravnog odbora ZJE za standarde i propise razmotri akutnu situaciju u oblasti standarda i propisa, koji se odnose na postrojenja za prijenos električne energije.

B. Markovčić

ATM

PODUZEĆE ZA AUTOMATIZACIJU I TEHNIKU MJERENJA U INDUSTRIJI

ZAGREB, HEINZELOVA 70 A

KONZULTACIJE, PROJEKTIRANJE, PROIZVODNJA, MONTAŽA, SERVIS I ODRŽAVANJE MJERNO REGULACIONIH UREĐAJA ZA TERMOENERGETSKA POSTROJENJA I RAZVOD ENERGETSKIH FLUIDA

— TERMOELEMENTI
— OTPORNI TERMOMETRI
— POKAZIVAČI TEMPERATURE
— REGULATORI TEMPERATURE
— MJERAČI PROTOKA
— MJERAČI UTROŠKA TOPLINE (KALORIMETRI)
— MJERENJE PRITISKA
— ANALIZA DIMNIH PLINOVA
— AUTOMATSKE STANICE ZA REDUKCIJU PRITISKA I TEMPERATURE PARE
— AUTOMATSKA REGULACIJA NIVOA, TEMPERATURE, PRITISKA, PODTLAKA, PROTOKA
— DALJINSKA KOMANDA (SERVOMOTORI I REGULACIONI VENTILI)
— SIGNALIZACIJA

TELEFONI: 514-122, 515-713, 515-050
TELEX: 21364, PP 14

VIII. SVJETSKA KONFERENCIJA ZA ENERGIJU

Od 28. VI do 2. VII 1971. održana je VIII svjetska energetska konferencija (WEC) u Palači SR Rumunjske u centru Bukurešta. Ovom velikom skupu prisustvovalo je oko 2000 osoba, računajući stručnjake i pratnju. Stručnjaci iz 50 zemalja raspravljali su o obimnoj energetskoj tematici sadržanoj u 233 referata.

Na svečanom otvorenju prisutne je pozdravio i predsjednik državnog savjeta SR Rumunjske Nicolae Ceausescu.

U završnom dijelu zasjedanja izabran je novi predsjednik WEC za slijedeće tri godine, ministar energetike SR Rumunjske Octavian Groza. Slijedeća, IX plenarna konferencija održat će se 1974. Detroitu, USA. Osnovna tema VIII konferencije bila je: *»Poboljšanje iskorištenja energije, posebno uzimajući u obzir njenu kompleksnu upotrebu«*. Cijela tematika zasjedanja raspoređena je u 5 sekcija i tako je diskutirana.

Zbog vrlo interesantnih problema koje obrađuju referati, dajemo kratki prikaz njihovog sadržaja po sekcijama.

Glavni izvještaji po sekcijama

1. Sekcija: Potrebe za energijom — Novi razvoj tehničkih i ekonomskih struktura

Sekcija 1, koja razmatra probleme potražnje energije a osobito nove poglede njezinog tehničkog i ekonomskog razvoja, raspolaže sa 28 izvještaja iz 16 zemalja.

1.1. Industrija

Izvještaj 1. 1—99 (SR Njemačka) konstatira da je godišnji porast potrošnje industrije (2,5 %) niži nego porast proizvodnje energije (5,8 %), iako su u apsolutnim veličinama oba znatno porasla u razdoblju 1960—1969.

Sličnu konstataciju daje izvještaj 1. 6—27 (USA) o kojemu će biti posebno govora.

Izvještaj 1. 1 — 49 (Belgija) pokušava postaviti odnose koji omogućavaju utvrđivanje porasta potrošnje energije u industriji ovisno o porastu industrijske prozvodnje. Za dugo razdoblje (1949 — 1968) dijagramom se daju indeksi u usporedbi s realnim indeksima. U izvještaju se ukazuje i na stalno i osjetljivo opadanje udjela potrošnje energije u industriji u odnosu na ukupnu potrošnju (za industrijaliziranu zemlju) te se nagovještava da bi pretežnost industrijske potrošnje mogla prestati oko 2000. godine, osim ako ne nastupi nešto nepredviđeno.

U strukturi potrošnje u industriji prema ostalim vrstama energije sve će više dolaziti do izražaja električna energija koja omogućuje svim proizvodnim procesima napredniju mehanizaciju i automatizaciju.

U nekoliko izvještaja razmatraju se specifični problemi potražnje energije u raznim područjima ekonomije (1. 1 — 98, 1. 1 — 122, 1. 1 — 125, 1. 1 — 68, 1. 1 — 200).

U izvještaju 1. 1 — 98 (SR Njemačka) govori se o kemijskoj industriji kao velikom potrošaču energije. Troškovi energije penju se na 12 %, a kod nekih proizvoda i do 50 % od troškova proizvodnje. U SR Njemačkoj, kemijska industrija je utrošila u 1960. 9 % od ukupne električne energije. Ovaj je postotak u stalnom porastu pa se očekuje da će u 1980. godini doseći i 17 %.

Zbog velike potrošnje električne energije i topline, kemijska industrija je zainteresirana da ispita opravdanost intervencije nuklearne energije elektranama za kombiniranu proizvodnju (toplina/snaga). Za specifični slučaj koji je studirala u zajednici s jednim velikim poduzećem za snabdjevanje električnom energijom, zaključilo se da bi intervencija nuklearne energije bila opravdana u ovim uvjetima:

— potrebna snaga viša od 600 MW, a potrošnja pare viša od 100 t/h u trajanju iskorištenja od 7000 do 8000 h/godišnje;

— raspoloživost nuklearne elektrane treba da je usporediva s klasičnom termoelektranom;
— predana para treba imati visoku čistoću u pogledu radioaktivnosti (problem koji se ne postavlja za nuklearne elektrane namijenjene isključivo proizvodnji električne energije);
— potrebno je dovoljno konvencionalnih parnih kotlova za rezervu.

Zbog visoke cijene ostalih izvora primarne energije, izgleda da će nuklearna energija biti naročito važna za velike potrošače kemijske industrije.

U području crne metalurgije izvještaj 1. 1 — 122 (Japan) ukazuje na mjere što ih je poduzela japanska crna metalurgija da bi postigla redukciju potrošnje koksa.

Od ukupne potrošnje energije u crnoj metalurgiji, proizvodnja liva traži više od 50 % od čega je 80 do 90 % metalurgijski koks.

U izvještaju 1. 1 — 125 (G. B.) govori se o potrošnji energije i izboru nosioca energije u proizvodnji ravnog stakla.

Izvještaj 1. 1 — 68 (Francuska) iznosi slučaj, gdje je kod porasta ukupne potražnje primarne energije od 1,82 puta u razdoblju 1960—1969, potrošnja plina u Francuskoj porasla u prosjeku za 3,25 puta (vrijednosti su varirale po regijama između 1,99 i 33,7, i po raznim industrijskim sektorima između 1,35 i 2,29 puta). Sa stajališta tehnologije, konstantna kompozicija prirodnog plina predstavlja specijalnu privlačnost za industriju uz odsutnost nečistoće, vode, sumpora i vanadija kao i mogućnost vrlo precizne regulacije.

O upotrebi električne energije u elektrotermiji govori se u izvještaju 1. 1 — 200 (Belgija).

1.2. Kućanstva

Specifični problemi potrošnje energije u kućanstvu prikazani su u izvještajima 1. 2 — 107, 1. 2 — 219, 1. 2 — 72 i 1. 2 — 193.

Izvori energije koji se upotrebljavaju u domaćinstvima su tekuća, kruta i plinovita goriva, električna energija i kombinirana proizvodnja topline i snage.

Općenita pitanja u vezi s potrošnjom energije u kućanstvima obrađuje izvještaj 1. 2 — 107 (SR Njemačka).

Potrošnja u kućanstvu je najveća u finalnoj energiji. U 1969. njen udio u ukupnoj potrošnji je bio 41 %, ispred industrije sa 40 % i transporta sa 19 %. Ona je zabilježila najveći porast u nedavnoj prošlosti. Tako je npr. od 1960. do 1969. prosječna godišnja stopa porasta bila 5,3 % za potrošnju u kućanstvu i kod malih potrošača 4,8 % za transport i 1,9 % za industriju.

Vrijedno je analizirati strukturu te potrošnje po kategorijama: grijanje, rasvjeta i motorna snaga za koje (prema nivou potrošnje i cijeni energije) možemo pribjeći raznim alternativama s jednim ili više oblika energije.

Za zajednička grijanja kao i za odvojene sisteme grijanja, bit će u 1980. pretežno tekuće gorivo, dok je u 1960. iznosilo samo 10 %. Upotreba krutih goriva će se i nadalje smanjivati pa će od 87 % u 1960. pasti na 23 % u 1980. godini. Za električnu energiju neće biti posebnih problema u uvjetima ovog slučaja. Prirodni plin će sudjelovati s kvotom od 13 % u 1980. u odnosu na 1 % u 1960. godini. Priprema tople vode, rasvjeta i mehanička energija sudjeluju sa sve većim postotkom (14,2 % u 1960, 15,9 % u 1970. i, prema predviđanjima, 20,1 % u 1980. godini).

Izvještaj 1.2 — 219 (Rumunjska) detaljno analizira razvoj potrošnje električne energije prema potrošnji ukupne energije u kućanstvima. U ovom slučaju je ukupna godišnja potrošnja za takve potrebe porasla od 1,67 $\times$ 10^6 kcal po stanovniku u 1960. na 2,55 $\times$ 10^6 kcal po stanovniku u 1969. godini, tj. za 1,65 puta odnosno sa srednjom stopom rasta od 5 % godišnje. U strukturi se je konstatiralo (uvažavajući glavnu energetsku politiku zemlje) povećanje potrošnje ugljena, smanjenje potrošnje drva, povećanje potrošnje koja se pokriva kombiniranom proizvodnjom topline i snage, i povećanje potrošnje električne energije. Ipak, u ovoj situaciji, potrošnja električne energije je još uvijek potisnuta zato što su ostali oblici energije ekonomičniji za potrebe kućanstava, a i zbog toga što elektrifikacija naselja nije još završena. Pri tome je ritam razvoja potrošnje električne energije u kućanstvu za razdoblje 1960 — 1969. (18,3 % godišnje) veći od srednjeg porasta potrošnje ukupne električne energije (15,9 % godišnje) za isto razdoblje. Sa sadašnjim tarifama električne energije ona nije ekonomična za kuhanje i grijanje. Redukcija tarifa za 30 do 50 % bit će potrebna da bi električna energija postala interesantna za kućanstvo.

U raznim, specifičnim uvjetima električno grijanje je rješenje koje ima prednosti s praktične i ekonomske strane. Izvještaj 1. 2 — 272 (Norveška) govori o problemu Norveške koja ima najvišu potrošnju po stanovniku. U ovoj se zemlji 99,75 % električne energije proizvodi u hidroelektranama. Razumljivo je onda što se oko 60 % potrošnje energije u kućanstvima pokriva električnom energijom. Električno grijanje u Norveškoj uvedeno je prije 50 godina i razvilo se je zahvaljujući stimulativnom tarifnom sistemu. Razvoj je bio brz nakon drugog svjetskog rata jer je povećanje cijene električne energije bilo manje nego ostalim oblicima energije. Sadašnja tarifa za kućne potrošače se sastoji od godišnje takse za snagu, cijene za ukupnu potrošnju energije i dodatne cijene za utrošenu energiju iznad određene snage. Ova je tarifa za 2,3 do 10 puta veća nego osnovna tarifa kod različitih elektroprivrednih poduzeća. Takva situacija stvorila je u zemlji smisao za racionalno korištenje električne energije osobito u razdobljima vršnih opterećenja. Za registraciju vrhova potrošnje upotrebljava se običan vatmetar (u stvari ampermetar s t e p e n o v a n u kW). Tako se npr. direktno grijanje ili pak električno grijanje vode može ručno isključiti čim vatmetar pokaže da je premašena granična snaga od koje tarifa znatno raste. To omogućava izbjegavanje skupih i delikatnih automatskih instalacija i prisiljava potrošače da sami sudjeluju u ublažavanju vrhova čitave zemlje. Norveška je jedna od zemalja koja ima najravniju krivulju opterećenja. Kao primjer se navodi »Oslo Illuminating Company« gdje je faktor opterećenja od 0,7 u 1922. godini porastao na 0,88 u 1969. godini. U

pogledu varijacija zima — ljeto, odnos u potražnji električne energije za kućanstva je 2,5 : 1.

Izvještaj 1. 2 — 193 (Izrael) daje detaljnu ekonomsku usporedbu raznih sistema za grijanje u kućanstvima. Polazeći od ideje da potrošnja topline za grijanje ovisi o vrsti konstrukcije, njenog smještaja i okoline, kao i od kakvoće materijala upotrebljenog u konstrukciji, utvrđuju se gubici topline za stan koji je izgrađen s normalnom i poboljšanom termičkom izolacijom. Prema upotrebljenom sistemu grijanja ostvaruje se ušteda u izgradnji cjeline (konstrukcija i instalacija za grijanje) između 13 i 26 % i uštede troškova za grijanje od 15 % do 34 % godišnje. U uvjetima koji postoje u Izraelu, grijanje električnom energijom je najskuplje, a najjeftinije je grijanje petrolejom za rasvjetu.

1.3. Nova ili velika naselja u naglom porastu

Jedan od fenomena koji karakteriziraju posljednja desetljeća jeste koncentracija ljudstva u gradovima zbog porasta stanovništva ali napose zbog migracije poljoprivrednika koja ima svoj uzrok u nastalim modifikacijama nacionalnih ekonomskih struktura. Ovaj fenomen nadovezujući se na onaj o porastu potrošnje energije, općenito, imao je za posljedicu vrlo izraženu potrošnju energije u gradovima. O tome je bilo riječi u nekim izvještajima iz grupe 1. 1 i 1. 2.

Preokupacije vezane na potrošnju energije svih vrsta u naseljenim centrima predmet su izvještaja 1. 3. — 139, 1. 3 — 69, 1. 3 — 159 i 1. 3 — 29.

Izvještaj 1. 3 — 139 (DR Njemačka) i izvještaj 1. 3 — 69 (Francuska) obrađuju problem kao cjelinu. Prvi ukazajući na matematsku metodu u pogledu postizavanja optimuma u snabdjevanju energijom grada koji ima najrazličitije vrste potrošača, drugi ispitujući snabdjevanje novih gradova električnom energijom i plinom. Ne može se učiniti usporedba rezultata do kojih su došli autori, jer ispitivano područje, pa i sam put, nisu bili jednaki.

U DR Njemačkoj, instalacije za proizvodnju i transport električne energije, plina i tople vode predstavljaju 21 % investicija u industriji, što opravdava nastojanja da se nađu najbolja rješenja za razvoj ovih instalacija. Imajući u vidu da u ovoj zemlji 70 % stanovništva živi u gradovima, razumljiv je interes za studij opskrbe energijom velikih urbanih aglomeracija. Polazeći od ovih računa mogu se donijeti dvije značajne odluke:

— koja je to struktura koju moraju imati izvori energije;
— koju ulogu treba dati svakom od ovih izvora.

Potrebne premise za račun su: predvidiva potrošnja za razdoblje od 10 do 30 godina, parametri svih instalacija (postojećih i novih) kao i troškovi za upotrebu svih mogućih vrsta energije.

Upotrebljen matematski model koristio je linearno programiranje. Za slučaj koji se iznosi u izvještaju, razmatra se grad u kojem će se u 15 godina (1970 — 1985) udvostručiti stanovništvo (od 50.000 na 100.000 stanovnika). U razmatranje je uzeta potrošnja u kućanstvu kao i u industriji (u svemu 120 potrošača). Najbolja varijanta dobivena iz optimizacijskog računa traži ukupne troškove koji su za 30 % manji nego oni što ih daje varijanta koja se smatra modernom, naprednom i koja je dobivena iskustvom specijalista. Iz takvih računa i njihove primjene proizlazi poboljšanje cjeline (gledajući društvo ukupno) pa mogu biti upotrebljene tamo gdje posebni interesi, kojiput i suprotni, mogu biti usmjereni prema maksimumu probitaka za zajednicu.

U Francuskoj, kao i u ostalim zemljama također postoji problem stvaranja novih gradova u vezi s rješavanjem problema koncentracije stanovništva u velikim gradovima. Kako pokazuje izvještaj 1. 3 — 69 (Francuska), predviđa se da će stanovništvo pariške regije porasti od 9 milijuna u 1965. na 14 milijuna u 2000. godini. To je problem koji se može riješiti samo stvaranjem novih gradova.

Pored urbanizma, izgradnje, transporta itd., trebalo je izraditi studiju o pokrivanju potražnje u električnoj energiji i plinu, smatrajući da će ova dva oblika energije biti ona koja će zadovoljiti potrebe u energiji za rasvjetu, kuhinju, grijanje i mehaničku snagu.

Urbanizam je dao elemente koji su služili kao osnova za utvrđivanje potražnje energije. Primjer je obitelj koja ima 3,5 člana i zauzima 75 m² površine u velikim zgradama i 125 m² u malim zgradama. Odnos između ove dvije vrsti stanovanja je bio pretpostavljen kao 3 : 1. Nesigurnost je veća kod pretpostavki za nove industrije jer će iste slijediti njihovu maksimalnu prednost. Država ili grad ne mogu intervenirati prisilama, ali mogu naći načina kako da zainteresiraju industrije.

Potrošnja električne energije i plina utvrđena je indeksom, utvrđujući zatim potrebne investicije. Ovom prilikom je utvrđeno da za promjenu potrošnje električne energije od 1 na 2,2 odgovarajuće investicije rastu od 1 na 1,75, dok za snabdjevanje plinom, za promjenu potrošnje između 1 i 4,4 potrebne investicije variraju samo između 1 i 1,3 što ukazuje na izdašno smanjenje marginalnih troškova.

Izvještaj 1. 3. — 159 (Japan) razmatra specijalan i konkretan problem opskrbe gradova električnom energijom.

Minijaturizacija gradskih transformatorskih stanica je jedna od mjera što se poduzimaju u Japanu da bi se pariralo demografskoj i industrijskoj koncentraciji u urbanim zonama. Tokijsko elektroprivredno poduzeće (Toyo Electric Power Co) gradi 500 kV-nu zamku oko grada i podzemnu radijalnu mrežu 275 kV za opskrbu potrošačkih centara putem podstanica ove zamke (tzv. »miniclad«).

Izvještaj 1. 3 — 29 (Španjolska) ispituje napajanje otoka Majorke, gdje je naglo porasla proizvodnja električne energije (od 76,4 GWh u 1956. na 521,6 GWh u 1969. godini).

1.4. Poljoprivreda

Područje potrošnje električne energije u poljoprivredi razmatraju dva izvještaja: 1. 4 — 12 i 1. 4 — 91 (Italija i Japan).

1.5. Ostala područja (transport, trgovina)

Među izvještajima koji razmatraju potrošnju energije u transportu (1. 5 — 104, 1. 5 — 111, 1. 5 — 141, 1. 5 — 70 i 1. 5 — 119), tri prva razmatraju potrošnju energije željeznica.

U izvještaju 1. 5 — 104 (SR Njemačka) konstatira se apsolutno i specifično smanjenje potrošnje energije u željezničkom prometu SR Njemačke kao posljedica prijelaza parne vuče na električnu i dizel-vuču. Predviđa se da će ovaj proces biti završen u 1976. godini.

Promjena je bila i u SSSR-u, između 1950. i 1970, u bilanci gorivo — energija za željeznički promet, kako to proizlazi iz izvještaja 1. 5 — 111 (SSSR).

O velikim naporima za modernizaciju sredstava za transport u Japanu govori izvještaj 1. 5 — 141.

Interesantan problem s energetskog i urbanističkog stajališta, izložen je u izvještaju 1.5 — 70 (Francuska) u vezi s potrošnjom energije za transport u regiji Pariza.

U izvještaju 1. 5 — 119 (Japan) razmatra se problem koji bi mogao postati aktuelan u mnogim velikim gradovima svijeta tj. korištenje električnih vozila.

Treba napomenuti da efekat upotrebe električnih automobila na elektroenergetske bilance nije još dovoljno prostudiran. To se pitanje spominje u izvještaju 1. 6 — 27 (USA), a nešto će se pobliže o tome reći u slijedećem poglavlju. Autor konstatira da će masovna upotreba elektro-automobila postaviti velike probleme elektroprivredi. (Kada bi svi automobili u USA bili u 1968. godini na električni pogon, potrošnja električne energije bi se bila popela za 50 %).

1.6. Ukupna potrošnja energije

Potrošnja ukupne energije s obzirom na dinamiku i strukturu, predstavlja opću preokupaciju u svijetu. Šest izvještaja razmatraju problem kako za razvijene zemlje tako i za zemlje u razvoju (1. 6 — 27, 1. 6 — 5, 1. 6 — 158, 1. 6 — 160, i 1. 6 — 177). Opće ideje koje proizlaze iz izvještaja grupirane u ovom poglavlju su:

— potrošnja energije, budući da je vezana uz opći ekonomski razvoj, raste u čitavom svijetu. U industrijaliziranim zemljama potrošnja energije raste u ritmu koji je niži od onog u industriji zbog usavršavanja tehnoloških procesa. S druge strane, iako treba predvidjeti smanjenje ritma porasta potrošnje u budućnosti, usporavanje još nije neka realna tendencija. Naprotiv, u raznim zemljama, potrošnje posljednjih deset godina bile su karakterizirane naglašenijim porastom potrošnje energije;

— što se tiče strukture potrošnje energije, razvoj raspoloživosti i problemi u vezi zagađivanja izazvali su modifikacije u smislu intenzivnije upotrebe plina i naftnih proizvoda koji sadrže najmanju moguću količinu sumpora. Nuklearna energija mogla bi biti u budućnosti također elemenat smanjenja zagađivanja. U mnogim zemljama radi se na desulfuraciji goriva ili gorivih proizvoda, međutim, zaključci su dijelom kontradiktorni pa se ide čak do eliminiranja mogućnosti smanjenja zagađivanja jer to ne bi bilo ekonomski opravdano;

— električna energija zauzima posebno mjesto među raznim oblicima potrošnje energije, napose u kućanstvu gdje će u nekim zemljama postati pretežna;

— velika raznolikost postoji u preokupacijama usmjerenim prema nabavi potrebnih količina energije. Ove preokupacije su posljedica razvoja potrošnje, postojanja i razvoja vlastitih rezervi te brige da se nađu novi izvori energije kada ih zemlja nema;

— problem potrošnje energije u zemljama u razvoju predstavlja najveću nacionalnu preokupaciju, to više što su troškovi energetskog sektora vrlo visoki i što razvoj potrošnje energije može biti veliki teret za ekonomiju u punom zamahu i transformaciji.

U USA kako to pokazuje izvještaj 1. 6 — 27, potrošnja energije između 1960. i 1969. godine bilježi ukupno povećanje od 46,9 %. To je bio najbrži desetogodišnji porast od početka stoljeća. U isto vrijeme se potrošnja energije po jedinici bruto društvenog proizvoda smanjila.

Problem pokrivanja potražnje energije u industrijaliziranoj zemlji koja ima ograničene vlastite izvore energije, razmatran je za slučaj Italije u izvještaju 1. 6 — 5. Vodeći računa o smanjenim vlastitim mogućnostima sprovodila se politika optimizacije energetskih izvora. U tom smislu geografski položaj Italije (na raskršću pomorskih putova za prijevoz nafte) je odigrao odlučujuću ulogu.

Japan se nalazi u sličnoj situaciji što se vidi iz izvještaja 1. 6 — 158. Potražnja energije rasti će i ubuduće brzo i Japan će biti sve više upućen na iznomne izvore energije.

Izvještaj 1. 6 — 160 predviđa za Australiju udvostručene potražnje ukupne primarne energije u razdoblju od deset godina. Najveća promjena u energetskoj bilanci u slijedećem desetljeću bit će nagli porast proizvodnje prirodnog plina koji će doseći 81,6 $\times$ 10^{12} kcal u 1979/1980. godini. Prva nuklearna elektrana, snage 500 MW, ući će u pogon 1976. godine. No i pored ovih dviju vrsta energije potrošnja u nafti i ugljenu morat će rasti 5 % godišnje.

O fluktuaciji ukupne potražnje u električnoj energiji u Finskoj govori izvještaj 1. 6 — 156. Vodilo se računa o energetskim uvjetima zemlje: vrlo visoka potrošnja električne energije po stanovniku (4.200 kWh u 1969); visoko trajanje korištenja vršne snage (6000 h/g) kao posljedica značajne industrije drva; već jako iskorišteni hidro-izvori i stalan razvoj proizvodnje električne energije skoro isključivo izgradnjom termoelektrana. Da bi u Finskoj mogli donijeti pravilne odluke s kvalitetnog i kvantitativnog stajališta u pogledu novih kapaciteta termoelektrana, sprovedene su ankete o varijacijama potražnje električne energije od 1966. godine. Za svako godišnje doba razdoblja 1966—1970, za koje je potrošnja porasla za 92 %, uslijedile su značajne strukturne promjene (slobodna subota, uvođenje masovnog grijanja stanova električnom energijom itd.) koje su dovele do smanjenja fluktuacije opterećenja za radni dan u razdoblju vršnog opterećenja u odnosu na prosječno tjedno od 80 — 120 % u 1966. na 90 — 118 % u 1970. godini kao i do smanjenja trajanja godišnjeg korištenja vršne snage od oko 400 sati.

Energetsku situaciju u Indiji prikazuje izvještaj 1. 6 — 177.

2. sekcija: Novi procesi ili unapređenja općeg karaktera radi poboljšanja pojedinih procesa za proizvodnju, transport, pretvorbu i potrošnju energije

Materija koju obrađuje 2. Sekcija grupirana je kako slijedi:

2.1. — Ekonomska razmatranja i opća politika (13 izvještaja):
- 2.1.1. Tendencije razvoja proizvodnje električne energije
- 2.1.2. Tendencije razvoja osnovne opreme termoelektrana
- 2.1.3. Zagađivanje otpacima iz termoelektrana
- 2.1.4. Razvoj energetskih sistema.

2.2. — Hidraulična energija (14 izvještaja):
- 2.2.1. Gravitacijske hidroelektrane
- 2.2.2. Crpno-akumulacione hidroelektrane
- 2.2.3. Elektrane na plimu i oseku.

2.3. — Fosilna goriva (35 izvještaja):
- 2.3.1. Problemi ekstrakcije goriva
- 2.3.2. Upotreba ugljena u metalurgiji
- 2.3.3. Priprema, transport i bolje iskorištenje ugljena
- 2.3.4. Razni aspekti upotrebe plinovitih i tekućih goriva.

2.4. — Nuklearna energija (14 izvještaja):
- 2.4.1. Rezerve urana
- 2.4.2. Evolucija nuklearnih reaktora
- 2.4.3. Poboljšanje ciklusa goriva
- 2.4.4. Neki problemi u vezi s evolucijom tehnologije nuklearnih elektrana.

2.5. — Ostali izvori energije i direktna proizvodnja električne energije (6 izvještaja):
- 2.5.1. Magneto-hidro-dinamski generatori
- 2.5.2. Korištenje geotermijskih izvora
- 2.5.3. Sunčane i plinske ćelije za direktnu pretvorbu energije u električnu energiju.

2.1. Ekonomska razmatranja i opća politika

Izvještaji 2. Sekcije razmatraju neke tehničke i ekonomske aspekte koji imaju osigurani progres u područjima proizvodnje električne energije na osnovi fosilnih goriva, transporta i potrošnje.

Autori izvještaja obrađuju slijedeće probleme:

— koncepciju nekih tipova termoelektrana koje optimalno iskorišćuju gorivo, povećanje stupnja djelovanja termičkog ciklusa, smanjenje specifičnih investicija i smanjenje troškova proizvedene električne energije;
— utvrđivanje nekih jediničnih snaga termoelektrana koje mogu iskoristiti ekonomske prednosti u specifičnim uvjetima mogućih smještaja;
— osiguranje opskrbe gorivom i sve većim i većim količinama za pojedine elektrane kao i za sve elektrane na nivou nacionalne ekonomije odgovarajuće zemlje, njegova priprema, sagorijevanje pod optimalnim prilikama u kotlovima;
— smanjenje negativnih utjecaja ispusta termoelektrana (kao što su topla voda rashladnih instalacija, pepeo, dimni plinovi) na okolinu;
— koncepciju i dimenzioniranje jediničnih snaga blokova kao i termoelektrana u uskoj je vezi s konfiguracijom razvoja odgovarajućeg energetskog sistema.

2.1.1. Tendencije razvoja proizvodnje električne energije

U izvještaju 2. 3. — 110 (SR Njemačka) navodi se evolucija potreba u električnoj energiji do 1980. godine u SR Njemačkoj. Iznose se također i potrebe za primarnom energijom.

U izvještaju 2. 1. — 165 (Japan) navodi se da je 1951. godine reorganizirana elektroprivreda organizacijom devet regionalnih elektroprivreda. Iznosi se stanje instaliranih kapaciteta u 1968. i potrebe u 1985. godini. Ritam razvoja japanske ekonomije bio je od 11,1 % za razdoblje 1960—1969, a cijeni se da će biti 10 % u razdoblju 1970 — 1975, te 8,5 ... 9,5 % u razdoblju 1976 ... 1985. U funkciji s tim, porast proizvodnje električne energije bit će od oko 450 TWh u 1975, oko 700 TWh u 1980. i oko 1110 TWh 1985. godini. Uzimajući rezervu od 10 %, potrebna instalirana snaga za pokriće spomenute energije predviđena je: 108 GW u 1975, 161 GWh u 1980. i oko 230 ... 250 GW u 1985. godini. Od navedene instalirane snage cijeni se da će 8,66 GW biti pokriveno iz nuklearnih elektrana u 1975. godini, a 60 GW u 1985. godini. (Na kraju 1970. u Japanu je bilo u izgradnji 4,7 GW u nuklearnim elektranama).

Izvještaj 2. 1. — 228 (Rumunjska) govoreći o primijenjenim koncepcijama kod projektiranja rumunjskih termoelektrana ujedno daje elemente razvoja potrošnje električne energije, instaliranih kapaciteta, goriva kao i ostale ekonomske podatke koji se odnose na energetski razvoj zemlje.

Stanje razvoja proizvodnje električne energije u SAD prikazano je u izvještaju 2. 1. — 19. Federalna komisija za energiju predviđa da će instalirana snaga porasti od 344 GW u 1970. g. na 668 GW u 1980. i na 1260 GW u 1990. Ove potrebe bile su pokrivene iz nuklearnih elektrana sa 3,4 % u 1970. a u 1980. godidi bit će taj udio 22 % te 39,7 %(tj. 500 GW) u 1990.

Izvještaj 2. 1. — 110 govori o proizvodnji električne energije u SSSR-u, koja je porasla od 170,2 TWh u 1965. godini na 412,4 TWh u 1965, odnosno 690 TWh u 1969. godini. Ekstrakcija ugljena dosegla je 608 milijuna tona u 1969. godini, nafte 328 milijuna tona a prirodnog plina 183 milijarde m^3. Izvještaj prikazuje ulogu energetike kao nosioca tehnološkog progresa u razvoju proizvodnih snaga, pokazujući realizacije u najinteresantnijim područjima uključujući energetske sisteme, električnu vuču, elektrifikaciju poljoprivrede itd.

Izvještaj 2.1. — 129 (Francuska) prikazuje mogućnost pokrivanja buduće krivulje opterećenja nekog energetskog sistema na osnovi »nacionalnog modela za investicije«, pomoću kojeg bi se mogle optimizirati investicije koje bi trebalo investirati u energetske izvore. Pomoću modela, prilagođenog specifičnostima

poduzeća »Electricité de France«, minimiziraju se globalni aktualizirani troškovi proizvodnje i tako se mogu utvrditi količine svakog tipa termičkog izvora, koji treba staviti u pogon svake godine, te trajanje korištenja ovih izvora.

2.1.2. Tendencije razvoja osnovne opreme termoelektrana

Izvještaj 2. 3. — 38 (ČSSR) govori o upotrebi parnih kotlova tipa Benson 178 kg/cm² 570/570° C za turboagregate od 200 MW. Osim toga izvještaj govori o projektiranju bloka od 500 MW kao i o raznim tehničkim aspektima pomoćnih agregata, instalacija za automatizaciju kotlova, rješenja koja se odnose na adaptaciju konstrukcije kotlova potrebama funkcioniranja u vršnom režimu.

Izvještaj 2. 1. — 95 (SR Njemačka) prikazuje sažeto razvoj energetskih agregata napominjući da su turbogeneratori od 1200 MW postali stvarnost, kao osnovne jedinice u nekim elektroenergetskim sistemima. U Njemačkoj su u izradi turbogeneratori od 750 MVA, a započelo se s radovima na turbogeneratorima od 1500 MVA, koji će imati vodu kao rashladno sredstvo rotora i statora.

Upravo tako i izvještaj 2. 3 — 108 (SSSR) analizira razvoj jediničnih snaga turbogeneratora i kotlova u SSSR-u. Tendencija razvijanja sve većih i većih energetskih jedinica s fosilnim gorivom određena je nacionalnom energetskom bilancom i razvojem ostalih tipova proizvodnih jedinica. Predviđajući mogućnost da agregati velikih snaga ne rade više od dvije trećine dana, naglašava se potreba da se konstrukcije agregata podese režimu promjenljivog opterećenja. Izvještaj daje detaljnu analizu konstruktivnih i ekonomskih karakteristika turbogeneratora velikih snaga, među kojima se za budućnost razmatraju i one od 2000 MW, respektivno 2400 MW.

U isto poglavlje mogli bi se uvrstiti izvještaji koji razmatraju usavršavanje termičkih ciklusa na paru superpozicijom ciklusa na plin, a kao rezultat imaju kombinirane instalacije para-plin (I.C.V.G.) kao i izvještaji koji evidentiraju pokuse optimalne adaptacije nekih goriva u sagorijevanju u kotlovima, procese intenzifikacije sagorijevanja, razvoj plinskih turbina itd.

U izvještaju 2. 3. — 71 (SR Njemačka) navodi se da će u 1971. godini biti stavljeno u pogon jedno ICVG-postrojenje od 165 MW (jedna parna turbina od 95 MW i jedna plinska od 70 MW).

Široku analizu ICVG-postrojenja od 343 MW daje izvještaj 2. 3 — 83 (Francuska).

Izvještaj 2. 3 — 205 (Švicarska) spominje istraživanja na području sagorijevanja, transfera topline u komori itd. za parni generator (sa komorom za sagorijevanje pod pritiskom) firme Sulzer.

Razvoj plinskih turbina za razna područja primjene daje izvještaj 2. 3 — 127 (Velika Britanija).

Neki značajni problemi dani su u slijedećim izvještajima: — izvještaj 2. 3 — 211 (Rumunjska) obrađuje problem intenzifikacije sagorijevanja; — izvještaj 2. 3. — 189 (Nizozemska) iznosi iskustva sa sagorijevanjem prirodnog plina u kotlovima elektrana velikih snaga; — izvještaj 2. 3. — 6 (Jugoslavija) govori o ispitivanju upotrebe raznih vrsti ugljena u kotlu od 380 t/h; — izvještaj 2. 3. — 87 (Kanada) prikazuje projekt termoelektrane CTE-Hr. Milner za loženje manje vrijednih ugljena; izvještaj 2. 3. — 44 (USA) prikazuje elektranu od 1400 MW koja je u izgradnji u »Centralia« u državi Oregon; — izvještaj 2.1. — 120 (Francuska) govori o mogućnostima ekipiranja elektrana takvom opremom da se može prilagoditi tržištu goriva; — izvještaj 2. 3. — 203 (Bugarska) govori o istražnim radovima radi iznalaženja najracionalnijih i najekonomičnijih metoda za upotrebu manje vrijednih ugljena u termoelektranama; — izvještaj 2. 3. — 207 (UAR) razmatra mogućnost upotrebe sirove nafte (petrol lourd) kao goriva za elektrane.

2.1.3. Zagađivanje otpacima iz termoelektrana

Problem zagađivanja okoline škodljivim ispustima iz raznih postrojenja doseglo je stanje koje, ne poduzmu li se efikasne mjere, može čovječanstvo podvrgnuti teškim posljedicama. Osim ostale industrije i automobila, termoelektrane također u znatnoj mjeri zagađuju okoliš. (Izvještaj 2. 3. — 28 (USA) navodi da će se emisija SO_2 u 1980. podvostručiti, a u 1990. godini ona će biti tri puta veća nego u 1970). U takvoj situaciji začuđuje relativno mali broj izvještaja koji se bave tako značajnim pitanjem.

Izvještaj 2. 1. — 19 (USA) smatra da bi termoelektrane morale biti opskrbljene električnim filterima s visokim stupnjem zadržavanja, kako bi se smanjio leteći pepeo (99,9 %), i s visokim dimnjacima. Izvještaj razmatra i utjecaj ispusta tople vode iz elektrana. O ovom pitanju raspravlja i izvještaj 2. 1. — 47 (USA).

Izvještaj 2. 3. — 85 (Kanada) prikazuje verifikaciju razvijanja dimnog stupa i disperziju u atmosferi dvojakim mjerenjem (jedan za redovan režim rada a drugi za slučaj havarije u elektrani od 2400 MW za 4 dimnjaka od 150 m, od kojih su 3 u pogonu).

2.1.4. Razvoj elektroenergetskih sistema

Izvještaji koji razmatraju probleme razvoja energetike u pojedinim zemljama, razmatraju i razvoj dalekovoda za prijenos električne energije s vrlo visokim naponima.

Izvještaj 2. 1. — 194 (Francuska) analizira porast struja kratkog spoja, ukazujući na razne mogućnosti njihovog smanjenja.

Izvještaj 2. 1. — 165 (Japan) daje prikaz razvoja dalekovodne mreže u Japanu, a to daje i izvještaj 2. 1. — 110 (SSSR) za SSSR, naglašavajući da je za ekonomiju SSSR-a naročito važno pitanje prijenosa električne energije na velike udaljenosti s velikim snagama. Izvještaj 2. 1. — 173 (SSSR) prikazuje postignute rezultate u vezivanju prijenosne mreže u jedinstveni elektroenergetski sistem.

Izvještaj 2. 1. — 19 (USA) prikazuje situaciju razvoja prijenosne mreže do 1990. U izvještaju se navodi da se izrađuju studije za uvođenje napona 1000 . . . . 1500 kV. Danas je najviši upotrebljeni napon 765 kV.

(nastavak u slijedećem broju)

DVOSTRUKI JUBILEJ AN̐ELKA MARUŠIĆA — 60 GODINA ŽIVOTA I 40 GODINA RADA U ELEKTROPRIVREDI HRVATSKE

Anđeljko Marušić je proslavio ove godine dvostruki jubilej: šezdesetgodišnjicu života (rođen je u Omišu 11. siječnja 1911) i četrdesetgodišnjicu nastupa u elektroprivredu Hrvatske (30. lipnja 1931) u Električnom poduzeću u Splitu, privrednoj grani kojoj je ostao vjeran i dosljedan punih 40 godina ne seleći sa položaja na položaj, iz jednog poduzeća u drugo, kako se to uvriježilo posljednjih desetljeća.

Marušić je elektroprivredni stručnjak, koji je prošao sve faze rada u toj privrednoj grani, radio na skoro svim radnim mjestima i dužnostima od blagajnika, saldakontiste i knjigovođe do bilanciste, stekavši dragocjeno znanje i iskustvo, koje mu je odlično poslužilo kada je 1. veljače 1949. bio pozvan iz Splita u Zagreb, da preuzme dužnost komercijalnog direktora Generalne direkcije elektroprivrede Hrvatske, zatim i rukovodioca privredno-računskog, odnosno financijsko-ekonomskog odjela Zajednice elektroprivrednih poduzeća SR Hrvatske, a kasnije direktora ELDIH-a, Poslovnog udruženja poduzeća za distribuciju električne energije SR Hrvatske.

I da nije tako savršen poznavalac i struke i ekonomsko-financijske problematike elektroprivrede, ne bi, jamačno, bilo idealnijega i savršenijega direktora kadrova, zbog njegove humanosti i izvanrednih općeljudskih osobina.

Za sve one koji ga poznaju, a u elektroprivredi ga poznaje zaista svatko, Anđeljko Marušić je pojam solidnog i neumornog radnika i stručnjaka, beskompromisnog borca za poštene i pravedne stavove elektroprivrede, pojam poštenja i ljudskosti.

Anđelko Marušić je pripadao i generaciji velikih igrača — nogometaša. Igrao je dugo godina u Splitskom Hajduku i reprezentaciji Jugoslavije.

U najtežim časovima naših naroda u II. svjetskom radu bori se, zajedno sa sportašima, za slobodu naroda i pravednije ljudske odnose.

Čestitajući mu dvostruki jubilej, izražavamo ne samo iskrene želje za daljnji dug i plodan rad, nego i toplu zahvalnost za sve što je učinio za narod i zemlju kao stručnjak, kao borac i kao rodoljub.

Uredništvo »Energije«

NOVE KNJIGE I ČASOPISI

Hildebrand-Hedrich-Ufer: **Wirtschaftlichkeitsrechnung.** Izdavač: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1970. Opseg 236 strane, 48 slika i 25 tabela. 15.— M.

Cilj tehničkog napretka u socijalizmu je povećanje produktivnosti i podizanje životnog standarda stanovništva. Taj cilj definira kriterije za ocjenjivanje konkretnih investicionih pothvata u privredi, naročito u industriji. Postupak definiranja i primjenjivanja tih kriterija u socijalističkoj privredi detaljno je opisan u ovoj izvanrednoj knjizi, čiji su autori poznati stručnjaci istočnonjemačke energetike Hildebrand, Hedrich i Ufer. Posebnu pažnju zaslužuje ova knjiga zbog toga što prvi puta detaljno iznosi sve ekonomske kriterije i parametre koji se primjenjuju u istočnoevropskim matematskim modelima optimiranja privrednih grana. Svoje teoretske izvedbe autori su potkrijepili praktičnim primjerima iz energetske privrede. Svatko tko se bavi problemima optimiranja u oblasti energetike trebao bi pročitati ovu knjigu, koja može poslužiti pri sastavljanju investicionih računa.

S. Gehrecke

IN MEMORIAM

RUDOLF STOCK

Devetnaestog rujna 1971. godine, na početku divne, pomalo sjetne jeseni, ostavio nas je skrhan teškom bolešću, stari veteran elektroprivrede drug Rudolf Stock. Kako kaže jedan od njegovih suradnika: »Bio je dobar čovjek i drug, izvrstan stručnjak i sada, kada je trebao uživati zasluženu penziju, otišao je u nepovrat. Takva je sudbina, nju se ne može izbjeći«.

Listam dokumente, prevrćem arhivu. Od velikog broja onih, koji su svoj radni vijek počeli u bivšoj Gradskoj električnoj centrali — GEC-u, ostalo je malo. Brojimo ih, na žalost na prste. Ali je iza njih ostalo mnogo, ostao je razvoj, ostale su koncepcije i vrijedna tehnička rješenja. Često među prvima, ili bolje, uvijek među prvima i uzornima po znanju, obrazovanju, požrtvovnosti, i drugarstvu bio je drug Stock.

Već 1916. godine, prema vojnom rasporedu određen je u elektrobataljon Austrougarske monarhije, da bi iza rata 20. travnja 1920. godine bio primljen u GEC-u, odjel mreže. Uz posao, je završio privatnu srednju tehničku školu 1932. godine u Berlinu, a kao odlični učenik, oslobođen je mature.

Zabilježena je jedna njegova intervencija kada nije bio u službi. Kao slučajni prolaznik intervenirao je kod puknuća voda javne rasvjete i njegova pada na tramvajske vodiče u Draškovićevoj ulici. Tom prilikom pao je na pločnik zajedno sa skelom. Teško unesrećen odveden je u bolnicu.

Kao rukovodilac odjela mreže često je bio unapređivan i hvaljen. Nakon oslobođenja radio je i u ZEPH-e, da bi posljednje godine prije mirovine gotovo čitav svoj radni vijek završio u Elektri, poduzeću gdje su i počele sve njegove muke, radosti i teškoće.

Njedovi prijatelji i radni drugovi nosit će u sebi uspomenu na njegov skromni lik, požrtvovnost i drugarstvo, a kolektiv u kojem je ostavio sav svoj trud, znoj i znanje, biti će mu zahvalan na doprinosu tehničkom razvoju kojem je osobno mnogo pridonio.

Petar Kuzele, dipl. el. inž.

IVICA ČIŽMEK

Ivica Čizmek rođen je 22. ožujka 1931. god. u Fužinama. Već od rane mladosti sklon elektrotehnici, posvetio joj je cijeli svoj život. U »Elektroistru« je došao 21. lipnja 1956. nakon rada na izgradnji hidroelektrane Gojak. Od tada, pa do svoje smrti, sve svoje znanje i samoprijegor posvetio je »Elektroistri«.

Prvi zadatak u tom poduzeću, da osposobi grupu ljudi i opremi je najsuvremenijim uređajima mjerne tehnike, bio je samo početak uspješnog i plodnog rada. Nije bio samo cijenjeni stručnjak u »Elektroistri«, tražila su ga i druga poduzeća. Njegova je zasluga što »Elektroistra« raspolaže danas dobro »uhodanom« radio-vezom od pedesetak primopredajnika i jednog repetitora.

Isto tako se bavio i svim problemima distribucije i elektroprivrede, što nije njegova specijalnost, koristeći za rješavanje tih problema svoje slobodno vrijeme. Pa, ipak, nije zato tražio nikakve privilegije ni priznanja.

Kao što je bio dobar stručnjak, bio je i dobar drug, uvijek spreman da život učini boljim i sebi i drugima. Zbog toga je prihvaćao razne dužnosti u organima upravljanja i sindikalnoj organizaciji.

Njegova prisnost, plemenitost i humanost bile su vrline zbog kojih ga je cijeli kolektiv volio i poštivao.

Upravo zato je i njegova prerana smrt 31. listopada 1971. ražalostila sve one koji su ga poznavali.

Njegovom smrću ne gubi samo »Elektroistra« svog dobrog i odanog člana, već i cijela elektroprivreda.

STATISTIČKI PREGLED

ELEKTROPRIVREDE SR HRVATSKE U SKLOPU ELEKTROPRIVREDE JUGOSLAVIJE

OSNOVNI PODACI

Osnovni podaci elektroprivrede Hrvatske

po stanju od 31. XII 1970.

Tablica 1

Naziv postrojenja		1945.	1960.	1969.	1970
Hidroelektrane	broj	7	11	16	17
	snaga MW	69	286,6	753,7	777,7
	od toga Udružene MW	66	282,9	737,6	761,6
Termoelektrane	broj	10	48	38	40
	snaga MW	48	184,7	207,7	556,4
	od toga Udružene MW	33	86,3	130,7	479,4
Ukupno elektrane	MW	117	471,3	961,4	1334,1
Transformatorske stanice					
220/110 kV	broj stanica	—	—	4	5
	broj transformatora	—	—	5	7
	snaga MVA	—	—	700	1000
110/35-50 kV	broj stanica	1	20	34	34
	broj transformatora	2	32	56	57
	snaga MVA	20	678	1401	1441
30—50/3—10 kV	broj stanica	17	119	232	241
	broj transformatora	29	253	437	449
	snaga MVA	88	1673	1574	1732
3—10 kV/niski napon	broj stanica	990	3911	9784	10480
	broj transformatora	1217	4223	10620	11763
	snaga MVA	187	858	1884	2220
Dalekovodi: 220 kV	km	—	49,5	736	874
110 kV	km	83	1313,7	1942	2062
50—30 kV	km	493	2198,9	3137	3305
10— 3 kV	km	1691	8149,0	16512	16987
niski napon	km	4376	18011,0	33553	34749
Vršno opterećenje SRH	MW	82	382	911	1004

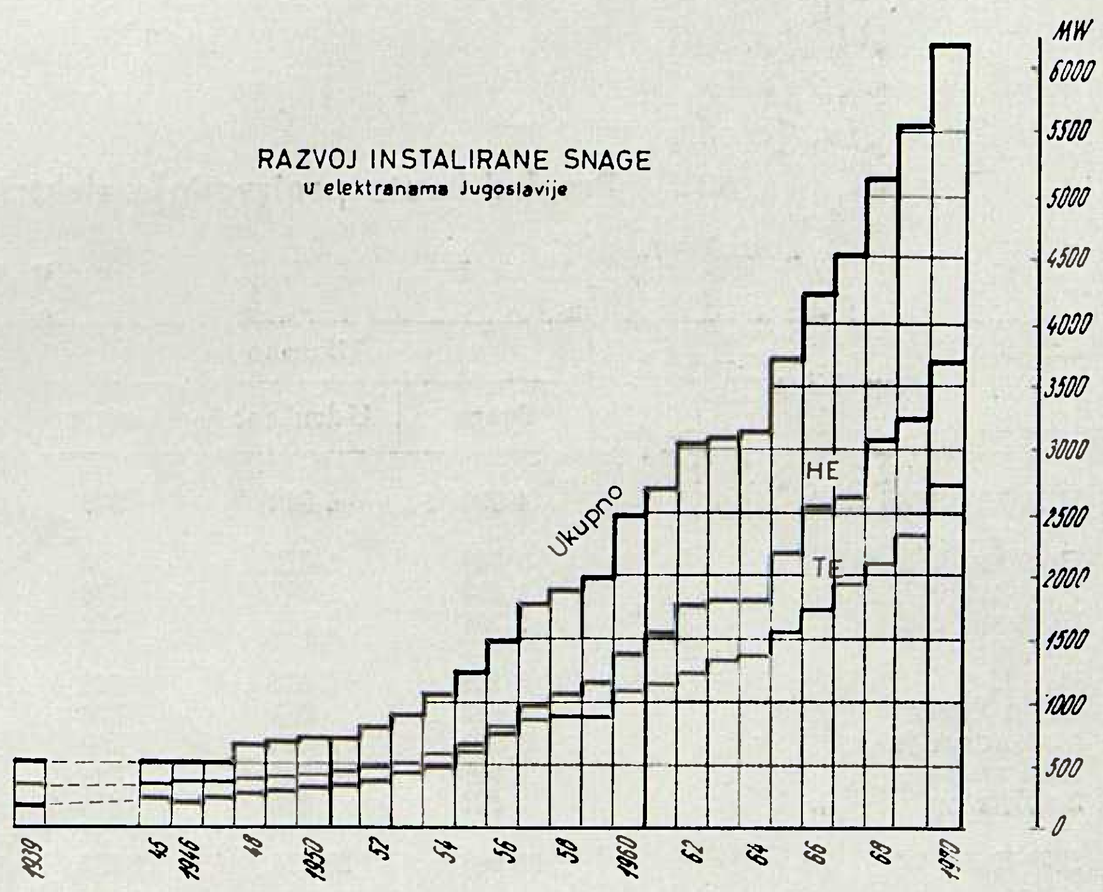
Mrežni transformatori u HE i TE uključeni u trafostanicama 220/110 i 110/35—50 kV.

PROIZVODNJA I INSTALIRANE SNAGE

Razvoj instalirane snage i proizvodnje električne energije u Jugoslaviji

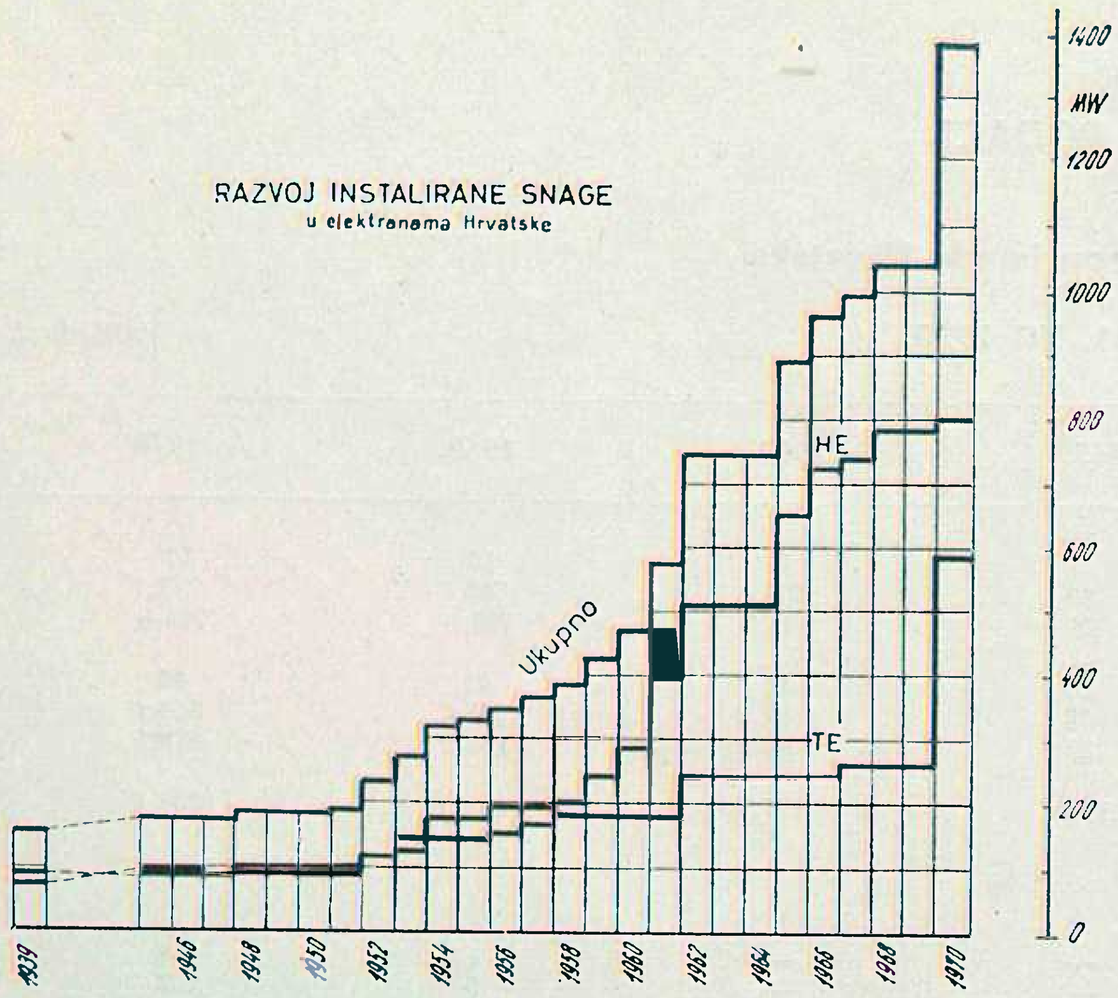
Tablica 2

Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1939	505	174	331	1 174	567	607
1945	524	211	313	817	316	501
1950	673	290	383	2 408	1 175	1 233
1955	1 220	639	581	4 340	2 610	1 730
1960	2 468	1 391	1 077	8 928	5 984	2 944
1965	3 711	2 176	1 535	15 523	8 985	6 538
1966	4 243	2 533	1 710	17 174	9 880	7 294
1967	4 527	2 589	1 938	18 702	10 655	8 047
1968	5 155	3 094	2 065	20 641	11 767	8 874
1969	5 522	3 226	2 296	23 375	14 733	8 642
1970	6 879	3 636	3 243	26 023	14 741	11 282



Sl. 1 Razvoj instaliranih snaga elektrana u SFRJ 1945—1970.

Sl. 2 Razvoj instalirane snage u elektranama Hrvatske



Razvoj instalirane snage i proizvodnje električne energije u Hrvatskoj

Tablica 3

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

Instalirana snaga elektrana 1970. po republikama

u MW

Tablica 4

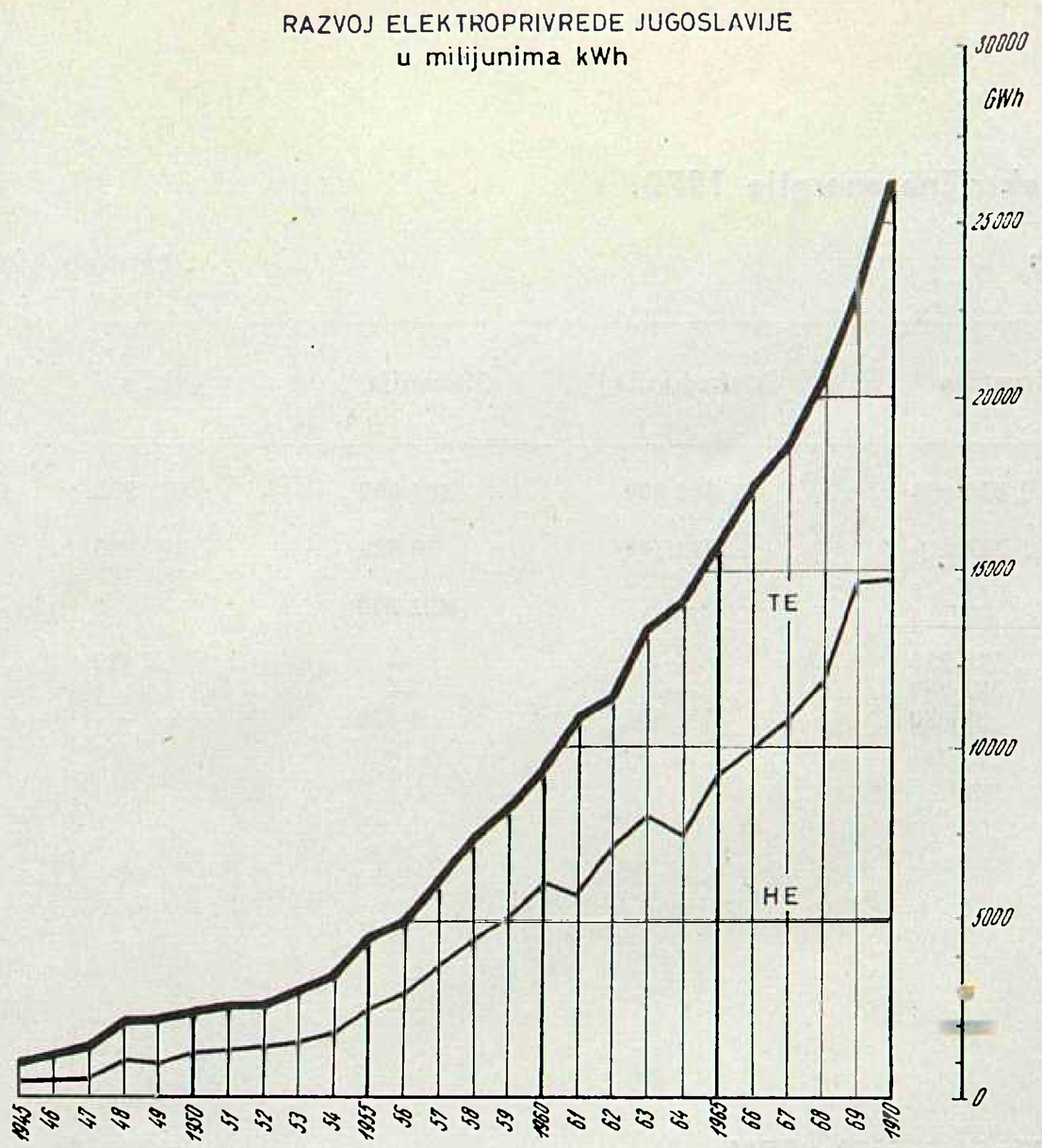
Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
HRVATSKA	1 375,4	1 222,4	153,0	780,0	743,0	37,0	595,4	479,4	116,0
Područje Split	393,0	345,0	48,0	360,0	345,0	15	33,0	—	33,0
Područje Rijeka	510,2	492,0	18,0	358,0	350,0	8	152,2	142,2	10,0
Područje Zagreb	472,2	385,2	87,0	62,0	48,0	14	410,2	337,2	73,0
BiH	1 254,3	1 129,3	125,0	722,0	706,0	16,0	532,3	423,3	109,0
Crna Gora	218,0	190,0	28,0	197,0	190,0	7,0	21,0	—	21,0
Makedonija	340,8	283,8	57,0	285,0	268,0	17,0	55,8	15,8	40,0
Slovenija	995,7	918,7	77,0	533,0	505,0	28,0	462,7	413,7	49,0
Srbija	2 671,9	2 454,9	217,0	1 095,2	1 067,2	28,8	1 576,7	1 387,7	189,0
SFRJ	6 856,1	6 199,1	657,0	3 612,2	3 479,2	133,0	3 243,9	2 719,9	524,0

Pregled bruto proizvodnje električne energije 1970. po republikama

u GWh

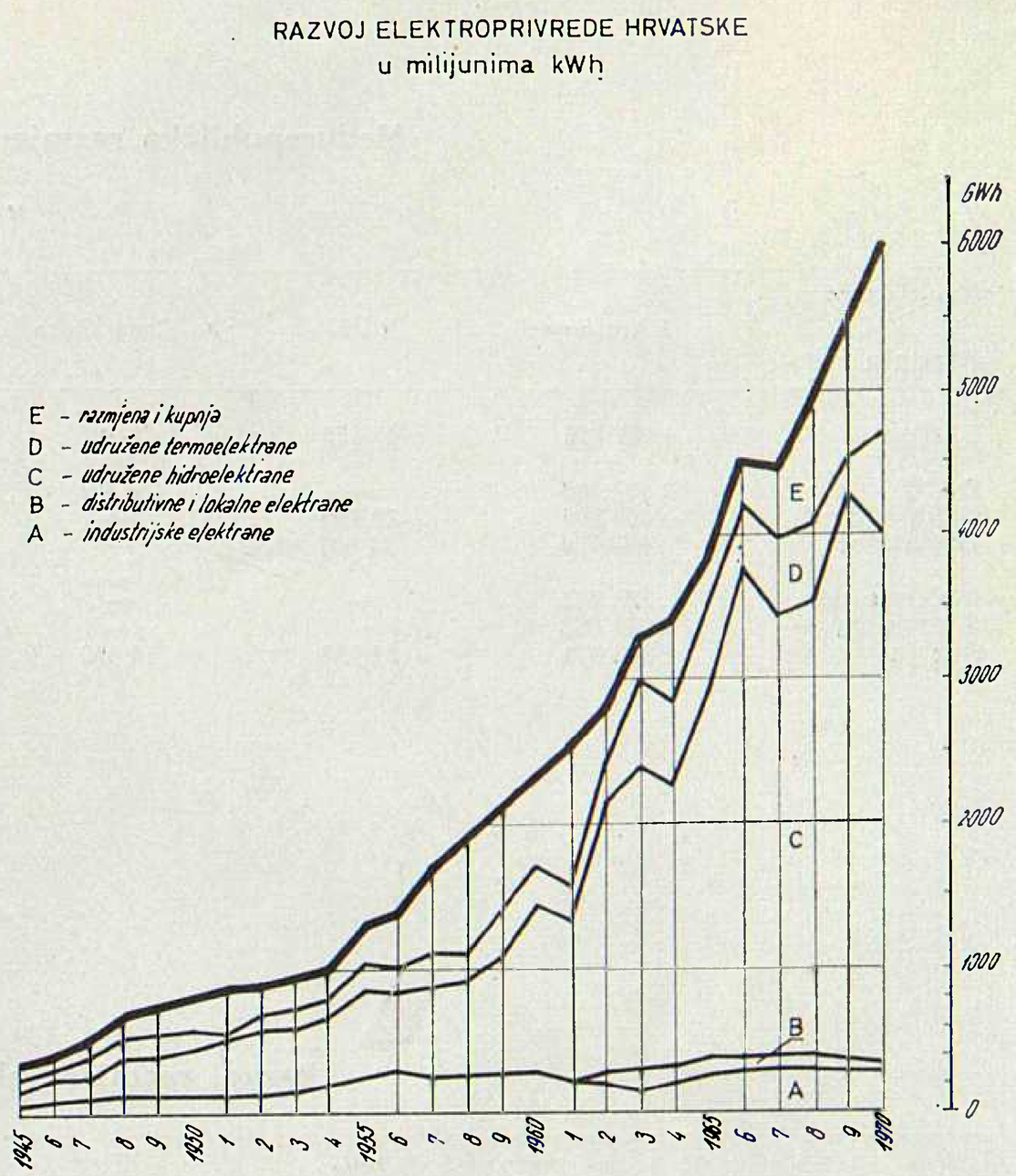
Tablica 5

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
HRVATSKA	4 692	4 362	330	3 726	3 640	86	966	722	244
Područje Split	1 889	1 817	72	1 866	1 817	49	23	—	23
Područje Rijeka	1 466	1 387	79	1 206	1 197	9	260	190	70
Područje Zagreb	1 337	1 158	179	654	626	28	683	532	151
BiH	5 619	5 018	601	3 056	2 947	109	2 563	2 071	492
Crna Gora	998	861	137	925	861	64	73	—	73
Makedonija	1 221	1 056	165	1 112	1 035	77	109	21	88
Slovenija	4 869	4 529	340	2 656	2 518	138	2 213	2 011	202
Srbija	8 695	7 885	810	3 336	3 210	126	5 359	4 675	684
SFRJ	26 094	23 711	2 383	14 811	14 210	600	11 283	9 500	1 783



Sl. 3. Kretanje ukupne proizvodnje električne energije u SFRJ 1945—1970.

Sl. 4. Razvoj elektroprivrede Hrvatske u milijunima kWh



Neto specifična proizvodnja i potrošnja električne energije u Jugoslaviji 1965. do 1970.

kWh po stanovniku

Tablica 6

Područje	1965.		1966.		1967.		1968.		1969.		1970.	
	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja
Hrvatska	771r	749r	906r	814r	890r	872r	916r	964r	1 011	1 055	1 036	1 271
Područje Split	2 845	1 294	2 541	1 444	2 430	1 609	2 210	1 639	2 460	1 632	2 276	1 856
Područje Rijeka	618	1 322	2 330	1 356	2 261	1 384	2 560	1 461	2 970	1 524	3 190	2 001
Područje Zagreb	287	555	308	615	326	679	398	749	341	832	401	1 012
B i H	850	517	915	518	1 015	526	1 201	639	1 255	659	1 466	783
Crna Gora	1 692	551	1 766	567	1 572	582	1 769	720	2 060	786	1 891	1 114
Makedonija	389	518	418	580	513	659	436	965	550	1 105	748	1 207
Slovenija	2 177	1 927	2 137	2 089	2 197	2 194	2 354	2 451	2 600	2 520	2 075	2 803
Srbija	506	484	587	532	694	598	778	718	807	775	972	973
Jugoslavija	796	679	870	733	937	794	1 024	883	1 100	978	1 216	1 168

Specifična proizvodnja električne energije u Jugoslaviji po stanovniku

kWh/stanovnik

Tablica 7

Godina	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
1939	75	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
1946	75	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
1950	147	91	15	130	37	636	89
1955	247	219	59	253	94	1 014	132
1960	484	561	304	404	295	1 692	290
1964	736	790	1 866	685	375	1 982	477
1965	796	850	1 693	792	389	2 177	506
1966	870	916	1 767	928	418	2 137	585
1967	937	1 015	1 571	913	513	2 197	694
1968	1 024	1 201	1 769	938	436	2 354	778
1969	1 149	1 302	2 101	1 033	563	2 721	865
1970	1 277	1 517	1 901	1 048	751	2 834	1 037

RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Međurepublička razmjena električne energije 1970.

u MWh

Tablica 8

Primila / Predala	Ukupno	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Ukupno	4 007 816	47 155	89 107	1 814 002	1 020 880	464 683	571 989
B i H	2 407 223	—	70 671	1 347 516	842 705	38 625	107 706
Crna Gora	469 006	10 705	—	—	3 020	—	455 281
Hrvatska	433 705	11 857	—	—	—	421 258	590
Makedonija	123 625	—	—	115 213	—	—	8 412
Slovenija	321 583	—	—	321 583	—	—	—
Srbija	252 674	24 593	18 436	29 690	175 155	4 800	—

Razvoj razmjene električne energije SRH

Tablica 9

Razmjena	1960.		1969.		1970.	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Nabava iz Slovenije	452,5		169,3		302,0	
Predaja u Sloveniju	—		322,9		427,0	
Saldo	*+452,5*	*+ 72,7*	*— 153,6*	*— 17,0*	*— 125,0*	*— 9,6*
Nabava iz Bosne	473,9		1155,9		1530,0	
Predaja u Bosnu	210,4		81,5		61,0	
Saldo	*+263,5*	*+ 42,4*	*+1074,4*	*+118,8*	*+1469,0*	*+112,6*
Nabava iz inozemstva	—		1,7		22,0	
Predaja u inozemstvo	94,0		18,2		61,0	
Saldo	*— 94,0*	*— 15,1*	*— 16,5*	*— 1,8*	*— 39,0*	*— 3,0*
Ukupno nabava	926,4		1326,9		1854,0	
Izvoz i predaja	304,4		422,6		549,0	
Saldo razmjene	*+622,0*	*+100,0*	*+ 904,3*	*+100,0*	*+1305,0*	*+100,0*

U tablici je sadržana razmjena na svim naponima.

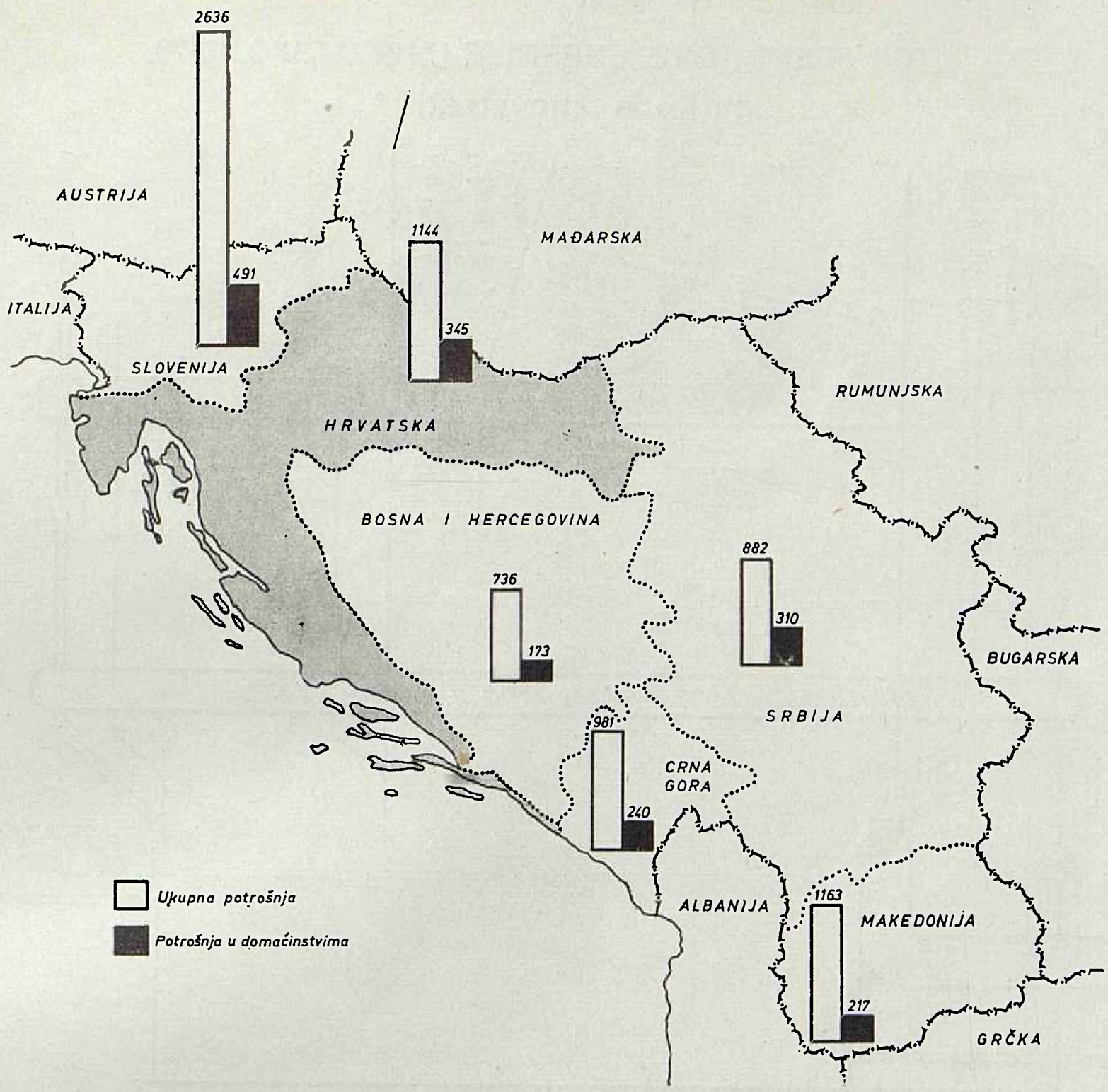
Razmjena između područja unutar Hrvatske

u MWh

Tablica 10

Godina	Split			Rijeka			Dubrovnik	Zagreb
	daje	prima	saldo	daje	prima	saldo	daje	prima
1965.	—	—	—	—	—	—	53 904	53 904
1966.	688 723	16 465	672 258	309 946	184 983	124 963	174 522	971 743
1967.	763 610	19 863	743 747	452 181	222 894	229 287	156 357	1 129 391
1968.	422 680	80 823	341 857	476 431	39 679	436 752	328 697	1 107 306
1969.	541 961	9 711	532 250	666 311	1 962	664 349	425 325	1 621 924
1970.	397 780	57 158	340 622	817 467	120 497	669 970	457 907	1 495 499

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



Sl. 5. Potrošnja električne energije Jugoslavije po stanovniku u 1970.

Bilanca ukupne proizvodnje i potrošnje električne energije u Jugoslaviji

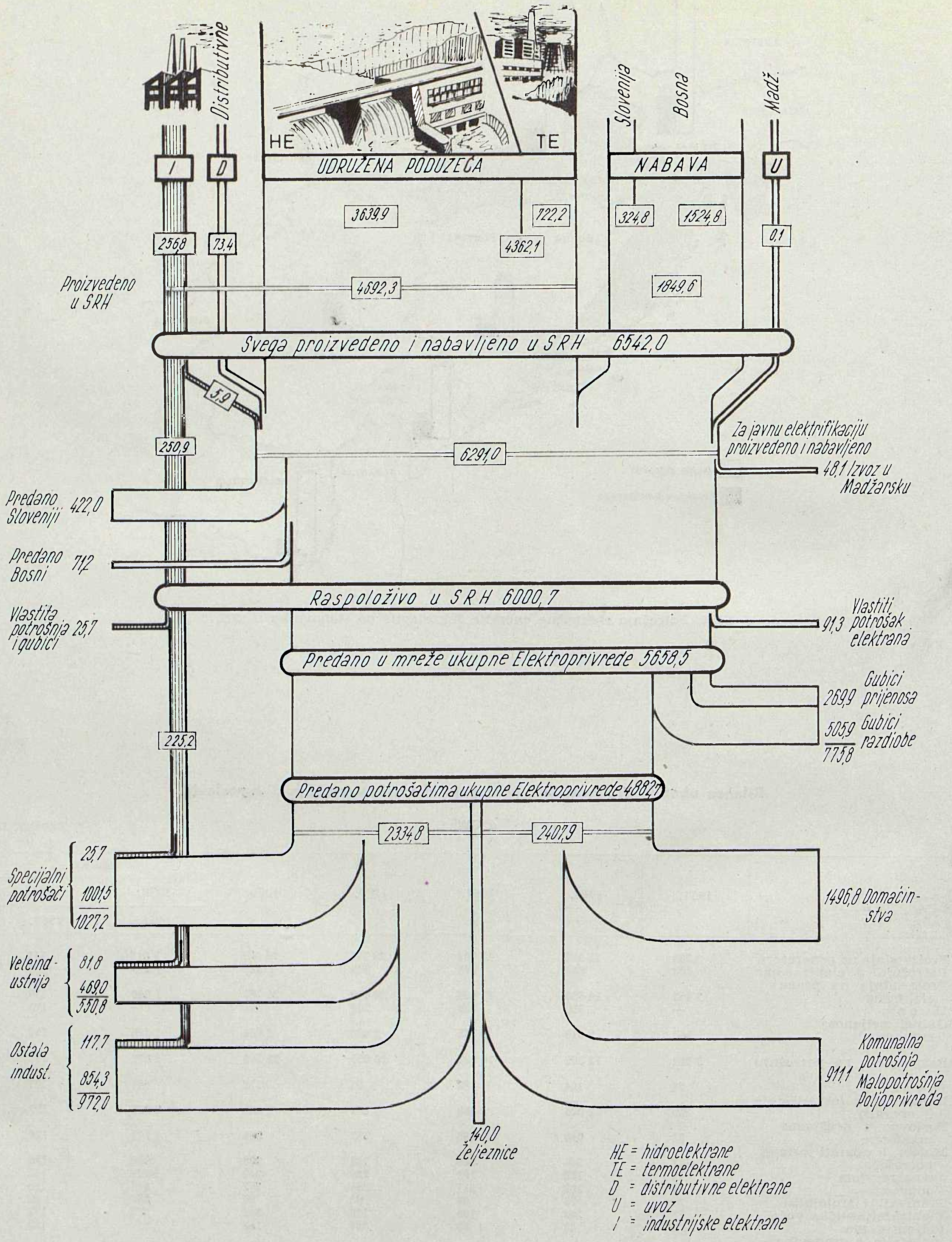
u GWh

Tablica 11

	1951.	1965.	1967.	1969.	1970.	Indeks 1970./1951.	Indeks 1970./1969.
Proizvodnja na generatoru	2 558	15 523	18 701	23 374	26 023	1 017	111
Potrošnja u elektranama	103	643	873	925	1 256	1 219	136
Proizvodnja na pragu elektrane	2 455	14 880	17 828	22 449	24 767	1 009	110
Uvoz	—	498	329	349	361	—	103
Gubici prijenosa i razvoda	243	2 016	2 135	2 699	2 980	1 226	110
Raspoloživo za potrošnju	2 212	13 362	16 022	20 099	22 148	1 001	110
Izvoz	34	104	189	91	152	447	167
Domaćinstva (osvjetljenje i aparati)	259	2 876	3 898	5 267	6 082	2 626	129
Poslovne i društvene prostorije	83	620	496	753	968	1 166	129
Motori i aparati ostalih potrošača	111	544	546	798	928	836	116
Javna rasvjeta	19	158	192	229	242	1 274	106
Vodovod	67	187	211	250	273	407	109
Tramvaji i trolejbusi	27	75	89	83	80	296	96
Elektroželjeznička vuča	14	103	128	170	301	215	177
Poljoprivreda	. . .	83	89	137	168	. . .	123
Industrija i građevinarstvo	1 597	8 612	10 183	12 325	12 954	811	105
Od toga elektrometalurgija i elektrokemija	431	3 361	4 008	5 181	5 259	1 220	102

TOK ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ 1970.

milijuna kilovatsati



Sl. 6. Tok električne energije u 1970.

Bilanca električne energije udružene Jugoslavenske elektroprivrede 1970.

u MWh

Tablica 12

	Elementi energetske bilance	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Proizvodnja i nabava energije	1. Ukupna bruto proizvodnja	23 711 123	5 017 655	861 177	4 362 092	1 055 720	4 529 012	7 885 467
	a) ukupna proizvodnja udruženih HE	14 211 345	2 947 237	861 177	3 639 898	1 034 928	2 517 649	3 210 456
	b) ukupna proizvodnja udruženih TE	9 499 778	2 070 418	—	722 194	20 792	2 011 363	4 675 011
	2. Ukupna vlastita potrošnja	1 037 129	188 904	5 628	89 996	4 525	203 635	544 441
	a) ukupna proizvodnja udruženih HE	57 333	12 349	5 628	15 644	2 352	11 962	9 398
	b) potrošnja za pumpanje vode u akumulac. bazen	—	—	—	—	—	—	—
	c) vlastita potrošnja TE	979 796	176 555	—	74 352	2 173	191 673	535 043
	3. Ukupna neto proizvodnja	22 673 994	4 828 751	855 549	4 272 096	1 051 195	3 325 377	7 341 026
	a) neto proizvodnja udruženih HE	14 154 012	2 934 888	855 549	3 624 254	1 032 576	2 505 687	3 201 058
	b) neto proizvodnja udruženih TE	8 519 982	1 893 863	—	647 842	18 619	1 819 690	4 139 968
	4. Ukupno primljena energ. od drugih prijenosnih poduzeća	—	47 155	89 107	1 814 002	1 020 880	464 683	571 989
	5. Ukupno prodata energija drugim prijenosnim poduzećima	—	2 407 223	469 006	433 705	123 625	321 583	252 674
	6. Ukupno nabavljena energija od distributivnih elektrana	435	—	—	—	435	—	—
	7. Ukupno nabavljena energija od ind. elektrana	12 303	—	627	2 842	—	—	8 834
	8. Ukupan uvoz energije iz inozemstva	361 490	—	—	90	19 020	180 230	162 156
	9. Ukupno raspoloživa energija	23 048 228	2 468 683	476 277	5 655 760	1 967 470	4 648 707	7 831 331
Raspodjela energije	10. Ukupno prodano distributivnim poduzećima	16 193 136	1 694 207	312 974	4 249 226	844 130	2 856 711	6 235 888
	11. Ukupno prodana energija direktnim potrošačima	5 512 944	605 792	135 131	1 088 536	951 425	1 618 695	1 113 365
	12. Ukupan izvoz energije u inozemstvo	152 034	—	—	48 141	41 316	32 533	30 044
	13. Ukupno isporučena energija	21 858 114	2 299 999	448 105	5 385 903	1 836 871	4 507 939	7 379 297
	14. Gubici energije u prijenosu	1 190 114	168 684	28 173	269 857	130 599	140 768	452 034

Proizvodnja i potrošnja električne energije Udružene elektroprivrede Hrvatske

u MWh

Tablica 13

Godine	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.
Proizvodnja na generatoru	3 039 571	3 615 920	3 580 555	3 707 099	4 154 663	4 362 092
Vlastiti potrošak	78 162	62 693r	64 129r	65 489	51 537	89 996
Proizvodnja na pragu	2 961 409	3 553 227r	3 516 426r	3 641 610	4 103 126	4 272 096
Razmjena saldo	+360 938	+163 392	+505 473r	809 595r	+900 756	+1 302 564
sa Slovenijom	+389 969	—158 216	—249 712	—326 471	—153 510	— 99 675
sa Bosnom	+ 10 347	+337 897	+741 292r	+1 137 522r	+1 070 816	+1 450 290
sa inozemstvom	— 39 377	— 16 289	+ 13 893	— 1 459	— 16 550	— 48 051
Nabava od:						
distributivnih elektrana	9 109	—	—	—	—	—
industrijskih elektrana	12 072	—	6 365	—	6 375	2 842
Razmjena i nabava, ukupno	382 119	163 392	511 838r	809 595r	907 131	1 305 406
Ukupno raspoloživo	3 343 528	3 716 619r	4 028 264r	4 451 205r	5 010 257	5 577 502
Predano:						
distributivnim poduzećima	2 512 910	2 755 609	3 026 526r	3 319 450r	3 726 509	4 219 109
direktnim potrošačima	602 152	726 699	790 811	907 025	1 002 755	1 088 536
Svega predano	3 115 062	3 482 308r	3 817 337	4 226 475r	4 729 264	5 307 645
Gubici u prijenosu na 220 i 110 kV	228 466	234 311r	210 927r	224 730r	280 993	269 857
Ukupno predano	3 343 528	3 716 619	4 028 264	4 451 205	5 010 257	5 577 502

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

Struktura potrošnje električne energije u Hrvatskoj 1970. po vrstama potrošnje i područjima

(uključeni gubici u distributivnoj mreži)

u MWh

Tablica 14

Područje	Industrija		Domaćinstvo	Ostala potrošnja		Gubici u distribut. mreži		Ukupno
	visoki napon	niski napon		visok napon	niski napon	MWh	%	
Potrošnja distribucije*								
Elektrodalmacija	192 816	16 162	368 820	39 380	143 698	128 018	14,4	888 894
Područje SPLIT	192 816	16 162	368 820	39 380	143 698	128 018	14,4	888 894
Elektroprimorje	175 623	8 419	162 242	18 758	74 860	48 441	9,9	488 343
Elektroistra	87 113	4 905	89 449	17 326	43 613	22 179	8,4	264 585
Područje RIJEKA	262 736	13 324	251 691	36 084	118 473	70 620	9,4	752 928
Elektra, Zagreb	508 114	41 765	586 601	33 066	371 345	200 855	11,5	1 741 746
Elektra, Karlovac	55 527	3 209	59 781	28 249	28 534	24 973	12,5	200 273
Elektra, Sisak	34 106	4 331	20 380	12 615	38 512	14 039	11,3	123 983
Elektroslavonija	196 908	8 122	209 496	38 206	72 216	67 352	11,4	592 300
Područje ZAGREB	794 655	57 427	876 258	112 136	510 607	307 219	11,5	2 658 302
SRH — DISTRIBUCIJA	1 250 207⁰	86 913⁰	1 496 769	187 600⁰	772 778⁰	505 857	11,8	4 300 124
Direktni potrošači								
Područje SPLIT	620 544			4 675				625 219
Područje RIJEKA	43 703			—				43 703
Područje ZAGREB	337 284			82 330				419 614
SRH — DIREKTNI	1 001 031			87 005				1 088 536
Ukupna potrošnja elektroprivrede								
Područje Split	813 360			4 675				1 514 113
Područje RIJEKA	306 439			—				796 631
Područje ZAGREB	1 131 939			82 330				3 077 916
Svega	2 251 738			87 005				5 388 660
Ukupno (po vrstama potroška u %)	41,8	1,6	27,8	5,1	14,3	9,4		100
Potrošak industrijskih elektrana								
Područje SPLIT		23 135						23 135
Područje RIJEKA		63 524						63 524
Područje ZAGREB		138 499						138 499
SR H — INDUSTR. ELEKTRANE		225 158						225 158
Ukupan potrošak u Republici, uključivo gubici u distributivnoj mreži								
Područje SPLIT							27,4	1 537 248
Područje RIJEKA							15,3	860 155
Područje ZAGREB							57,3	3 216 415
SVEGA	2 251 738	312 071	1 496 769	274 605	772 778	505 857		
SRH — SVEUKUPNO PO VRST. POTROŠKA	2 563 809		1 496 769	1 047 383		505 857		5 613 818
— u postocima	45,7		26,7	18,6		9,0		100,0

Bilanca proizvodnje i potrošnje električne energije distributivnih poduzeća Hrvatske

u GWh

Tablica 15

Godine	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.
Proizvodnja distrib. elektrana						
— ukupno na generatoru	89 700r	76 593r	69 691r	77 463	84 514	73 394
od toga HE	86 005r	74 021r	69 670r	77 442	84 335	73 394
TE	3 695r	2 572	21r	21	179	—
Vlastiti potrošak, ukupno	1 912r	1 567	989r	1 415	1 236	1 270
od toga HE	1 665r	1 339	989r	1 415	1 236	1 270
TE	247	228	2r	—	—	—
Neto proizvodnja: HE	84 340r	72 682r	68 683r	76 027	89 099	72 124
TE	3 448r	2 344	19r	21	179	—
Svega na pragu	87 788r	75 026	68 702	76 048	83 278	72 124

(nastavak, Tablica 15)

Godine	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.
Nabava od:						
udruž. poduz.	2 512 910	2 755 609	3 026 526	3 319 450r	3 726 509	4 219 109
saldo direktne nabave	19 063r	13 298r	10 932r	10 121r	7 029	8 891
Ukupna nabava	2 531 973r	2 768 907r	3 037 458r	3 329 571r	3 733 538	4 228 000
Ukupno raspoloživo	2 619 761r	2 843 933r	3 106 160r	3 405 619r	3 816 816	4 300 124
Predano potrošačima	2 344 869r	2 507 787r	2 722 628r	3 019 450r	3 390 984	3 794 267
Gubici u mreži distribucije	274 892r	336 146r	383 532r	386 169	425 832	505 857
Ukupno predano:	2 619 761r	2 843 933r	3 106 160r	3 405 619r	3 816 816	4 300 124

Razvoj neto specifične proizvodnje i neto specifične potrošnje

Tablica 16

Godina	Stanovništvo × 1000	Proizvodnja u Hrvatskoj GWh	Potrošnja u Hrvatskoj GWh	Specifična proizvodnja kWh/stanovnik	Specifična potrošnja kWh/stanovnik
1939.	4 062	432	422	106	104
1945.	3 674*	224	255	61	69
1946.	3 722*	273	342	73	92
1947.	3 758	379	435	101	126
1948.	3 700	497	565	131	149
1949.	3 820	524	627	137	164
1950.	3 851	556	669	144	174
1951.	3 882	591	732	152	188
1952.	3 913	623	741	159	189
1953.	3 946	716	783	181	198
1954.	3 978	810	844	204	212
1955.	4 013	1 025	1 076	255	268
1956.	4 040	1 007	1 180	249	292
1957.	4 067	1 076	1 404	264	345
1958.	4 089	1 169	1 577	268	384
1959.	4 115	1 392	1 767	338	429
1960.	4 140	1 671	1 943	404	469
1961.	4 169	1 555	2 132	373	511
1962.	4 198	2 334	2 380	555	567
1963.	4 229	2 948r	2 853r	697r	677
1964.	4 252	2 793r	2 903r	657r	683r
1965.	4 281	3 308r	3 204r	772r	749r
1966.	4 312	3 903r	3 508r	906r	814r
1967.	4 340	3 861r	3 783r	889r	872r
1968.	4 364	3 996r	4 200r	917r	964r
1969.	4 406	4 447r	4 650r	1 009r	1 055
1970.	4 411	4 692	5 596	1 043	1 269

* Procjena stanovništva za ove dvije godine provedena grafičkom ekstrapolacijom.

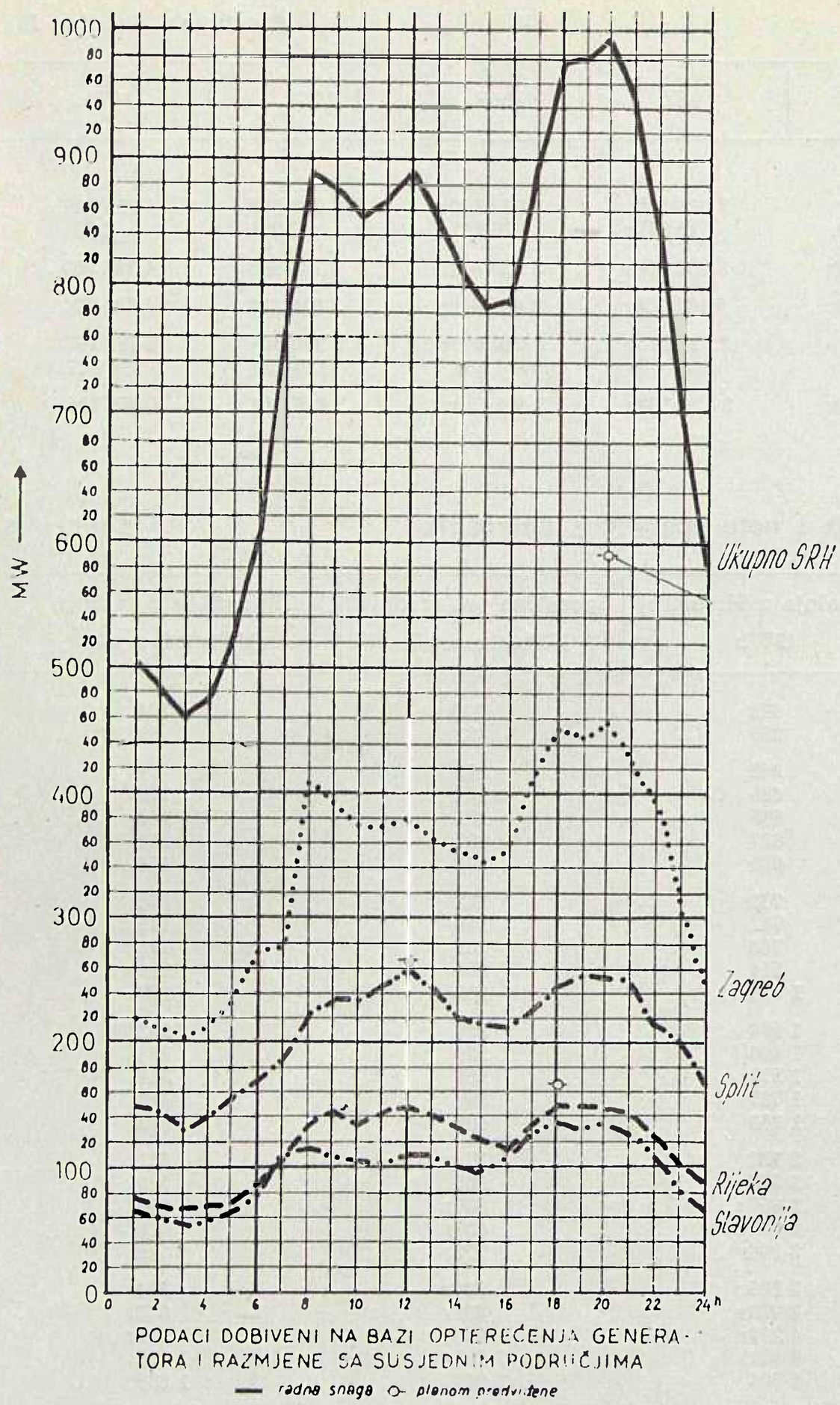
Stanovništvo prema podacima Statističkog godišnjaka Elektroprivrede SFRJ 1970., Beograd.

Potrošnja električne energije u Hrvatskoj

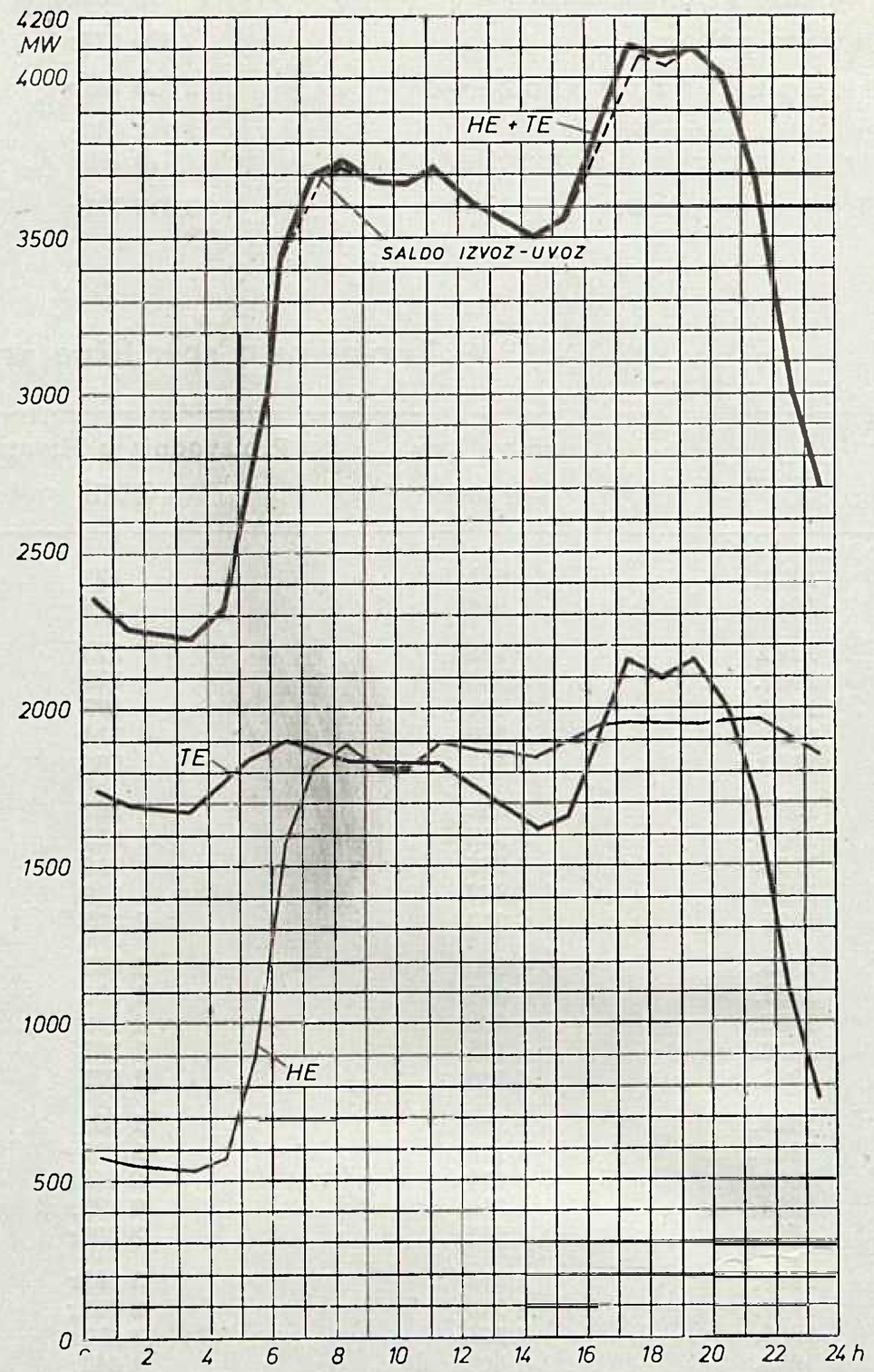
Tablica 17

Potrošači	1960.		1969.		1970.	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Elektrokemija	183,6	8,0	486,8	9,0	494,8	8,3
Elektrometalurgija	289,7	12,6	328,9	6,1	326,6	5,4
Ostali ind. dir. pot.	95,8	4,2	163,2	3,0	179,1	3,0
Dir. ind. potr. ukupno	569,1	24,8	978,9	18,1	1000,5	16,7
Neindustr. dir. potroš.	—	—	23,8	—	87,6	—
Ugljenokopi	21,1	0,9				
Cementare	117,2	5,1	1222,2	22,5	1428,6	23,8
Ostala industrija	333,4	14,5				
Indust. vlast. snabd.	212,4	9,3	255,8	4,7	248,0	4,2
Ukupna industrija	*1253,2*	*54,6*	*2456,9*	*45,3*	*2677,1*	*44,7*
Električne željeznice	20,7	0,9	90,8	1,6	169,0	2,8
Domaćinstva	409,2	17,8	1333,2	24,6	1410,0	23,5
Komunalna potrošnja	165,2	7,2				
Poljoprivreda	9,1	0,4	769,1	14,2	912,0	15,2
Ostali	67,5	3,0				
Široka potrošnja	651,0	28,4	2102,3	38,8	2322,0	38,7
Ukupno potrošači	*1924,9*	*83,9*	*4650,0*	*85,7*	*5168,1*	*86,2*
Vlastita potrošnja	61,5	2,7	67,6	1,2	87,1	1,4
Gubici razvoda	175,9	7,7	425,8	7,9	447,4	7,5
Potrošnja u SRH	*2162,3*	*94,3*	*5143,4*	*94,8*	*5702,6*	*95,1*
Gubici prijenosa	131,0	5,7	281,0	5,2	291,4	4,9
Raspoloživo bruto	*2293,3*	*100,0*	*5424,4*	*100,0*	*5994,0*	*100,0*

Pojedine stavke su djelomično procijenjene



Sl. 7 Dnevni dijagrami opterećenja za SRH



Sl. 8. Dnevni dijagrami opterećenja za SFRJ

POTROŠNJA GORIVA U TERMOELEKTRANAMA

Potrošnja goriva u udruženim termoelektranama Jugoslavije

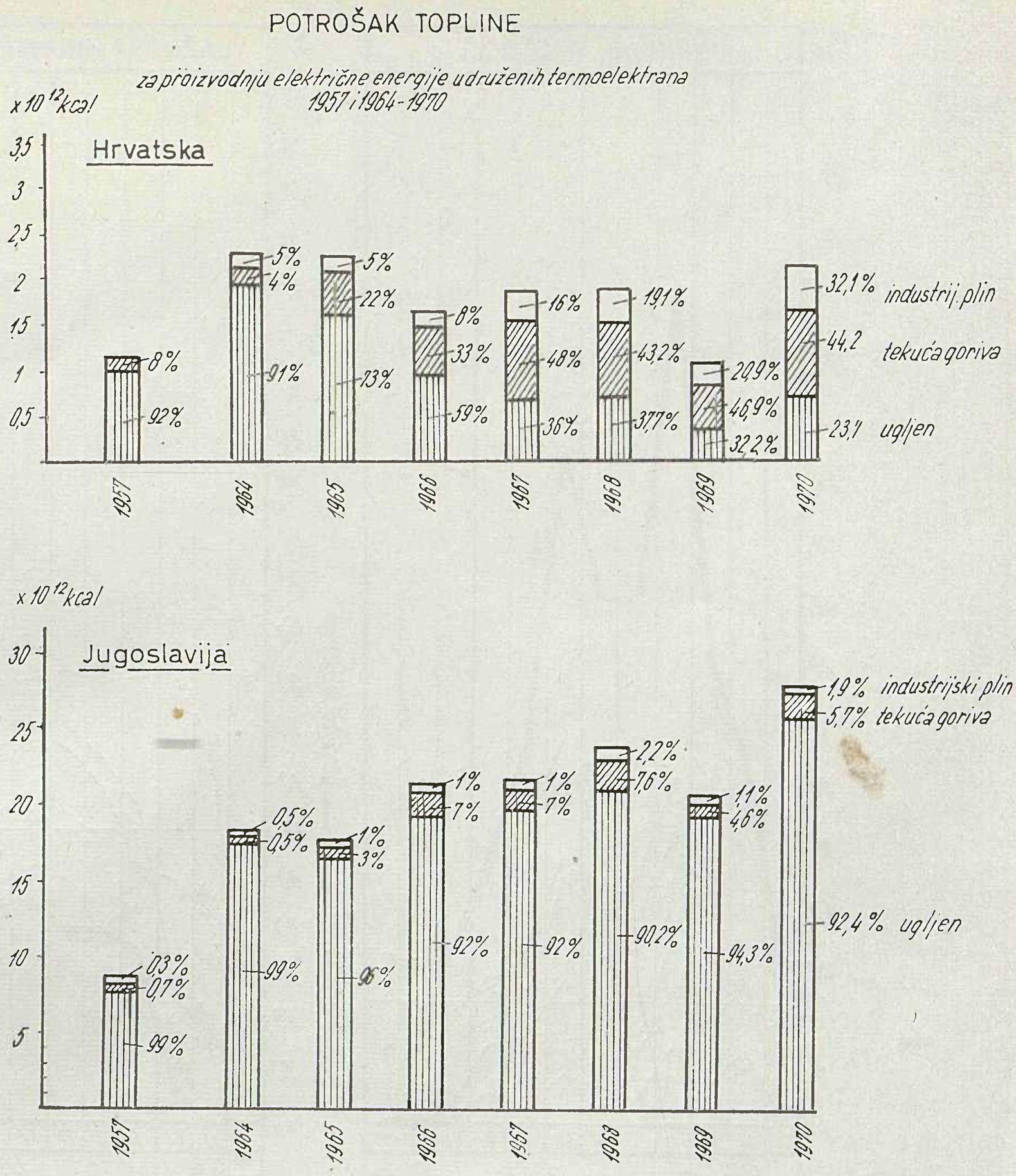
Tablica 18

	Ugljen - tona				Tekuća goriva - tona	Prirodni plin u 000 Nm³
	ukupno	kameni	mrki	lignit		
1960	3 529 182	35 343	1 041 033	2 452 806	4 548	58 861
1965	7 769 741	18 482	1 649 573	6 101 686	49 378	74 285
1966	9 081 378	11 712	1 496 021	7 573 645	154 938	112 849
1967	8 936 287	13 923	1 692 459	7 229 905	148 667	76 858
1968	9 641 152	51 091	1 899 347	7 690 714	184 449	53 529
1969	9 192 455	26 630	1 821 527	7 344 298	102 768	35 823
1970	11 821 034	192 240	2 580 283	9 048 511	203 350	68 556

Potrošnja goriva u Udruženim termoelektranama Hrvatske

Tablica 19

Gorivo		1960.	1969.	1970.
Ugljen: kameni	t	33 734	6 064	91 484
mrki	t	32 143	—	—
lignit	t	391 324	143 156	75 975
Ukupno	t	457 201	149 220	167 459
Tekuće gorivo	t	2 854	52 018	96 580
Zemni plin	10³ Nm³	—	22 845	51 964
Svega kalorija	10⁶	1 066 130	1 051 174	2 119 571
kcal/kWh		5 193	3 833	2 935
kg/kWh		2,3	1,6	1,2



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

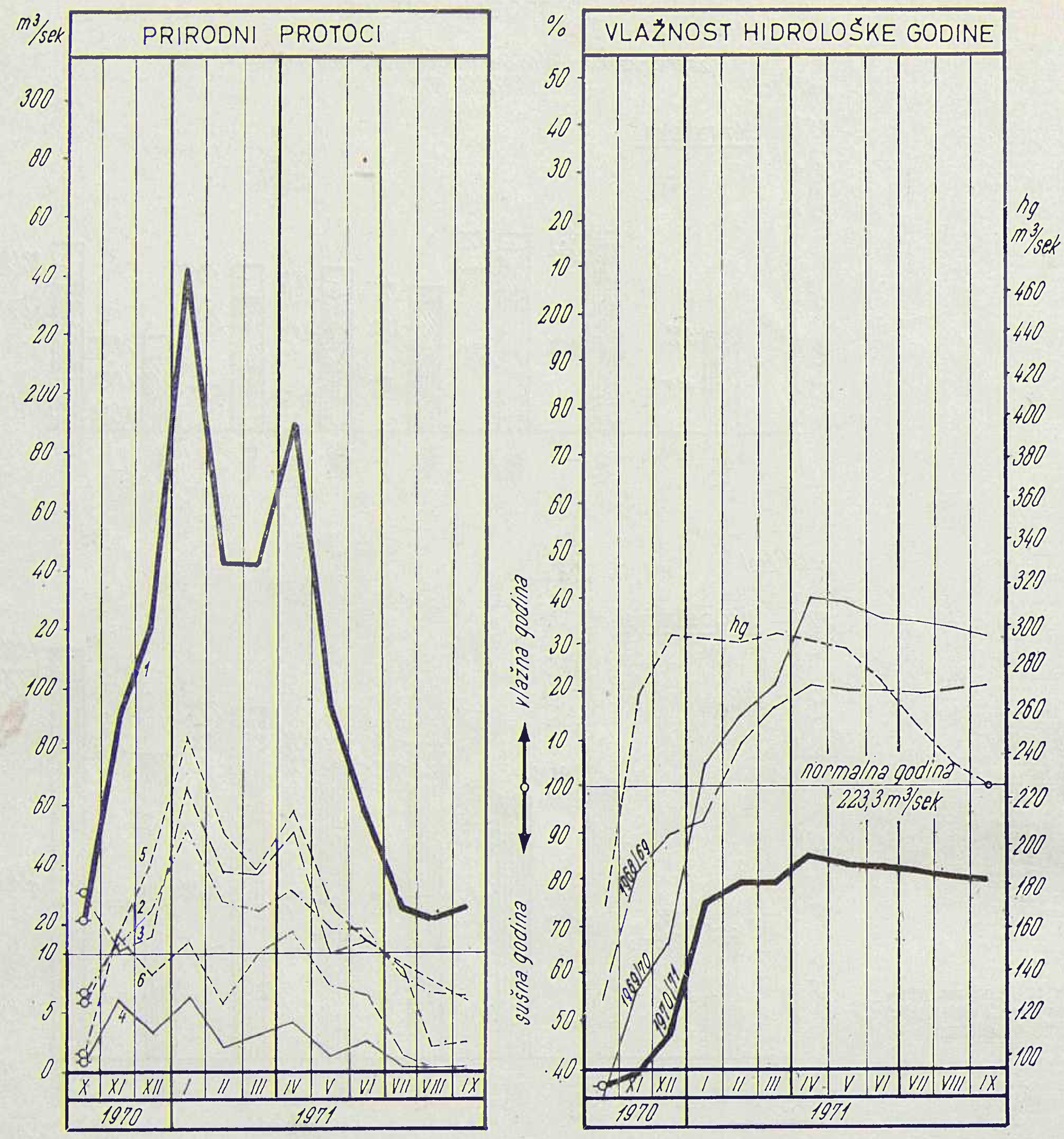
PROTOCI U HIDROELEKTRANAMA

Srednji mjesečni i godišnji prirodni protoci rijeka, u razdoblju 1969. do 1971.

m^3/sek.

Tablica 20

Vodotok	Godina	Prosjek	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Cetina														
profil Gard. Mlinica	1969.	116,9	165,7	253,9	232,2	177,5	141,3	95,3	46,1	30,0	65,9	30,2	88,3	143,6
	1970.	150,7	348,2	234,0	242,9	369,9	194,4	94,9	42,0	28,3	22,5	21,0	88,6	121,6
	1971.	—	242,2	144,0	142,0	190,8	94,3	58,8	24,7	20,6	24,7	—	—	—
Krka														
profil Mataše	1969.	31,8	23,0	79,7	57,0	50,2	30,8	32,5	13,4	9,0	18,5	9,6	24,9	33,1
	1970.	28,6	49,9	39,5	46,0	86,7	32,0	18,5	11,2	8,6	7,6	6,4	13,5	23,2
	1971.	—	51,1	26,9	24,6	31,5	18,8	18,6	8,5	6,6	6,1	—	—	—
Mrežnica+Dobra	1969.	37,3	27,1	62,6	68,4	80,6	37,3	28,9	8,3	32,2	17,3	3,6	52,1	29,4
	1970.	39,1	83,7	69,8	59,2	118,3	46,8	9,7	6,9	18,6	4,4	25,8	11,6	14,7
	1971.	—	65,3	38,2	36,3	49,8	11,0	15,6	9,5	1,8	2,1	—	—	—
Ličanka-Lokvarka Križ	1969.	3,3	4,3	7,2	4,1	5,3	2,5	1,0	0,2	3,4	1,5	0,1	6,8	3,0
	1970.	3,3	7,3	5,2	5,2	8,8	1,5	0,5	0,9	0,5	0,3	0,7	6,1	3,1
	1971.	—	6,3	1,9	3,1	4,1	1,4	2,3	0,7	0,2	0,2	—	—	—
Lika i Gacka	1969.	49,9	64,5	88,7	95,2	95,5	28,0	27,5	12,5	13,0	46,0	15,1	48,1	64,9
	1970.	49,8	130,4	101,4	115,8	97,4	36,7	21,0	15,3	10,2	8,7	6,2	14,7	39,7
	1971.	—	81,9	51,5	36,6	58,3	26,6	15,6	9,2	7,2	6,0	—	—	—
Rječina	1969.	9,4	9,1	14,0	10,1	12,5	20,0	5,8	1,3	9,9	5,3	0,3	19,7	4,6
	1970.	9,3	20,5	6,8	10,6	19,9	14,9	6,9	2,9	2,1	2,5	0,9	16,1	8,1
	1971.	—	13,6	5,6	10,1	16,0	7,2	6,8	0,9	—	—	—	—	—



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

Vlažnost	Hidrološke godine 1969/70.			Hidrološke godine 1970/71.		
Vodotok:	Zimsko razdoblje	Ljetno razdoblje	Godišnje razdoblje	Zimsko razdoblje	Ljetno razdoblje	Godišnje razdoblje
Cetina	126,6%	172,2%	142,4%	88,6%	94,8%	90,7%
Krka	102,1%	135,8%	114,7%	73,4%	74,6%	73,7%
Dobra-Mrežnica	115,7%	156,2%	129,6%	75,1%	68,7%	73,2%
Ličanka-Lokvarka	83,6	84,0%	82,5%	63,6%	60,0%	62,5%
Lika-Gacka	128,4%	125,1%	127,5%	62,1%	81,3%	67,7%
Rječina	93,7%	81,2%	87,7%	82,0%	50,1%	67,0%
Ukupno	120,7%	149,8%	130,6%	78,8%	82,6%	80,1%

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

Sl. 10. Hidraulicitet vodotoka u hidrološkoj godini 1970/1971.

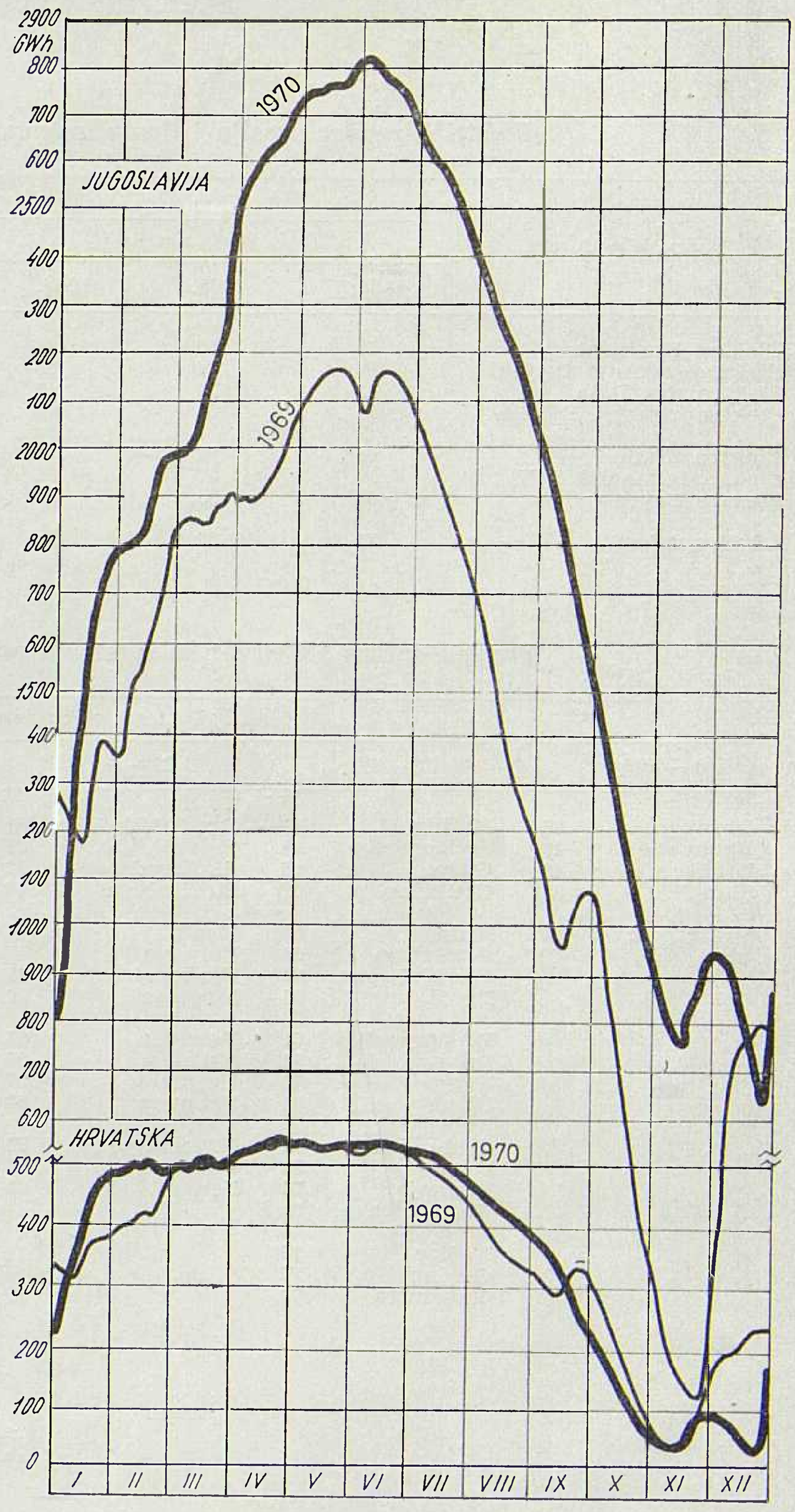
Korisni volumen akumulacionih jezera

u MWh

Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija
Bileća	1 013 000
Mavrovo	365 000
Bistrica-Kokin Brod	201 000
Rama	400 000
Vlasina	178 000
Slano	138 000
Vrtac	89 000
Jablanica	58 000
Perućica - Krupac	52 000
Tikveš	50 000
Špilje	40 000
Ukupno	2 584 000

Akumulacija u SRH	Moguća korisna akumulacija
Peruća-Zakučac	352 000
Senj-Kruščica	140 000
Vinodol	44 000
Ukupno SRH	536 000
Ostale SFRJ	2 584 000
Svega SFRJ	3 120 000

Sl. 11. Kretanje akumulacija 1968/69.

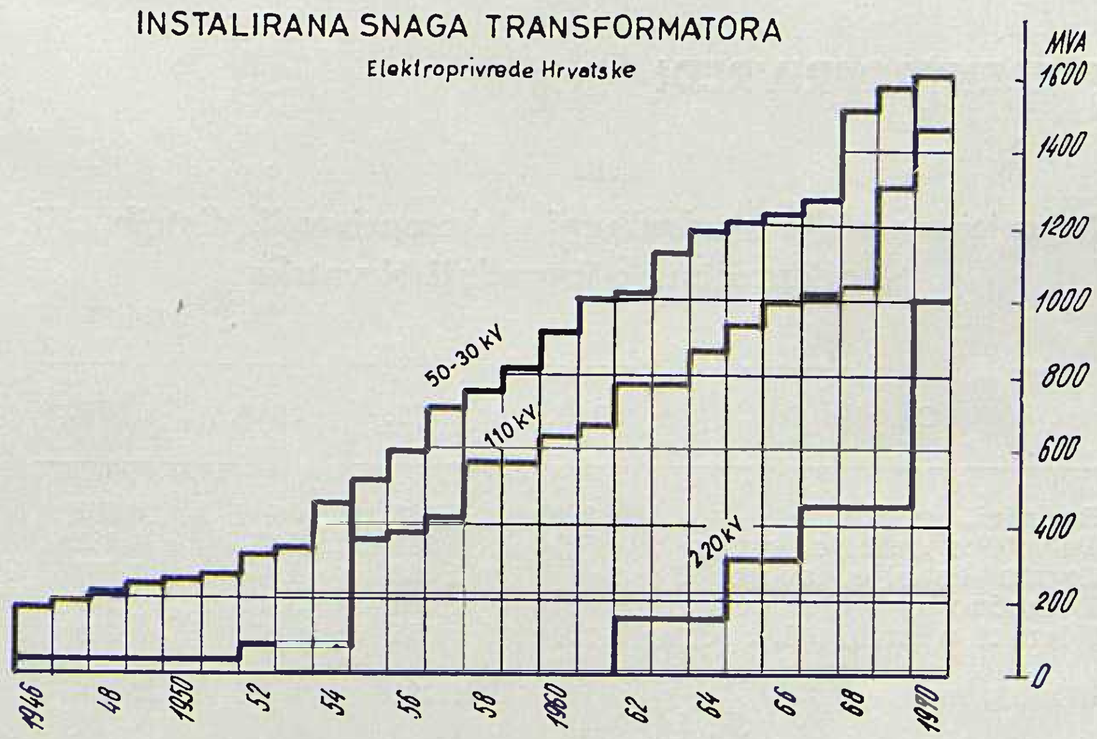


PRIJENOSNA MREŽA

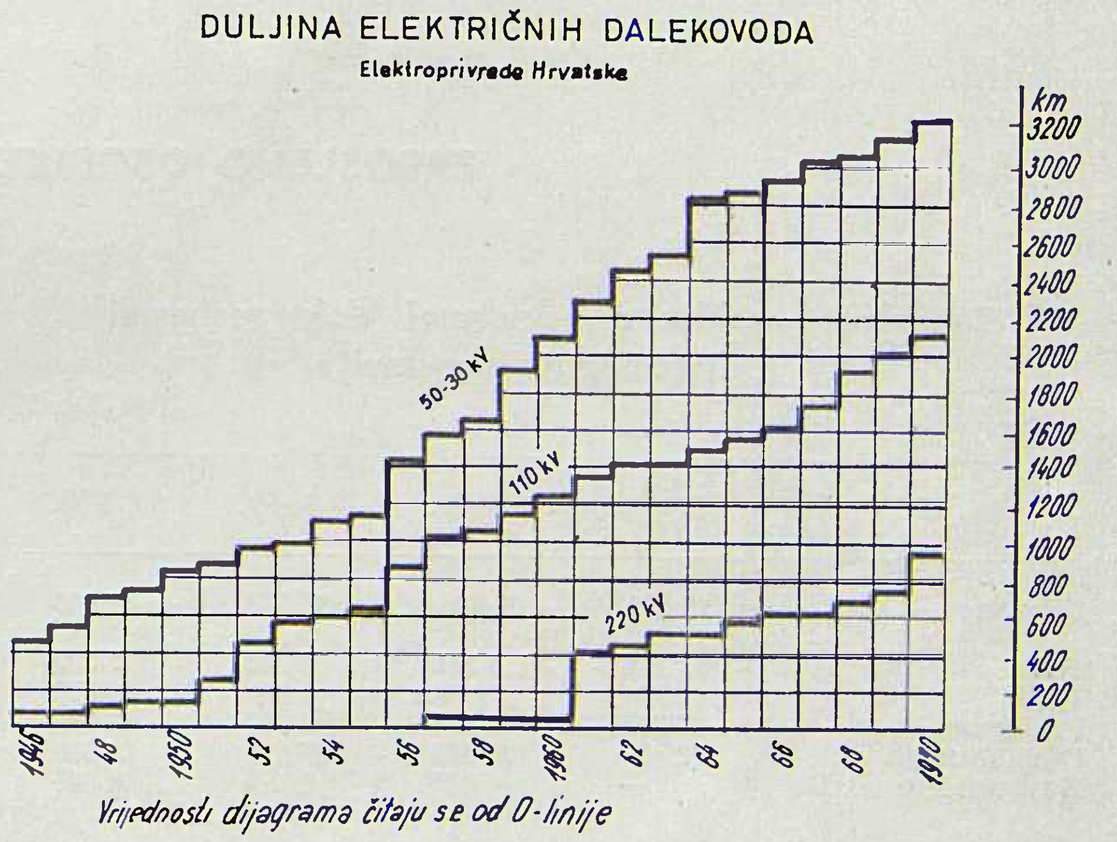
Razvoj prijenosne mreže Jugoslavije

Tablica 21

	Dalekovodi u km		Trafostanice u MVA	
	220 kV	110 kV	220 kV	110 kV
1955	—	2 884	—	1 070
1960	409	5 428	150	2 361
1965	2 290	6 550	1 300	3 691
1966	2 418	6 783	1 600	3 798
1967	2 693	7 173	1 900	4 120
1968	3 151	7 560	2 350	4 390
1969	3 366	8 039	2 500	5 095
1970	4 204	8 290	2 800	5 683



Sl. 12. Instalirana snaga transformatora elektroprivrede Hrvatske



Sl. 13. Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Hrvatske

ELEKTRIFIKACIJA HRVATSKE

Elektrificiranost naselja i domaćinstava po područjima distributivnih poduzeća

Tablica 22

Područje poduzeća	Postotak elektrificiranosti							
	naselja %				domaćinstava %			
	1964.	1966.	1968.	1970.	1964.	1966.	1968.	1970.
Elektra Karlovac	59	72	84	92	60	67	76	84
Elektroslavonija Osijek	66	74	85	91	59	71	77	82
Elektroistra Pula	83	88	95	98	94	95	97	99
Elektroprimorje Rijeka	70	88	90	93	91	95	96	98
Elektra Sisak	65	72	78	96	52	60	68	79
Elektrodalmacija Split	59	67	78	88	67	75	81	89
Elektra Zagreb	88	95	97	99,7	85	89	92	96
SR Hrvatska	75	83	90	95	76	82	85	92

Pregled općina SR Hrvatske svrstanih po postotku elektrificiranosti domaćinstava

Tablica 23

Postotak elektrificiranosti domaćinstava											
0 – 60 %		61 – 80 %		81 – 90 %		91 – 98 %		99 – 100 %		100 %	
Obrovac	36	Križevci	61	Donji Miholjac	81	Novska	91	Čabar	99	Brač	100
Benkovac	43	T. Korenica	62	Šibenik	81	Mali Lošinj	92	Delnice	99	Dubrovnik	100
Gračac	49	Gospić	65	Sl. Brod	82	Buje	93	Đurđevac	99	Dugo Selo	100
Slunj	54	Grubišno p.	67	Sl. Požega	83	Kutina	93	Imotski	99	Jastrebarsko	100
Vrginmost	58	Knin	67	Sisak	83	Virovitica	93	Klanjec	99	Omiš	100
Senj	59	P. Slatina	67	Valpovo	83	Koprivnica	94	Makarska	99	Opatija	100
		Donji Lapac	68	Vinkovci	85	Metković	94	Novi Marof	99	Ploče	100
		Drniš	69	Petrinja	86	Nova Gradiška	94	Poreč	99	Pula	100
		B. Manastir	71	Daruvar	87	Osijek	94	Vrbovsko	99	Rab	100
		Đakovo	73	Sinj	87	Velika Gorica	94	Zlatar Bistrica	99	Rijeka	100
		Pag	73	Vojnić	87	Crikvenica	95	Buzet	99,1	Samobor	100
		Glina	74	Vrbovec	88	Čazma	95	Pazin	99,1	Zagreb	100
		Orahovica	74	Vrgorac	90	Ivanić Grad	95	Zabok	99,1	Zaprešić	100
		Dvor	75	Vukovar	90	Pakrac	95	Hvar	99,3	Zelina	100
		Županja	76	Zadar	90	Ozalj	95	Krapina	99,3		
		Kostajnica	78			Duga Resa	96	Korčula	99,5		
		Našice	78			Novigrad	96	Rovinj	99,5		
		Otočac	78			Ogulin	96	Varaždin	99,5		
		Garešnica	79			Split	96	Donja Stubica	99,7		
						Vis	96	Krk	99,7		
						Biograd	98	Labin	99,9		
						Čakovec	98	Bjelovar	99,6		
						Ivanec	98				
						Karlovac	98				
						Lastovo	98				
						Ludbreg	98				
						Trogir	98				
						Umag	98				

ZAPOSLENO OSOBLJE U ELEKTROPRIVREDI

Zaposleno osoblje u udruženoj elektroprivredi i distribuciji Jugoslavije

Tablica 24

	1965.	1968.	1969.	1970.
Ukupno	26 809	38 796	39 895	41 439
HE	678	3 572	3 845	3 892
TE	376	5 855	5 911	6 456
Prijenos	7 327	2 229	2 340	2 553
Distribucija	18 428	26 463	26 729	27 513
Zajedničke služ e	—	677	1 070	1 025

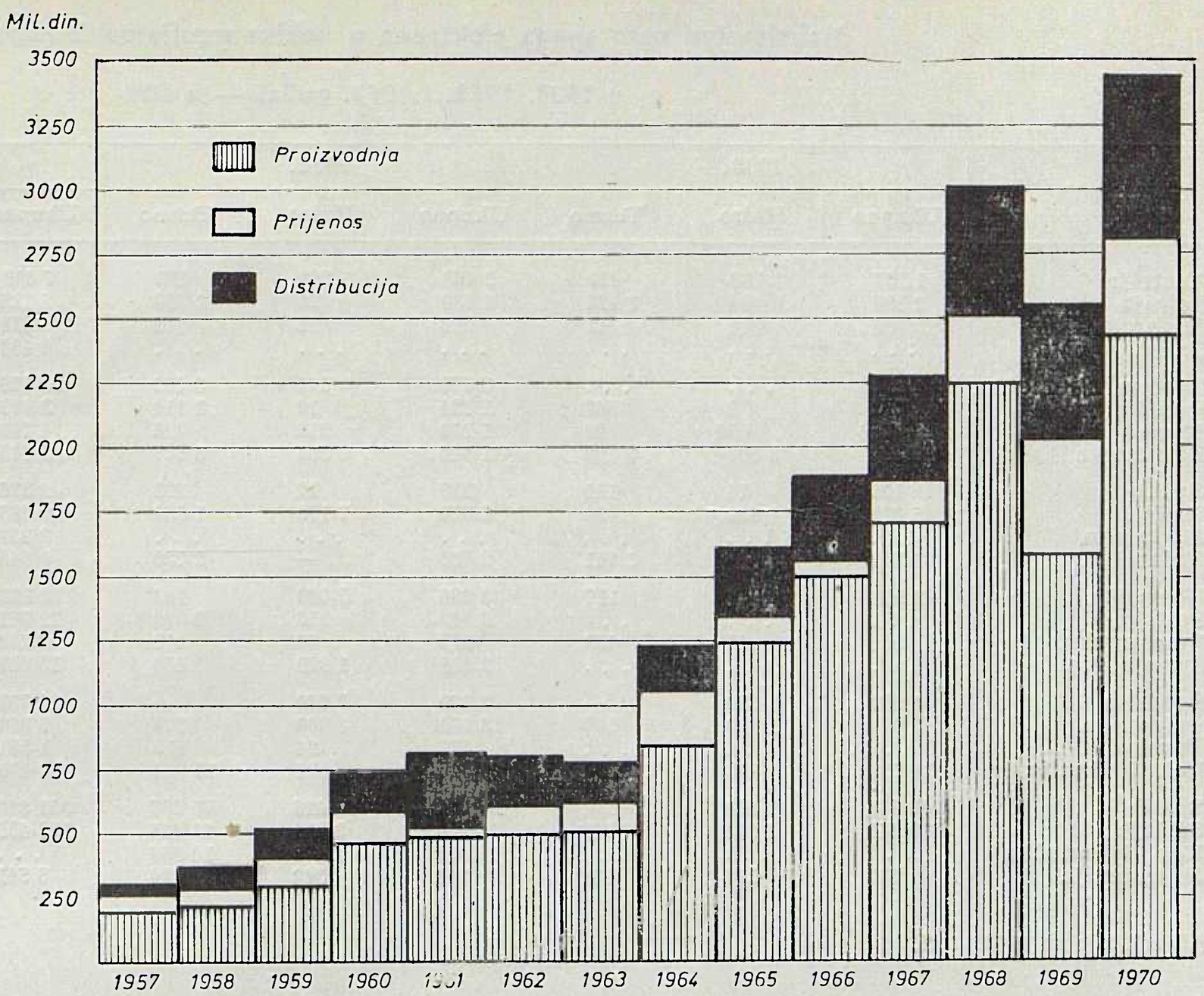
Zaposleno osoblje u udruženoj elektroprivredi, distribuciji i poduzećima u izgradnji Hrvatske

Tablica 25

Osoblje	1960.	1968.	1969.	1 70.
Radnici, svega	4 978	6 283	6 311	6 501
Tehničko osoblje, svega	565	949	965	1 082
Ostalo osoblje, svega	1 447	1 836	1 934	2 037
Pomoćno osoblje, svega	489	308	256	254
Učenici u privredi, svega	290	355	360	319
Ukupno:	7 769	9 731	9 826	10 193

Podaci se odnose na udružena i distributivna poduzeća i poduzeća u izgradnji.

INVESTICIJE



Sl. 14. Investiciona ulaganja u elektroprivredu Jugoslavije 1957—1970.

Investiciona ulaganja u elektroprivredne kapacitete 1957—1970. godine

Tablica 26

Godina	Proizvodnja	Prijenos	Svega	Distribucija	Ukupno	Učešće elektroprivrede u investijama industrije u %
1957.	203	52	255	45	300	22,8
1958.	220	58	278	82	360	22,2
1959.	283	114	397	119	516	23,0
1960.	434	128	562	180	742	23,9
1961.	470	139	509	297	806	20,1
1962.	485	114	599	193	792	17,7
1963.	502	104	606	169	775	14,6
1964.	889	159	1 048	173	1 221	18,2
1965.	1 239	106	1 345	265	1 610	23,1
1966.	1 464	84	1 548	325	1 873	22,6
1967.	1 702	170	1 872	391	2 263	28,5
1968.	2 244	262	2 506	511	3 017	29,8
1969.	1 635	400	2 035	521	2 556	25,2
1970.	2 420	390	2 810	640	3 450	. . .

NEKI PODACI IZ SVJETSKE ELEKTROPRIVREDE

Specifična neto potrošnja po stanovniku u nekim zemljama Evrope i SAD

kWh/stanovnik

Tablica 27

Zemlja	1938.	1960.	1965.	1969.	Zemlja	1938.	1960.	1965.	1969.
Austrija	316	1 640	2 155	2 648	Norveška	3 110	7 671	11 284	. . .
Belgija	573	1 467	2 022	2 671	Poljska	. . .	819	1 119	1 563
Bugarska	. . .	513	1 025	1 671	Rumunjska	63	340	710	1 171
Čehoslovačka	. . .	1 496	2 107	2 700	Španjolska	. . .	485	799	1 450
Danska	284	1 010	1 711	2 403	Švedska	1 134	3 921	5 517	6 792
Istočna Njemačka	. . .	2 044	2 718	3 146	Švicarska	1 138	2 896	3 372	3 738
Finska	766	1 832	2 218	3 839	Turska	. . .	86	134	194
Francuska	400	1 436	1 924	2 408	Vel. Britanija	609	2 242	3 085	3 701
Grčka	54	227	447	866	S A D	965	4 310	5 470	7 013
Mađarska	126	669	1 026	1 336	S S S R	203	1 193	2 040	2 628
Italija	310	964	1 402	1 848	Zapadna Njemačka	. . .	1 960	2 597	3 323
Holandija	365	1 278	1 805	2 585	Jugoslavija	. . .	393	679	1 006

Maksimalna neto snaga elektrana u nekim zemljama Evrope i SAD

u 1938, 1952. i 1968. godini — u MW

Tablica 28

Zemlja	1938.			1952.			1969.			
	Ukupno	Hidro	Termo	Ukupno	Hidro	Termo	Ukupno	Hidro	Termo	Nuklearne
Austrija	1 157	738	419	2 408	1 709	699	7 469	5 176	2 293	—
Belgija	2 152	24	2 128	2 730	24	2 706	6 225	62	6 152	11
Bugarska	85	44	41	308	96	212	4 019	810	3 209	—
Čehoslovačka	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	9 458	1 448	8 010	—
Istočna Njemačka	. . .	. . .	. . .	3 870	101	3 769	11 179	652	10 452	—
Danska	552	9	543	1 124	10	1 114	3 888	8	3 880	—
Finska	750	430	320	1 230	810	420	4 749	2 106	2 643	—
Francuska	6 300	3 000	3 300	11 940	6 303	5 637	35 445	14 438	19 382	1 625
Grčka	196	14	182	310	12	298	2 318	1 042	1 276	—
Italija	5 012	4 082	930	8 729	7 170	1 559	27 885	13 153	14 126	606
Mađarska	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	2 252	18	2 234	—
Holandija	1 741	—	1 741	2 730	—	2 730	9 645	—	9 595	50
Norveška	2 055	1 938	117	3 234	3 088	146	12 122*	11 981*	141*	—
Poljska	. . .	. . .	. . .	2 543	213	2 330	12 761	477	12 284	—
Rumunjska	501	48	453	873	60	813	6 702	850	5 582	—
Španjolska	. . .	. . .	. . .	2 629	1 979	650	13 607*	8 458*	5 009*	141
Švedska	1 650	1 650	—	3 820	3 820	—	14 797	10 529	4 258	10
Švicarska	2 090	1 960	130	3 200	3 000	200	9 880	8 970	560	350
Turska	. . .	. . .	. . .	437	24	413	1 881	736	1 145	—
Vel. Britanija	11 722	323	11 399	20 548	634	19 914	57 459	2 155	51 332	3 972
S A D	46 873	11 682	35 191	97 312	21 416	75 896	331 820	53 375	274 465	3 980
SSSSR	8 941	1 173	7 768	25 250	3 814	21 436	183 435	29 645	153 790	. . .
Zap. Njemačka	. . .	. . .	. . .	13 426	2 470	10 956	. . .	. . .	. . .	. . .
Jugoslavija	505	174	331	742	342	400	5 541	3 277	2 264	—

* Podatak za 1968. god.

Neto proizvodnja električne energije u nekim zemljama Evrope i SAD

u GWh

Tablica 29

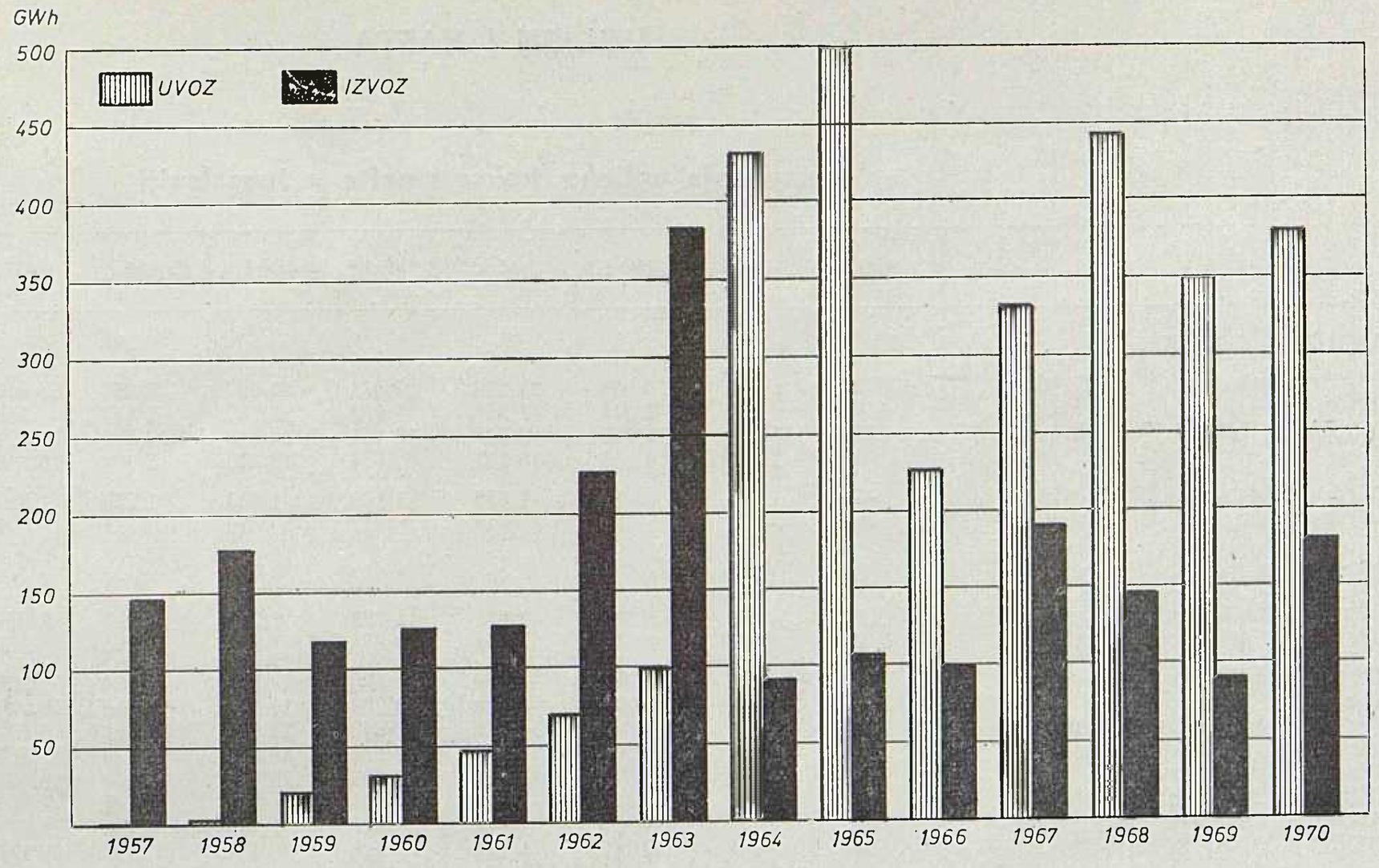
	Austrija			Belgija			Bugarska			Čehoslovačka			Danska			Istočna Njemačka		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1938.	2994	2408	586	5132	44	5088	207	140	67	4052	493	3559	1144	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
1960.	15919	11844	4075	14120	172	13948	4657	1886	2771	22589	2479	20110	5242	—	5242	40305	617	39688
1963.	18432	11946	6486	17756	140	17616	6358	2079	4579	27746	2280	25466	7037	—	7037	47450	547	46903
1968.	25696	18169	7526	25062	241	24749	15451	1305	14146	38117	3108	35009	12083	—	12083	57012	1158	55462
1969.	26346[g]	16718	9628	27598[a]	227	27332	17230[g]	1839	15391	39624	2476	37148	16573	22	16551	58832[a]	1205	57202

	Finska			Francuska			Grčka			Mađarska			Italija			Holandija		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1938.	3110	2460	650	18770	10026	8744	427	25	402	1315	. . .	. . .	15544	14585	761	3472	—	3472
1960.	8339	5119	3220	69601	39591	30810	2130	442	1688	7431	93	7338	54284	45389	8895	15515	—	15515
1963.	11575	8292	3283	85509	42652	42857	3168	808	2360	9466	81	9385	65876	45433	20443	19836	—	19836
1968.	17875	10475	7400	114971	49220	65751	7339	1354	5985	13155	88	13067	100247	43179	57068	31846	—	31846
1969.	19206	8183	11023	31583[a]	52916	74179	8422	2031	6391	12691	92	12599	106329[a]	41745	60431	35505[a]	—	35207

	Norveška			Poljska			Rumunjska			Španjolska			Švedska			Švicarska		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1938.	9927	9820	107	3699	. . .	. . .	1130	148	982	. . .	. . .	. . .	8162	7307	855	7043	7010	33
1960.	30963	30745	218	26851	654	26197	7626	397	7229	17582	14871	2711	34794	31143	3651	20672	20504	168
1963.	39267	39089	178	33374	663	32711	11651	537	11114	24734	20053	4681	40675	38025	2650	22803	22549	254
1968.	60123	60029	94	51429	1047	50382	27828	1562	26266	43890	24040	19773	56324	48871	7433	30765	29441	1324
1969.	57185	56994	191	55673	899	54774	21509[g]	2217	29292	50044[a]	30154	19103	58065[a/g]	41844	16160	29666	28145	1521[b]

	Turska			Velika Britanija			SAD			SSSR			Zapadna Njemačka			Jugoslavija		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1938.	312	. . .	. . .	31822	985	30837	141955	48395	93651	39366	5084	34282	32430	7180	25250	1173	566	607
1960.	2887	1026	1861	129700	3130	126570	830458	149063	691395	292520	51024	241496	108945	12817	96128	8917	5952	2945
1963.	3978	2109	1869	157358	3660	153698	1007896	168693	839203	412418	75859	336559	137319	12193	125126	13556	8044	5512
1968.	6829	3172	3657	207661	4441	203220	1448992	225874	1210155	638661	104040	534621[b]	189701	16522	173179	20641	11768	8874
1969.	7517	3410	4107	223295[a]	4369	193155	1552299[a]	253362	1284424	689051[g]	115181	573870[b]	210985[a]	14348	192014	22349	14306	8643

[a] Atomske i ostale elektrane uključene u zbir (Svega)
[b] Atomske i ostale elektrane uključene u TE
[g] Podaci se odnose na generator (bruto)



Sl. 15. Razmjena električne energije sa susjednim zemljama

Izvoz i uvoz električne energije u nekim zemljama Evrope u 1969. godini

u GWh

Tablica 30

Zemlja izvoznica \ Zemlja uvoznica	Austrija	Belgija	Bugarska	Čehoslovačka	Danska	Istočna Njemačka	Finska	Grčka	Francuska	Mađarska	Italija	Luksemburg	Holandija	Norveška	Poljska	Rumunjska	Španjolska	Švedska	Švicarska	Vel. Britanija	SSSR	Zap. Njemačka	Jugoslavija
Austrija				164						229	108											4444	124
Belgija									154			576										56	
Bugarska																							64
Čehoslovačka	218					. . .				19					75						3		
Danska																		2885				1045	
Ist. Njemačka				82											646							32	
Finska																		487					
Francuska		382									620	1					90		805	581		1448	
Grčka																							47
Mađarska	155		. . .	729																	. . .		23
Italija									80										353				6
Luksemburg		1																				775	
Holandija		116																				484	
Norveška							2											1651					
Poljska				995		. . .				664													
Rumunjska			. . .	. . .																	. . .		85
Španjolska									2390														
Švedska					578		408							211									
Švicarska	185								1208		2143											3808	
Vel. Britanija									2														
SSSR				2112			227			3071					749	. .							
Zap. Njemačka	973	123							100			1530	27						2927				
Jugoslavija	53		19							19													

UGLJEN I NAFTA

Proizvodnja ugljena, koksa i nafte u Jugoslaviji

Tablica 31

	1939.	1946.	1952.	1963.	1964.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.
UGLJEN I KOKS											
Ugljen ukupno, hilj. tona	7 032	6 652	12 098	27 422	29 511	29 957	29 292	26 467	26 732	26 496	27 422
Kameni ugljen, hilj. tona	1 410	757	1 011	1 286	1 262	1 169	1 133	909	835	681	643
Mrki ugljen, hilj. tona	4 132	3 824	6 842	9 945	10 715	10 509	10 080	9 023	9 508	9 442	8 989
Lignit, hilj. tona	1 210	2 072	4 245	16 191	17 534	18 279	18 080	16 535	16 389	16 373	18 790
Koks koksara, hilj. tona	—	—	15	1 090	1 160	1 253	1 226	1 219	1 234	1 226	1 309
Koks plinara, hilj. tona	35	21	26	17	17	14	11	7	2	—	—
NAFTA I PLIN											
Sirova nafta, hilj. tona	1,1	29	152	1 611	1 799	2 063	2 222	2 374	2 494	2 699	2 854
Prirodni plin, mil. m³	2,6	8,5	14	191	274	330	402	461	584	730	977
Benzin, hilj. tona	65	2,2	100	344	386	546	788	886	935	1 003	1 233
Gazolin, tona	—	104	2 055	6 339	9 788	14 882	17 042	18 020	22 578	22 836	24 560
Petrolej za osvjetlj, tona	38 784	3 423	15 881	14 142	13 343	15 613	14 428	15 592	15 689	12 479	11 854
Petrolej za motore, tona	1 000	—	17 306	74 719	84 856	66 083	79 236	81 473	103 762	133 603	151 356
Vajt špirit, tona	—	498	4 700	12 301	16 084	15 619	16 288	16 870	17 871	18 764	20 540
Plinsko ulje, hilj. tona	49	3,1	122	610	701	890	1 142	1 389	1 380	1 722	2 092
Ulje za loženje, hilj. tona	36	9,1	185	480	683	1 148	1 764	1 816	1 847	1 967	2 509
Maziva ulja, hilj. tona	24	2,0	22	112	126	134	158	133	103	88	103
Parafin, tona	200	—	854	1 195	1 062	1 138	1 005	830	667	509	547
Bitumen, hilj. tona	25	0,0	22	120	151	112	140	771	245	314	358
Čađa, tona	207	215	658	4 281	4 907	5 099	6 560	12 423	8 936	15 531	13 469

Proizvodnja ugljena i nafte u Hrvatskoj

Tablica 32

	1969. t	1970. t	Indeks 1969.=100
UGLJEN			
kameni, Raša	381.070	363.300	0,955
mrki, Golubovec	14.197	3.200	0,225
Pregrada	44.235	25.300	0,573
Krapina	30.269	16.100	0,531
M. Središče	81.788	34.100	0,416
Koprivnica	7.982	—	—
Siverić	13.476	1.800	0,133
ostali	—	—	—
svega mrki	191.947	80.500	0,420
lignit, Ivanec	295.004	247.900	0,840
Koprivnica	34.913	15.900	0,455
Sinj	14.010	10.300	0,735
ostali	—	—	—
svega lignit	343.927	274.100	0,797
Ukupno sve vrste	916.944	717.900	0,784

NAFTA	1969. t	1970. t	Indeks 1969.=100
sirova nafta	1,934.000	2,057.000	106,5
prirodni plin mln m³	404.000	476.000	117,8
benzin	667.000	826.000	123,5
gazolin	12,931.000	12,972.000	100,1
petrolej za osvjetljenje	9,155.000	7,833.000	0,856
petrolej za motore	105,237.000	113,558.000	108,0
špirit	14,173.000	13,292.000	0,942
plinsko ulje	1,076.000	1,327.000	123,4
ulje za loženje	703.000	1,093.000	155,5
maziva ulja	69.000	52.000	0,751
parafin	509.000	547.000	107,8
bitumen	215.000	211.000	0,982
čađa	15,531.000	13,469.000	0,865

Literatura:

1. Godišnjak elektroprivrede Hrvatske 1970.
2. Statistički godišnjak elektroprivrede SFRJ za 1970.
3. Statistički godišnjak SFRJ 1971.

PREFABRICIRANA BETONSKA TRANSFORMATORSKA STANICA 10/0,4 kV do 630 kVA

Tvornica el. uređaja u Sesvetskom Kraljevcu poduzeća »Rade Končar«, isporučuje prefabricirane transformatorske betonske stanice koje su se pokazale veoma pogodne i naišle na vrlo veliki interes. Stoga u kratkim crtama iznosimo njezina svojstva.

Kućište transformatorske stanice izrađeno je iz laganog betona s povećanom toplotnom izolacijom. Na mjesto ugradnje doprema se u elementima i tu se jednostavnim postupkom sastavlja.

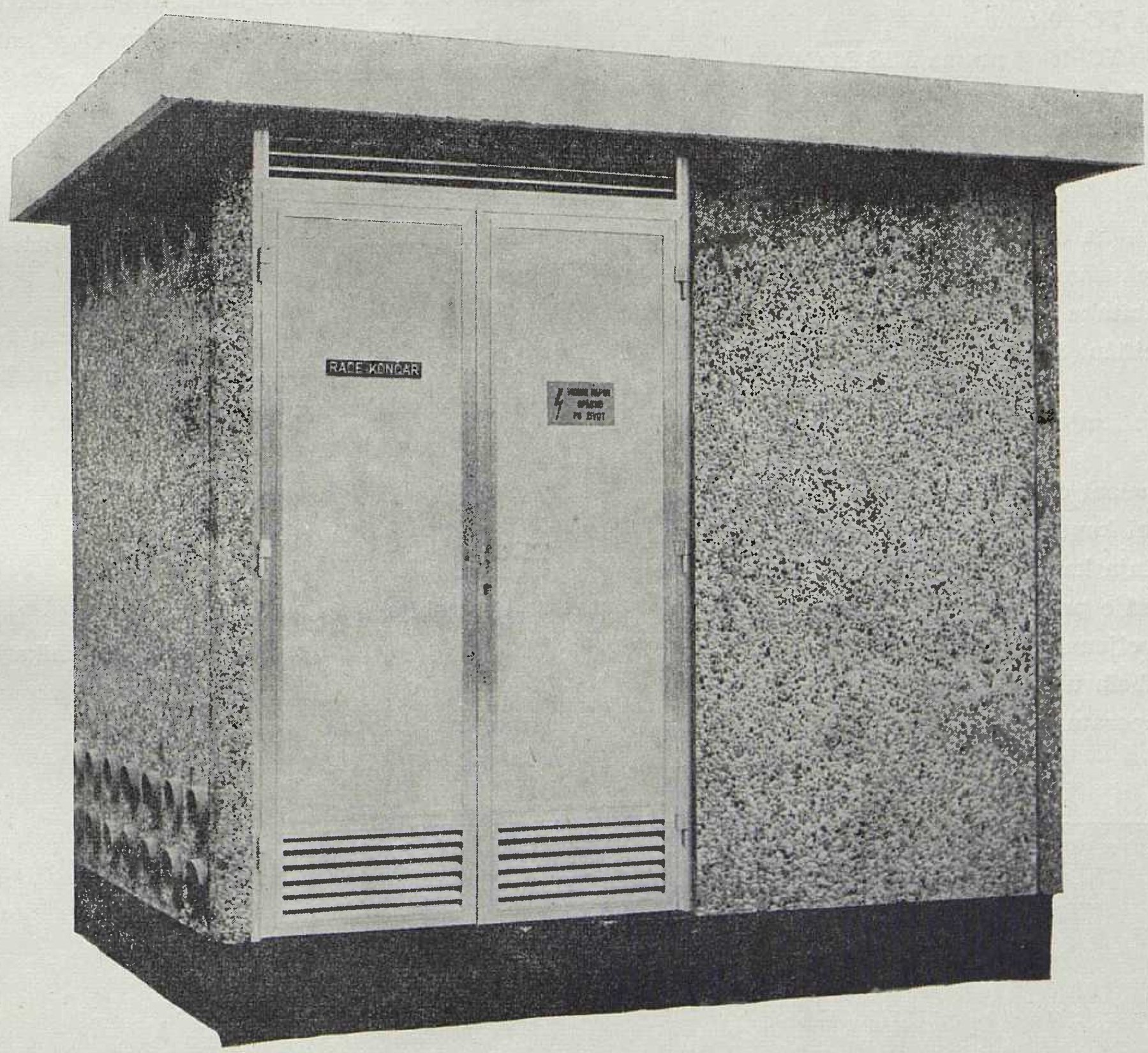
Zidovi su pojačani čeličnom armaturom koja je međusobno zavarena i spojena za zaštitno uzemljenje.

Sklapanje na visokonaponskoj strani vrši se sklopnim blokom Magnefix. Standardni sklopni blok sastoji se od dvije rastavne sklopke za vodna polja i od jedne rastavne sklopke s osiguračima za transformatorsko polje. Na zahtjev se sklopni blok može proširiti. Priključci su kabelski s maksimalnim presjekom $3 \times 150\ mm^2$. U transformatorsku stanicu se ugrađuju standardni serijski transformatori proizvodnje »Rade Končar« tipa Tn 12, snaga od 315 do 630 kVA.

Stanica ima sedam kabelskih odvoda do 400 A i dva odvoda za javnu rasvjetu. Struja se mjeri s tri maksigraf ampermetra, a napon jednim voltmetrom s voltmetarskom preklopkom. Ugrađeni strujni transformatori omogućuju mjerenje ukupne energije kao i potrošak javne rasvjete. Na zahtjev se mogu isporučiti i druge izvedbe niskonaponskog sklopnog bloka.

Transformatorska stanica ima slijedeće karakteristike:

— Stanica je potpuno prefabricirana, tako da su radovi na mjestu postavljanja minimalni. Primjenom laganog betona, aluminijskih vrata, te hladnim cinčanjem unutarnjih čeličnih nosača, postigla se visoka klimatska postojanost, čime je održavanje svedeno na najmanju mjeru.
— Smanjenjem dimenzija visokonaponskog i niskonaponskog sklopnog bloka dobila se stanica malih dimenzija. Mala tlocrtna površina od $6\ m^2$ olakšava pronalaženje lokacije za smještaj u gusto naseljenim područjima.
— Koncepcija zgrade i opreme je takva da se mogu ugraditi transformatori snage od 315 do 630 kVA, što omogućuje povećanje snage transformacije u skladu s porastom potrošnje.
— Lijepi vanjski izgled omogućuje lako uklapanje transformatorske stanice u različite ambijente.



»RADE KONČAR«
PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE OPREME,
PROJEKTIRANJE I MONTAŽU POSTROJENJA — ZAGREB

ELKA

TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA ZAGREB — JUGOSLAVIJA

TELEFONSKI KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIČNIM MASAMA

»Elka je potpuno usvojila proizvodnju najkvalitetnijih telefonskih kabela za centrale, telefonskih razvodnih (instalacionih) kabela, telefonskih kabela za mjesne mreže, i telefonske montažne i instalacione žice.

KABELI I VODOVI IZOLIRANI PVC-OM

Za centrale i signalne uređaje izrađuje ove tipove kabela sa izolacijom i plaštem od PVC-a:

TC-40 i
TC-46 prema JUS M.C4.140

Osnovne izmjerene karakteristike izolacije ovih kabela su:

Relativna dielektričnost	$\varepsilon' = 4$
Dielektrični faktor gubitaka	$tg\delta = 0{,}08$
Specifični izolacioni otpor	$r = 10^{15}\Omega$ cm

Osnovne izmjerene karakteristike gotovog kabela su:

Izolacioni otpor min.	R = 500 MΩ km
Radni kapacitet max.	C = 90 nF/km
Srednja kapacitivna veza	C′ ≦ 150 pF/500 m
Gušenje preslušavanja	a = 8 nepera
Dozvoljena temperatura kabela u upotrebi	— 20° C do 70° C
Temperatura polaganja	— 5° C do 50° C.

Kabeli TC-40 i TC-41 proizvode se u konstrukcijama od 5 do 50 parica, trojki i četvorki s promjerima vodiča 0,5 i 0,6 mm.

Telefonski razvodni instalacioni kabeli

TR-40, prema JUS N. C4. 240.

Minimalni izolacioni otpor je 200 MΩ km, a maksimalni radni kapacitet 100 nF/km. Proizvodi se u konstrukcijama od 5 do 50 parica, trojki i četvorki s vodičima promjera od 0,5, 0,6 i 0,8 mm. Ovaj kabel se upotrebljava za telefonske i signalne uređaje u suhim prostorijama, za polaganje u cijev i zidove.

Telefonska montažna žica

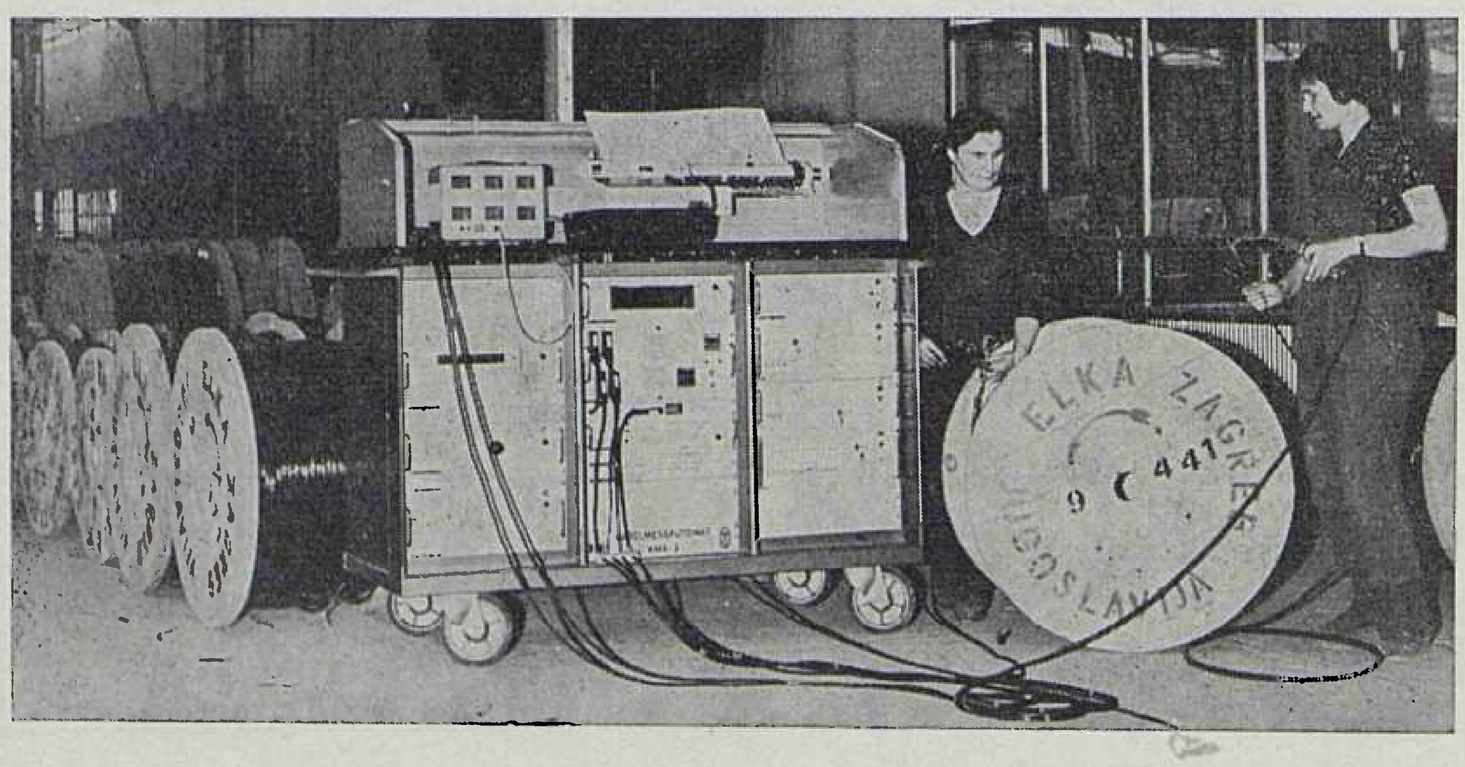
TM-20, jednobojna, dvobojna ili použena u snop od pet žica,

upotrebljava se za unutrašnje veze u telekomunikacionim uređajima i aparatima i za međusobno povezivanje telekomunikacijskih uređaja.

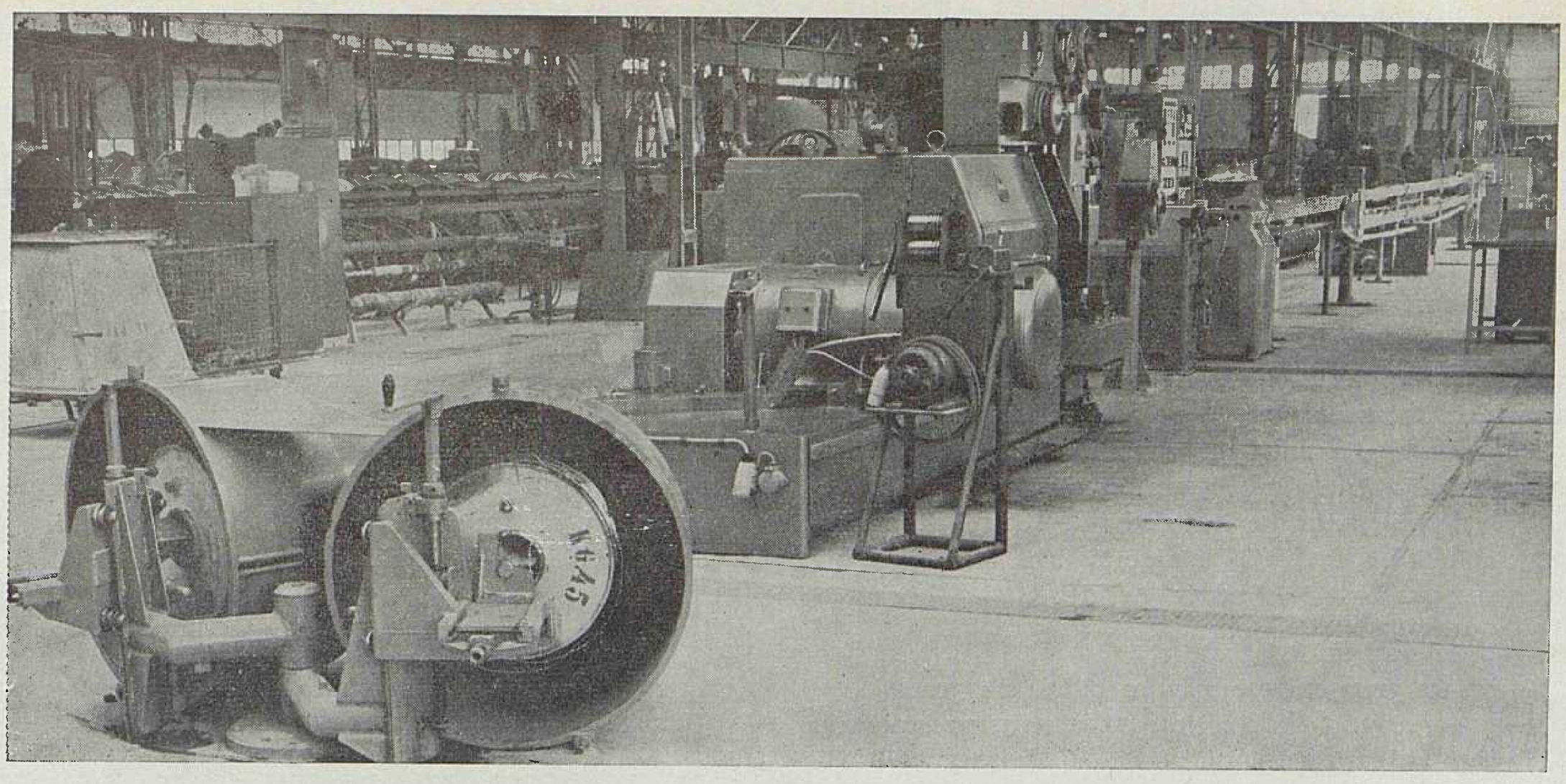
Telefonska instalaciona žica

TI 20,

upotrebljava se za telefonske kućne instalacije u cijevima i po zidu, za priključak zvučnika i signalnih uređaja, za ranžiranje glavnih kabelskih razdjelnika i međurazdjelnika.



Ispitivanje telefonskih kabela na najsuvremenijem uređaju tipa kabelmessautomat



Detalj iz pogona za proizvodnju telefonskih kabela

KABELI IZOLIRANI POLIETILENOM

Telefonski kabeli za mjerne telefonske mreže s izolacijom i plaštem od polietilena:

TK-30, TK-31 i TK-32, prema JUS N.C4.330
i TK-31, TK-32 i TK-33E, prema propisima JZPTT.

Osnovne izmjene karakteristike izolacije:

relativna dielektričnost	$\varepsilon' = 2{,}3$, kod 1000 Hz
dielektrički faktor gubitaka	$tg\delta = 0{,}003 \div 0{,}005$, kod 1000 Hz
dielektrična čvrstoća	F = 25 kV/mm kod 50 Hz

Osnovne izmjerene karakteristike gotovog kabela:

Radni kapacitet za zvijezda- četvorke
$C_{IV} \leqq 50$ nF/km
a za paricu
$C_{II} \leq 60$ nF/km.

Izolacioni otpor gotovog kabela:

$R = 10.000\ M\Omega\ km$

Kapacitivna veza maksimalna

$c' \leq 500$ pF/500 m

Dozvoljena temperatura u eksploataciji

$t_o = -30°\,C$ do $50°\,C_2$

Dozvoljena temperatura pri polaganju

$t_p = 0°\,C$ do $40°\,C_2$

Primjena:

TK- 30 za polaganje u kabelske kanale mjesnih telefonskih mreža,

TK- 31 za polaganje u kabelske kanale mjesnih telefonskih mreža gdje se zahtjeva zaštita od smetnji,

TK- 32 za polaganje u zemlju, po zidovima, preko mostova i svagdje gdje je potrebna i povećana mehanička zaštita.

TK- 32* i TK- 33E su samonosivi telefonski kabeli za ovjesno polaganje na različita uporišta na zemlji, krovovima, stupovima, posebno u industrijskim centrima sa zagađenom atmosferom, selima, prigradskim, naseljima i primorskim mjestima.

Svi se ovi kabeli proizvode u konstrukcijama od 5 do 50 parica i četvorki.

---

* TK-33 razlikuje se od TK-33E samo po tome što mu je plašt od PVC-a.

PODNE INSTALACIJE JAKE I SLABE STRUJE

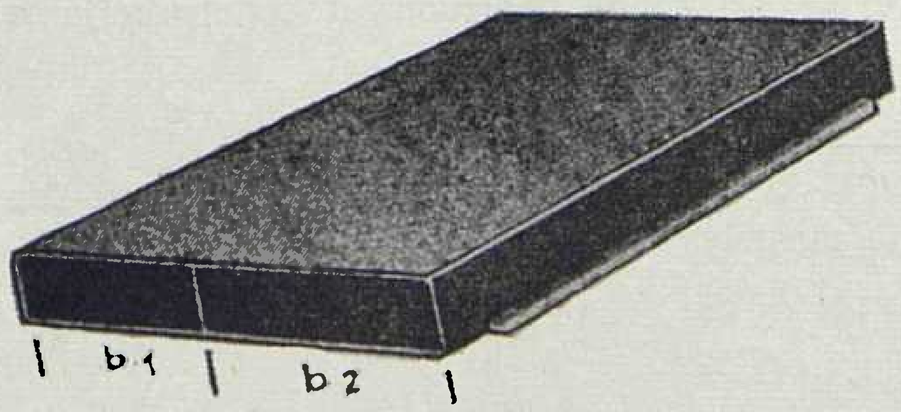
Moderna organizacija poslovanja u uredima, projektnim biroima, računskim centrima, laboratorijima, saobraćajnim i informativnim centrima, bankama, bolnicama, fakultetima i u drugim poslovnim objektima, zahtijevaju najsuvremenije sisteme električnih instalacija u tim objektima. Instalacije jake i slabe struje moraju ispunjavati slijedeće uvjete:

— zauzimati malo prostora,
— da su primjenljive u svim vidovima gradnje,
— omogućavati proizvoljnu adaptaciju prostorija u bilo kojem momentu,
— brzu i jeftinu montažu,
— sigurnu izvedbu u mehaničkom i električnom pogledu,
— kapacitet instalacije mora biti dovoljno dimenzioniran i za buduće potrebe,
— mreža priključnih mjesta mora biti fleksibilna, tj. mora postojati mogućnost da se broj i mjesto priključka može uvijek prilagoditi potrebama i željama korisnika instalacije,
— priključci instalacija jake i slabe struje terbaju biti, po mogućnosti koncentrirani na istim mjestima, da se mogu istovremeno koristiti,
— priključna mjesta moraju biti takva da se mogu proizvoljno kombinirati priključci za jaku struju i telefoniju, i da mogu biti zaštićeni zajedničkim ili odvojenim poklopcima.

Svi ovi zahtjevi mogu se danas postići isključivo i sigurno uz primjenu podnih instalacija koje se sastoje, uglavnom, od slijedećih elemenata:

A. Jednodjelnih ili dvodjelnih kanala iz čeličnog pocinčanog lima

Širina jednodjelnih kanala iznosi 90, 150 i 190 mm, a dvodjelnih ($b_1 + b_2$) : 90 (45 + 45) mm; 150 (60 + 90) mm; 190 (80 + 110) mm; 250 (110 + 140) mm i 350 (160 + + 190) mm. Visina kanala može biti 18 mm; 23 mm; 28 mm; 33 mm; 38 mm, 43 mm i 48 mm. Ovisno o visini kanala i izvedbi priključnih mjesta, vidi točku C, visina premaza ili izolacionog poda koji dolazi iznad betonske deke mora biti 50 do 80 mm.



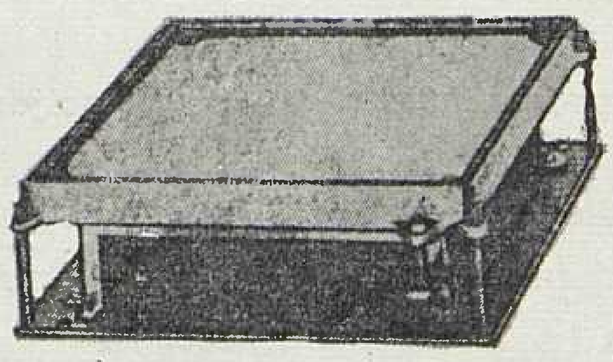
Sl. 1. Dvodjelni limeni kanal

Dvodjelni kanali su jednim svojim poljem predviđeni za vodove jake struje, a drugo polje za vodove slabe struje (telefoni, interfoni i sl.). U sastavu kanala se isporučuju pripadajući spojni elementi kao i koljena za priključak kanala na razvodne uređaje, odnosno na sistem zidnih-parapetnih instalacionih kanala.

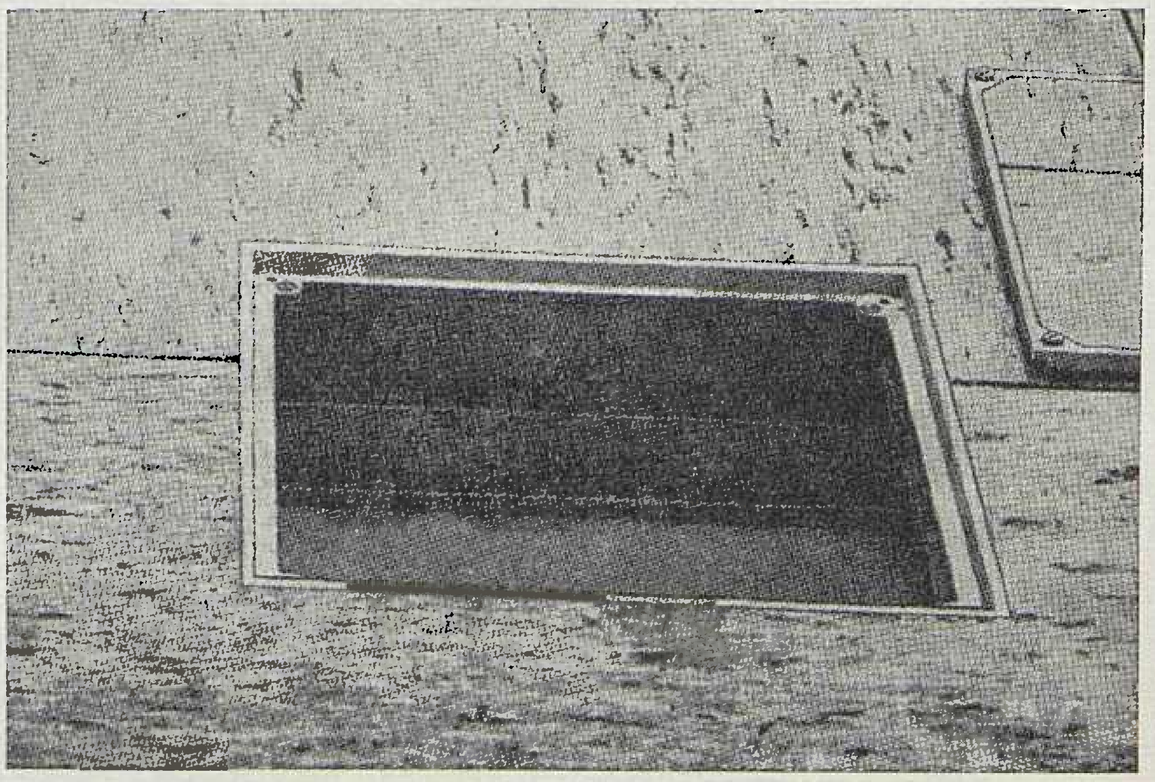
B. Razvodne kutije iz silumina

Kutije iz silumina su predviđene za nastavljanje, odvajanje i završavanje kanala i to ovisno o planu polaganja i spajanja vodova. Prema potrebi se u razvodne kutije mogu ugraditi priključne stezaljke za vodove jake struje, odnosno priključne letvice i reglete za vodove slabe struje i telefonije. U sastavu kutije se isporučuju posebni poklopci koji se isključivo koriste za potrebe transporta i monate, kao i pregradne pločice koje služe kao mehaničke pregrade na mjestu gdje se križaju vodovi jake struje s vodovima telefonskih instalacija.

Prema potrebi može se na poklopac razvodnih kutija ugraditi i priključni stupić, vidi točku C/c.



Sl. 2



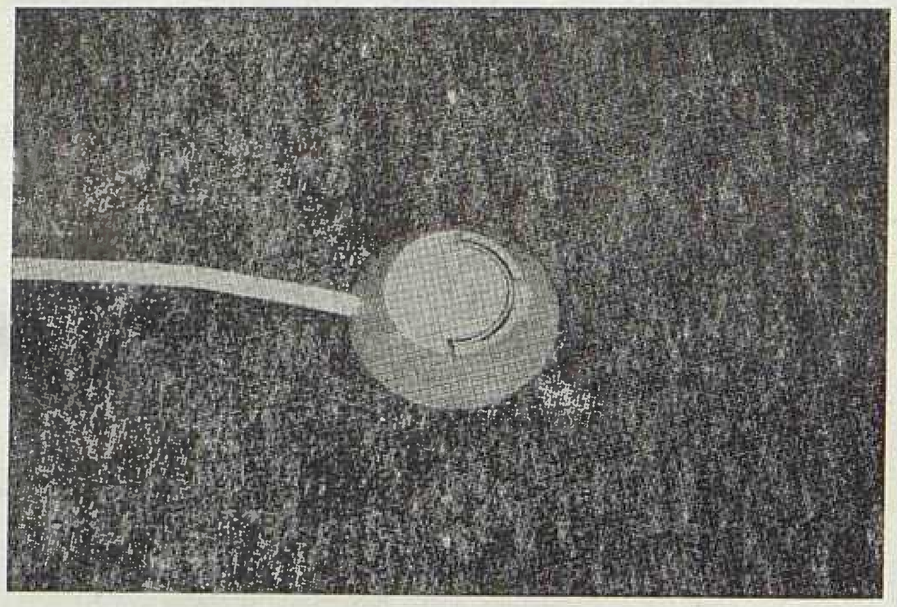
Sl. 3

Na sl. 2 i 3 — Razvodne kutije (dimenzije u skladu sa širinom i visinom kanala)

C. Priključna mjesta

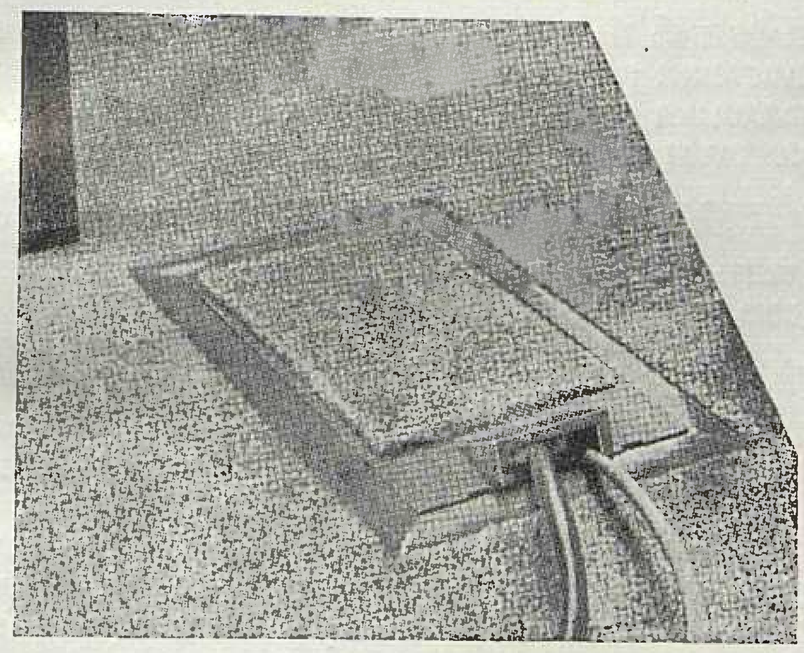
Podne instalacije predviđene su za tri različite izvedbe priključnih mjesta, s time da svaka izvedba omogućava mnogo kombinacija raznih izvedbi priključaka za instalacije jake i slabe struje.

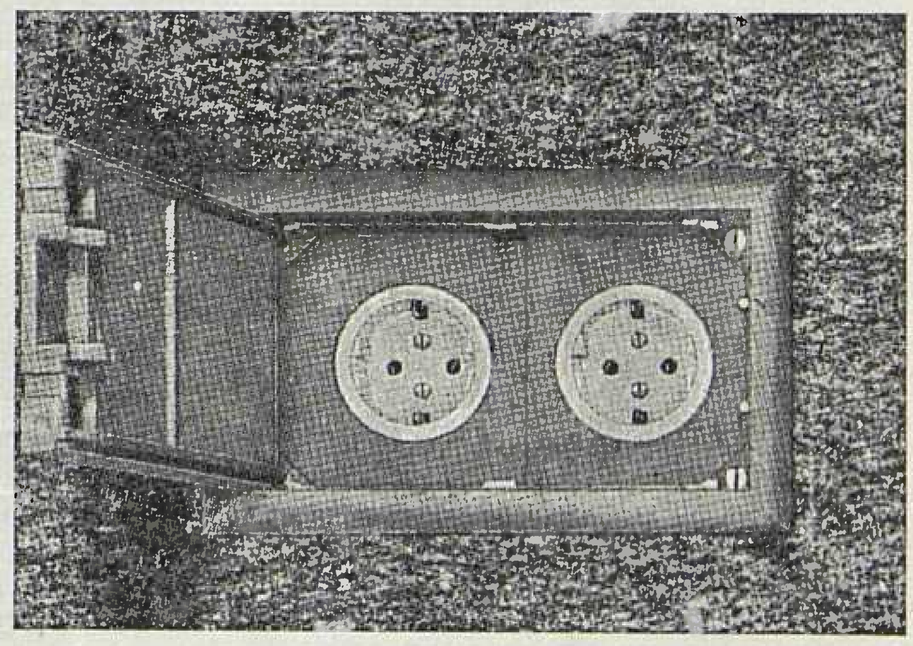
Pregled izvedbi priključnih mjesta:



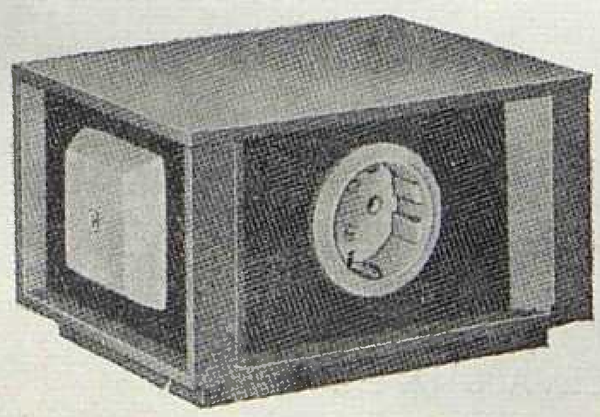
a) Priključno mjesto u visini poda, s jednim priključkom (za jaku ili slabu struju).

Mogu se i naknadno ugraditi. U tu svrhu se koristi odgovarajući alat za bušenje poda i limenih kanala.





b) Priključno mjesto u visini poda s dva ista ili različita priključna gnijezda.

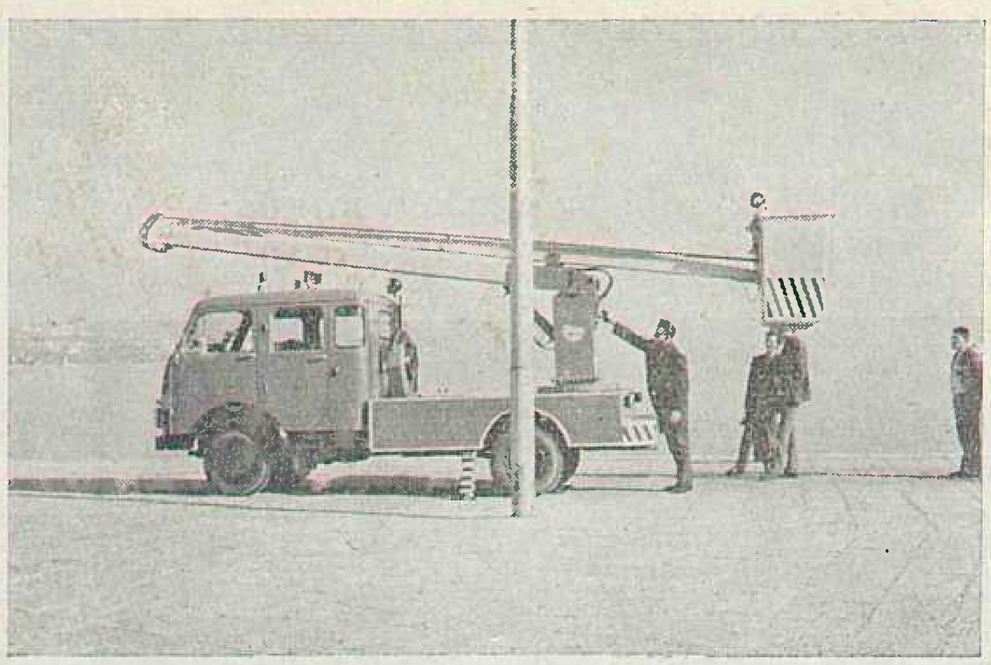


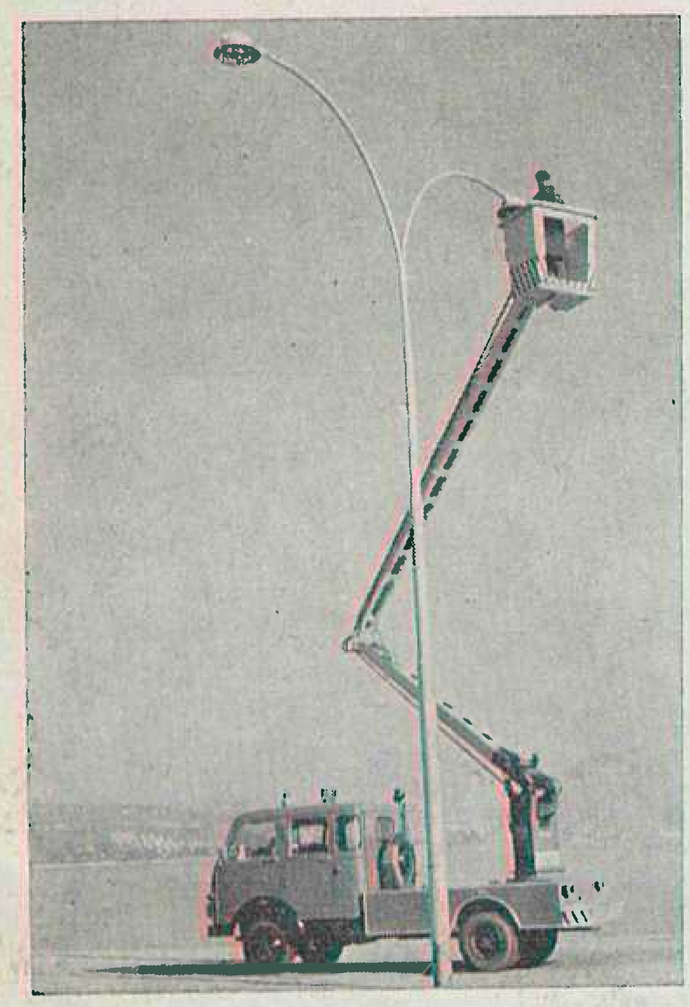
c) Priključno mjesto iznad poda tzv. priključni stupić, u više izvedbi s mogućnosti 12 priključnih gnijezda.

Potpune tehničke podatke o sistemu podnih instalacija i pripadajućim razvodnih ormarima možete dobiti u prodajno-tehničkoj službi tvornice.

Tvornica TEP
Zagreb

ZHP ZGLOBNA HIDRAULIČKA PLATFORMA ZHP-10, ZHP-12, ZHP-17, i ZHP-21 m





ZGLOBNA HIDRAULIČKA PLATFORMA JE SPECIJALNO VOZILO VELIKIH MANEVARSKIH SPOSOBNOSTI. SLUŽI ZA IZVODENJE ELEKTROMONTERSKIH RADOVA, GRADEVINSKIH RADOVA, KOD GAŠENJA POŽARA, ZA SPASAVANJE LJUDI I IMOVINE TE ZA VRŠENJE DRUGIH RADOVA NA VEĆIM VISINAMA.

PODUZEĆE »TEHNOMEHANIKA« IZRADUJE ČETIRI TIPA ZGLOBNIH HIDRAULIČKIH PLATFORMI: ZPH-10, ZHP-12, ZHP-17, ZHP-21 m.

ZGLOBNE HIDRAULIČKE PLATFORME UGRADUJEMO NA VOZILA TAM-a I NA OSTALA STABILNA VOZILA POZNATIH JUGOSLAVENSKIH I SVJETSKIH PROIZVODAČA.

SVI POKRETI ZHP VRŠE SE POMOĆU HIDRAULIKE KOJA DOBIVA POGON OD MOTORA VOZILA.

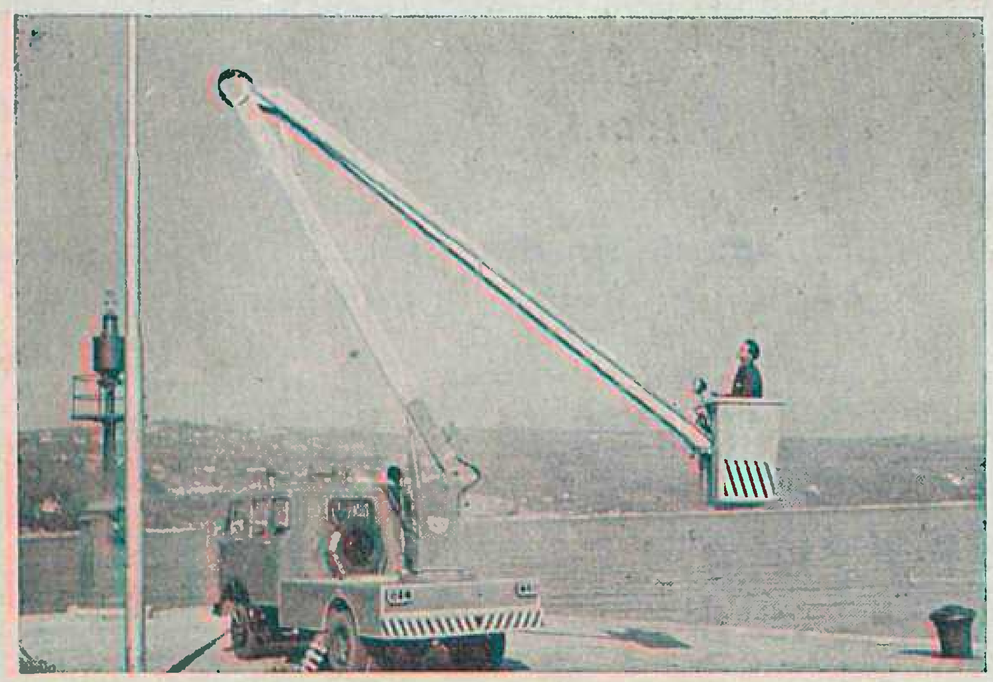
RADNA KOŠARA ZHP PODIŽE SE POMOĆU DVIJE POLUGE SA HIDRAULIČKIM CILINDRIMA NA ŽELJENU VISINU I ZAKREĆE SE OKO VERTIKALNE OSI KUPOLE ZA POTREBNI KUT, KOJI MOŽE IZNOSITI OD 0° DO 360°.

RADNA KOŠARA ZHP IZRADENA JE IZ ČVRSTIH ARMIRANIH PLASTIČNIH MASA KOJE ZAŠTIĆUJU RADNIKA OD ELEKTRIČNIH UDARA DO 1000 V.

MOTOR VOZILA POKREĆE HIDRAULIČKU PUMPU IZ KOJE PREKO RAZVODNIKA I CIJEVI DOLAZI ULJE U HIDRAULIČKE CILINDRE.

HIDRAULIČKI CILINDRI PO NAŠOJ ŽELJI IZVRŠAVAJU RADOVE UTVRĐIVANJA VOZILA, DIZANJA I SPUŠTANJA KOŠARE NA ŽELJENU VISINU TE OKRETANJE KUPOLE OKO VERTIKALNE OSI ZA ŽELJENI KUT.

RUKOVANJE PLATFORMOM ZHP JE VRLO JEDNOSTAVNO. ZA RUKOVANJE POSTOJE DVA KOMANDNA MJESTA, NA RADNOJ KOŠARI I NA POSTOLJU VOZILA. OVIM SISTEMOM UPRAVLJANJA MOŽE SE KOŠARA DOVESTI U ŽELJENI POLOŽAJ RUKOVANJEM IZ SAME KOŠARE ILI SA POSTOLJA VOZILA.



PODUZEĆE METALNIH PROIZVODA

MARIJA BISTRICA — TELEFON 2

ZAGREB: KOMERCIJALNO PROJEKTNI SEKTOR, VUKOVIĆEVA 3 — tel. 574-284

BEOGRAD: PREDSTAVNIK, FRANCUSKA 38 — tel. 25-989

Tehnomehanika